



Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ И БИОТЫ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

МАТЕРИАЛЫ

**IV Всероссийской конференции с
международным участием**

**посвященной Году науки и технологий в
Российской Федерации и 40-летию Института общей и
экспериментальной биологии СО РАН**

DIVERSITY OF SOILS AND BIOTA
OF NORTHERN AND CENTRAL ASIA

IV All-Russian Conference with International Participation

15-18 June 2021, Ulan-Ude, Russia

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

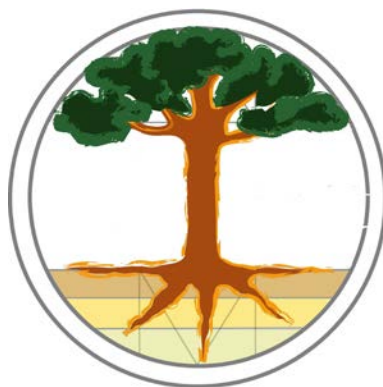
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт общей и экспериментальной биологии
Сибирского отделения Российской академии наук

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ И БИОТЫ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

МАТЕРИАЛЫ
IV ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

посвященной Году науки и технологий в Российской Федерации
и 40-летию Института общей и экспериментальной биологии СО РАН

Улан-Удэ, 15–18 июня 2021 г.



DIVERSITY OF SOILS AND BIOTA OF NORTHERN AND CENTRAL ASIA

IV ALL-RUSSIAN CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

15–18 June 2021, Ulan-Ude, Russia

Улан-Удэ
Издательство БИЦ СО РАН
2021

УДК 631.4+57.5
ББК 40.3+28.0(5)
Р 17

Организатор конференции:

ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ

Председатель организационного комитета:

д. б. н., проф. Л. Л. Убугунов

Сопредседатели организационного комитета:

к. б. н. Д. Р. Балданова; д. б. н. Н. Б. Бадмаев.

Научный комитет:

д. б. н. О. А. Аненхонов; д. м. н., проф. С. М. Николаев;
к. б. н. Н. Г. Борисова; к. б. н. Д. Д. Бархутова

Рабочий комитет:

к. б. н. Л. П. Козырева; к. б. н. Л. В. Афанасьева; к. б. н. А. Д. Жамбалова;
к. б. н. А. А. Раднагуруева; к. б. н. Е. Ю. Мильхеев; к. б. н. О. В. Вишнякова;
к. б. н. М. Д.-Д. Батуева; к. б. н. Т. Г. Бурдуковская.

Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: мат-
Р 17 лы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Улан-Удэ, 15–18 июня 2021 г.):
электронный вариант. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2021. – 612 с.

ISBN 978-5-7925-0603-9

Доклады посвящены исследованиям почв, растительного и животного мира, наземных и водных экосистем Северной и Центральной Азии, их состава, структуры и динамики, проблемам их изменения под влиянием природных и антропогенных факторов, а также использования объектов природной среды в биотехнологиях.

УДК 631.4+57.5
ББК 40.3+28.0(5)

*Сборник приурочен к 40-летнему юбилею
ФГБУН Института общей и экспериментальной биологии СО РАН*

ISBN 978-5-7925-0603-9

© Министерство науки и высшего
образования РФ, 2021
© ИОЭБ СО РАН, 2021
© Кол. авторов, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	15
Алексеева Т.М., Демидова А.А., Кривороткин Р.С., Русановская О.О., Шимараева С.В., Зилов Е.А. Состояние зоопланктона в пелагиали Южного Байкала в слое 0–50 м в 2019 г.	16
Ананин А.А. Многолетняя динамика численности птиц поймы при изменении уровня и продолжительности весеннего половодья	19
Ананина Т.Л. Последствия антропогенного влияния на обилие жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) лугов в Северо-Восточном Прибайкалье	22
Аненхонов О.А. Растительность лесостепных ландшафтов Бурятии: эколого-фитоценотическая оценка и особенности гидротермики ее местообитаний	25
Аненхонов О.А., Чимитов Д.Г. Репрезентативность Гербария ИОЭБ СО РАН (УИИ) в отражении списков охраняемых видов сосудистых растений Бурятии.....	28
Анцупова Т.П., Павлова Е.П. Фитохимическое изучение лекарственных растений Бурятии	31
Аюшина Т.А., Убугунова В.И. Особенности элементного состава почв в зоне влияния минерального источника Ута-Булаг (Оронгойская котловина)	34
Бадмаев Б.Б. Ландшафтно-экологические факторы, влияющие на обилие тарбагана в Бурятии..	37
Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б. От факторной диагностики к субстантивной классификации почв Забайкалья	39
Бадмаева Н.К. О таксономическом статусе искусственных видов <i>Leymus ovatus</i> (Trin.) Tzvel. и <i>Leymus jennisseiensis</i> (Turcz.) Tzvel. (Poaceae)	43
Базарова Б.Б., Куклин А.П. Динамика растительного покрова содовых озер юго-востока Забайкалья	46
Базова Н.В. Редкие амфибиотические насекомые бассейна озера Байкал	49
Базова Н.В., Базов А.В. Многолетний гидробиологический мониторинг в р. Селенга	53
Балданова Г.Б., Никитина А.Е., Преловская С.З. Химический состав полыни сантолинолистной травы и возможность ее использования в медицине	56
Балданова Д.Р., Хамнуева Т.Р., Ринчинов З.А. Нематоды рыб рода <i>Cottocomephorus</i> (Cottidae)	58
Банзаракаева Т.Г., Дамбинова Е.Ц., Муруева Е.Л. Таксономическое разнообразие микробного сообщества воды холодных источников Буксыхен (Северное Прибайкалье)	60
Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г. Антропогенное воздействие на химический состав поверхностных вод Джидинского рудного узла	64
Бархутова Д.Д. Разнообразие и экологическая роль прокариот в гидротермах Байкальской рифтовой зоны	66
Батуева М.Д.-Д. Таксономическое разнообразие микроспориций (<i>Muxozoa: Muxosporea</i>) рыб бассейна оз. Байкал	70

Белоус В.Н. Травяные сообщества балки Арзгирской (Предкавказье, Юго-Восточное Приманычье)	72
Болбат А.В., Кайгородова И.А. 170 лет изучения реликтовых паразитов: итоги и актуальные вопросы	76
Брянская А.В., Уварова Ю.Е., Шипова А.А., Розанов А.С., Старостин К.В., Горячковская Т.Н., Таран О.П., Лазарева Е.В., Пельтек С.Е. Изучение микробных сообществ соленых озер Новосибирской области: от КОЕ к MAG	79
Брянская Е.П., Санданов Д.В. Подготовка и анализ данных по распространению высокогорных эндемичных растений Северной Азии	82
Будацыренова А.Ц., Тугарина Ю.А., Халзанова А.В., Хобракова В.Б., Абидуева Л.Р. Коррекция иммунодефицитных состояний с использованием лекарственных средств из растений Байкальского региона	84
Бурдуковская Т.Г., Сондуева Л.Д. Сезонные изменения зараженности карповых рыб <i>Ergasilus sieboldi</i> в Чивыркуйском заливе оз. Байкал	86
Буторина Т.Е., Бусарова О.Ю. Фауна гельминтов пресноводных рыб реки Пенжина (бассейн Охотского моря)	89
Бушмелева К.Н., Никитин Е.Н., Теренжев Д.А., Шаронова Н.Л., Рахмаева А.М. Антиоксидантная активность <i>in vitro</i> сока и экстрактов некоторых растений семейства тисовые и кипарисовые	92
Вишнякова О.В., Убугунова В.И., Убугунов В.Л. Битумоиды в галоморфных почвах Баргузинской котловины	95
Воронин В.Н., Дудин А.С., Батуева М.Д.-Д. Методика изучения микроспоридий жабр рыб	97
Гарафутдинова К.Р., Прищепенко Е.А., Рахманова Г.Ф., Газизов Р.Р., Хусаинова Г.Х. Влияние цеолита на всхожесть и содержание хлорофилла в растениях яровой пшеницы	99
Гербер А.А., Лойко С.В., Лим А.Г., Истигечев Г.И., Кулижский С.П. Оценка запасов углерода в тундровых ландшафтах Западной Сибири	102
Гончиков Б.-М. Н., Базаров А.В., Бадмаев Н.Б., Куликов А.И., Мангатаев А.Ц. Результаты исследований изменчивости глубины протаивания и промерзания почв Западного Забайкалья в разных типах распространения многолетней мерзлоты	105
Гордеев С.Ю., Гордеева Т.В. Таёжный рефугиум неморальных чешуекрылых (Lepidoptera) хребта Улан-Бургасы	108
Гордеев С.Ю., Гордеева Т.В. Совки родов <i>Orthosia</i> Ochsenheimer, 1816 и <i>Anortoa</i> Berio, 1980 (Lepidoptera, Noctuidae) Западного Забайкалья	112
Гордеева Т.В., Гордеев С.Ю. Влияние сезонных изменений климата на население переливниц (<i>Aratura</i> , <i>Papilionoidea</i> , <i>Lepidoptera</i>) Селенгинского Среднегорья	115
Гулгенова А.Б. Предварительные данные по фауне и населению коллембол (<i>Collembola</i>) отрогов Малого Хамар-Дабана (Западное Забайкалье)	117
Гынинова А.Б., Бадмаев Н.Б. Микроморфологические особенности почвообразовательных процессов в почвах Еравнинской котловины Забайкалья	119

Дагурова О.П., Козырева Л.П., Зайцева С.В., Цыденова Б.В., Бурюхаев С.П., Бархутова Д.Д. Микробиологическая оценка качества воды крупных пресных озер Еравнинской котловины.....	121
Дамбаев В.Б., Давыдова Т.В. Изотопные соотношения углерода $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ засоленных экосистем Западного Забайкалья.....	124
Дашинамжилов Ж.Б. Растительные лекарственные средства в комплексной терапии и профилактике алкогольных интоксикаций.....	127
Джапова В.В., Бембеева О.Г., Аюшева Е.Ч., Джапова Р.Р. Кормовая избирательность домашней овцы (<i>Ovis aries</i> L.) и сайгака (<i>Saiga tatarica</i> L.) на пастбищах в южной части Прикаспийской низменности.....	131
Джумаева З.У., Хайдаров Х.К., Элмуродов Ж.Э., Абдухакимова С. Эколого-географическая характеристика и биологическая особенность <i>Sechium edule</i> (Jacq.) SW.	135
Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К. Химический состав биоматов поверхностных вод Джидинского рудного узла	138
Дугаров Ж.Н., Батуева М.Д., Бурдуковская Т.Г., Балданова Д.Р., Мазур О.Е., Жепхолова О.Б., Сондуева Л.Д., Матвеев А. Н. Паразитофауна обыкновенного ерша <i>Gymnocephalus cernuus</i> (L.) в Ципо-Ципиканских (Баунтовских) озерах (Забайкалье)	141
Дугарова А.С., Санданов Д.В. Структура базы данных локалитетов видов секции <i>Xerobia</i> Bunge рода <i>Oxytropis</i> DC.	144
Дударева Л.В., Рудиковская Е.Г., Семенова Н.В., Нохсоров В.В., Петров К.А. Липидный профиль некоторых видов хвоща, произрастающих в условиях криолитозоны. Перспективы медицинского применения	147
Дыленова Е.П., Жигжитжапова С.В., Рандалова Т.Э., Раднаева Л.Д. Компонентный состав эфирного масла восточно-сибирского эндемика <i>Artemisia jacutica</i> Drob	150
Егорова И.Н., Тупикова Г.С., Шергина О.В., Казановский С.Г. Дополнительные сведения о водорослях почв степных фитоценозов Предбайкалья	153
Ербаева М.А., Борисова Н.Г. Фауна мелких млекопитающих Западного Забайкалья: история становления	156
Жамбалова А.Д. Фтор в засоленных почвах Кучигерских гидротерм.....	160
Жарникова М.А., Алымбаева Ж.Б. Оценка геоэкологического состояния степных экосистем в результате антропогенного воздействия (на примере модельного полигона «Мандалгови»)	163
Животовский Л.А., Османова Г.О. Экогеографические единицы и экогеографические агрегации как элементы экосистемы	166
Жигжитжапова С.В., Раднаева Л.Д. Трансформация состава низкомолекулярных метаболитов в адаптации растений к природно-климатическим условиям	170
Зайцева С.В., Дагурова О.П. Пресноводные таксоны-индикаторы антропогенного влияния в микробных сообществах пресных озер Бурятии	173
Иванова Е.И. Редкие виды мхов во флоре Якутии	176

Иванова Л.А., Рупышев Ю.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К., Мигалина С.В., Шинэхуу Т., Бажа С.Н., Иванов Л.А. Роль функционального разнообразия растений в формировании фотосинтетического потенциала растительных сообществ	179
Ильина В.Н., Козловская О.В. К оценке состояния лесов Среднего Поволжья в условиях пирогенной нагрузки	183
Ильминских Н.Г. Биоразнообразие флоры старинных кладбищ	186
Интересова Е.А. Разнообразие сообществ рыб левобережных притоков Средней Оби	189
Ишанкулова Д.У., Хайдаров Х.К., Очиллов У.А. Изучение устойчивых видов древесных и кустарниковых растений при влиянии климата и антропогенных воздействий в условиях Узбекистана	192
Калугина О.В., Афанасьева Л.В., Михайлова Т.А., Коба Е.А. Биохимическая адаптация <i>Pinus sylvestris</i> и <i>Larix sibirica</i> к воздействию техногенных выбросов	195
Каменева И.А., Якубовская А.И., Радченко Л.А., Гритчин М.В., Радченко А.Ф., Смирнова И.И., Славинская А.В. Влияние микробных препаратов на микробиологические процессы в ризосфере зерновых культур	199
Капушак Я.К., Запарина О., Пахарукова М.Ю., Мордвинов В.А. Динамика развития почечной патологии при хронической инфекции описторхоза наэкспериментальной модели <i>M. auratus</i>	202
Катаева М.Н., Беляева А.И. Влияние экологических условий на содержание тяжелых металлов в эпифитных лишайниках в хвойных фитоценозах северной и средней тайги	204
Кашкак Е.С., Данилова Э.В. Минералообразование в микробных матах и травертинах термального источника Хойто-Гол (Восточные Саяны)	207
Кирилюк В.Е., Симонов Е.А., Горошко О.А., Ткачук Т.Е. Угроза трансформации экосистем Торейской котловины под влиянием плотины на р.Ульдза	209
Клишко О.К. Функциональный отклик двустворчатых моллюсков <i>Sinanodonta shrenkii</i> (Bivalvia: Unionidae) на антропогенные загрязнения р. Шилка, Забайкалье	212
Кобелян Р.О., Мкртчян Ж.Г. Эколого-микробиологическое исследование реки Раздан	215
Козлова А.А. Разнообразие строения, свойств почв Южного Предбайкалья, их изменение при агрогенном воздействии	218
Козырева Л.П., Лаврентьева Е.В. Таксономическое разнообразие бактерий цикла серы в содово-соленых озерах Бурятии	222
Колпакова Е.С., Шефер В.Н., Матафонов Д.В., Базова Н.В. Количественные характеристики зообентоса в заливах Провал и Большой Посольский сор озера Байкал в 2019 г.	225
Кондратьева Л.М., Литвиненко З.Н., Голубева Е.М., Андреева Д.В. Экологические риски после крупного оползня в зимний период на Дальнем Востоке России	227
Коновалова Е.В., Гладинов А.Н., Содбоева С.Ч. Оценка рекреационного воздействия территории ГКУ РБ Улан-Удэнского лесничества Республики Бурятия	231
Корниенко С.А. Ленточные черви землероек Северной Азии	234

Корнопольцева Т.В. Молочай Фишера как источник биологически активных веществ	236
Корсун О.В. Разнообразие и численность насекомых-хортобионтов на пирогенных участках Торейской впадины (Даурский заповедник)	238
Корсунова Ц.Д.-Ц., Балданов Н.Д. Микробиологическая активность и особенности химической структуры гуминовых кислот почв дельты р. Селенги	241
Корсунова Ц.Д.-Ц., Чимитдоржиева Г.Д., Чимитдоржиева Э.О., Гаранкина В.П., Цыбенков Ю.Б. Микробиологическая активность в почвах с расчлененным рельефом юга Витимского плоскогорья	243
Краснопевцева А.С., Суткин А.В. Экологическая тропа «В дебрях Хамар-Дабана» - ботанические исследования, рекомендации	245
Краснощеков Ю.Н. Почвы высокогорных и подгольцово-таежных ландшафтов Центрального Хангая в Монголии	248
Крохалева М.А., Ялковская Л.Э., Богданов В.Д., Бородин А.В. К проблеме восстановления численности муксуна (<i>Coregonus muksun</i>) в Западной Сибири	251
Кузьмина Д.М., Климова Н.В., Лойко С.В. Постдренажная эволюция почв и растительности котловин осушенных термокарстовых озёр южной тундры Западной Сибири	254
Кутырев И.А. Иммунологические аспекты взаимоотношений в паразито-хозяйных системах «цестоды-рыбы» на клеточном и молекулярном уровнях	257
Кызметова Л.А., Асылбек А.М., Рахимова Е.В., Урманов Г.А., Джунусканова Б.Е. Изучение видового состава микромицетов в лесных почвах Кунгей Алатау (Казахстан)	261
Лаврентьева Е.В., Банзаракцаева Т.Г., Дамбаев В.Б., Раднагуруева А.А., Козырева Л.П. Таксономическое разнообразие микробных сообществ в содовом озере Нухэ-Нур (Баргузинская котловина, Бурятия)	264
Лаврентьева И.Н., Болонева Л.Н., Меркушева М.Г., Бадмаева Н.К. Соподчиненность почвенных условий и биопродуктивности в леймусовых сообществах (<i>Leymus Chinensis</i> (Trin.) Tzvel.) Восточного Забайкалья	267
Ленхобоева С.Ю., Чепинога В.В., Чимитов Д.Г., Белова В.А., Скорнякова А.М., Никулин А.А., Никулина Н.А., Борисова Н.Г., Ильченко О.Г. Запасание пищи у туруханской пищухи (<i>Ochotona turuchanensis</i> Naumov, 1934): предварительный анализ	270
Лизунова А.В., Борисова Н.Г., Старков А.И., Насникова Т.Н. Прогноз распространения климатической ниши даурской пищухи (<i>Ochotona dauurica</i> Pall., 1776)	274
Лойко С.В., Кузьмина Д.М., Истигечев Г.И. Конус выноса балки с высокопродуктивной экосистемой сформировался благодаря активизации эоловых процессов на водосборе (Уренгойская лесотундра, Западная Сибирь)	277
Лубсандоржиева П.Б., Бадмаева Н.К. Нефармакопейные растения Бурятии как лекарственное сырье традиционной тибетской медицины	280
Мазур О.Е. Лейкоцитарный состав пронефроса <i>Leocottus kesslerii</i> , зараженной гемофлагеллятами рода <i>Trypanosoma</i> (Kinetoplastea: Trypanosomatida)	286
Мазур О.Е., Кутырев И.А. Лейкоцитарный состав селезенки байкальского омуля <i>Coregonus migratorius</i> зараженного <i>Dibothriocephalus dendriticus</i>	289

Макариков А.А., Докучаев Н.Е. Первые сведения о ленточных червях грызунов нижнего течения реки Анабар и обзор видового разнообразия цестод Якутии	292
Маркова К.В., Баяндуева Е.А., Степанов Ц.Б., Халтагарова Е.Д., Торопова А.А., Разуваева Я.Г. Перспективы использования лекарственных растений Байкальского региона в лечении заболеваний нервной системы	293
Мартынова Н.А. Эколого-географические особенности формирования педосферы и биоразнообразия фосфоритных экосистем Прихубсугуля Монголии БРЗ	296
Матафонов Д.В., Юрьев А.Л. Современное состояние популяции водяного ослика <i>Asellus epimeralis</i> (Isopoda: Crustacea) в озере Байунт и рекомендации по его сохранению	299
Матафонов П.В. Таксономический состав и разнообразие зообентоса литоральной зоны озера Арахлей в экстремально маловодный период	302
Матвеев Е.Ю., Кайгородова И.А. Генетическое разнообразие рыбьих пиявок (Hirudinea: Piscicolidae) Байкальского региона	303
Матюгина Е.Б., Белькова Н.Л. Смена доминанта в микробном сообществе хемоклина меромиктического содового озера Доронинское (Забайкалье, Россия) как адаптивная стратегия биогеохимических систем территории	305
Мельников Ю.И. Динамика населения птиц лесных экосистем в условиях современных изменений климата	308
Мигалина С.В., Иванов Л.А., Ронжина Д.А., Иванова Л.А. Структурная адаптация листьев у видов <i>Betula</i> к аридности климата	312
Мильхеев Е.Ю. Строение гуминовых кислот почв термокарстовых понижений и бугров пучения по данным спектроскопии ЯМР ¹³ C	315
Морозко А.В., Наумкина Д.И., Ростовцев А.А., Абрамов А.Л., Зайцев В.Ф., Дорогин М.А., Поздняк И.В. Моделирование паразитарной инвазии сазана <i>Carpinus carpio</i> Linnaeus при пастбищной аквакультуре	318
Морозова Т.И., Белова Н.А. Находки новых видов грибов для Красной книги Республики Бурятия	321
Морозова Т.И., Белова Н.А., Китаев А.В. Мониторинг территории Байкальского заповедника и его охранной зоны, с использованием феромонных ловушек	323
Моролдоев И.В., Абрамов С.А., Лопатина Н.В., Кривопапов А.В., Литвинов Ю.Н. Новые данные о структуре ареала и изменчивости тувинской полевки (<i>Alticola tuvunicus</i> Ognev, 1950) ..	326
Напрасникова Е.В. Функциональные особенности почв городов Иркутской агломерации	330
Никитина Е.П., Буянтуева Л.Б. Таксономическая структура микробных сообществ почв сухостепной зоны Селенгинского среднегорья	333
Николаев С.М. Будущее традиционной медицины – в консолидации с современным здравоохранением	335
Николаев Ю.Н., Тараскин В.В., Гуляев С.М. Прогнозная оценка возможных видов биологической активности пиранокумаринов корневищ и корней вздутоплодника сибирского <i>Phlojodicarpus sibiricus</i> (Stephan ex Spreng.) Koso-Pol	338

Новиковская А.А., Левенец Я.В., Пантелеева С.Н., Лопатина Н.В., Литвинов Ю.Н. Экспериментальное исследование охотничьего поведения скальных полевок рода <i>Alticola</i>	340
Нохсоров В.В., Дударева Л.В., Петров К.А. Адаптивное накопление липидных компонентов у <i>Bromopsis inermis</i> Leyss. при холодовом закаливании в условиях криолитозоны	343
Олонова М.В., Левченко Л.С. Моделирование территорий, пригодных по эколого-климатическим показателям для произрастания <i>Allium lineare</i> L., занесенного в Красную книгу Томской области	347
Оскорбина М.В., Калугина О.В., Афанасьева Л.В., Харпухаева Т.М. Структурные особенности фотосинтетического аппарата <i>Pinus sylvestris</i> и <i>Larix sibirica</i> в условиях загрязнения выбросами алюминиевого производства	349
Очирова С.С., Дорджиева В.И., Колибаев Б.Б. Морфолого-анатомическое строение фотосинтезирующих органов в зависимости от режима освещения	352
Пилевич Д.С., Крохалева М.А., Ялковская Л.Э. Новые сведения о генетическом разнообразии мыши-малютки (<i>Micromys minutus</i> Pallas, 1771) из центральной части северной Евразии	355
Плотникова Е.Г., Воронина А.О. Бактерии-деструкторы бифенила (полихлорированных бифенилов) в микробных сообществах техногенных почв с высоким уровнем засоления: разнообразие, функциональная и генетическая характеристика	358
Пляскина И.Н., Дудников П.С., Козенкова А.С. Создание экспозиции «Аптекарский огород» в Забайкальском ботаническом саду	361
Полонова А.В., Тараскин В.В., Чимитов Д.Г. Фитохимическое исследование и перспективы использования <i>Haplophyllum dauricum</i> (L.) G. Don	363
Пономарев Д.В., Запарина О., Пахарукова М.Ю., Мордвинов В.А. Исследование влияния <i>Opisthorchis felineus</i> и его экзосомо-подобных частиц на скорость клеточной миграции и пролиферации холангиоцитов человека Н69	365
Пономарева Н.М., Юрлова Н.И. Влияние двойного заражения моллюска-хозяина трематодами на продукцию церкарий	367
Попова Н.Н. Репрезентативность редких мохообразных на охраняемых территориях Орловской области	370
Преловская Е.С., Казановский С.Г. Предварительные результаты и перспективы изучения бриофлоры Иркутской области	373
Протопопова М.В., Павличенко В.В. Некоторые аспекты филогеографии и филогенетических отношений видов <i>Waldsteinia</i> Willd	376
Птицын А.Б. Географическая и биологическая термодинамика экосистем	378
Рабданова Н.П., Урбагарова Б.М. О возможности использования состава эфирных масел для определения подлинности сырья <i>Saposhnikovia divaricatae radices</i>	380
Раднагуруева А.А., Лаврентьева Е.В., Банзаракцаева Т.Г., Дамбаев В.Б., Бурюхаев С.П., Бархутова Д.Д. Разнообразие микробного сообщества термального источника Еро, Монголия..	382
Рахманова Г.Ф., Дегтярева И.А., Прищепенко Е.А., Ежков В.О., Газизов Р.Р. Оценка содержания подвижных форм микроэлементов при рекультивации нефтезагрязненной почвы ...	384

Реут А.А. К вопросу биологии и экологии редкого вида <i>Paeonia lactiflora</i> Pall. в условиях Южного Урала	387
Ронжина Д.А., Рупышев Ю.А., Иванова Л.А., Мигалина С.В., Иванов Л.А. Функциональные свойства прибрежно-водных растений и сообществ в устье реки Максимиха (Республика Бурятия, Россия)	391
Рудиковская Е.Г., Дударева Л.В., Ставицкая З.О., Ванина Л.С., Митанова Н.Б., Рудиковский А.В. Сравнительный анализ флавоноидного состава мелкоплодных диких яблонь Восточной Сибири и Дальнего Востока	395
Рудиковский А.В., Ставицкая З.О., Семенова Н.В., Дударева Л.В., Рудиковская Е.Г. Особенности накопления аскорбиновой кислоты в тканях плодов яблони сибирской и ее гибридов	398
Рудиковский А.В., Ставицкая З.О., Катышев А.И., Федосеева И.В., Рудиковская Е.Г. Роль экспрессии генов ГДФ-Л-галактозофосфорилазы (MdGGP1, MdGGP3), дегидроаскорбатредуктазы (MdDHAR3), моноаскорбатредуктазы (MdMDHAR1) и активности ферментов рециклинга в накоплении витамина С плодами яблони сибирской и ее гибридами ...	401
Рупышев Ю.А., Бажа С.Н., Андреев А.В., Богданов Е.А., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И. Растительный покров отвалов вскрышных пород угольного разреза «Холбольджинский» (Республика Бурятия)	404
Русинек О.Т. Сравнительный анализ паразитов песчаной и каменной широколобок (Cottidae) из озера Байкал	407
Самбуу А.Д., Межекей А.М., Оксюлюк А.О., Калдар-оол А.Ю. Состояние природно-техногенных экосистем Республики Тыва по данным наблюдений из космоса	410
Санданов Д.В. Эколого-географические сходства и различия лесостепных сообществ Внутренней Азии	413
Селютина И.Ю., Санданов Д.В., Пыжикова Е.М. Демографическая структура ценологических популяций редкого вида <i>Oxytropis Triphylla</i> в Забайкалье	416
Смирнова М.А., Бочарников М.В. Пространственная структура и разнообразие компонентов экосистем горной лесостепи Западного Алтая (на примере Тигирекского заповедника)	419
Соляникова И.П., Травкин В.М., Ляховченко Н.С., Авакова А.И., Муродуллаев Д., Артемьева И.А., Сузина Н.Е. Стабильность экосистем: микроорганизмы-деструкторы устойчивых поллютантов и микроорганизмы-продуценты биологически-активных соединений .	422
Сондуева Л.Д., Бурдуковская Т.Г. Моногении рыб водоёмов бассейна оз. Байкал	425
Сосорова С.Б. Фракционный состав меди в аллювиальной дерновой почве	428
Ставицкая З.О., Рудиковская Е.Г., Дударева Л.В., Ванина Л.С., Левчук А.А., Рудиковский А.В. Особенности углеводного состава диких видов яблонь Восточной Сибири и Дальнего Востока	432
Старков А.И., Борисова Н.Г., Никулина Н.А. Стратегия адаптации наземной фауны к изменениям климата: метаанализ	435
Суворова Г.Г., Бронникова Д.С. Оценка пулов и потоков углерода лесных территорий Республики Бурятия	439

Суворова Г.Г., Фонтош Е.Е. Пулы и потоки углерода в лесных экосистемах Забайкальского края	443
Суткин А.В. Чужеродные виды в урбанофлорах (на примере г. Улан-Удэ, Западное Забайкалье)	447
Суткин А.В., Гамова Н.С., Краснопевцева А.С. Инвазивные и потенциально инвазивные виды сосудистых растений в Байкальском государственном природном биосферном заповеднике (Республика Бурятия)	449
Сымпилова Д.П., Шахматова Е.Ю., Гончиков Б.-М.Н. Постагрогенная трансформация почв и растительности на контакте таежных и степных ландшафтов Селенгинского среднегорья	453
Тараканова К.В., Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Юрьев А.Л., Вокин А.И. Структура зообентоса небольших высокогорных озер в верхнем течении р. Светлая (бассейн Верхней Ангары)	457
Тараскин В.В., Будаева О.Д., Раднаева Л.Д. Сезонные изменения содержания фталатов в р. Селенга	460
Ташлыкова Н.А. Фитопланктон прудов-отстойников угольного разреза «Восточный» (Улетовский район, Забайкальский край)	463
Ткачук Т.Е. Поясно-зональные закономерности распространения крыловоковыльных степей в Даурии и Восточной Монголии	465
Тубанова Д.Я. Редкие виды мхов в бриофлоре Бурятии (Красная книга РБ)	468
Тыхеев Ж.А. Оценка возможности использования состава жирных кислот в таксономии растений рода <i>Vupleurum</i> L	471
Убугунов Л.Л. Результаты и перспективы эколого-биологических и биоагрогеохимических исследований почв и экосистем Внутренней Азии	473
Убугунов Л.Л., Балданова Д.Р., Козырева Л.П. История и развитие исследований биологического разнообразия в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН	478
Убугунова В.И. Почвы «шовной» зоны Монгольско-Охотского орогенного пояса (Верхнекеруленская котловина, Хэнтэй, Монголия)	481
Уланова Н.Г., Каплевский А.А. Природные и антропогенные «катастрофы» в ельниках европейской части России: причины и последствия	484
Федорова Л.И. Влияние химического состава воды на структуру пиявок бассейна р. Большой Юган	487
Федосеева Е.В., Иванова А.Е., Терехова В.А. Структурные изменения почвенной микобиоты в условиях антропогенного загрязнения почв	490
Фролова Т.В., Соловьев М.М., Извекова Г.И. Активность протеолитических ферментов в кишечнике леща <i>Abramis brama</i> при паразитировании в нем цестод <i>Caryophyllaeus laticeps</i> (Cestoda, Caryophyllidae)	493
Хамнуева Т.Р., Балданова Д.Р. Зараженность гольяна <i>Phoxinus phoxinus</i> (L.) из Забайкалья паразитами крови	495

Харпухаева Т.М., Калугина О.В., Афанасьева Л.В., Оскорбина М.В. Видовое разнообразие светлохвойных лесов в условиях воздействия алюминиевых заводов в Иркутской области	497
Хобракова Л.Ц., Рудых С.Г. Таксономическая, экологическая и ареалогическая структура фауны жуков жужелиц (Coleoptera, Carabidae) юга Восточной Сибири и Северной Монголии ...	500
Царенко Н.А., Скирина И.Ф., Скирин Ф.В. Растительность болот на севере Сахалина в связи с мерзлотными процессами	503
Цыбекмитова Г.Ц., Морозова М.О. Экологическое состояние озера Арей в условиях природно-антропогенного воздействия	506
Цыремпилов Э.Г., Насатуева Ц.Н. Классификационное положение залежных почв центральной части Верхнего куйтуна Баргузинской котловины	508
Цырендылыкова М.Ц., Коновалова В.В. Характеристика нерестового стада байкальского омуля (<i>Coregonus migratorius</i>) реки Баргузин	510
Цыренова Д.Д., Зайцева С.В., Дагурова О.П., Дамбаев В.Б., Батурина О.А., Бархутова Д.Д. Фототрофные сообщества пресных озер Прибайкалья	513
Чевычелов А.П., Алексеев А.А., Ермолаева С.В. Разнообразие мерзлотных почв Центральной Якутии	515
Чевычелов А.П., Захарова О.Г., Кузнецова Л.И. Вариационно-статистические показатели свойств и состава мерзлотных лугово-черноземных почв Центральной Якутии	518
Чередова Т.В., Чудинова О.Н. Тяжелые металлы в почвах несанкционированных свалок г. Улан-Удэ	521
Чернов А.Н., Прищепенко Е.А., Афордоаньи Д.М., Газизов Р.Р. Цеолит – концентрация водородных ионов и микробный фон	524
Чимитдоржиева Г.Д. Последствия от потепления климата на южной границе распространения многолетней мерзлоты	527
Чмыхов А.А. Лекарственные растения Байкальского заповедника	531
Шаблин П.А. Стратегический проект «СуперЭкоЧернозем».....	534
Шантанова Л.Н., Гуляев С.М., Шоболов Б.П. Стресспротективная активность экстрактов на основе экидстероидсодержащих растений флоры Бурятии	537
Шапченкова О.А., Краснощеков Ю.Н. Характеристика органического вещества постпирогенных почв кедровых лесов Южного Прибайкалья с помощью термического анализа.	540
Шахматова Е.Ю. Влияние интенсивности пожаров на свойства почв в сухих сосновых лесах Западного Забайкалья	544
Швецов С.Г. Почвы Олхинского плато (Юго-Западное Прибайкалье) и содержание в них природных урана и тория	548
Швецова Н.А., Павличенко В.В., Протопопова М.В. Разработка подходов молекулярной идентификации редких видов растений Южной Сибири с целью контроля за их хозяйственным использованием на примере <i>Rhaponticum carthamoides</i> (Willd.) Pjin	552

Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г., Криваль Е.А., Кривенкова И.Ф. Особенности видового состава ракообразных (Crustacea, Copepoda: Calanoida, Cyclopoida) в водоемах Байкальской рифтовой зоны	556
Шергина О.В., Михайлова Т. А., Миронова А.С. Исследование экосистемных функций/услуг древесных растений и почвенного покрова городских лесов Приангарья	559
Шинэхуу Т., Иванов Л.А., Рупышев Ю.А., Мигалина С.В., Бажа С.Н., Цэрэнханд Г., Иванова Л.А. Внутривидовое варьирование листовых параметров степных растений Южной Сибири и Монголии	562
Ширеторова В.Г., Эрдынеева С.А., Раднаева Л.Д. Компонентный состав эфирных масел хвой <i>Pinus sibirica</i> и <i>Pinus pumila</i> , произрастающих в Бурятии	565
Шишмарев В.М., Шишмарева Т.М., Асеева Т.А. Культивирование некоторых лекарственных растений в Республике Бурятия	568
Шишмарева Т.М., Шишмарев В.М., Асеева Т.А. Адаптогены в тибетской медицине	571
Шуменко П.Г., Татонова Ю.В. Генетическое разнообразие <i>Metagonimus suisfunensis</i> (Trematoda: Heterophyidae) на основе гена <i>cutb</i> мтДНК	574
Эрдынеева С.А., Ширеторова В.Г., Раднаева Л.Д. Пыльца растений рода <i>Pinus</i> , как перспективный источник БАВ.....	576
Юдина П.К., Иванов Л.А., Ронжина Д.А., Иванова Л.А. Функциональное разнообразие растений Горного Алтая	579
Юнусова Д.Р., Полежаева М.А. Первые данные о генетической изменчивости краснокнижного рододендрона Восточной Азии.....	581
Юрьев А.Л., Хлуднев Г.Б., Батрагин Д.А. Биология обыкновенной щуки <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 нижней части Илимской ветви Усть-Илимского водохранилища	584
Kaygorodova I.A. Antimicrobial peptides of parasitic leeches	588
Khandy M.T., Sofronova A.K., Chirikova N.K. <i>Umbrelliferae</i> as Producers of Pyranocoumarins: Prospects for Biotechnology.....	590
Oyunbileg Natsagdorj, Davaapurev Bekh-Ochir, Tsetseg Baljinova, Yohei Iizaka, Atsushi Fukumoto, Yojiro Anzai, Fumio Kato, Batkhuu Javzan. Diversity and anti-quorum sensing activity of endophytic actinobacteria isolated from desert plants of Mongolia	593
Partoev K., Safarmadi M., Akhmedov H.M. Sun artichoke (<i>Helianthus Tuberosus</i> L.) – a plant of multi-purpose use in the conditions of Tajikistan	596
Pospekhova N.A. Classification problems of cysticercoids from aquatic invertebrates	599
Tashlykova N.A., Afonina E.Yu. Taxonomic composition of plankton in the water bodies of Kharanorskaya SDPP (Transbaikalia)	601
Tsetseg Baljinova, Badamgarav Tsog-Uyren Phylogenetic diversity of actinobacteria of the genus <i>Kribbella</i> and their potential for production of extracellular enzymes.....	603
Ukhova N.L., Ereemeeva N.I, Sukhodolskaya R.A. Geographic variation in functional and structural traits in ground beetles (the case study of <i>Carabus aeruginosus</i> F.-W., 1822)	606

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

К 80-летию Владимира Михайловича Корсунова	608
К 85-летию Цыденжапа Хутановича Цыбжитова	609
К 80-летию Николая Мартемьяновича Пронина	610
К 90-летию Эльберта Гомбожаповича Базарона	611

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые участники Конференции! Дорогие коллеги!

Мы проводим конференцию в обширном природно-климатическом регионе, центром которого является озеро Байкал. Он характеризуется уникальным сочетанием разнообразных ландшафтов; почвы и биота развиваются в Забайкалье в условиях контрастности и экстремальности, усугубляемые процессами опустынивания. Именно в бассейне озера Байкал проходят биогеографические рубежи высокого уровня и соприкасаются границы ареалов многих видов. Поэтому данная территория характеризуется высокой степенью биологического многообразия, пока сохраняющей ещё местами природную первозданность.

Биологическое разнообразие Забайкалья изучено неравномерно. К настоящему времени получены существенные результаты по инвентаризации и оценке ряда структурных параметров таксономического разнообразия, хотя далеко и не по всем группам организмов. Имеются отдельные разработки по типологии и географии ценоотических комплексов и экосистем. К сожалению, генетическое разнообразие, являющееся основой исследований биоразнообразия и представляющее особый интерес для понимания процессов функционирования сообществ и экосистем на всех его уровнях, фактически не исследовано в регионе. Непрерывное усиление антропогенного воздействия на экосистемы, наряду с долгосрочными тенденциями изменений климата, определяют высокую актуальность задачи по исследованию динамики биоразнообразия на уровне видов, сообществ, экосистем и региона в целом.

По своей проблематике конференция охватила все основные проблемы исследований разнообразия почв и биоты, закономерности функционирования экосистем, проблемы использования, управления и сохранения биологических ресурсов Северной и Центральной Азии. Доклады участников сгруппированы в секции по направлениям: таксономическое, филогенетическое и функциональное разнообразие экосистем; функционирование экосистем в условиях глобальных изменений климата и других антропогенных воздействий; управление, охрана и использование природных ресурсов.

На пленарной сессии представлены доклады, затрагивающие наиболее важные проблемы биологического разнообразия, на каждой сессии 1-2 доклада, задающие проблематику секции, выделены как пленарные.

Конференция приурочена к 40-летию Института общей и экспериментальной биологии СО РАН. Институт биологии Бурятского филиала АН СССР был организован в 1981 году. Основными направлениями исследований Института были и остаются структура, функционирование и эволюция наземных и водных экосистем, их биологическое разнообразие и проблемы сохранения и использования биологических ресурсов. Конференция позволит провести объективную ревизию полученных за эти годы научных и научно-практических результатов, проанализировать современное состояние исследований в Институте и наметить дальнейшие перспективы развития.

В год работы нашей конференции мы отмечаем юбилей ряда известных ученых, которые внесли вклад в развитие исследований биологического разнообразия видов, сообществ, экосистем Байкальского региона. Их памяти в рамках конференции посвящены доклады и выставки.

Желаю вам плодотворной работы на конференции!

*директор ИОЭБ СО РАН,
председатель организационного комитета,
д.б.н., профессор
Леонид Лазаревич Убугунов*

УДК 574.5

Состояние зоопланктона в пелагиали Южного Байкала в слое 0–50 м в 2019 г.

Алексеева Т.М., Демидова А.А., Кривороткин Р.С., Русановская О.О.,
Шимараева С.В., Зилов Е.А.

НИИ биологии ИГУ, Иркутск, Россия, atm171@mail.ru

Аннотация. Представлены данные по сезонной динамике численности основных групп байкальского зоопланктона (Copepoda, Cladocera и Rotifera) в 2019 г. в слое 0-50 м акватории Южного Байкала. Рассмотрен видовой состав зоопланктеров и отмечены доминирующие в планктоне виды каждой группы.

Population dynamics of zooplankton in the pelagial of Southern Baikal in the 0-50 m layer in 2019

Alekseeva T.M., Demidova A.A., Krivorotkin R.S.,
Rusanovskaya O.O., Shimaraeva S.V., Silow E.A.

Research Institute of Biology at the ISU, Irkutsk, Russia, atm171@mail.ru

Abstract. Data on the seasonal dynamics of the population of the main groups of Baikal zooplankton (Copepoda, Cladocera and Rotifera) in 2019 in the 0-50 m layer of the Southern Baikal water area are presented. The species composition of zooplankters is considered and the dominant plankton species of each group are noted.

Зоопланктон – ключевое звено в экосистеме озера Байкал, он состоит из трех основных групп: веслоногие, ветвистоусые и коловратки. В настоящее время в пелагиали происходят изменения численности и видового состава отдельных групп организмов (Зилов, 2016).

В верхнем 50-метровом слое пелагиали насчитывается наибольшее количество организмов, благодаря световому и тепловому режиму. В этой части озера интенсивно развивается фитопланктон, являющийся кормом для зоопланктона.

Веслоногие ракообразные составляют основу численности зоопланктона, которые представлены эндемиком *Epischura baicalensis* и голарктом *Cyclops kolensis*. Эпишура развивается в Байкале круглый год, давая две генерации (зимне-весеннюю и летнюю), которые развиваются в разных экологических условиях (Афанасьева, 1977). У *C. kolensis* в озере развиваются три генерации, которые в этом году слабо прослеживаются из-за низкой численности взрослых особей в верхнем слое воды (Мазепова, 1978).

Основными видами ветвистоусых, обитающих в пелагиали, являются *Bosmina longirostris* и *Daphnia galeata*. В планктоне босмины и дафнии начинают появляться в августе, пик развития у первых приходится на октябрь, у вторых на сентябрь, после чего их численность резко падает (Тимошкин, 1995).

Коловратки в Байкале делятся на три комплекса: круглогодичный (*Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Kellicottia longispina* и *Filinia terminalis*), зимне-весенний (*Notholca grandis*, *N. intermedia* и *Synchaeta pachipoda*), и летне-осенний (*Synchaeta stylata*, *S. grandis*, *Asplanchna priodonta*, *A. herricki*, *Conochilus unicornis*, *Polyarthra* sp., *Collotheca mutabillis*).

Материалом для исследования послужили данные круглогодичных, еженедельных (за исключением времени ледостава и вскрытия ото льда – январь, апрель) сборов проб сетного зоопланктона за 2019 г. из базы данных «Зоопланктон» [№ гос. регистрации 200560028 от 21.10.2005 г.]. Станция отбора проб («Точка № 1») располагается в открытой части Южного Байкала, против биостанции НИИ биологии ФГБОУ ВО «ИГУ» (пос. Большие Коты). Орудием лова служила планктонная сеть Джеди. Облавливали слой 0-50 м. Отобрано и обработано 84 пробы.

В 2019 г. сезонная динамика эпишуры приближена к обычной, пики численности соответствуют развитию зимне-весеннего (март) и летнего (июнь-июль) поколений (рис.).

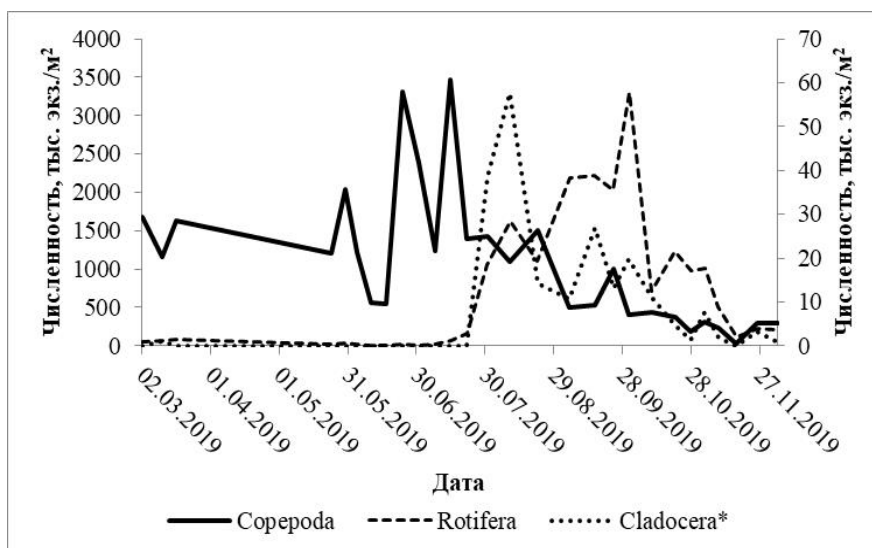


Рис. Сезонная динамика групп зоопланктона в 2019 г.; * по вспомогательной оси

При рассмотрении возрастной структуры доминируют рачки науплиальных стадий, собственно дающие мощный всплеск численности в конце июня и середине июля.

C. kolensis регулярно появляется в зоопланктоне с конца июня. Пики приходятся на первые половины августа (10.08 – 43,65 тыс. экз./м²) и сентября (16.08 – 38,36 тыс. экз./м²).

Ветвистоусые так же достигают максимального развития в пелагиали в начале августа со значением в 57,6 тыс. экз./м², а со второй половины октября их численность стремительно падает.

Динамика численности коловраток демонстрирует относительно низкую численность коловраток в первой половине года – до середины июля их количество не превышает 80 тыс. экз./м², в основном это коловратки круглогодичного комплекса. Со второй половины года идет подъем до 1620 тыс. экз./м² за счет развития круглогодичного и летне-осеннего комплексов. Максимального значения численность коловраток достигает 1 октября – 3303,45 тыс. экз./м². Данное значение складывается за счет коловраток круглогодичного комплекса, а в большей степени вида *K. quadrata*, который составляет основу этого пика. Коловратки летне-осеннего комплекса в наибольшем числе выявлены 19 сентября (1028,92 тыс. экз./м²). Зимне-весенний комплекс демонстрирует низкую численность на протяжении всего года.

Таким образом, сезонная динамика численности основных групп зоопланктона в данном году взаимосвязана – относительные пики численности каждой группы наблюдаются в периоды спада численности других групп.

Доминирующее положение принадлежит *E. baicalensis* – 60,79 % общей численности зоопланктона, меньшие значения зафиксированы для коловраток – 38,34 %, *C. kolensis* (0,45%) и *Cladocera* (0,43 %) – малочисленны.

Среднегодовые значения численности эпишуры и коловраток превосходят среднемноголетнее значение за 1981–2007 гг. (Пислегина, 2010). Показатели циклопа и кладоцер напротив, оказались меньше среднемноголетних значений (табл.).

Таблица

Сравнение среднегодовой численности в 2019 г. со среднемноголетним значением 1981–2007 гг. (Пислегина, 2010)

Вид/группа	Среднегодовая численность в 2019 г.	Среднемноголетняя численность за 1981–2007 гг.
<i>E. baicalensis</i>	1081,47±168,74	600,8±42,6
<i>C. kolensis</i>	7,95±2,51	63,7±16,7
Rotifera	682,02±167,05	137,0±24,9
Cladocera	7,58±2,58	27,8±8,8

В планктоне Южного Байкала в 2019 г. встречено 26 видов, из них 2 вида копепод, 2 вида кладоцер и 22 вида коловраток.

Выводы

1. Сезонная динамика групп зоопланктона в 2019 г. обычна и соответствует литературным данным.

2. Среднегодовые значения численности эпишуры и коловраток превосходят среднемноголетние значения 1981-2007 гг., при рассмотрении средней численности кладоцер и циклопа такого не наблюдается.

3. Основную долю численности в составе зоопланктона составляет *E. baicalensis* – 60,79%, меньшие значения зафиксированы для коловраток – 38,34%, *C. kolensis* (0,45%) и *Cladocera* (0,43%) - малочисленны.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Минобрнауки РФ № 6.1387.2017/ПЧ и Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал» (Соглашение № ФОБ 02-3/17 от 23.04.2019 г.).

ЛИТЕРАТУРА

Атлас и определитель пелагиобионтов Байкала (с краткими очерками по их экологии) / отв. ред. О. А. Тимошкин. Новосибирск: Наука. 1995. 694 с.

Афанасьева Э. А. Биология байкальской эпишуры. Новосибирск: Наука. 1977. 144 с.

Зилов Е. А., Кращук Л. С., Онучин К. А., Пислегина Е. В., Русановская О. О., Шимараева С. В. История организации мониторинга и современное состояние планктона озера Байкал // Актуальные вопросы деятельности академических естественно-научных музеев: Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. (25-28 сентября 2016 г., пос. Листвянка, Иркутская область). Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2016. С. 32–38.

Мазепова Г. Ф. Циклопы озера Байкал. Новосибирск: Наука, 1978. 144 с.

Пислегина Е. В. Многолетняя (1981-2007 гг.) динамика зоопланктона в пелагиали Южного Байкала // Известия Иркутского государственного университета. 2010. Т. 3, № 3. С. 92–94.

УДК 598.2:574.34:551.435.122

Многолетняя динамика численности птиц поймы при изменении уровня и продолжительности весеннего половодья

Ананин А.А.^{1,2}

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, a_ananin@mail.ru

²Заповедное Подлеморье (Объединенная дирекция Баргузинского государственного природного биосферного заповедника и Забайкальского национального парка), Усть-Баргузин, Республика Бурятия, Россия

Аннотация. Межгодовые различия суммарного обилия птиц поймы в наибольшей степени связаны с ее обводненностью. Минимальная плотность населения в гнездовой период характерна для года с высоким и продолжительным весенним паводком. В последующие годы отмечен процесс восстановления и максимального развития кустарников и одновременно значительное повышение плотности населения птиц. После периода маловодных лет наблюдалось усыхание и упрощение растительного покрова. Этот процесс сопровождался спадом численности птиц во всех пойменных местообитаниях. Изменения обилия видов птиц поймы связаны с эффективностью размножения видов в предшествующий год, изменениями смертности в период пролета и на местах зимовок.

Long-term dynamics of bird's floodplains abundance with changes in the level and duration of the spring flood

Ananin A.A.^{1,2}

¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, a_ananin@mail.ru

²Zapovednoe Podlemorye (United Administration of Barguzinsky State Nature Biosphere Reserve and Zabaikalsky National Park), Ust-Barguzin, Buryatia Republic, Russia

Abstract. Inter-annual differences in the total bird's floodplains abundance are most related to its flooding. The minimum population density in the nesting period is characteristic of the year with a high and long spring flood. In following years, the process of recovery and maximum development of shrubs and a significant increase in the bird's population density at the same time was noted. After a period of low-water years, the drying and simplifying vegetable cover prevailed. This process was accompanied by a decline in bird numbers in all floodplain habitats. Changes in the bird's floodplains abundance are associated with the effectiveness of previous year reproduction, the mortality during the overflight and at wintering sites.

Долговременные исследования динамики обилия и распределения птиц в пойменных местообитаниях были выполнены в 1978–1983 гг. на правобережном участке поймы Средней Оби в Кривошеинском районе Томской области, на берегах оз. Монатка. Маршрутный учет птиц выполнялся ежегодно с апреля по октябрь по методу Ю.С. Равкина. Общая протяженность учетных маршрутов за 25 месяцев полевых работ составила 1748 км. Статистические расчеты выполнены с применением пакета программ Statistica 6.0.

Наиболее высокий и продолжительный весенний паводок с полным затоплением грив отмечен в 1979 г. Менее высокое, но продолжительное половодье было в 1978 г. В 1980 и 1982 гг. полые воды выходили на сенокосные гривы на очень непродолжительное время, паводок был низким и кратковременным, а в 1983 г. – невысоким, но длительным. В 1981 г. пойма не заливалась, вода вошла лишь в самые низкие ее участки. По продолжительности заливания пойменных низин годы наблюдений можно разделить на долгопоемные (1978, 1979, 1983) и краткопоемные (1980–1982), а по степени общей увлажненности поймы на «сырые» (1978–1979) и «сухие» (1980–1983). В выделяемых среди «сухих» «засушливые» годы (1981–1982) большая часть временных водоемов пересохла или сильно обмелела, уровень грунтовых вод значительно понизился (Ананин, 1995).

Межгодовые различия суммарного обилия птиц в наибольшей степени были связаны с обводненностью поймы. Минимальная плотность населения в гнездовой период характерна для 1979 г. Максимальный по высоте и продолжительности весенний паводок сопровождался значительной деградацией нижних ярусов растительности в зонах затопления, упрощением струк-

туры травяного и кустарникового ярусов, сокращением гнездопригодной территории и вследствие этого минимальным обилием птиц. В следующий за многоводным год упрощение структуры растительности еще сохранилось, однако численность птиц начала возрастать. В 1981 и 1982 гг. отмечен процесс восстановления и максимального развития кустарников и одновременно значительное повышение плотности населения птиц. В 1983 г., после продолжительного периода маловодных лет, преобладал процесс усыхания и упрощения растительного покрова (уменьшение высоты и изреживание травостоя и кустарников). Условия обитания для пойменных видов существенно ухудшились, зарегистрирован спад численности птиц во всех пойменных местообитаниях.

Достоверная отрицательная корреляция ($r = -0,8$; $p > 0,95$, использован ранговый коэффициент корреляции Спирмена) выявлена между численностью птиц всей поймы и рассчитанным по методу Б.Н. Фомина (1981) показателем «эффективного» затопления поймы, учитывающим продолжительность стояния воды в ее различных частях, то есть отражающим уровень и продолжительность весеннего паводка.

Формула оценки эффективности разлива $I = (t_1 + 3,84t_2)/10$, где I – оценка интенсивности разлива; t_1 – продолжительность затопления низин; t_2 – продолжительность затопления низин и сенокосных грив.

Многолетняя динамика численности птиц синхронна во всех биотопах и внутриводных выделах. Наиболее благоприятен для птиц поймы 3–4-летний паводковый цикл: за высоким весенним половодьем следуют 2 или 3 года с низким и кратковременным разливом. Гнездопригодность поймы в лето, следующие после года с высоким и продолжительным половодьем, остается низкой, окончательное восстановление травяного и кустарникового ярусов происходит только на 3-й год пойменного цикла. Колебания обилия у массовых видов птиц на одном участке в разные периоды пойменного цикла были 2–5-кратными, а у малочисленных значительно более высокими.

Достаточно информативен подход на основе оценки связи многолетней динамики численности отдельных видов птиц с локальными изменениями качества местообитаний, в первую очередь, с трансформацией их гнездопригодности и кормообеспеченности, определяемой, в том числе, изменениями структуры растительности под влиянием обводненности поймы. Выделены группы видов птиц, динамика численности которых тесно связана с изменениями уровня и продолжительности весеннего паводка.

Межгодовая динамика обилия фоновых видов птиц поймы существенно различается. В качестве модельной территории был выбран участок лесолуговой затопляемой поймы, на котором были ивняки, осинники, березово-осиновые леса, а также сенокосные, несенокосные и закустаренные луга. Рассмотрена динамика 25 видов птиц со средним многолетним обилием более 5 особей/км². Сравнение видов было проведено по многолетней динамике их численности. Предполагается, что сходство годовых изменений численности видов свидетельствует о сходстве реакций их на одинаковые изменения среды. В качестве меры их близости использован ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Классификация выполнена с использованием кластерного анализа с построением дендрограмм по методу «ближайшего соседа».

По отношению к уровню и продолжительности весеннего половодья, выраженному через оценку корреляции между многолетними изменениями численности птиц и индексом «эффективного» затопления (Фомин, 1981), анализируемое сообщество разделено на 4 группы. На ключевом участке южно-таежной поймы Оби слабая положительная статистически недостоверная связь с весенним половодьем (тенденция к позитивному воздействию уровня и продолжительности весеннего выхода полых вод в пойму) выявлена у славки-завирушки, барсучка и рябинника, для которых высокий уровень обводненности территории имеет положительное значение, не оказывая существенного воздействия на гнездопригодность территории и не снижая ее кормообеспеченность. Максимальное негативное отношение к высокому и продолжительному половодью показали виды, связанные в период гнездования с кустарниковым ярусом: дубровник, садовая камышевка, чечевица, урагус, кукушка, черноголовый чекан и полевой воробей. Независимый тип динамики (отсутствие статистически достоверной связи с характером

половодья) отмечен для сороки (всеядный вид), серой славки (предпочитает закустаренные луга), желтой трясогузки и скворца (кормятся преимущественно по берегам пойменных озер и проток околводными беспозвоночными), видов-дуплогнездников (мухоловка-пеструшка, большая синица, пухляк) и поздно гнездящихся певчего и пятнистого сверчков. На эти виды уровень и продолжительность весеннего половодья воздействия не оказывает. Для остальных включенных в анализ фоновых видов отмечена слабая отрицательная связь (тенденция к негативному влиянию уровня половодья).

У одних и тех же фоновых видов птиц в различных пойменных орнитокомплексах характер долговременных изменений обилия существенно отличался, что приводит к формированию в разных внутривпойменных выделах и биотопах групп со сходным типом межгодовых флуктуаций численности различного состава. Подобные различия определяются тем, что в разных местообитаниях в пойменном цикле складываются различающиеся условия гнездопригодности и кормообеспеченности, и каждый вид ежегодно выбирает для заселения и использования преимущественно наиболее благоприятные для себя конкретные местообитания (Ананин, 2010). Такое предпочтение наиболее благоприятных для заселения мест, формирование гнездовых территорий в первую очередь на лучших участках приводит к ежегодному перераспределению населения видов по территории поймы.

Ежегодные изменения условий обитания птиц в пойменных условиях в ходе быстрых пойменных циклических изменений растительности, а вместе с этим гнездопригодности и обеспеченности кормами, приводят к периодическим изменениям в составе и структуре населения птиц поймы и ее отдельных участков.

Ведущий фактор изменения населения птиц в пойме – высота и продолжительность весеннего половодья. Его влияние определяет отличия в структуре и фенологии развития растительности и перераспределение птиц в пойме. Но влияние весеннего половодья не объясняет особенности многолетних изменений обилия всех видов птиц, гнездящихся на ключевом участке южно-таежной поймы Оби.

Вторым по значимости фактором, влияющим на межгодовую изменчивость обилия видов птиц поймы после величины и продолжительности весеннего половодья, является эффективность размножения видов в предшествующий год, а также изменения смертности в период пролета и на местах зимовок (Соколов и др., 2017), подтвержденное нами при анализе сходства изменений обилия модельных видов воробьиных птиц за 1978–1983 гг. в Финляндии (Vickholm, Väisänen, 1984), Дании (Klug-Andersen et al., 1983), на Среднем Енисее (Бурский, 1988) и в южно-таежной пойме Оби (наши данные).

Исследования, послужившие основой для настоящего сообщения, частично профинансированы в рамках выполнения государственного задания ИОЭБ СО РАН, проект 0271-2021-0001.

ЛИТЕРАТУРА

- Ананин А.А. Значение весеннего паводка в динамике численности и разнообразия населения птиц средней Оби // Сибирский экологический журнал. 1995. № 2. С. 137-145.
- Ананин А.А. Птицы Северного Прибайкалья: динамика и особенности формирования населения. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2010. 296 с.
- Бурский О.В. Долговременные тенденции в изменении численности птиц на среднем Енисее // Тезисы докладов 12-й Прибалтийской орнитологической конференции. Вильнюс, 1988. С. 26–27.
- Соколов Л.В., Марковец М.Ю., Шаповал А.П. Влияние климата на долговременную динамику численности птиц в Балтийском регионе // Динамика численности птиц в наземных ландшафтах. 30-летие программ мониторинга зимующих птиц России и сопредельных регионов: мат-лы Всерос. науч. конф., ЗБС МГУ, 17-21 марта 2017. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. С. 25-33.
- Фомин Б.Н. Сукцессионная изменчивость численности и общего разнообразия сообществ мелких млекопитающих пойменного биоценоза // Сукцессии животного населения в биоценозах поймы реки Оби / Труды Биологического института СО АН СССР. Вып. 41. Новосибирск: Наука, 1981. С. 64-77.
- Klug-Anders B., Braae L., Johansen L. Ynglefugletaelling 1982 // Dansk. Orn. Forening. / Moniste. 1983. 56 s.
- Vickholm M., Väisänen R.A. Pesimälinnuston kannanmuutokset 1978-83 // Lintumies. 1984. N 19. P. 2-13.

УДК 595.762.12

Последствия антропогенного влияния на обилие жужелиц (Coleoptera, Carabidae) лугов в Северо-Восточном Прибайкалье

Ананина Т.Л.^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Объединенная дирекция Баргузинского государственного природного биосферного заповедника и Забайкальского национального парка» (ФГБУ «Заповедное Подлеморье»), пос. Усть-Баргузин, Республика Бурятия, Россия, t.l.ananina@mail.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия.

Аннотация. Исследования влияния антропогенного фактора (сенокосение и выпас скота) на динамику численности жужелиц проводились в зоне ограниченной хозяйственной деятельности на территории Баргузинского государственного заповедника. Проанализированы долговременные ряды численности протяженностью 17 и 33 года у девяти доминантных видов жужелиц на трех луговых участках разной давности нарушения. Отмечено значительное изменение обилия модельных видов жужелиц после прекращения антропогенной нагрузки.

Consequences of anthropogenic influence on the abundance of meadow ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the Northeastern Baikal region

Ananina T.L.^{1,2}

¹Federal State Establishment "United Administration of Barguzinsky State Nature Biosphere Reserve and Zabaikalsky National Park", "Zapovednoe Podlemorye", Ust-Barguzin, Republic of Buryatia, Russia, t.l.ananina@mail.ru

²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia.

Abstract. Studies of the anthropogenic factor influence (haymaking and grazing) on the number of the of ground beetles were carried out in the zone of limited economic activity in the Barguzinsky State Reserve. Long-term series of numbers 17 and 33 years were analyzed in nine dominant species of ground beetles in three meadow areas of different ages of disturbance. A significant change in the abundance of ground beetles model species was recorded after the termination of anthropogenic load.

В настоящее время значительная часть территорий нашей планеты охвачена землепользованием, в то время как особо охраняемые природные территории близки к естественному состоянию (Ellis et al., 2010). Под антропогенным воздействием на заповедных территориях мы понимаем деятельность, связанную с реализацией жизненно-необходимых и рекреационных интересов человека.

Наиболее эффективный способ зафиксировать как биоразнообразие и численность реагирует на антропогенные воздействия – это анализ данных долговременных рядов численности сообществ или популяций животных, обитающих на территориях, подверженных влиянию деятельности человека (Newbold et al., 2014; Ananina, 2020).

Экосистемы Баргузинского заповедника не подвергались воздействию антропогенных факторов, за исключением охоты и рыболовного промысла местного населения до 1916 г. Сенокосение и выпас скота в зоне ограниченной хозяйственной деятельности проводился в период существования поселка Давша (1947-2012 гг.). Исследования влияния антропогенного фактора на насекомых проводились в Баргузинском государственном заповеднике.

Мониторинг численности жужелиц проводился на трех вариантах лугов с разной давностью нарушения. Площадка № 1 (Луг высокотравный) – N 54° 21' 10,8"; E 109° 30' 12,3", заложена в 1988 г. на лугу наледного происхождения в долине р. Давше, в 12,5 км от берега Байкала. Луг с 1947 по 2008 г. подвергался сенокосению. Площадка № 2 (Луг кустарниковый) – N 54°21' E 109°30', располагается близ устья р. Давше на её правом берегу, в юго-западной части второй байкальской террасы. Луг имеет искусственное происхождение, так как находится на месте коренного кедрово-соснового леса, расчищенного в 1950-е годы для посадки само-

летов (аэродром). В конце 1960-х началось интенсивное зарастание луговой растительностью. Энтомологическая площадка была заложена в 2004 г. Антропогенная деятельность прекратилась с 2012 г. после выезда из поселка большей части жителей. Площадка №3 (Луг низкотравный) – N 54°21' E 109°32', располагается в окрестностях термального источника пос. Давша в 300 м к северу от площадки № 2. В 1950-е – 2000-е годы здесь иногда выпасался крупный рогатый скот. Учеты напочвенной энтомофауны начаты в 2004 г.

Отлов жувелиц осуществляли методом стандартных почвенных ловушек. Поллитровые стеклянные банки, наполненные на одну треть раствором 4 % формалина, вкапывались группами по 5 шт. в одну линию на расстоянии 5 м друг от друга. Сбор проб выполнялся ежедекадно, с мая по сентябрь. Установленный режим отлова жувелиц наиболее показателен для изучения численности в погодных условиях Северного Прибайкалья. В качестве модельных выбраны доминантные виды жувелиц, доля участия которых превышает 5 % от всего населения биотопа. На пл. 1. – *Carabus henningi* F.-W., *Curtonotus aulicus* Panz., *Calathus micropterus* Duft., *Amara similata* Gyll.; пл. 2. – *Pterostichus eximius* Mor., *Poecilus fortipes* Chaud., *Pt. dilutipes* Motsch., *C. micropterus* Duft., пл. 3. – *Harpalus rufipes* De Geer, *Calathus errathus* C.R.Sahl., *P. fortipes* Chaud., *Pt. nigrita* Payk.

Регрессионный анализ многолетних рядов численности доминантных видов позволил выяснить наличие, направленность и скорость изменения численности (уравнение линейных трендов: $y = ab + c$, где a – количественное значение изменения численности за один год). Для объективного сравнения, значения пересчитывали на декаду (10 лет). Направленность тренда временного ряда определяли по знаку тренда: знак «+» означает рост численности, «-» – снижение, «0» – отсутствие изменения численности (таблица).

Таблица

Характеристика долговременных рядов обилия доминантных видов жувелиц на лугу высокотравном (1988-2020 гг.) и лугах кустарниковом и низкотравном (2004-2020 гг.)

Биотоп, № пл.	Вид	Направленность тренда	Скорость изменения обилия (экз. на 100 лов. / сут. за 10 лет)
Луг высокотравный, пл.1	<i>Carabus henningi</i>	+	44,3
	<i>Curtonotus aulicus</i>	+	7,6
	<i>Calathus micropterus</i>	+	5,0
	<i>Amara similata</i>	-	3,1
Луг кустарниковый, пл.2	<i>Pterostichus eximius</i>	-	2,1
	<i>Poecilus fortipes</i>	-	1,3
	<i>Calathus micropterus</i>	0	0
	<i>Pterostichus dilutipes</i>	0	0
Луг низкотравный, пл.3	<i>Harpalus rufipes</i>	+	4,2
	<i>Poecilus fortipes</i>	+	2,2
	<i>Pterostichu nigrita</i>	+	0,9
	<i>Calathus errathus</i>	+	4,2

Регулярное скашивание травы (в первую половину временного ряда) способствовало снижению численности жувелиц. Уничтожение травяного покрова при покосе приводит к увеличению освещенности и ксерофитизации луговой растительности, изменению в экологической структуре фаунистических комплексов. К таким же результатам приводит и выпас скота (Гречаниченко, 2004). В настоящее время на всех исследуемых площадках наблюдаются серийные сообщества сукцессии, направленной на восстановление растительности. Площадка 2 зарастает кустарником, хвойными и лиственными деревьями. Площадки 1 и 3 – луговой растительностью (Бухарова, 2009). После прекращения антропогенной деятельности на лугах с 2008-2012 гг.

обилие жужелиц на лугу высокотравном и лугу низкотравном сравнительно быстро увеличивалось, в то время как на лугу кустарниковом продолжало снижаться.

Как показывает анализ долговременных рядов обилия доминантных видов жужелиц, с прекращением антропогенной нагрузки регистрируются разнонаправленные тенденции изменения. Эти тенденции определяются изменением гидротермических условий местообитания карабид, которые в значительной степени зависят от изменения состава растительности.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований (ФНИ) государственных академий наук на 2021-2025 гг., проект 0271-2021-0001 (FWSM-2021-0001) N темы 121030900138-8.

ЛИТЕРАТУРА

Бухарова Е.В. Мониторинг динамики фитоценозов в Баргузинском заповеднике // Состояние и перспективы изучения охраняемых природных комплексов Прибайкалья. Материалы научной конференции, посвященной 40-летию Байкальского государственного природного биосферного природного заповедника. Иркутск: Изд-во «Репроцентр Ф1», 2009. С. 46-50.

Гречаниченко Т.Э. Изменения в сообществах жужелиц луговой степи под воздействием кошения и выпаса // Актуальные проблемы управления заповедниками в Европейской части России. Материалы юбилейной научно-практической конференции. Воронеж, 2004. С. 71-73.

Ananina T.L. Results of Long-Term Monitoring of the Genus *Carabus* (Coleoptera: Carabidae) in the Barguzinsky Range (Northern Baikal Region) // Contemporary Problems of Ecology. 2020. Vol. 13. 4. P. 391-400. Pleides Publishing, Ltd. 2020. Published in Sibirskii Ecologicheskii Zhurnal, 2020. 4. P. 491-503.

Ellis E.C., Goldewijk K.K., Siebert S., Lightman D. and Ramankutty N. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000 // Glob. Ecol. Biogeogr. 2010. Vol. 19. P. 589– 606.

Newbold T., Hudson L.N., Hill S.L. et al. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity // Nature. 2014. 520 (7545). P. 45-50.

УДК 581.526.2(571.54)

Растительность лесостепных ландшафтов Бурятии: эколого-фитоценотическая оценка и особенности гидротермики ее местообитаний*Аненхонов О.А.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, anen@yandex.ru

Аннотация. Кратко показаны результаты исследований растительности лесостепи по 2 блокам: выявление ценотического разнообразия сообществ ландшафтообразующих типов (лесной, степной), изучение гидротермических показателей почв местообитаний лесных и степных сообществ экспозиционной лесостепи. В общем, лесной и степной компоненты лесостепи Бурятии характеризуются сопоставимыми в целом показателями фитоценотического разнообразия. Отмечено, что термические особенности местообитаний имеют базовое значение для дифференциации лесных и степных сообществ. Установлена более высокая вариабельность термограмм местообитаний северных склонов по сравнению с южными.

Vegetation of the forest-steppe landscape in Buryatia: ecological-and-phytocoenotical assessment and the hydrothermic specificity of habitats*Anenkhnov O.A.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, anen@yandex.ru

Abstract. The results of the forest-steppe vegetation studying according to 2 topics are outlined. The first topic is inventorying vegetation diversity by means of plant communities' description and classification, taking into account the main landscape-forming types, i.e. forest and steppe vegetation. The second one is the monitoring of hydrothermal conditions of soils in spatially adjacent habitats of forest and steppe communities in the exposure-related forest-steppe landscape. In general, there were noted that forest and steppe vegetation possess comparable levels of diversity at the most levels of syntaxonomy. The basic importance of habitats' temperature conditions for differentiation of forest and steppe communities was mentioned. More distinctive variability of thermograms obtained from the northerly exposed slopes compared to the southerly exposed ones was established.

В семиаридных районах Бурятии (Западное Забайкалье) низкие показатели увлажненности территории являются лимитирующими для роста деревьев. Этот уровень увлажненности знаменует собой переход от одного крупного биома – гумидного лесного, к другому – ариднему степному. Соответственно, в пределах полосы переходных значений увлажненности сформирован лесостепной экотон межзонального уровня. Именно в экотонных зонах биологические сообщества особо чувствительны к изменениям климата.

Среди наземных экосистем леса вносят наибольший вклад в климатическую систему Земли и, в то же время, чрезвычайно важны в социально-экономическом отношении. При этом биологическое разнообразие, структура, экологические особенности и направления динамики лесной растительности остаются недостаточно исследованными. В пределах лесостепного зоноэкотона и леса, и степи находятся на пределах своих биоклиматических ареалов, но при этом характеризуются высоким биоразнообразием.

На территории Бурятии растительность семиаридных лесостепных районов наиболее подвержена как влиянию изменений климата, так и антропогенному воздействию. Эти факторы вызывают трансформацию видового состава и структуры сообществ, подверженность лесов пожарам (что приобретает особенно значительные масштабы в последние годы), что негативно отражается на важнейших эколого-биологических функциях – поддержание биологического разнообразия и стабильности функционирования ландшафтов. Вместе с тем, лесостепные районы Бурятии относятся к наиболее освоенным и населенным территориям, а растительность лесостепи имеет огромное значение в качестве сельскохозяйственных угодий.

Данные о лесостепи Бурятии имеются в ряде работ географов, лесоведов, геоботаников (Преображенский и др., 1959; Рысин, 1962; Бузыкин, 1963, 1969; Побединский, 1965; Новосельцева, 1969; Типы лесов ..., 1980; Пешкова, 1985; Дамбиев и др., 2006; Намзалов, Басхаева,

2006; Королюк и др., 2013; и др.). Геоботанические работы из числа упомянутых опирались на эколого-фитоценотический подход, а флористический подход для изучения растительности лесостепи Забайкалья был использован только в работах Н.Б. Ермакова (Ermakov et al., 2000; Ермаков, 2003), О.А. Аненхонова и А.Ю. Королюка (2011), О.А. Аненхонова (2016), А.Ю. Королюка (2017). В целом, растительность лесостепи Бурятии остается слабо изученной, отсутствует целостная картина ее фитоценотического разнообразия, особенностей распространения и экологии. Таким образом, эколого-фитоценотическая оценка состава, структуры и экологии растительности лесостепи Бурятии в условиях усиливающихся антропогенных нагрузок и текущих изменений климата представляет собой актуальную задачу.

В настоящей работе представлены результаты исследований по проекту «Растительность лесостепных ландшафтов Бурятии: эколого-фитоценотическая оценка и особенности гидротермики ее местообитаний», выполнявшемуся в рамках гранта РФФИ-Байкал с 2018 по 2021 гг. Работы выполнялись межрегиональным коллективом: О.А. Аненхонов – руководитель; А.А. Зверев (ТГУ, Томск), А.Ю. Королюк (ЦСБС СО РАН, Новосибирск), Б.Б. Найданов (ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ), Д.В. Санданов (ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ), Д.Г. Чимитов (ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ) – исполнители.

Основные направления исследований по данному проекту подразделяются на 2 блока: выявление ценоценотического разнообразия сообществ ландшафтообразующих типов растительности лесостепи (лесной, степной), изучение гидротермических показателей почв местообитаний лесных и степных сообществ в составе экспозиционной лесостепи.

Для оценки ценоценотического разнообразия использован флористический подход к классификации растительности с построением иерархии синтаксонов согласно требованиям МКФН (ICPN). В результате многолетних исследований было установлено, что степи на территории Бурятии относятся к классу *Cleistogenetea squarrosae*, а в его составе к 2 порядкам, 3 союзам, 2 подсоюзам и 11 ассоциациям (Королюк, 2017). Кроме того, нами предполагается выделение еще одной – 12-ой ассоциации, характеризующей своеобразные криофитные лугово-степные сообщества на мерзлотных почвах. В составе лесного компонента лесостепи Бурятии ландшафтообразующими являются сообщества класса *Rhytidio rugosi-Laricetea sibiricae*. Для Бурятии к настоящему времени было выделено 2 порядка, 2 союза, 2 подсоюза и 9 ассоциаций этого класса (Аненхонов, 2016). При этом 3 ассоциации известны только по данным из нижней полосы лесного пояса Икатского хребта. На основе анализа синтаксономической ситуации выдвинуто предложение о выделении двух новых подсоюзов для гемибореальных лесов в составе *Festuco altaicae-Laricion sibiricae*, отдельно для сибирсколиственничных (*Aizopsideo aizooni-Laricion sibiricae* suball. nov. prov.) и даурсколиственничных (*Bupleuro sibirici-Laricion gmelinii* suball. nov. prov.) (Аненхонов, 2019). Кроме того, поставлен вопрос о синтаксономической принадлежности лесов из гибридного вида *Larix × czekanowskii* Szafer и выполнены геоботанические описания его сообществ с контролем таксономического статуса лесообразующей породы (деревьев *Larix*) на основе морфологических признаков стробил. В общем, лесной и степной компоненты лесостепи Бурятии характеризуются сопоставимыми в целом показателями фитоценотического разнообразия.

Проводится многолетнее изучение гидротермических показателей почв местообитаний экспозиционной лесостепи Бурятии с применением непрерывно действующих датчиков. Датчики установлены в степных сообществах, относящихся к 8 ассоциациям из 2 порядков, 3 союзов и двух подсоюзов. То есть, более двух третей разнообразия степных ассоциаций и все высшие синтаксоны степной растительности охвачены гидротермическим мониторингом. В отношении гемибореальных лесов лесостепи в учет гидротермических показателей вовлечены 4 ассоциации, которые представляют все порядки, союзы и подсоюзы класса *Rhytidio rugosi-Laricetea sibiricae* в Бурятии. Сообщества этих 4 ассоциаций охватывают большую часть южных лесостепных районов Бурятии, а ассоциации, оставшиеся не охваченными (*Dasiphoro parviflorae-Pinetum sylvestris* Anenkhonov ass. nov. ad interim и *Geranio wlassoviani-Laricetum sibiricae* Anenkhonov ass. nov. prov.), известны в качестве довольно узколокальных по распространению и сравнительно специфических по экотопологическим особенностям. К последним

относятся также и 3 ассоциации из Баргузинской котловины, выявленные в нижней полосе лесного пояса Икатского хребта (Кривобоков, 2003).

Анализ показателей датчиков показал базовое значение термических особенностей местообитаний для дифференциации лесных и степных сообществ. Вместе с явным различием в уровне теплообеспеченности световых и теневых склонов, именно температурные условия контролируют формирование отчетливых различий также и степени увлажненности экотопов на разных склонах. А результатом этого является господство степной растительности на более теплых (южных) склонах, и лесной растительности на менее теплообеспеченных (северных) склонах. При этом, лесная растительность создает «буферный эффект», обеспечивающий поддержание более низких температур в лесных почвах в течение теплого периода, и более высоких – в течение холодного периода года. Установлено, что южные склоны в термическом отношении менее вариабельны, чем северные. Вместе с тем на южных склонах менее вариабельны и условия увлажнения. Это отражается в том, что все сообщества южных склонов относятся к одному степному классу *Cleistogenetea squarrosae*. В экотопах северных склонов лесостепных районов Бурятии термические условия и сопряженные с ними условия увлажнения существенно более гетерогенны. В результате, на северных склонах могут быть развиты сообщества разных классов растительности – от степных из класса *Cleistogenetea squarrosae*, до лесных, причем относящихся к разным классам – гемибореальному *Rhytidio-Laricetea* в более теплообеспеченных районах, и бореальному *Vaccinio-Piceetea* в более холодном районе – на северном пределе распространения лесостепной растительности в Забайкалье (Аненхонов и др., 2020). Термические условия южных склонов в разных районах, в общем, более «сближенные», тогда как на северных они более вариабельны. Особенно большие различия прослеживаются между термограммами северных склонов в северной части ареала забайкальской лесостепи (Исинга) и в степном массиве на юге Бурятии (Цайдам). Наряду с этим, данные участки отличаются и по среднегодовой сумме осадков: на сумму не менее чем 150 мм/год их больше в северном районе. Эти гидротермические различия обуславливают то, что на северных склонах на северном участке развиты бореальные леса, а на южном участке – настоящие степи.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИОЭБ СО РАН № 121030900138-8, а также при поддержке гранта РФФИ № 18-44-030025.

ЛИТЕРАТУРА

- Аненхонов О.А. Лесная растительность Западного Забайкалья и вероятные направления ее климатогенной динамики: Автореф. дис. ... д.б.н. Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2016. 32 с.
- Аненхонов О.А. Синтаксономическая дифференциация гемибореальных сибирско- и гмелинолиственных лесов // Всерос. конф. «Современная наука о растительности», посвященная 90-летию каф. геоботаники биологического факультета МГУ: Тез. докл. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2019. С. 44–45.
- Аненхонов О.А., Санданов Д.В., Liu H., Королюк А.Ю., Xu C., Guo W., Зверев А.А., Найданов Б.Б., Чимитов Д.Г. Значение термических условий почв в дифференциации растительности экспозиционной лесостепи Забайкалья // Сибирский экологический журнал. 2020. № 5. С. 632–646.
- Королюк А.Ю. Синтаксономия степной растительности Республики Бурятия // Растительность России. 2017. № 31. С. 3–32.
- Кривобоков Л.В. Синтаксономическая дифференциация растительности в системе высотной поясности (на примере Икатского хребта, Забайкалье) // Сб. статей и лекций IV Всерос. шк.-конф. «Актуальные проблемы геоботаники». Уфа, 2012. С. 221–226.

УДК 581.9:57.082:502.7(571.54)

**Репрезентативность Гербария ИОЭБ СО РАН (UUN)
в отражении списков охраняемых видов сосудистых растений Бурятии**

Аненхонов О.А., Чимитов Д.Г.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
anen@yandex.ru, dabac@mail.ru

Аннотация. Приведены сведения о трёх изданиях Красной книги Республики Бурятия и материалах по редким видам растений, хранящимся в Гербарии Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (UUN). Указано, что, несмотря на увеличение общего числа видов растений, заносимых в каждое последующее издание региональной Красной книги, а также частичные иные изменения списков охраняемых видов, репрезентативность Гербария UUN в отношении содержания образцов растений, занесенных в Красную книгу, возрастает.

**Representativeness of the Herbarium of the IGEB SB RAS (UUN) in the reflection
of the lists of protected species of vascular plants of Buryatia**

Anenkhonov O.A., Chimitov D.G.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
anen@yandex.ru, dabac@mail.ru

Abstract. The information on three Editions of the Red Data Book of Buryatia as well as specimens of protected plant species stored in the Herbarium of General and Experimental Biology SB RAS (UUN) is presented. Increasing the total number of plant species listed in every consequent Red Data Book Edition and some other changes in rare species lists have been mentioned. The UUN collections were analyzed to observe their representativeness to red lists. As a result, expanding representativeness of the UUN collections along the nature conservation efforts in Buryatia is noted.

К настоящему времени в Республике Бурятия опубликовано три издания региональной Красной книги, которая является основным документом для охраны редких видов животных, растений и грибов. В каждом издании были обобщены доступные материалы о распространении, состоянии популяций редких видов, на основании которых определены категории редкости, предложены меры охраны и возможные пути восстановления уязвимых видов.

Основой для 1-го издания – Красной книги Бурятской АССР (1988) послужили литературные сведения (Мальшев, Пешкова, 1979; Редкие ..., 1980 и др.) и материалы, хранящиеся в Гербариях страны (Улан-Удэ, Иркутска, Новосибирска, Томска, Ленинграда, Москвы), в том числе нашего института. Кроме того, для отдельных видов сосудистых растений были проведены специальные эколого-биологические исследования, в основном, силами сотрудников Института (в то время – Институт биологии Бурятского филиала СО АН СССР). Гербарий Института общей и экспериментальной биологии СО РАН основан в 1951 году, в рамках ботанической группы при Бурятском комплексном научно-исследовательском институте СО АН СССР, возглавлявшейся М.А. Рампиловой. Вначале гербарные материалы служили для решения сугубо прикладных задач (в качестве справочных материалов при определении растений) и только в дальнейшем приобрели фундаментальное значение, как хранилище сведений о растительном разнообразии Байкальского региона и сопредельных территорий. В 2003 году Гербарий ИОЭБ СО РАН был зарегистрирован в системе Index Herbariorum с акронимом UUN (аббревиатура от: Ulan-Ude Herbarium). При подготовке 2-го и 3-го изданий Красной книги Бурятии наряду с литературными данными также использовались оригинальные данные составителей видовых очерков Красных книг, преимущественно новые сведения о распространении видов. Кроме того, был предпринят сбор новейших данных о распространении видов по материалам Гербариев Иркутска, Новосибирска, Томска.

Первое издание: Красная книга редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений Бурятской АССР (1988); всего – 139 видов, в том числе: 133 вида сосуди-

стых растений, 6 видов лишайников. Данное издание было массовым, тираж книги составил 10000 экземпляров, что позволило широко распространить ее по различным библиотекам, включая ВУЗы, средние и среднеспециальные учебные заведения Бурятии.

Второе издание: Красная книга Республики Бурятия: Редкие и исчезающие виды растений и грибов (2002); всего – 253 вида, в том числе: 156 видов сосудистых растений, 37 видов мохообразных, 34 вида лишайников и 26 видов грибов. Книга была выпущена тиражом 1000 экземпляров, при этом в отличие от первого издания материалы по растениям и грибам были опубликованы в отдельном издании, а материалы по объектам животного мира опубликованы в 2005 году.

Третье издание: Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов (2013); всего – 282 вида, в том числе: 158 видов сосудистых растений, 51 вид мохообразных, 42 вида лишайников и 28 видов грибов, 3 вида водорослей. Тираж составил 600 экземпляров печатного издания. Было выпущено 1500 экз. электронных носителей (CD) с Красной книгой Республики Бурятия в формате *.pdf, а также материалы Красной книги были размещены на официальном сайте Министерства природных ресурсов РБ, что позволило оперативно и широко распространить информацию по всей Республике и за ее пределами.

Красные книги, помимо своей основной функции – отражение позиции государства по поводу объектов растительного мира, подлежащих охране, также еще и стимулируют исследовательский интерес к таким объектам, предопределяя повышенное внимание специалистов к распространению, экологии и биологии видов. В результате, взаимоотношения красных книг и гербариев обоюдонаправленные: при подготовке красных книг важную роль играют гербарные материалы, а включение видов в красную книгу способствует более активному документированию их присутствия в различных локалитетах и местообитаниях, в том числе – путем фиксации гербарными образцами. В связи с этим представляется полезным обозреть репрезентативность гербарного фонда в отношении списка видов, включенных в издания региональной Красной книги. С учетом этого мы проследили изменения в составе гербарных фондов УУН по редким видам высших сосудистых растений по отношению к изданиям Красной книги Бурятии (рис.).

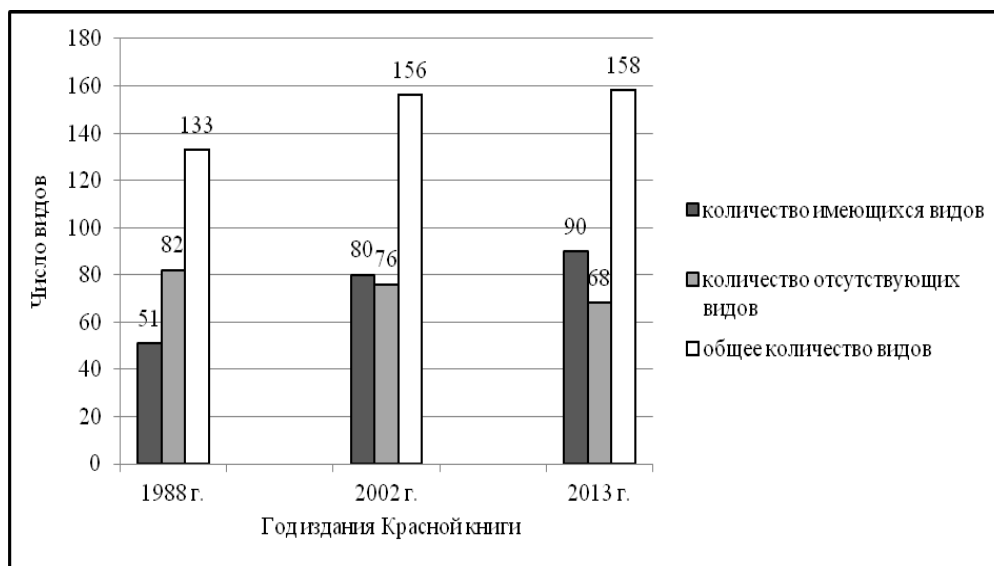


Рис. Число видов сосудистых растений Красной книги, документированных гербарными материалами в Гербарии ИОЭБ СО РАН (УУН)

Материалы по редким видам растений в нашей Гербарии ежегодно прирастают, повышается и репрезентативность этой группы материалов по отношению к Красным книгам (рис.). Этому способствуют как полевые сборы сотрудников Института (в подавляющем большинстве – лаб. флористики и геоботаники), так и поступление дублетных образцов из других учреждений. В 1988 году для большинства (61,65 %) видов, занесенных в Красную книгу, гербарные

материалы с территории Бурятии в УУН отсутствовали; к 2002 г. число видов документированных гербарными сборами из Бурятии практически сравнялось с числом недокументированных гербарием видов; в 2013 году число редких таксонов, по которым в УУН имеются гербарные сборы из Республики, еще более повысилось (56,96 %).

Необходимо отметить, что Красная книга Бурятии это документ, который отражает современные представления о состоянии популяций редких и находящихся под угрозой видов растений. В каждом новом издании происходят изменения в списке видов, что связано с увеличением знаний о географии, биологии и экологии таксонов, внесенных в перечень охраняемых. В 3-е издание Красной книги Бурятия (2013) были дополнительно включены 17 видов сосудистых растений, из которых *Oxytropis glandulosa*, *O. dubia* – виды, внесенные в Красную книгу Российской Федерации (2008), а *Asplenium nesii*, *Cypripedium × ventricosum* – обнаруженные в Бурятии после 2002 года, когда вышло 2-е издание. Расширение знаний по видам, включенным в Красную книгу Республики Бурятия (2002), позволило в 3-ем издании исключить из списка охраняемых 14 видов растений, для которых было выяснено, что они были включены по причине отсутствия или малочисленности сведений на момент подготовки 2-го издания, но установлено, что в реальности популяции нередки и их состоянию существенных угроз не имеется (*Rhamnus erythroxylon*, *Rhododendron redowskianum*, *Selaginella borealis* и др.).

К настоящему времени, после публикации 3-го издания Красной книги Республики Бурятия в Гербарии ИОЭБ СО РАН (УУН) появились сборы по таким видам, как *Astragalus galactites*, *A. trigonocarpus*, *Oxytropis glandulosa*, *O. peschkovae*, *O. triphylla*, *Gagea terraccianoana* и мн. др. Это стало возможным благодаря выявлению новых местонахождений редких видов растений сотрудниками лаборатории флористики и геоботаники. Кроме того, опубликован ряд флористических находок ботаниками БГУ (Улан-Удэ), СИФИБР СО РАН и ИГУ (Иркутск), МГУ (Москва) и некоторых других организаций. Несомненно, что и в дальнейшем будут накапливаться данные по распространению, экологии, биологии и современному состоянию популяций редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений нашего региона.

Роль Гербария ИОЭБ СО РАН (УУН), как хранилища образцов растений и отображения биологического разнообразия флоры Байкальского региона, возрастает. Дальнейшие работы по оцифровке гербарных материалов и созданию электронной базы данных позволят выйти на новый уровень вовлеченности фондов Гербария в исследовательскую деятельность, а репрезентативность Гербария ИОЭБ СО РАН (УУН) в отражении списков охраняемых видов сосудистых растений Бурятии будет увеличиваться.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИОЭБ СО РАН № 121030900138-8; гранта IATP Grant “Providing Equipment for Digitizing Herbarium Collection of UUN and Materials for further Processing Plant Specimens”.

ЛИТЕРАТУРА

Красная книга редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений Бурятской АССР. Улан-Удэ: Бурятское кн. изд-во, 1988. 416 с.

Красная книга Республики Бурятия: Редкие и исчезающие виды растений и грибов. 2-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: Наука, 2002. 340 с.

Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. 3-е изд., перераб. и доп. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2013. 668 с.

Мальшев Л.И., Пешкова Г.А. Нуждаются в охране – редкие и исчезающие растения Центральной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 172 с.

Редкие и исчезающие растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. 223 с.

УДК 581.192.02(571.54)

Фитохимическое изучение лекарственных растений Бурятии*Антупова Т.П., Павлова Е.П.*

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия,
antsupova-bot@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты фитохимического изучения 12 видов лекарственных растений, включенных в Фармакопею, и 82 видов растений, применяемых в народной и тибетской медицине и произрастающих на территории Республики Бурятия. Они могут быть перспективными для более углубленного химического и фармакологического исследования с целью получения новых фитопрепаратов.

Phytochemical study of medicinal plants of Buryatia*Antsupova T.P., Pavlova E.P.*

East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, antsupova-bot@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a phytochemical study of 12 types of medicinal plants included in the Pharmacopoeia and 82 types of plants used in traditional and Tibetan medicine and growing on the territory of the Republic of Buryatia. They may be promising for more in-depth chemical and pharmacological research in order to obtain new phytopreparations.

Республика Бурятия обладает значительными запасами дикорастущих полезных растений, в том числе лекарственных. Здесь встречается до 200 видов растений, используемых в научной, народной и тибетской медицине. Однако следует отметить, что в настоящее время используется далеко не весь ресурсный потенциал нашего региона, а некоторые виды, которые применяются в качестве лекарственных местным населением, или совсем не изучены с точки зрения химического состава, или изучены недостаточно. В связи с вышеуказанным, целью настоящего сообщения является представление результатов многолетних исследований фитохимического состава некоторых растений Бурятии.

Объектами исследования явились 94 вида, 12 из которых входили в XI издание Государственной Фармакопеи СССР (Государственная ..., 1989) и анализировались согласно требованиям этого издания на содержание алкалоидов, дубильных веществ, арбутина, аскорбиновой кислоты и экстрактивных веществ. Остальные 82 вида исследовались на присутствие, а затем содержание таких биологических веществ, как алкалоиды, флавоноиды, кумарины, сапонины, аскорбиновая кислота, иридоиды, дубильные вещества.

Биологически активные вещества (БАВ) определялись в высушенном растительном сырье (надземная и подземная части) по общепринятым методикам (Методы ..., 1987; Фармакогнозия, 2010).

При исследовании 12 фармакопейных видов установлено, что по содержанию основных БАВ все они соответствовали требованиям Фармакопеи (Государственная ..., 1989; 2015). Такие виды, как толокнянка и брусника, произрастающие в Бурятии, отличаются высоким содержанием основного БАВ – арбутина: до 15% в листьях брусники (должно быть не менее 4,5 %) и до 17% в листьях толокнянки (должно быть не менее 6 %).

Остальные 82 вида относятся к 35 родам и 14 семействам. Все они были исследованы на присутствие указанных выше БАВ, кроме иридоидов, которые определялись только у представителей семейств Geraniaceae, Papaveraceae, Scrophulariaceae, и дубильных веществ, которые определялись в видах семейств Asteraceae, Geraniaceae, Papaveraceae, Rosaceae. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, что из 82 исследованных видов в 51 обнаружены алкалоиды, что составляет 62,20 %, в 61 – флавоноиды (74,39 %), в 34 из 81 – кумарины (41,98 %), в 39

– сапонины (47,56 %), в 39 – аскорбиновая кислота (47,56 %), в 13 из 20 исследованных видов – иридоиды (65 %) и в 17 из 24 – дубильные вещества (70,83 %).

Таблица 1

Присутствие БАВ в исследованных объектах

Семейство/ количество ви- дов	Биологически активные вещества						
	Алкалои- ды	Флаво- ноиды	Кумари- ны	Сапони- ны	Аскор- биновая кислота	Иридо- иды	Дубиль- ные ве- щества
Alliaceae / 17	12/70,59	11/64,71	8/47,06	17/0	15/88,2 4	-	-
Asparagaceae / 1	1/100,0	1/100,0	1/100,0	1/100,0	1/100,0	-	-
Asteraceae / 8	2/25,0	4/50,0	3/37,50	1/12,50	8/100,0	-	2/25
Caryophyllaceae / 11	2/18,18	12/100,0	-	2/18,18	3/27,27	-	-
Convallariaceae / 4	4/100,0	4/100,0	3/75,0	3/75,0	2/50,0	-	-
Dipsacaceae / 2	2/100,0	2/100,0	2/100,0	2/100,0	2/100,0	-	-
Geraniaceae / 11	4/36,36	7/63,64	4/36,36	4/36,36	2/18,18	4/36,36	11/100,0
Hemerocalliaceae / 1	1/100,0	1/100,0	1/100,0	нет	1/100,0	-	-
Liliaceae / 6	4/66,67	4/66,67	2/33,33	1/16,67	3/50,0	-	-
Melanthiaceae / 7	7/100,0	3/42,86	1/14,23	нет	нет	-	-
Papaveraceae / 2	2/100,0	2/100,0	2/100,0	1/50,0	нет	2/100,0	2/100,0
Rosaceae / 3	1/33,33	2/66,67	нет	1/33,33	2/66,67	нет	2/66,67
Scrophulariaceae / 7	7/100,0	7/100,0	7/100,0	4/57,14	нет	7/100,0	-
Trilliaceae / 2	2/100,0	1/50,0	нет	2/100,0	нет	-	-

Примечание: «нет» - биологически активные вещества не обнаружены, «-» - определение не проводилось, в числителе – число видов, в знаменателе – % к числу исследованных видов.

В тех видах, в которых с помощью качественных реакций визуально было отмечено значительное содержание БАВ, затем было проведено их количественное определение. Наиболее богатыми по содержанию БАВ оказались следующие виды (табл. 2). В таблице приведено максимальное содержание БАВ независимо от времени сбора.

Таблица 2

Виды, наиболее богатые БАВ (% к массе абсолютно-сухого сырья)

Вид	Надземная часть	Подземная часть
	Алкалоиды	
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	0,14±0,01	1,31±0,07
<i>V. dahuricum</i> (Turcz.) Loes. fil.	0,12±0,01	1,11±0,06
<i>Papaver rubro-aurantiacum</i> Fischer ex R.Sweet	0,42±0,01	0,21±0,01
	Флавоноиды	
<i>Hemerocallis minor</i> Miller.	6,50±0,25	0,27±0,02
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	5,68±0,18	0,15±0,01
<i>Stellaria longifolia</i> Muehl. ex Willd.	4,57±0,11	0,23±0,02
	Кумарины	
<i>Asparagus burjaticus</i> Peschkova	2,09±0,13	0,62±0,06
<i>Polygonatum odoratum</i> (Miller) Druce	1,82±0,14	1,00±0,06
<i>Scabiosa comosa</i> Fischer ex Roemeret Schultes	0,83±0,03	0,26±0,01
	Сапонины	
<i>Polygonatum odoratum</i> (Miller) Druce	5,10±0,39	1,22±0,21
<i>Allium senescens</i> L. s. str.	2,47±0,32	2,30±0,05

<i>Asparagus burjaticus</i> Peschkova	2,38±0,21	1,70±0,17
	Аскорбиновая кислота, мг %	
<i>Rosa acicularis</i> Lindley	плоды – 2200±100	-
<i>R. davurica</i> Pallas	плоды -1700±100	-
<i>Allium microdictyon</i> Prokh.	235±18	55±4,2
	Иридоиды	
<i>Pedicularis tristis</i> L.	1,32±0,03	-
<i>P. karoï</i> Freyn	0,89±0,04	-
<i>P. verticillata</i> L.	0,80±0,01	-
	Дубильные вещества	
<i>Geranium eriostemon</i> Fischer ex DC.	25,51±0,02	40,93±0,03
<i>G. sibiricum</i> L.	29,41±0,03	20,03±0,03
<i>G. pseudosibiricum</i> J.Mayer	23,52±0,03	27,29±0,03

Примечание: «-» - содержание не определялось.

Присутствие определенных групп БАВ в растениях является постоянным признаком видов, хотя количественное содержание их изменяется по органам в течение вегетационного периода и зависит от местообитания.

В целом, приведенные данные свидетельствуют о возможности и перспективности дальнейших исследований химического состава для рекомендации их углубленного фармакологического исследования с целью получения новых перспективных фитопрепаратов.

ЛИТЕРАТУРА

- Государственная Фармакопея СССР. М.: Медицина, 1989. Изд. XI. Вып. 2. 398 с.
 Государственная Фармакопея Российской Федерации, М.: ФЭМБ, 2015. Т. 1. 1469 с.
 Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И.Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
 Фармакогнозия. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения: учеб. Пособие / под ред. Г.П.Яковлева. СПб: СпецЛит, 2010. 863 с.

УДК 631.4

Особенности элементного состава почв в зоне влияния минерального источника Ута-Булаг (Оронгойская котловина)*Аюшина Т.А., Убугунова В. И.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, tuyana2602@mail.ru

Аннотация. На формирование почвенного покрова Западного Забайкалья большое влияние оказывают тектонические разломы и разгрузки минеральных вод. Представлены результаты исследований почв, находящихся в зоне влияния минерального источника Ута-Булаг, расположенного у предгорий Хамар-Дабана. Почвы тяжелого гранулометрического состава хорошо аккумулируют химические элементы вод источника. В почвах выявлены геохимические ассоциации элементов, указывающие на их эндогенное происхождение.

Features of elemental composition of soils within the impact area of Uta-Bulag mineral spring (Orongoi depression in Buryatia)*Ayushina T.A., Ubugunova V.I.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, tuyana2602@mail.ru

Abstract. Tectonic faults and discharge of mineral waters mainly affect soil cover development in Western Transbaikalia. Results of soil studies in the impact zone of Uta-Bulag mineral spring, located at the foothills of Khamar-Daban, are performed. Soils of heavy texture accumulate intensively chemical elements of spring waters. Geochemical associations of the elements, indicating their endogenous origin, were identified in soil

Источник Ута-Булаг расположен в отрогах хребта Хамар-Дабан в Оронгойской котловине мезозойского возраста (Бурятия). Разгрузка источника происходит в пределах распространения гранитов, щелочных и умеренно-щелочных базальтов, карбонатитов. Выходы источника связаны с тектоническим разломом северо-восточного простирания и представляют собой линейную разгрузку протяженностью около 70 м с шестнадцатью малобитными выходами вод гидрокарбонатного кальциево-магниевого состава с минерализацией до 0,5 г/л (2). По классификации воды относятся к Селенгинской гидроминеральной области прохладных негазирующих радоновых вод, к гидрокарбонатному классу. Формирование радоновых вод в зонах тектонических разломов обычно связывается с повышенной эманирующей способностью пород вследствие высокой их трещиноватости. В воде источника содержатся избыточные количества фтора, бария, кобальта, серы, урана, лантана, европия – спутников вод глубинных разломов.

Происхождение и состав минеральных источников оказывают влияние на общее состояние экосистемы. Благодаря большой глубине тектонических разломов инфильтрационные воды, передвигаясь в толще пород, активно обогащаются газами, радиоактивными веществами и минеральными солями. В процессе почвообразования химические вещества либо накапливаются в почвенном профиле, либо мигрируют, а затем аккумулируются в пониженных частях рельефа.

Объектом исследования являются почвы, формирующиеся в зоне влияния изливающихся природных минеральных вод источника Ута-Булаг. Светлогумусовая аккумулятивно-карбонатная (ОР-1) заложена на остепненном участке предгорно-наклонной равнины в 200 м от грифона. Проективное покрытие – 35–40 %. Доминанты – ковыль Крылова, лапчатка мелкодерновинная, термопсис, ситник, ячмень короткоостый. Темногумусовая квазиглеевая карбонатная почва (ОР-2) заложена в днище ложбины, на расстоянии 400 м от источника, в наиболее увлажненном участке в результате стока вод с источника. Проективное покрытие – 40–50 %. Доминанты – ирис, термопсис, чий блестящий. Физико-химические свойства почв выполняли общепринятыми методами (1), валовый состав почв и почвообразующих пород (32 элемента) – атомно-эмиссионным методом на спектрометре SPECTROARCOS.

Почвы имеют слабощелочную и щелочную реакцию среды, значения $pH_{\text{водн}}$ изменяются в диапазоне 6,9–8,7 (табл.). Относительно пониженные значения pH (6,9–7,1) отмечены в верхнем горизонте светлогумусовой почвы, ниже по профилю отмечено появление карбонатов (содержание CO_2 – 2,82–3,66 %) и реакция среды сменяется на щелочную. Почвенный профиль темногумусовой почвы полностью окарбоначен (содержание CO_2 – 4,51–13,15 %). Почвообразующей породой являются средние и тяжелые глины, предположительно образованные под влиянием эндогенеза, породы щелочные, карбонатные, слегка засоленные. Гранулометрический состав почв изменяется от тяжелого суглинка в аккумулятивном горизонте до легкой и средней глины в нижележащих горизонтах. Преобладающей фракцией является ил – до 48 %, также много фракций крупной пыли – до 30 % и мелкой пыли – до 26 %. В профиле светлогумусовой почвы происходит постепенное утяжеление гранулометрического состава вниз, достигая максимума содержания глинистой фракции в почвообразующей породе – 72 %. Профиль темногумусовой почвы имеет неравномерный характер, отмечена аккумуляция глинистых частиц и особенно фракции ила в горизонте ВСА– 75% и 48% соответственно. Высокое содержание илистой фракции в почвах обуславливает повышенные величины и устойчивость гумуса (до 4,43 %) и общего азота (до 0,48 %). В составе легкорастворимых солей присутствуют хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты кальция, магния и натрия. Почвы понижения (OP-2) имеют по всему профилю равномерное содержание легкорастворимых солей (0,154–0,168 %), тогда как в светлогумусовой почве предгорной равнины соли накапливаются в поверхностном горизонте за счет выпотного режима и горизонтах, граничащих с породой. Почвы относятся к незасоленным.

Таблица

Некоторые физико-химические свойства почв, расположенных около источника Ута-Булаг

Горизон-ты	Глубина, см	$pH_{\text{водн}}$	Плотный остаток, %	CO_2 , %	Гумус, %	N общ, %	<0,001 м, %	<0,01 м, %
Светлогумусовая аккумулятивно-карбонатная почва (N51 62 40,6; E107 13 52,4)								
AJ	0-8	6,9	0,082	-	4,10	0,20	14	47
AJ	8-20	7,1	0,056	-	4,19	0,21	25	57
BMK	20-29	7,1	0,062	-	4,18	0,20	28	62
BCA	29-55	8,2	0,118	3,66	2,05	0,15	25	61
C	55-87	8,7	0,154	2,82	0,44	0,26	30	72
Темногумусовая квазиглеевая карбонатная почва (N51 62 45,7; E107 13 87,1)								
AU _{Ca}	0-17	8,2	0,168	4,51	4,43	0,48	26	52
BCAg	17-40	8,8	0,154	13,15	1,05	0,19	48	75
Q _{CaFe}	40-60	8,4	0,156	6,60	1,32	0,15	33	67
D	63-98	8,3	0,161	6,57	1,31	0,12	25	61

Органическое вещество и тонкодисперсные фракции гранулометрического состава являются хорошими сорбентами. Анализ валового состава почв позволил выявить ряд элементов накопителей и особенности геохимической обстановки. В исследуемых почвах отмечено аномальное превышение кларка в 6–14 раз по сравнению с земной корой: стронция (Sr6), вольфрама (W14), мышьяка (As11); высокое превышение в 2–3,5 раза магния (Mg2), лантала (La3,5), церия (Ce3), лития (Li3), бария (Ba2), кальция (Ca2), фосфора (P2), что индуцирует наличие природных аномалий этих элементов в зоне действия источника (рис.).

Индикация элементов указывает на глубинный мантийный источник. Причиной аномальных содержаний элементов является приуроченность к разлому флюоритовой минерализации, локализованному в той же системе разломов, что и источник Ута-Булаг. В рудопроявлениях флюорита Западного Забайкалья установлена обогащенность некоторыми петрогенными и рудными элементами. Также здесь широко распространены покровы щелочных и умеренно-щелочных базальтов, магматические расплавы которых были обогащены калием, натрием, фтором, хлором, серой, стронцием, литием, молибденом, никелем, ванадием (4). Обогащенные

этим элементом воды Ута-Булаг приносят их в почву, элементы накапливаются на разных почвенно-геохимических барьерах: испарительном, сорбционном, глеевом, щелочном.



Рис. Коэффициенты концентраций элементов в почвах

Формирование почвенного покрова территорий, расположенных в зоне влияния минерального источника Ута-Булаг, наряду с экзогенными факторами, происходит при большом влиянии рифтогенных процессов. В зоне геохимического воздействия разломов и разгрузок минеральных вод расположены почвы, имеющие в своем составе элементы мантийного происхождения. Геохимические ассоциации элементов могут быть индикаторами эндогенеза.

Работа выполнена при финансовой поддержке средств бюджетного проекта № 121030100228-4.

ЛИТЕРАТУРА

- Аринуцкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.:Изд-во МГУ. 1970.487с.
 Замана Л.В. Гидрохимия минерального источника Ута-Булаг (Западное Забайкалье) Вода:химия и экология №11,2014,с.3-93.
 Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестн. Моск.ун-та.Сер.5.География. 2015. № 2. С. 7–174
 Плюснин А.М., Гунин В.И. Природные гидрогеологические системы, формирование химического состава и реакция на техногенное воздействие (на примере Забайкалья). Улан-Удэ. Изд-во БНЦ. 2001. 135с.

УДК 574.3:599.322.2(591.54)

**Ландшафтно-экологические факторы, влияющие
на обилие тарбагана в Бурятии***Бадмаев Б.Б.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, bbadm59@mail.ru

Аннотация. Тарбаган (*Marmota sibirica* Radde, 1862) в Республике Бурятия является промысловым видом, в Забайкальском крае и Республике Тува этот сурок находится в перечне объектов животного мира, внесенных в Красную книгу России. В настоящей работе изучены ландшафтно-экологические факторы, влияющие на обилие тарбагана в Бурятии методом линейных трансект, протяженностью 1000 м и с заложенными на ней 4-мя пробными площадками, каждая площадью 50 м². Всего проложено 428 трансект. На пробных площадках собраны параметры, характеризующие факторы топографические, почвенного и растительного покрова местообитаний изучаемого вида сурка, обилие сурка и его взаимоотношения с другими видами степного сообщества как длиннохвостый суслик и даурская пищуха.

**Landscape-ecological factors, affecting
on abundance of tarbagan (*Marmota sibirica* Radde, 1862) in Buryatia***Badmaev B.B.*

Institute of General and Experimental Biology SD RAS, Ulan-Ude, Russia, bbadm59@mail.ru

Abstract. Tarbagan (*Marmota sibirica* Radde, 1862) in Republic of Buryatia is the game animal now, meanwhile in neighboring Trans-Baikal Territory and Republic of Tuva this species of marmot is listed in the Red Book of Russia. The study of the landscape and ecological factors affecting on the abundance of tarbagan in Buryatia was undertaken using the method of linear transects. There were sampled 428 transects, each of 1000 m of length and accompanied by four plots each of 50 m² of square on it. On the plots the topography, soil cover and vegetation parameter data of the marmot habitat, marmot abundance and relationships with other species of the steppe community as long-tailed ground squirrel and Daurian pika were collected.

Тарбаган в Республике Бурятия является промысловым видом, в Забайкальском крае и Республике Тува этот сурок находится в перечне объектов животного мира, внесенных в Красную книгу России.

В настоящей работе изучены ландшафтно-экологические факторы, влияющие на обилие тарбагана в Бурятии методом линейных трансект. На каждой трансекте, протяженностью 1000 м, попеременно в обе стороны от ее линии заложены на расстоянии 200 м друг от друга 4 пробные площадки, каждая площадью 50 м².

На пробных площадках собраны параметры, характеризующие факторы топографические, почвенного и растительного покрова местообитаний изучаемого вида сурка, обилие сурка и его взаимоотношения с другими видами степного сообщества как длиннохвостый суслик и даурская пищуха.

Обилие сурков на площадках подразделяли по балльной шкале: а) отсутствие (*нет*), б) наличие (*да*), в) *среднее* и г) *высокое*. Отсутствие или наличие хотя бы одной жилой норы позволяло отнести обилие к баллам а) и б) соответственно. Среднее обилие сурков (в) означало не менее 3 жилых нор с сурчинами, а высокое обилие (г) – более трех жилых нор, сурчины, с выраженными следами жизнедеятельности животных и диаметром до 2-3 м, наличие троп, соединяющих норы, ямок со свежими экскрементами сурков (Дмитриев, 2006).

В Кяхтинском (местообитание Кяхта), Джидинском (местообитания Дапхуры и Дырестуй), Селенгинском (местообитания Селендума и Зурган-Дэбэ) и Мухоршибирском (местообитание Хошун-Узур) административных районах Бурятии в мае-августе 2015–2020 гг. проложено всего 428 трансект. Обилие тарбагана в местообитаниях в Бурятии выразилось следующим образом (табл.).

Таблица

Обилие тарбагана в их местообитаниях в Бурятии

Обилие	Местообитания					
	Кяхта (N = 80)	Дапхуры (N = 100)	Дырестуй (N = 80)	Селендума (N = 80)	Зурган-Дэбэ (N = 40)	Хошун-Узур (N = 48)
Высокое	10 (12.5%)	26 (26.0%)	5 (6.25%)	7 (8.75%)	3 (7.5%)	1 (2,08%)
Среднее	8 (10.0%)	16 (16.0%)	10 (12.5%)	6 (7.5%)	1 (2.5%)	1 (2,08%)
Наличие	11 (13.75%)	25 (25.0%)	21 (26.25%)	29 (36.25%)	9 (22.5%)	3 (6,25%)
Отсутствие	51 (63.75%)	33 (33.0%)	44 (55.0%)	38 (47.5%)	27 (67.5%)	43 (89,59%)

Примечание. N – число трансект в местообитании.

Различие по обилию заселенных и незаселенных сурками площадок в зависимости от уровня их высот оказалось существенным ($\chi^2 = 23.422$, $p < 0.001$, $df = 2$). В горных ландшафтах тарбаганы обитали на большей высоте. Каменистость местообитаний оказывает существенное влияние на заселенность их сурками ($\chi^2 = 15.219$, $p < 0.001$, $df = 1$).

Между обитанием сурков и пищух имела существенная связь ($\chi^2 = 21.772$, $p < 0.001$, $df = 1$). Из других изученных факторов (свойств растительности, почвенного покрова и многих топографических) существенные не обнаружались.

Работа выполнена по номеру 121030900138-8 проекта госзадания.

ЛИТЕРАТУРА

Дмитриев П.П. Млекопитающие в степных экосистемах Внутренней Азии // Тр. совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции. Т. 48. М., 2006. 214 с.

УДК 631.4

**От факторной диагностики к субстантивной классификации
почв Забайкалья***Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, nima_b@mail.ru

Аннотация. На основе иерархического принципа почвенно-географического районирования последовательно выделены пространственные границы таксономических единиц юга Витимского плоскогорья и севера Селенгинского среднегорья, создано многомерное признаковое пространство факторов почвообразования и определены общие параметры топозкологических ниш почв.

**From factorial diagnostics to substantive classification
soils of Transbaikalia***Badmaev N.B., Gyninova A.B.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, nima_b@mail.ru

Abstract. The spatial boundaries of the taxonomic units of soils in the south of the Vitim Plateau and the north of the Selenga Highlands are sequentially identified on the basis of the hierarchical principle of soil-geographical regionalization. A multidimensional soil feature space of soil formation factors has been created and general parameters of topoeological soil niches have been determined.

На основе иерархического принципа почвенно-географического районирования последовательно выделены пространственные границы таксономических единиц юга Витимского плоскогорья (**ЮВП**) и севера Селенгинского среднегорья (**ССС**), создано многомерное признаковое пространство факторов почвообразования и определены общие параметры топозкологических ниш почв (табл. 1).

Впервые на территории ЮВП и СССР по принципам КиДП России (2008) выделены отделы структурно-метаморфических и палео-метаморфических почв. На основе междисциплинарного подхода для оценки разнообразия почв (Бадмаев, 2008) с использованием методов картографии и информационного анализа, выявлены характерные параметры топозкологических ниш «новых» типов почв (табл. 2).

Буроземы грубогумусовые оподзоленные мерзлотные на ЮВП формируются под лиственными лесами на водораздельных позициях на элювиально-делювиальных продуктах выветривания неогеновых и ниже-плейстоценовых базальтов. Сезонномерзлотные варианты буроземов выделяются только в ландшафтах юга Дальнего Востока, в горах Кавказа, Алтая и Сихотэ-Алиня (Национальный атлас..., 2011). В Байкальском регионе буроземы локально встречаются только на северо-западных склонах хребта Хамар-Дабан и побережью озера Байкал. Условиями для их формирования являются непромерзающий тип температурного режима, гумидный климат и темнохвойная тайга (Цыбжитов, Убугунова, 1992).

Палеовые мерзлотные занимают особые природные условия (Определитель..., 2008) в центральной части Якутии под лиственными лесами в условиях криолитозоны. Выявленные палеовые почвы ЮВП занимают пологие склоны северных экспозиций, характерными для них являются тяжелосуглинистые продукты выветривания вулканических пород палеоген-неогенового возраста, относительно близкое залегание мерзлоты и богатый разнотравный березовый лес.

Таблица 1

Многомерное признаковое пространство факторов почвообразования юга Витимского плоскогорья и севера Селенгинского среднегорья и общие параметры топоэкологических ниш типов почв

ПТ	«Красногорка»				«Дархитуй»				«Комсомольская сопка»				«Хасурга»			
	1 ПЛ	2 ЧК	3 СЛ	4 ЧК	5 БР	6 ПЛ	7 ЧИ, К	8 А(ЛД)С	9 ЧКЗ	10 ЧГ	11 БР	12 КРА	13 ДШБ	14 КРА	15 К	
№ ОР и почвы																
Камеральный блок (начало работ по микроморфологическому описанию почв, аналитические работы, выявление параметров экологических ниш типов почв, ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ диагностика почв (2004, 2008) в корреляции с КДП (1977) и WRB (2006).																
Тип растительности	Березовый лес	Луговые степи			Лиственный лес	Березовый лес	Луговые степи	Остепенный луг	Луг. степи с галофитами	Луговые степи	Лиственно-березовые леса	Криоксерофитные степи	Сосновый лес	Криоксерофитные степи	Ксерофитные степи	
Рельеф	ПТ представлен пологим лесным склоном северной экспозиции (969 м), водоразделом (973 м) и крутым лугово-степным склоном южной экспозиции (967 м).															
МП, Ген	Д, Дса				Э, Д	Д, Дса	Дса	О	Дса, А	Дса	Э, ЭД	Дса кам	ЭД, Д	Дса кам	Дса	
МП, Грс	тс, гл				тс	с	гл	П, огл. дресва	тс			с	сл, п	с, лс	сл, п	
Полевой блок (описание почв и отбор образцов, установка датчиков Т и W, бурение и взятие кернов для радиоуглеродного анализа органического вещества почв)																
ПП	Палеоген-неогеновые отложения				Неогеновые и нижне-плейстоценовые базальты				Нижне-палеозойские гра- нитоиды							
Осадки, мм	350-400				350-400				350-400							
Сумма Т > 10°С	1000-1400				1000-1400				1000-1400							
Подготовительный блок (обзор и создание факторно-экологической матрицы «Почва-климат (мерзлота)», поиск и определение ключевых ПТ)																
Почвенные округа	Еравнинско-Телембинский котловинный															
Провинции	Северо-Прибайкальская горная провинция															
ОБЛАСТЬ	ВОСТОЧНО - СИБИРСКАЯ МЕРЗЛОТНО - ТАЕЖНАЯ ОБЛАСТЬ															
ПОЯС	БОРЕАЛЬНЫЙ (УМЕРЕННО-ХОЛОДНЫЙ) ПОЯС															
Кижингиско-Шилкинский среднегорный																
Забайкальская горная провинция																

Таблица 2

Параметры топоэкологических ниш почв (фрагмент, ПТ «Комсомольская сопка»)

Фактор	Почва			
	ЧК	ЧГ	БР	КРа *
<i>I. Материнская порода</i> 1. По генезису 2. Грансостав	Дса, А тс	Дса, тс	Э, ЭД п, тс, с	Дса с
<i>II. Растительность</i>	Вострецово- полевищевые С6	Типчаково- попынные С7	Лиственнично- березовый лес Л2	Кобрезиево- типчаковые С8
<i>III. Рельеф</i> 3. Высота, м 4. Экспозиция 5. Крутизна, ° 6. Положение в ланд- шафте (фация)	861-865 ю, ю-з <1 а	870–880 ю, ю-з, ю- в, в 1–3 та, а	881–890 с, с-в, с-з 1–3, 3–5 э, тэ	875-889 ю, ю-з, ю-в 3-5, 5-8 тэ, та
<i>IV. Климат</i> 7. Глубина протаивания, см 8. Испаряемость, мм	230-250 471-496	250–275 471–496	250–300 471–522	350-400** 523-540
Классификация и диагностика почв СССР, 1977	Луговые глеевые мерз- лотные	Лугово- черноземные мерзлотные	Серые лесные неоподзоленные мерзлотные	Черноземы мучнисто- карбонатные
Классификация и диагностика почв Рос- сии, 2004, 2008	Черноземы квазиоглеевые засоленные мерзлотные	Черноземы глееватые темно- языковатые мерзлотные	Буроземы грубогу- мусированные темно- языковатые мерзлот- ные	Криоаридные постагрогенные сезонномерз- лотные
WRB, 2006	Naptic Cher- nozom (Stag- nic, Tonguic, Turbic)	Naptic Chernozem (Protostagnic, Tonguic, Turbic),	Stagnic Phaeozem (Loamic, Tonguic)	Skeletal Cambisol (Protocalcic),

Примечание. * Сезонномерзлотные почвы, остальные мерзлотные; ** глубина промерзания. Условные обозначения: *Почвы*: БР – буроземы грубогумусированные мерзлотные; ЧК – черноземы глееватые мерзлотные; ЧГ – черноземы квазиоглеевые мерзлотные; КРа - криоаридные сезонномерзлотные. *Материнская порода (по генезису)*: Э – элювий; ЭД – элювиоделювий; Дса – делювий карбонатный; А – аллювиальные отложения. *Гранулометрический состав*: п – песок; сп – супесь; лс – легкий суглинок; с – средний суглинок, тс – тяжелый суглинок. *Растительность*: Л2 – лиственнично-березовый лес С6 – вострецово-поливищевые; С7 – типчаково-попынные; С8 – кобрезиево-типчаковые; *Экспозиция*: с – северная; с-в – северо-восточная; ю-з – юго-западная; ю – южная, р – равнинная. *Положение в ландшафте (фация)*: э – элювиальная, тэ – трансэлювиальная; та – трансаккумулятивная; а – аккумулятивная.

Экологической нишей криоаридных почв ССС являются склоны и увалы южной экспозиции под криоксерофитными степями на легких каменистых породах, продуктах разрушения нижне-палеозойских гранитоидах. Эти почвы выделял В.И. Волковинцер (1978) на склонах теплых экспозиций только в пределах высоких хребтов Алтая, Саяна, Сунтар-Хаята и Тянь-Шаня.

В отделе аккумулятивно-гумусовых почв, ранее с И.В. Ковда (2017) на террасо-увале ЮВП впервые в криолитозоне выделены слитоземы темные. По нашим исследованиям, кроме высокого содержания илистых частиц (>50%) в горизонтах, экстремальные суточные, сезонные и многолетние циклы промерзания и протаивания почв, являются дополнительным условием для формирования вертисолей и вертикальных признаков.

Диагностика и классификация «новых» почв по КиДП России (2004) в корреляции с КиДП СССР (1977) и WRB (2006) является предварительной и требует дополнительных исследований базовых свойств почв. Именно детальное изучение температурного поля почв позволит в дальнейшем определить зависимость различных свойств горизонтов холодных и мерзлотных континентальных почв от климатических параметров и разработать географические модели распространения почв на различных породах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05250 мк и бюджетного проекта № 121030100228-4.

ЛИТЕРАТУРА

- Национальный атлас почв Российской Федерации. М., 2011. 632 с.
- Бадмаев Н. Б. Координатный анализ и принципы распознавания почв. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2008. 206 с.
- Цыбжитов Ц.Х., Убугунова В.И. Генезис и география таежных почв бассейна озера Байкал. Улан-Удэ: Бурят. Кн. Изд-во, 1992. 239 с.
- Определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Наука, 1978. 208 с.
- Kovda, Sergey Goryachkin, Marina Lebedeva, Natalia Chizhikova, Anatoly Kulikov, Nimazhap Badmaev // Geoderma. 2017. V. 288. P. 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.008>.
- Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.

УДК 581.1, 582.542

О таксономическом статусе искусственных видов *Leymus ovatus* (Trin.) Tzvel. и *Leymus jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel. (Poaceae)

Бадмаева Н.К.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, badmayevan@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения таксономических взаимоотношений между пятью видами агрегата *Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel из рода *Leymus* (Hochst.), включая *L. ovatus* (Trin.) Tzvel., *L. jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel., из разных географических точек, полученные путем секвенирования внутреннего транскрибируемого спейсера ядерной рибосомной ДНК регион ITS1-5.8S-ITS2.

Taxonomic status of artificial species *Leymus ovatus* (Trin.) Tzvel. и *Leymus jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel. (Poaceae)

Badmaeva N.K.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, badmayevan@mail.ru

Abstract. Results of study of taxonomic relationships among five species of the aggregate *Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel of the genus *Leymus* (Hochst.) including *L. ovatus* (Trin.) Tzvel. and *L. jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel from different geographical points as inferred by sequencing of the nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer region ITS1-5.8S-ITS2 are presented.

Виды рода *Leymus* (Hochst.) – многолетние злаки, относятся к трибе Triticeae, и представляют особый научный интерес. Род *Leymus* очень сложен в таксономическом отношении, полиморфный, содержащий много гибридогенных видов. И число видов в нем трактуется разными авторами весьма различно. Н.Н. Цвелев (1976) указывает, что 50 видов рода, которые делятся на несколько секций, распространены во внетропических странах Северного полушария и Южной Америки. Сложным является агрегат *Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel. В агрегат по Н.Н. Цвелеву и Н.С. Пробатовой (2010) входят 10 видов, в том числе: *L. ovatus* (Trin.) Tzvel., *L. jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel.

Впервые таксон *L. ovatus* был описан Триниусом (1829) во «Flora Altaica» С.Ф. Ледебур, как *Elymus ovatus* Trin., с песков Чулымшана на Алтае. Здесь же Триниусом был описан другой вид *Elymus dasystachys* Trin. с солонцов Чуи на Алтае. Ареал обоих видов совпадает и часто оба вида произрастают вместе. П.Н. Крылов, С.А. Невский, М.Г. Попов отнесли прибайкальское растение *Triticum secalinum* Georgi к виду, описанному Триниусом – *Elymus dasystachys* Trin. В дальнейшем Е.Г. Бобров (1960) разграничил эти виды, восстановив приоритетное название, предложенное в 1775 г. И.И. Георги – «*secalinus*», и предложил свою трактовку вида – *Elymus secalinus* (Georgi) Vobr., типом которого является рисунок И.Г. Гмелина в «Flora Sibirica» (1747) и классическое местонахождение вида – о. Ольхон и пески юго-западного побережья Байкала. Типом, *Elymus dasystachys* Trin., являются растения из Чуйской долины Алтая.

Н.Н. Цвелев (1976) предполагал, что *L. ovatus* возможно является лишь формой типового подвида *Leymus secalinus* subsp. *ovatus* с ненормально развитыми колосьями. Ранее указывалось (Липин, Агафонов, 2007), что исследования на основе сравнительно-морфологического анализа и метода SDS-электрофореза белков из индивидуальных семян растений смешанной популяции *L. dasystachys* (Trin.) Pilger, *L. ovatus* (Trin.) Tzvel не подтвердил генетической обособленности видов.

Таксон *L. jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel. впервые описан в 1856 г Н.С. Турчаниновым с берегов реки Енисей в окрестностях г. Красноярск как *Elymus jennisseiensis* Turcz.

Одной из самых непростых задач в таксономии видов рода *Leymus* можно назвать идентификацию различий между *L. secalinus* (Georgi) Tzvel., *L. littoralis* (Griseb.) Peschkova, *L. dasystachys* (Trin.) Pilger, *L. ovatus* (Trin.) Tzvel., *L. jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel. Значительная несогласованность таксономических взглядов на объем и ареал этих видов, существующая между специалистами требовали проведения дополнительных молекулярно-генетических исследований.

Материалы и методы. В работе представлено изучение филогенетических взаимоотношений пяти видов рода *Leymus*, основанное на сравнении отсекуенрированных последовательностей внутренних транскрибируемых спейсеров ITS1–5.8S-ITS2 ядерной ДНК. Дополнительно взят в анализ вид *L. chinensis* (Trin.) Tzvel. из секции *Anisopyrum* (Griseb.) Tzvel.

Материалом для исследования послужили 27 образцов 5 видов рода *Leymus*, собранные в местах естественного произрастания видов во время экспедиций в различные регионы России (Бурятию, Иркутскую область, Туву, Алтай), а также в Казахстан, Монголию и Китай в 2008–2013 годах. Гербарные образцы хранятся в гербарии UUN (Улан-Удэ), KRAS (Красноярск).

Выделение ДНК проводилось из высушенных в силикагеле образцов с использованием кита «NucleoSpin Plant II Kit» (Macherey-Nagel, Germany) по стандартному протоколу производителя. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) проводилась в растворе для амплификации объемом 20 мкл, включавшем: 2 мкл dNTPs, 2 мкл Buf. В, 2 мкл MgCl₂, 1 мкл DMSO, 1 мкл праймера Pr1, 1 мкл праймера PrB, 2 мкл матричной ДНК, 0,3 Taq Pol. и 8,7 мкл стерильной dd H₂O. Для амплификации использовали ITS-праймеры: Pr-1(F) – tcc-gta-ggt-gaa-cct-gcg и Pr-B(R) – gat-atg-ctt-aaa-ctc-agc-gg. Секвенирование ДНК выполнялось по методу Сэнгера на базе ЦКП СО РАН «Геномика» (Новосибирск) и ООО «Синтол» (Москва). Сиквенсы выравнивались вручную в программе BioEdit Sequence Alignment Editor. Длина выровненных фрагментов последовательностей составила 598 нуклеотидов. Древо построено в программе Winclada (Nixon, 1999), с применением Nona (Goloboff, 1994). Для укоренения древа взят *Psathyrostachys juncea* (PI22050, Afgahanistun) (NCBI).

Результаты. Древо разделилось на четыре клады (рисунок). Участок ITS1 более изменчив, чем участок ITS2. Молекулярно-генетическое исследование агрегата *Leymus secalinus* выявило, что виды *L. ovatus*, *L. jennisseiensis* являются искусственными видами, на дереве они сгруппировались с *L. dasystachys*.

Н.Н. Цвелев (1976) указывал, что *L. ovatus* возможно является лишь формой *L. dasystachys* с ненормально развитыми колосьями. Растения с ненормально развитыми колосьями (тератоморфы) встречаются по всему ареалу *L. secalinus* (Georgi) Tzvel. и *L. dasystachys* (Trin.) Pilg. При этом укорачиваются расстояния между уступами в колосе, и развивается колос с очень сближенными, скученными колосками, и формируется колос неправильной округлой формы. При раскопке совместно произрастающих видов *L. ovatus* и *L. dasystachys* (Алтай) было обнаружено, что генеративные побеги с округлым колосом, и побег с нормальным колосом были соединены общим корневищем.

Тератоморфы могут быть разнообразного происхождения, обусловленные как внешними, так и внутренними условиями.

L. jennisseiensis, как мы уже упоминали, был описан с берегов Енисея в окрестностях г. Красноярск. Тут следует отметить, что в верхнем течении реки Енисей (Ка-Хем, Бий-Хем, Тува), по берегам реки широко распространены популяции *L. dasystachys*, где климат более суровый, экстраконтинентальный, засушливый. В районе г. Красноярск климат более влажный, и потому растения мигрирующие по течению реки (корневища, семена) и образовавшие тут популяции по габитусу более крупные, что и позволило Турчанинову описать новый вид. Изменчивость двух видов является модификационной, которая не отразилась на генетических данных.

Результаты исследований также показали, что ареал вида *L. littoralis* более обширен и охватывает северо-западные провинции Китая, Монголию и Восточную Сибирь России.

Считаем необходимым закрыть два вида: *L. ovatus* (Trin.) Tzvel., *L. jennisseiensis* (Turcz.) Tzvel. и отнести их к таксону *L. dasystachys* (Trin.) Pilger

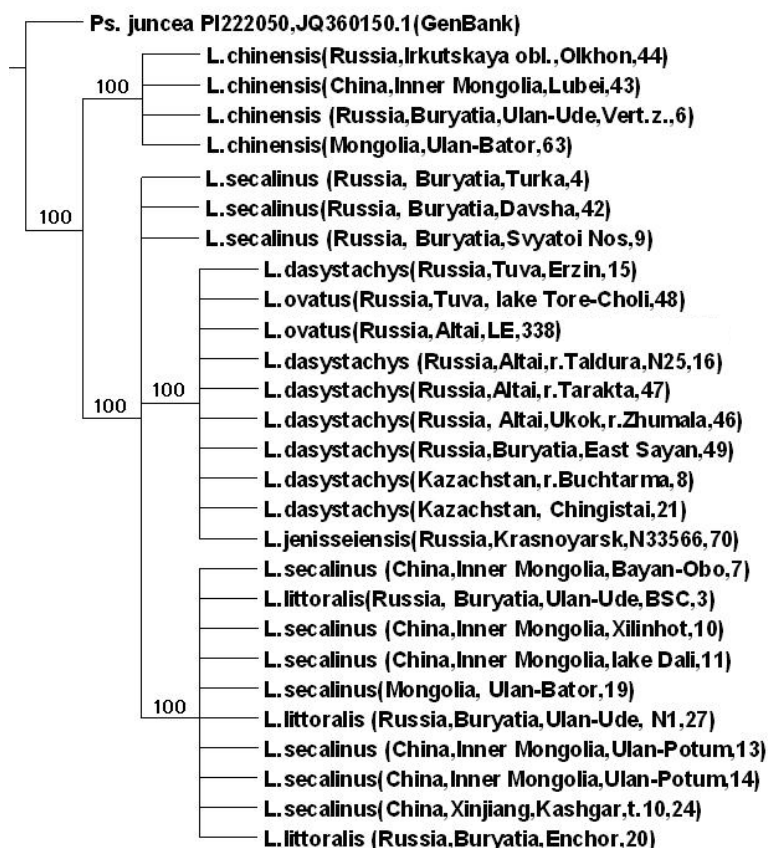


Рис. Древо, демонстрирующее взаимоотношения *L. ovatus*, *L. jennisseiensis*, *L. secalinus*, *L. littoralis*, *L. dasystachys*, построенные на основе сравнения последовательностей ITS1–5.8S–ITS2 района

Работа выполнена по теме НИР (Госзадание 121030900138 «Биота наземных экосистем Байкальского региона: состав, структура, эколого-географические особенности»).

ЛИТЕРАТУРА

- Бобров Е.Г. Забытые виды И.И. Георги из «Байкальской флоры» // Бот. мат. герб. Бот. ин-та АН СССР, 1960. Т. XX. С.1–22.
- Липин С.А., Агафонов А.В. Отражение модификационной изменчивости в таксономии рода *Leymus* на примере *L. dasystachys* (Trin.) Pilger и *L. ovatus* (Trin.) Tzvel. // Сибирский ботанический вестник: электронный журнал. 2007. Том 2, выпуск 1. С. 27–34.
- Цвелев Н.Н. Злаки СССР. Л., 1976. 788 С.
- Цвелев Н.Н., Пробатова Н.С. Роды *Elymus* L., *Elytrigia* Desv., *Agropyron* Gaerth., *Psathyrostachys* Nevski *Leymus* Hochst. (Poaceae: Triticeae) во флоре России. // Комаровские чтения. Дальнаука, 2010. Вып. 57. С.5.–102.
- Ledebour C.F. Flora Altaica. Berolini, 1829. Т.1. 440 p.
- Nixon, K.C. Winclada (BETA) ver. 0.9.9. available at http://www.cladistics.com/about_winc.html. 1999.
- Gmelin I.G. Flora sibirica. Petropoli, 1747. Т.1. 247 p.
- Goloboff, P. A. NONA: A Tree Searching Program. Program and documentation. Argentina, Tucuman, published by the author. 1994.

УДК 574.3

Динамика растительного покрова содовых озер юго-востока Забайкалья*Базарова Б.Б., Куклин А.П.*

Институт природных ресурсов экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия, balgit@mail.ru

Аннотация. Циклический характер многолетних изменений годовых сумм атмосферных осадков в Забайкалье, обуславливает динамику абиотических факторов в озерах. В работе прослежена многолетняя динамика растительного покрова содовых озер юго-востока Забайкальского края. Многолетний сукцессионный ряд растительного покрова обследованных водоемов (по мере роста минерализации) имеют следующий вид высшие растений: Гелофиты + нейстофиты + гидатофиты → Гелофиты + гидатофиты → Гелофиты. Макрофитные водоросли: *Stigeoclonium* sp. или *Spirogyra* sp. → *C. fracta* + харовые водоросли → *E. intestinalis*.

**Dynamics of the vegetation cover of soda lakes
in the southeast of Transbaikalia***Bazarova B.B., Kuklin A.P.*

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the SB RAS, Chita, Russia, balgit@mail.ru

Abstract. The cyclical nature of long-term changes in the annual amounts of atmospheric precipitation in Transbaikalia determines the dynamics of abiotic factors in the lakes. The paper traces the long-term dynamics of the vegetation cover of soda lakes in the southeast of the Trans-Baikal Territory. The perennial succession of the vegetation cover of the surveyed water bodies (with the growth of mineralization) has the following form of higher plants: Helophytes + Neustophytes + Hydatophytes → Helophytes + Hydatophytes → Helophytes. Macrophytic algae: *Stigeoclonium* sp. or *Spirogyra* sp. → *C. fracta* + charove algae → *E. intestinalis*.

Экосистемы соленых озер структурно просты. Поэтому их можно использовать как модельные объекты для исследования процессов и механизмов функционирования водных экосистем и их изменений под влиянием факторов среды. Водная растительность в содовых озерах (макрофиты) не является основным продуцентом органического вещества. В тоже время в период массового развития она играет роль средообразующего фактора, во многом определяя биоразнообразие и функционирование экосистемы. Макрофиты чувствительны к физическим и химическим изменениям среды и, следовательно, являются хорошим индикаторам долговременных экологических изменений.

Цель данной работы проследить многолетнюю динамику растительного покрова содовых озер юго-востока Восточного Забайкалья, в зависимости от изменений увлажнённости территории. Наши исследования охватывают засушливый период (с 1999 по 2011 гг.) и начало влажного (с 2012 г.) периода.

Забайкалье относится к регионам, где многолетним изменениям годовых сумм атмосферных осадков присущ циклический характер. Циклический характер многолетних изменений годовых сумм атмосферных осадков Забайкалья обуславливает внутривековую цикличность колебания уровня воды в озерах (Обязов, 2014). Расположение озер в условиях с пониженным увлажнением (Нацагдорж, 2005) обуславливает крайнюю неустойчивость их водного режима, который зависит от режима выпадения осадков. По разностным интегральным кривым сумм атмосферных осадков четко выделяются 2 полных квазитридцатилетних цикла в режиме увлажненности территории: влажный (1955–1963 гг.; 1983–1998 гг.) и сухой (1964–1982 гг.; 1999–2011 гг.). На территории исследования в большем количестве представлены озёрки (0,001–0,01 км², 67 %), и очень малые озера (0,1–1,0 км², 27 %). Незначительно число малых озер (1,0–10 км², 5 %). К средним (10,1–100 км²) и большим (100,1–1000 км²) отнесены по два озера: Хара-Нор и Ножий и Барун-Торей и Зун-Торей соответственно (Вахнина и др., 2020). На рассматриваемой территории чаще встречаются озера содового типа,

отличительным признаком которых является относительно высокая концентрация $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, значения pH более 8.5 и широкая вариабельность солености вод. Многолетние наблюдения за гидрохимическим состоянием озер показали, что во влажные периоды происходит разбавление воды, а в засушливые, напротив, ее концентрирование. По средним оценкам за 20 лет соленость увеличилась для олиго- и мезогалинных озер в 5 раз, а для поли- и гипергалинных более чем в 10 и 100 раз соответственно. Такие существенные изменения для разных групп озер и внутри каждой группы вполне возможны, поскольку относительно высокая солёность озер обусловлена испарительным концентрированием озерных вод. В засушливый период произошло резкое снижение уровня воды в озерах, а некоторые водоемы полностью высохли (Барун Торей, Зун-Торей, Булун-Цаган). Для озер с объемом водной массы от 1 до 10^3 км^3 соленость увеличилась до 15 г/л, а при меньших объемах достигала 50 г/л и более (Vorzenko et al, 2020).

В озерах по мере снижения уровня воды растет минерализация, смещаются границы литорали, что обуславливает снижение биоразнообразия макрофитов. Состав высших водных растений в озере колеблется от 2 до 17, макрофитных водорослей 1-3 вида.

Сокращение площади зарослей *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. сопровождается уплотнением зарослей, снижением высоты растений, одновременно отмечается рост морфометрических показателей (количество листьев на стебле, длины листьев и метелки) растений. Среди погруженной растительности, в водоемах с большей минерализацией произрастает *Stuckenia chakassiensis* (Kaschina) Klinkova, с меньшей соленостью *Stuckenia pectinata* (L.) Börner. Фитомасса водных растений по мере сокращения площади литорали увеличивается и при достижении минерализации 5 г/л снижается. Макроскопические водоросли получают развитие только в прибрежье. В период высокой воды они представлены *Cladophora fracta* (Müll. ex Vahl) Kütz., а также *Stigeoclonium tenue* (Ag.) Kütz. на затопленной наземной и водной растительности. По мере снижения глубины водоемов и роста минерализации воды *Cl. fracta* формирует массовые скопления в прибойной зоне, при достижении значений минерализации 4–5 г/л вид замещается на *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link.. Однако, в большинстве водоемов *C. fracta* и *E. intestinalis* сосуществуют, занимая разные участки литорали озера. Уменьшение глубины водоема ведет росту прогреваемых мелководных участков озера, на которых прорастают представители харовых водорослей, при этом плотность зарослей погруженной растительности возрастает.

На осушенном ложе озер образовались временные озерки, зарастающие растительностью с высоким флористическим разнообразием. По особенностям формирования и зарастания данные озерки мы объединили в 2 типа. Первый тип – временные водоемы, сформированные в результате разгрузки подземных вод. В них получает развитие сообщество *Zannichellai pedunculata* Rchb. + *Chara* sp. + *Spirogyra* sp. Например, временные озера в котловинах озер Цаган Нор, Баим Булаг. При сокращении подземного питания водоемы исчезают. При сохранении объемов водного питания (например, на северном краю ложа оз. Барун-Торей) водоемы зарастают и характеризуются высоким биоразнообразием. Например, в 2018 г. в ложе озера Барун-Торей было зарегистрировано 12 видов, являющихся представителями и пресноводной и солоноводной флоры. Второй тип водоемов – наливные водоемы, образованные в углублениях котловины в результате скопления атмосферных осадков. Они характеризуются коротким периодом существования, в них формируются условия для развития сообществ *Ph. australis* и *S. pectinata*. Данные водоемы могут быть пресноводными или солоноводными. В последних получают развитие планктонные и нектобентические организмы.

В целом, многолетний сукцессионный ряд растительного покрова обследованных водоемов (по мере роста минерализации) имеют следующий вид высших растений: Гелофиты + нейстофиты + гидатофиты → Гелофиты + гидатофиты + харовые водоросли → Гелофиты → исчезновение макрофитов. Макрофитные водоросли: *Stigeoclonium* sp. или *Spirogyra* sp. → *C. fracta* → *E. intestinalis*. При росте минерализации выше 8 г/л макрофиты исчезают. В экосистеме озера доминируют фитопланктонные организмы, постепенно растет роль микробных матов.

ЛИТЕРАТУРА

Обязов В.А. Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: автореф. дис... д. г. н. Казань, 2014. 38 с.

Нацагдорж Л. Климатическая составляющая процессов опустынивания // Монгольские геолого-географические исследования. Уланбаатор, 2005. С. 59-63.

Вахнина И.Л., Носкова Е. В., Голятина М. А. Особенности изменения площадей водного зеркала и количества озер степной зоны Восточного Забайкалья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. 2020. № 3. С. 13–23.

Borsenko S.V., Drebot V.V., Fedorov I.A. Main formation conditions of soda-type groundwater: A case study from south-eastern Transbaikalian region (Russia) // Applied Geochemistry. 2020. Vol. 123: 104763.

УДК 574.2

Редкие амфибиотические насекомые бассейна озера Байкал*Базова Н.В.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, selengan@yandex.ru

Аннотация. Представлена информация о распределении трех редких видов амфибиотических насекомых: поденок *Acanthametropus nikolskyi*, *Ametropus fragilis* и веснянок *Agnetina pedata* в бассейне рек оз. Байкал.

Rare amphibiotic insects of the Lake Baikal basin*Bazova N.V.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, selengan@yandex.ru

Abstract. Information is provided on the distribution of three rare species of amphibiotic insects: the mayfly *Acanthametropus nikolskyi*, *Ametropus fragilis*, and the stonefly *Agnetina pedata* in the lake Baikal basin.

1) Группы: Invertebrates (Беспозвоночные животные) → Arthropoda (Членистоногие) → Insecta (Насекомые) → Ephemeroptera (Поденки) → Acanthametropodidae → *Acanthametropus*: *Acanthametropus nikolskyi* Tshernova, 1948 (рис. а).

Распространение: Восточно-палеарктический вид. Россия: реки Хабаровского и Приморского краев. В Забайкалье также найден в р. Хилок. В Монголии вид указан для басс. Селенги (Чернова и др., 1986; Тиунова, 2007; Ключе, 2009; Soldan et al., 2009).

Образ жизни. Личинки впервые найдены в 1947 г. в р. Онон (басс. р. Амур). Биология вида изучена крайне недостаточно. Личинки обитают в умеренно тепловодных водотоках с илисто-песчаным грунтом, редкой растительностью и заметным течением, где населяют локальные участки, расположенные друг от друга на значительном расстоянии. Все сегменты обтекаемого тела снабжены крупными, острыми, направленными в стороны выростами и шипами. Необычайно длинные, острые коготки средних и задних ног являются характерным приспособлением к жизни среди подвижных песков. Хищник, питается личинками хирономид. Лет имаго в июле–августе (Чернова, 1948, 1952; Тиунова, 2007; Ключе, 2009).

Численность. Численность личинок не известна, но на р. Хор в 1996 г., на одном из локальных пятен (~50 м), во время вылета было насчитано более 300 личиночных экзувиев. Лимитирующий фактор – нарушение биотопов в местах обитания поденки. Так, на р. Усури с 1988 г. велось наблюдение за личинками *A. nikolskyi*, позднее под влиянием деятельности человека биотоп был нарушен, после чего личинки уже не обнаружены (Тиунова, 2007).

Материал. В наших качественных сборах амфибиотических насекомых басс. оз. Байкал 2005–2017 гг. личинки *A. nikolskyi* были найдены лишь в р. Чикой (басс. Селенги, у пос. Поворот, 5 личинок) в июле 2009–2010 гг., а также в основном русле Селенги (утес Тологой, 2 личинки) (Тиунова, Базова, 2010).

2) Группы: Insecta → Ephemeroptera (Поденки) → Ametropodidae → *Ametropus*: *Ametropus fragilis* Albarda, 1878 (рис. б).

Распространение: Голарктический вид. Северная Америка (США); Европа: Голландия, Польша, Словакия, Хорватия (Čuk et al., 2015) и др. Россия: Кавказ, южная Сибирь (Бродский, 1930), Амур (Чернова, 1952; Чернова и др., 1986), Селенга (Тиунова, Базова, 2010). Армения (Eaton, 1885), Северо-Западный Китай (Wang et al., 2013).

Образ жизни. Биология вида изучена также недостаточно. Личинки обитают в крупных водотоках, на заиленных песчаных и галечных грунтах, лет в апреле–мае. Нимфы *A. fragilis* отличаются тонкими, опушенными телами, наличием переднего отростка мезонотума, длин-

ными, тонкими ногами с удлинёнными коготками, 7-ю парами жабр обратнойцевидной формы с длинными щетинками по краям (Сук et al., 2015).

Численность. Несмотря на широкое распространение *A. fragilis* в пробах встречается крайне редко. Так, в исследованиях распределения макрозообентоса р. Селенги в подледный период личинки *Ametropus fragilis* отмечены в количестве 0.17–0.22 экз./м² при биомассе 3–4 мг/м², причем заметно, что в это время распределение личинок было приурочено в основном к глубоководным участкам (1–4 м). При промерзании мелководного заиленного побережья (к весеннему периоду толщина льда в побережье может достигать 1.5–2.0 м) личинки перемещаются в глубокие убежища–укрытия с галечно-песчаными и галечно-каменистыми грунтами (табл.), где отмечается удовлетворительный кислородный режим и значительно увеличивается прозрачность воды. Личинки в это время встречаются при скорости течения воды 0.1–0.4 м/с.

Таблица

Численность (N) и биомасса (B) личинок поденок *Ametropus fragilis* в русле р. Селенги в подледный период 1987–2017 гг. (авторские данные)

Глубина, м	Толщина льда, м	N, экз./м ²	B, мг/м ²
0.00–0.99	0.45±0.04	0.00	0.00
1.00–1.99	0.60±0.02	0.17±0.04	3.02±0.88
2.00–2.99	0.66±0.01	0.17±0.03	3.22±0.69
3.00–3.99	0.62±0.01	0.22±0.05	4.28±1.13
4.00–6.50	0.64±0.03	0.22±0.05	4.24±1.89

Личинки поденок *A. nikolskyi*, *A. fragilis* являются обитателями крупных рек, их морфология уникальна и потому ошибочная идентификация видов практически исключена.

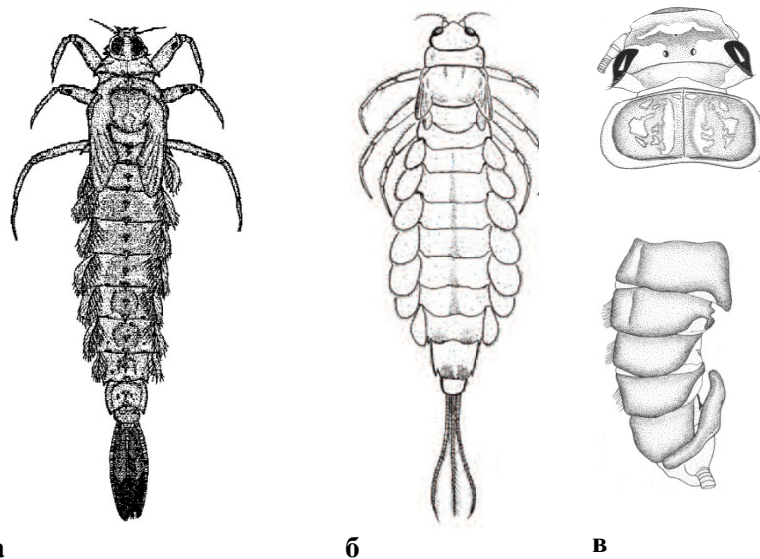


Рис. а – личинка поденки *Acanthametropus nikolskyi* (по: Тиунова, 2007); б – личинка поденки *Ametropus fragilis* (по: Wang et al., 2013); в – детали строения веснянки *Agnetina pedata*: вверху – голова и переднеспинка личинки, внизу – брюшко самца сбоку (по: Тесленко, Жильцова, 2009)

3) Группы: Insecta → Plecoptera (Веснянки) → Perlidae → Agnetina:

Agnetina pedata (Koronen, 1949) (рис. в).

Распространение: Средняя Азия: хребты Каратау, Киргизский, Таласский Алатау, реки бассейна оз. Иссык-Куль. Эндемик гор Средней Азии (нагорно-азиатский вид). Лет имаго в июле. У личинок на голове, позади переднего глазка темная, изогнутая поперечная полоса

простирается до боковых краев головы, впереди медиального глазка одна светлая поперечная полоса (Тесленко, Жильцова, 2009).

Материал. Известен по единичным находкам из дрефта донных беспозвоночных животных р. Селенги (пос. Колесово, в апреле-мае 2009–2010 гг.) (Тесленко и др., 2010).

Охранные меры. Меры охраны поденок *A. nikolskyi*, *A. fragilis*, а также веснянок *A. pedata* не разработаны. Необходимы исследования биологии видов. Первостепенное значение имеет сохранение биотопов и контроль за состоянием среды обитания. Так, вид *A. nikolskyi* в 2002 г. внесен в КК Приморского Края, категория III: редкие виды – таксоны и популяции, имеющие малую численность и распространены на ограниченной акватории или спорадически распространены на значительных акваториях (Красная Книга ..., 2005). В эту же категорию следует отнести и вид *A. fragilis*. Необходим дополнительный сбор материала на исследование биолого-экологических характеристик вида веснянок *A. pedata*. Вид следует занести в КК Бурятии, к категории видов, наиболее подверженных угрозе исчезновения.

Поденки, веснянки (а также ручейники) – амфибиотические насекомые, яйца и личинки которых развиваются в воде довольно продолжительное время (до трех лет), имаго же держатся на берегу близ воды, по-над поверхностью камней, на деревьях, кустарниках, траве, под опавшей листвой и другими укрытиями. Личинки этих насекомых в основном литобиотные реофилы, встречаются преимущественно в текучих водах, особенно богаты ими водотоки и водоемы горных местностей. Личинки этих отрядов водных насекомых являются основной кормовой базы рыб-бентофагов. Кроме того, личинки весьма чувствительны к загрязнению, встречаются исключительно в чистых водах и используются в качестве биоиндикаторов чистоты вод.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания (регистрационный номер 121030900141-8).

ЛИТЕРАТУРА

- Бродский К. К познанию Ephemeroptera Южной Сибири // Русское энтомологическое обозрение. 1930. Т. 24. Вып. 1–2. С. 31–40.
- Клюге Н.Ю. Глава 10. Поденки (Ephemeroptera) бассейна озера Байкал. Тимошкин О.А. (ред.). Аннотированный список фауны оз. Байкал и его водосборного бассейна. Том II. Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и северной Монголии. Книга 1: Изд-во «Наука». 2009. С. 109–134.
- Красная Книга Приморского края. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных: официальное изд. / отв. ред. В.А. Костенко; Администрация Примор. края, РАН, Дальневост. отд-ние, БПИ. – Владивосток: Апельсин. 2005. – 408 с.
- Тиунова Т.М. Современное состояние изученности подёнок (Ephemeroptera) Дальнего Востока России и сопредельных территорий // Евразийский энтомологический журнал. – 2007. – Т. 6. – №. 2. – С. 181-194.
- Тиунова Т.М., Базова Н. В. Подёнки (Insecta, Ephemeroptera) бассейна реки Селенга // Евразийский энтомологический журнал. 2010. Т. 9. №. 3. С. 319-330.
- Тиунова Т.М., Базова Н. В. К фауне подёнок (insecta, ephemeroptera) бассейна озера Байкал // Евразийский энтомологический журнал. 2015. Т. 14. №. 1. С. 79-92.
- Чернова О.А. О новом роде и виде подёнок из бассейна Амура (Ephemeroptera, Ametropodidae) // Доклады АН СССР. Отд. Зоология. 1948. Т.60. № 8. С.1453–1455.
- Чернова О.А. Подёнки (Ephemeroptera) басс. р. Амура и прилежащих вод и их роль в питании амурских рыб // Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949. Т.3 // Материалы к познанию флоры и фауны СССР, издаваемые Московским обществом испытателей природы (N.S.). 1952. Вып.32 (47). С. 229–360.
- Чернова О.А., Клюге Н.Ю., Синиченкова Н.Д., Белов В.В. 1986. Отряд *Ephemeroptera* — подёнки // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т.1. Перепончатокрылые, древнекрылые, с неполным превращением. Л.: Наука. 1986. С. 99–142.
- Жильцова Л.А. Зоогеографические особенности фауны веснянок группы *Systellognatha* (Plecoptera) России и сопредельных стран // Зоологический журнал. 2010. Т. 89. №. 5. С. 583-587.
- Тесленко В.А., Жильцова Л.А. Определитель веснянок (Insecta, Plecoptera) России и сопредельных стран. Имаго и личинки. Дальнаука, 2009.

Тесленко В.А., Базова Н.В., Матафонов Д.В. Веснянки (Insecta, Plecoptera) восточных притоков озера Байкал // Евразийский энтомологический журнал. 2010. Т. 9. №. 3. С. 331-340.

Ćuk R., Čmrlec K., Belfiore C. The first record of *Ametropus fragilis* Albarda, 1878 (Insecta: Ephemeroptera) from Croatia // Natura Croatica. 2015. Т. 24. №. 1. С. 151-157.

Wang Y., Zhou D., Zhou C. A New Record of the Mayfly Family Ametropodidae from China (Insecta: Ephemeroptera) // Entomological news. 2013. Т. 123. №. 3. С. 181–187.

УДК 597.553.2.574.22

Многолетний гидробиологический мониторинг в р. Селенга*Базова Н.В.¹, Базов А.В.²*¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, selengan@yandex.ru²Байкальский филиал Всероссийского научно-исследовательского института

Аннотация. Представлена информация о многолетнем распределении макрозообентоса р. Селенги в подледный период (1987–2017), показано, что структурно-количественные характеристики зообентоса определяются в основном изменением расхода воды в реке. Кроме того, синхронно исследование распределения икры байкальского омуля в р. Селенге (1984–2018) выявило схожий процесс: нерестовая миграция омуля в р. Селенге зависит от расхода воды: чем выше уровень, тем протяженнее нерестовая миграция, и наоборот. Кроме того, протяженность нерестовой миграции омуля зависит от коэффициента зрелости самок, который, в свою очередь связан с датой захода стада в реку и температурой воды.

Long-term hydrobiological monitoring in the Selenga River*Bazova N.V.¹, Bazov A.V.²*¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, selengan@yandex.ru²Baikal Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography

Abstract. Information on the long-term distribution of macrozoobenthos of the Selenga River in the subglacial period (1987–2017) is presented, and it is shown that the structural and quantitative characteristics of zoobenthos are determined mainly by changes in water flow in the river. In addition, a simultaneous study of the distribution of Baikal omul eggs in the Selenga River (1984–2018) revealed a similar process: the spawning migration of omul in the Selenga River depends on water consumption: the higher the level, the longer the spawning migration, and vice versa. In addition, the length of the spawning migration of the omul depends on the maturity coefficient of the females, which, in turn, is associated with the date of entry of the herd into the river and the water temperature.

Более 70 % крупных рек, протекающих севернее 30° с.ш. (Dynesius, Nilsson, 1994), а также многие крупные реки по всему миру (Grill et al., 2019) перекрыты плотинами и больше не являются свободными потоками. Вследствие этого многие речные экосистемы утрачены, многие популяции видов исчезли или оказались фрагментированными (Nilsson et al., 2005).

Величина положительного тренда годовых температур воздуха в бассейне оз. Байкал (1.2°C за 100 лет) оказалась вдвое выше, нежели в среднем для земного шара (0.6°C) (Шимараев и др., 2002; Hampton et al., 2008). Потепление вызвало усиленную аридизацию климата, снижение стока воды и наносов в бассейне Селенги до 50%, снижение уровня озер и деградацию вечной мерзлоты. Изменения температуры воздуха и расхода воды особенно заметны в зимний период. Повышенное антропогенное воздействие на систему р. Селенга – оз. Байкал может изменить или даже разрушить ее режим, что создаст серьезные экологические риски и ущерб в Байкальском регионе (Frolova et al., 2017).

Проведено масштабное исследование распределения зообентоса в подледный период 1987–2017 гг. (>3000 проб) в продольно-поперечном профиле российского участка р. Селенги (~400 км от устья). Сообщество макрозообентоса русла реки в это время представлено амфибиотическими организмами реофильного, оксифильного и холодолюбивого комплексов, трофических группировок соскребателей, фильтраторов, коллекторов, хищников (личинки поденок р. *Rhithrogena*, *Cinigmula*, веснянок *Isoperla*, *Paragnetina*, ручейников сем. Hydropsychidae, двукрылых-хирономид *Diamesa*). Русло реки в подледный период следует признать гигантским рефугиумом для донных беспозвоночных животных, где постоянство среды обитания складывается за счет значительного снижения скорости течения, температуры, а также увеличивающейся прозрачности воды и сравнительно благоприятного кислородного режима (Базова, Базов, 2006; 2011; Базова и др., 2008). Выявлена высокая степень об-

ратной зависимости между расходом воды р. Селенги и структурно-количественными показателями зообентоса ($tg > 0.7$, $p=0.00$). При понижении расхода воды (показания гидропостов р. Селенги) структурно-количественные характеристики зообентоса значительно изменяются: увеличивается число видов реоксифильного комплекса с соответствующим увеличением их количественных характеристик – численности и биомассы, что объяснимо улучшением качества воды и снижения скорости течения. И, напротив, с увеличением расхода воды наблюдается обратный процесс.

Подведены итоги изучения селенгинского стада байкальского омуля на протяжении ~ 100 лет (1984–2018 гг.), численность которого неуклонно сокращается, а условия воспроизводства подвержены значительному антропогенному влиянию. Протяженность нерестовой миграции омуля в р. Селенге имеет высокую обратную связь с расходом воды в ее начале (сентябрь; $tg > 0.7$, $p = 0.00$) и коэффициентом зрелости самок, который, в свою очередь связан с датой захода стада в реку и температурой воды. Дата захода нерестового стада в реку связана с водностью реки. При уменьшении расхода воды в сентябре нерестовая дистанция омуля увеличивается, и, наоборот, при увеличении стока воды нерестовая дистанция уменьшается, т.е. чем выше расход воды в реке, тем короче нерестовая миграция, и наоборот. Расстояние нерестовой миграции омуля составляет ~165 км от устья реки, в «многоводные» годы среднее миграционное расстояние составляет ~100 км от устья реки, при уменьшении расхода в «маловодные» годы среднее расстояние увеличивается почти вдвое – до ~223 км.

Следует отметить синхронность процессов при изменении уровня воды в реке: при понижении уровня воды, как отмечено выше, наблюдалось увеличение числа групп донных беспозвоночных животных и их количественных характеристик, численности и биомассы (с 1995 г.). В это же время отмечалось увеличение длины нерестовой миграции байкальского омуля в р. Селенге.

Условия речного периода жизни позволяют выявить закономерности, спрогнозировать дальнейшее развитие, а также направить усилия к воспрепятствованию снижению численности омуля в Байкале (Базов, Базова, 2016).

Реализация планов гидростроительства в бассейне Селенги на территории Монголии на фоне глобального потепления климата, особенно заметного в *подледный период*, неминуемо нанесет непоправимый ущерб экосистеме бассейна р. Селенги, что в свою очередь может вызвать непредсказуемые последствия изменения всей экосистемы оз. Байкал.

Модели изменения количественных показателей зообентоса, а также численности икры байкальского омуля, выявили наибольшую угрозу экосистеме в *зимний период*, когда предполагаемое изменение расходов может превысить естественные показатели ~ 400 %.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания (регистрационный номер 121030900141-8).

ЛИТЕРАТУРА

- Базов А.В., Базова Н.В. Селенгинская популяция байкальского омуля: прошлое, настоящее, будущее. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. 2016. 352 с. <https://www.researchgate.net/publication/314364069>
- Базова Н.В., Базов А.В. Зообентос российского участка реки Селенга (бассейн оз. Байкал): пространственное распределение в подледный период // Биология внутренних вод. 2006. № 3. С. 48–56.
- Базова Н.В., Базова А.В., Пронин Н.М. и др. Пространственно-временное распределение личинок ручейника *Aethaloptera evanescens* MacLachlan, 1880 [Trichoptera: Hydropsychidae] в русле реки Селенги // Экология. 2008. № 6. С. 462–467.
- Шимараев М.Н., Куимова Л.Н., Синюкович, В.Н., Цехановский В.В. О проявлении на Байкале глобальных изменений климата в XX столетии // Докл. РАН. 2002. V. 383. № 3. С. 397–400.
- Dynesius M., Nilsson C. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world // Science. V. 266. №5186. P. 753–762. <http://www.jstor.com/stable/2885540>
- Frolova N.L., Belyakova P.A., Grigoriev V.Y. et al. 2017. Runoff fluctuations in the Selenga River basin // Regional Environmental Change. V. 17. № 7. P. 1965–1976. <https://doi:10.1007/s10113-017-1199-0>
- Grill G., Lehner B., Thieme M. et al. 2019. Mapping the world's free-flowing rivers // Nature. V. 569. № 7755. P. 215. doi:10.1038/s41586-019-1379-9

Hampton S.E., Izmet'eva L.R., Moore M.V. et al., 2008. Sixty years of environmental change in the world's largest freshwater lake – Lake Baikal, Siberia // *Global Change Biology*. V. 14. № . P. 1947–1958. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01616.x>

Nilsson C., Reidy C.A., Dynesius M., Revenga C. 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems // *Science*. V. 308. № 5720. P. 405–408. doi:10.1126/science.1107887

УДК 615.322

Химический состав полыни сантолинолистной травы и возможность ее использования в медицине

Балданова Г.Б., Никитина А.Е., Преловская С.З.

ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова», Улан-Удэ, Россия, cfzyf1986@gmail.com

Аннотация. В работе представлены данные по изучению химического состава полыни сантолинолистной травы и способу получения настойки полыни сантолинолистной. Определено количественное содержание суммы флавоноидов, кумаринов, дубильных веществ, гидроксикоричных кислот; хлорогеновой и аскорбиновой кислот. Изучен минеральный состав, выделены эфирные масла, липидная и полисахаридная фракции. Разработан способ получения настойки *A. santolinifolia*, определено количественное содержание флавоноидов и изучена летучая фракция настойки.

The chemical composition of *Artemisiae santolinifoliae herba* and the possibility of its use in medicine

Baldanova G.B., Nikitina A.E., Prelovskaya S.Z.

Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russia, cfzyf1986@gmail.com

Abstract. The paper presented data on the study of the chemical composition of *Artemisiae santolinifoliae herba* and the method of obtaining tincture of *Artemisiae santolinifoliae herba*. The quantitative content of total flavonoids, coumarins, tannins, hydroxycinnamic acids; chlorogenic and ascorbic acids was determined. The mineral composition was studied. Such groups of biologically active substances as essential oils, lipid and polysaccharide fractions were isolated. A method of obtaining *A. santolinifolia* tincture was developed. The quantitative content of total flavonoids in tincture was determined, then the volatile fraction of the tincture was studied.

Природные соединения, содержащиеся в растениях, обладают широким спектром фармакологической активности, малой токсичностью или отсутствием таковой, а мягкость воздействия определяет возможность их длительного применения. Особого внимания заслуживают растения, содержащие эфирные и жирные масла, фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды, терпеноиды. Богатым источником фенольных и терпеновых соединений являются растения рода *Artemisia* L., широко применяемые в народной и традиционной медицине разных стран в качестве противовоспалительных, капилляроукрепляющих, желчегонных, противоопухолевых, и антиоксидантных средств (Асеева Т.А., 1985; Жигжитжапова С.В., 2008). Одним из представителей рода является полынь сантолинолистная – *Artemisia santolinifolia* Turcz. ex Bess.

На территории Республики Бурятия известно несколько районов произрастания *A. santolinifolia*: Баргузинский, Баунтовский, Тарбагатайский, Селенгинский, Хоринский, Окинский, Прибайкальский районы. Также встречается в Западной и Средней Сибири. За пределами России – Монголия, Средняя Азия (Аненхонов, 2001). С давних времен *A. santolinifolia* применяли в тибетской медицине при лечении воспалений и опухолей, эфирные масла данного вида полыни обладают бактерицидной активностью, а этанольный экстракт - гепатопротекторной и антиоксидантной (Прибыткова, 2011; Khalilov, 2001). Данные по химическому составу *A. santolinifolia* флоры Бурятии отсутствуют, поэтому нами начато исследование биологически активных веществ данного вида полыни.

Материалом для исследования служила воздушно-сухая надземная часть полыни сантолинолистной, собранная в окрестностях села Саяны Окинского района Республики Бурятия в августе 2018 года (фаза цветения).

В полыни сантолинолистной траве обнаружены следующие группы биологически активных веществ: флавоноиды, эфирные масла, полисахариды, дубильные вещества, сапонины, кумарины, аскорбиновая кислота, липиды. Было определено количественное содержание некоторых соединений: сумма флавоноидов в пересчете на рутин ($1,55 \pm 0,05$ %), сумма дубильных веществ в пересчете на танин ($3,72 \pm 0,11$ %), сумма кумаринов в пересчете на кумарин ($0,05 \pm 0,01$ %), сумма гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту ($4,22 \pm 0,10$ %), хлорогеновая ($0,45 \pm 0,02$ %) и аскорбиновая ($1,12 \pm 0,03$ %) кислоты. Методом атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии обнаружено 14 минеральных элементов, 8 из которых жизненно необходимые (эссенциальные) – Fe, Mn, Zn, Cu, K, Na, Mg, Ca; 5 – условно необходимые (условно эссенциальные) – Al, Ni, Cr, Cd, Pb. *A. santolinifoliae herba* в большей степени накапливает – K, Ca, Fe, Al, Zn.

Методом гидродистилляции были выделены эфирные масла, выход составил 0,60% в пересчете на абсолютно сухое сырье. Идентифицировано около 60 компонентов, доминирующими являются давана эфир, давана эфир (изомер 1), давана эфир (изомер 2), даванон, гермакрен Д, кариофиоллен, бициклогермакрен, пресилфиперфофан-9а-ол, спатуленол. Липидную фракцию получали экстракцией модифицированным методом Блайя-Дайера с последующим их кислотным метанолизом. Выход составил 3,2 5% в пересчете на воздушно-сухое сырье. Липидная фракция *A. santolinifolia* представлена 25 жирными кислотами, преобладают пальмитиновая (10,76 %), линолевая (9,74%) и олеиновая (9,67 %). Полисахаридный комплекс представлен 4 фракциями: водорастворимые полисахариды (2,50 %), пектиновые вещества (3,13 %), гемицеллюлоза А (6,41 %), гемицеллюлоза Б (4,69 %).

С целью расширения ассортимента лекарственных средств нами разработан способ получения настойки *A. santolinifoliae herba*: экстрагент – спирт 60 %, соотношение сырье : экстрагент – 1:5, экстракция на магнитной мешалке в течение 30 мин. Определено содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в настойке ($1,22 \pm 0,02$ %). В летучей фракции настойки обнаружен спатуленол.

Таким образом, исследован химический состав полыни сантолинолистной травы флоры Бурятии и разработан способ получения настойки *A. santolinifoliae herba*.

ЛИТЕРАТУРА

- Аненхонов О.А. Определитель растений Бурятии. Улан-Удэ: Республ. типография, 2001. - 672 с.
- Асеева Т.А., Блинова К.Ф., Яковлев Г.П. Лекарственные растения тибетской медицины. Новосибирск: Наука, 1985. 160 с.
- Жигжитжапова С.В., Раднаева Л.Д. Эфирные масла полыней, применяемых в народной медицине Сибири //
- Фундаментальные науки. Медицина. – Новосибирск, 2008. – С.35–37.
- Прибыткова Л.Н., Ткачев А.В., Зоркальцев С.С., Писарева С.И., Тузова С.В. Изучение химического состава и антиоксидантной активности полифенолов *Artemisia santolinifolia* // Сибирский медицинский журнал. 2011. т. 26. № 1. Вып.2. С. 65-67.
- Khalilov L.M., Paramonov E. A., Khalilova A. Z., Odinokov V. N., Muldashev A. A., Baltaev U. A., Dzhemilev U. M. Identification and Biological Activity of Volatile Organic Compounds Emitted by Plants and Insects. IV. Composition of Vapor Isolated from Certain Species of Artemisia Plants // Chemistry Of Natural Compounds. 2001. No.4. PP 339-342.

УДК. 597.584.4:576.89

Нематоды рыб рода *Cottocomephorus* (Cottidae)

Балданова Д.Р., Хамнуева Т.Р., Ринчинов З.А.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
darima_baldanova@mail.ru

Аннотация. Приведены данные о нематодах желтокрылки *Cottocomephorus grewinkii* и длиннокрылой широколобки *C. inermis* оз. Байкал: морфология и относительная численность. Всего обнаружено 3 вида нематод (*Comephoronema werestschagini*, *Ichthiobronema hamulatum*, *Contracaecum osculatum baicalensis*), а также неопределенная до вида личинка нематоды. Показаны различия в зараженности нематодами широколобок.

Nematodes of fish of genus *Cottocomephorus* (Cottidae)

Baldanova D.R., Khamnuyeva T.R., Rinchinov Z.A.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, darima_baldanova@mail.ru

Abstract. The data on the morphology and relative abundance of nematodes of *Cottocomephorus grewinkii* and *C. inermis* from Lake Baikal were presented. 3 species of nematodes (*Comephoronema werestschagini*, *Ichthiobronema hamulatum*, *Contracaecum osculatum baicalensis*), as well as an undefined nematode larva were found. Differences in invasion with nematodes of cottids are shown.

Желтокрылка *Cottocomephorus grewinkii* (Dybowski, 1874) и длиннокрылая широколобка *C. inermis* (Jakowlew, 1890) - эндемики Байкала, распространены во всех районах открытой части озера. Они обитают в зоне глубин от 20–25 до 300 м (Талиев, 1955). Оба вида относятся к байкальским придонно-пелагическим рыбам, т.е. связаны и с пелагиалью озера, и с его донными биоценозами. Эти широколобки являются важным элементом пелагической трофической системы Байкала: молодь составляет пищу омуля, а взрослые особи потребляются сигом, осетром и байкальской нерпой.

Целью настоящей работы являлось определение видового состава и морфологии нематод коттокомефорид в оз. Байкал.

Обнаружено 3 вида Nematoda. Доминантным видом по индексу обилия и по экстенсивности инвазии является *Contracaecum osculatum baicalensis*, субдоминантным – *Comephoronema werestschagini*, обычным – *Ichthiobronema hamulatum* (табл.).

Таблица

Зараженность желтокрылки и длиннокрылой широколобки нематодами

Вид	Э.и., %		И.и., экз.		И.о., экз.	
	Ж	Д	Ж	Д	Ж	Д
<i>Comephoronema werestschagini</i> Layman, 1933	45,45	22,9	1-58	1-37	5,45	1,75
<i>Ichthiobronema hamulatum</i> (Moulton, 1931)	27,27	4,24	1-3	1-31	0,41	0,80
<i>Contracaecum osculatum baicalensis</i> Mozgovoi et Ryjikov, 1950	86,36	60,2	1-22	1-22	6,27	2,95
Нематода, larvae	4,54		1		0,41	

Примечание: Э.и. — экстенсивность инвазии, И.и.— интенсивность, мин.-макс., И.о. — индекс обилия.

Распределение нематод в популяции хозяев подчиняется негативно-биномиальному распределению.

В составе фауны нематод *C. werestschagini* - эндемичный вид, *C. osculatum baicalensis* - эндемичный подвид и *I. hamulatum* – широкораспространенный (голарктический) вид.

C. o. baicalensis – эндемичный подвид, паразитирует у костистых рыб на стадии личинки 3-й стадии. Личинки обнаруживаются в соединительнотканной капсуле в серозной оболочке пилорических придатков и желудка, а также свободно в полости тела. Ранее было показано, что жизненный цикл может быть завершен с участием необязательного паратенического хозяина - беспозвоночного и только одного промежуточного хозяина рыбы (Køie, Fagerholm, 1995). Дефинитивным хозяином *C. o. baicalensis* является байкальская нерпа *Phoca sibirica* (Gmelin, 1788). Жизненный цикл нематоды в Байкале не выявлен, предполагается, что им является *Macrohectopus branickii* (Динамика ..., 1991). Промежуточными хозяевами *C. o. baicalensis* являются 16 видов рыб (Пугачев, 2004). Заражение широколобки, вероятно, также происходит прямо при контакте с личинками 3-й стадии.

Жизненный цикл эндемичной нематоды *C. werestschagini* не изучен (Пугачев, 2004). Промежуточными хозяевами родственного вида *C. oschmarini* являются гаммарусы *Pallasea quadrispinosa*, *Echinogammarus baicalensis*. Вероятно, в Байкале промежуточным хозяином также являются амфиподы, возможно, пелагический вид *M. branickii*, так как в пище взрослых особей длиннокрылой широколобки наиболее часто встречается именно эта пелагическая амфипода (Сиделева, Механикова, 1990; Зубин, 1992; Сиделева, Козлова, 2010). Нематода *C. werestschagini* обычно локализуется в желудке широколобки.

Жизненный цикл *I. hamulatum* не изучен. Предполагается, что роль первых промежуточных хозяев выполняют бентосные беспозвоночные (Diptera, Ephemeroptera) (Пугачев, 2004). Низкая зараженность длиннокрылой широколобки *I. hamulatum* объясняется тем, что этот вид является обитателем преимущественно толщи вод пелагиали оз. Байкал и заходит на мелководье только на нерест. *I. hamulatum* отмечается в кишечнике хозяина.

Отличия в уровне зараженности разными видами нематод отражают различия в питании хозяина. Основным компонентом пищи желтокрылки составляет мезозоопланктон, в основном *Epischura baicalensis*. Пищевой спектр длиннокрылой широколобки в основном состоит из макрогектопуса и молоди пелагических бычковых рыб. Значение в пище донных амфипод, насекомых невелико (Зубин, 1992).

Наиболее высока численность нематод со сложным циклом, промежуточными хозяевами которых являются планктонные организмы. Численность гельминтов, связанных в своем развитии с бентосными организмами, значительно ниже.

Работа выполнена в рамках темы гос. задания (регистрационный номер 0271-2021-0002 (FWSM-2021-002))

ЛИТЕРАТУРА

Динамика зараженности животных гельминтами. / Н.М. Пронин, Д.-С.Д. Жалцанова, С.В. Пронина, А.В. Некрасов, В.Л. Ринчино, О.Т. Русинек, С.Д. Санжиева, Ж.Н. Дугаров, Ю.В. Белякова, А.С. Кудряшов. Улан-Удэ: БНЦ СО АН СССР, 1991. 202 с.

Зубин А.А. Питание байкальских бентопелагических подкаменщиковых рыб Scorpaeniformes (Cottoidei) // Вопросы ихтиологии. 1992. Т. 32. № 1. С. 147-151.

Пугачев О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Нематоды, скребни, пиявки, моллюски, ракообразные, клещи. СПб. Тр. ЗИН РАН. 2004. Т. 304, 250 с.

Талиев Д.Н. Бычки-подкаменщики Байкала (Cottoidei). - М.-Л.: 1955. - С. 600.

Køie M, Fagerholm HP. The life cycle of *Contracaecum osculatum* (Rudolphi, 1802) sensu stricto (Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae) in view of experimental infections // Parasitol Res. 1995.

УДК 579.2

**Таксономическое разнообразие микробного сообщества
воды холодных источников Буксыхен (Северное Прибайкалье)***Банзаракцаева Т.Г., Дамбинова Е.Ц., Муруева Е.Л.*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
tuyana_banz@mail.ru

Аннотация. Было изучено таксономическое разнообразие микробных сообществ воды двух холодных источников Буксыхен (северное Прибайкалье). Анализ молекулярно-генетических исследований показал доминирование представителей классов *Betaproteobacteria* и *Gammaaproteobacteria* филума *Proteobacteria* в воде исследуемых источников. Однако количественное соотношение как доминирующих, так и минорных филумов различалось для полученных библиотек каждого источника.

**Taxonomic diversity of microbial community from water of cold springs
Buksykhen (North Pribaikalie)***Banzaraktsaeva T.G., Dambinova E.Ts., Murueva E.L.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, tuyana_banz@mail.ru

Abstract. Taxonomic diversity of water microbial community from two cold springs Buksykhen (North Pribaikalie) was studied. The analysis of molecular genetic studies showed the dominance of prokaryotes of the classes *Betaproteobacteria* and *Gammaaproteobacteria* of the phylum *Proteobacteria* in the water of the studied springs. However, the quantitative ratio of both dominant and minor phyla differed for the obtained libraries of each springs.

Изучение пресноводных экосистем всегда является приоритетным направлением исследований в силу исключительной значимости водных ресурсов для человечества. В настоящее время получена большая совокупность данных по пресноводным экосистемам, однако изучение холодных пресных и слабоминерализованных наземных источников, особенно с точки зрения микробиологии, остается недостаточной. Знания о генетическом разнообразии и функциях микроорганизмов холодных наземных источников остаются сильно ограниченными и требуют расширения. Также необходимо отметить, что изучение микробных сообществ холодных источников носит прикладной характер, поскольку данные сообщества представляют собой потенциальный ресурс для выделения психрофильных и психротолерантных микроорганизмов продуцентов ферментов, активных и стабильных при низких температурах.

Цель данной работы изучить таксономическое разнообразие микробного сообщества воды постоянно холодных источников Буксыхен (Северное Прибайкалье).

Для молекулярно-генетических исследований были отфильтрованы образцы воды из двух источников Буксыхен-сердечный (БС) и Буксыхен-желудочный (БЖ). В результате применения высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК были получены библиотеки гена 16S рРНК для каждой из 2 проб воды исследуемых источников (БС и БЖ). Количество ридов для библиотеки БС составило 25449, из которых было сформировано 314 ОТЕ, для библиотеки БЖ количество ридов составило 28204 и собрано 230 ОТЕ. Анализ разнообразия показал, что сообщество воды БС более разнообразно, индекс Шеннона-Уивера (H) составил 4,3. В воде БЖ индекс разнообразия (H) был значительно меньше (2,7).

В анализируемых библиотеках генов 16S рРНК были выявлены только бактерии, а архейный компонент не был обнаружен. Таксономическое распределение филотипов бактерий на уровне филумов, а для *Proteobacteria* – на уровне классов, показано на рис. 1. Анализ полученных данных показал сходство качественного состава на уровне филумов и сходство по доминирующим группам. Так в сообществах обоих источников преобладали представители

филума *Proteobacteria* из классов *Betaproteobacteria* (БС – 26,75 %, БЖ – 33,83 %) и *Gamma**proteobacteria* (БС – 25,94 %, БЖ – 39,53 %). Количественное распределение содоминантных и минорных филумов имело различия. В сообществе БС содоминантами были прокариоты класса *Alphaproteobacteria* (19,39 %) и филума *Cyanobacteria/Chloroplast* (13,13 %), к минорному компоненту были отнесены бактерии филума *Bacteroidetes* (6,55 %). В сообществе БЖ содоминант был представлен микроорганизмами филума *Actinobacteria* (12,15 %) и минорную группу составили представители класса *Alphaproteobacteria* (8,71 %). Остальные филумы составляли менее 1%, в группу Others вошли филумы с представленностью менее 0,01 %.

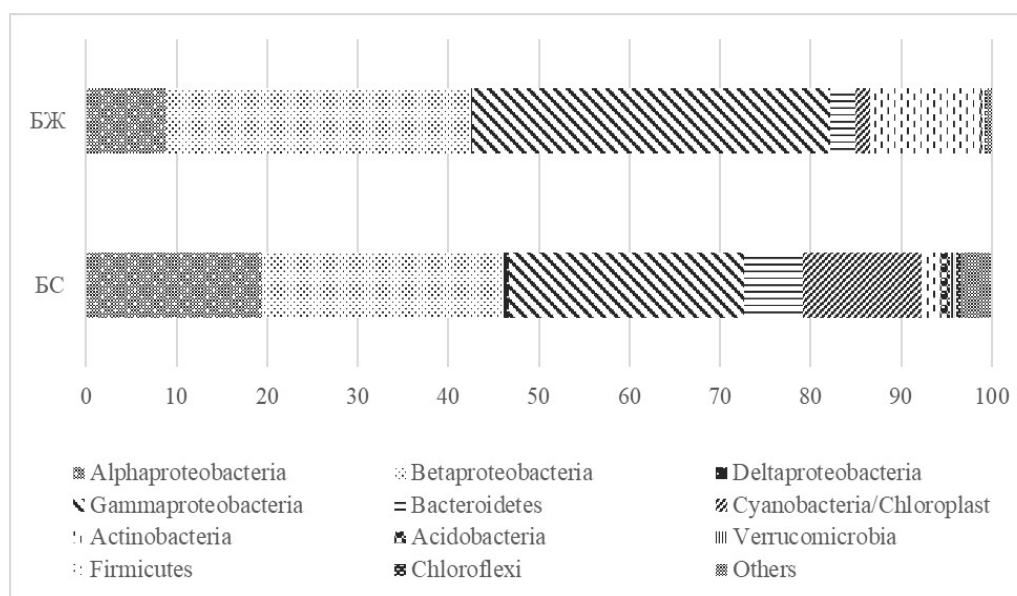


Рис. 1. Таксономическое разнообразие микробных сообществ в источниках Буксыхен-сердечный (БС) и Буксыхен-желудочный (БЖ) на уровне филумов (для филума *Proteobacteria* на уровне классов)

Сравнительный анализ библиотек исследуемых сообществ на уровне семейств выявил различия как в качественном, так и в количественном отношении. В сообществе БС было установлено 12 семейств с количеством нуклеотидных последовательностей (н.п.) больше 1% от всех полученных ридов. Наибольшее количество н.п. было обнаружено у семейств *Comamonadaceae* и *Pseudomonadaceae* (5520 и 4233 н.п., соответственно) (рис. 2). Также к преобладающим семействам можно отнести цианобактерий семейства *Chloroplast* и бактерий семейств *Moraxellaceae* и *Sphingomonadaceae*. В сообществе БЖ количество наиболее представленных семейств составило 10 (рис. 3). Доминирующие семейства по количеству н.п. превышали остальные семейства в 3 и более раза, количество н.п. отнесенных к семейству *Moraxellaceae* составило 9455, к семейству *Comamonadaceae* – 9116.

Таксономический состав 33 наиболее обильных родов в исследуемых сообществах представлен на тепловой карте (рис. 4). Между сообществами были обнаружены значительные различия по представленности родов. Сообщество БС было более разнообразным и распределение последовательностей было более равномерным. Здесь доминировали полседовательности бактерий родов *Pseudomonas* (4233 н.п.), *Rhodofera* (2464 н.п.), *Polaromonas* (1713 н.п.), *Sphingomonas* (1016 н.п.) и цианобактерии рода *Vacillariophyta* (2643 н.п.). В сообществе БЖ явно доминировали бактерии, отнесенные к роду *Acinetobacter* (9404 н.п.), количество последовательностей, принадлежащих к роду *Variovorax* составило 4714. Следующими семействами по обилию н.п. были семейство *Nocardioides* (2980 н.п.), *Methylibium* (1795 н.п.), *Pseudomonas* (1490 н.п.) и *Acidovorax* (1457 н.п.).

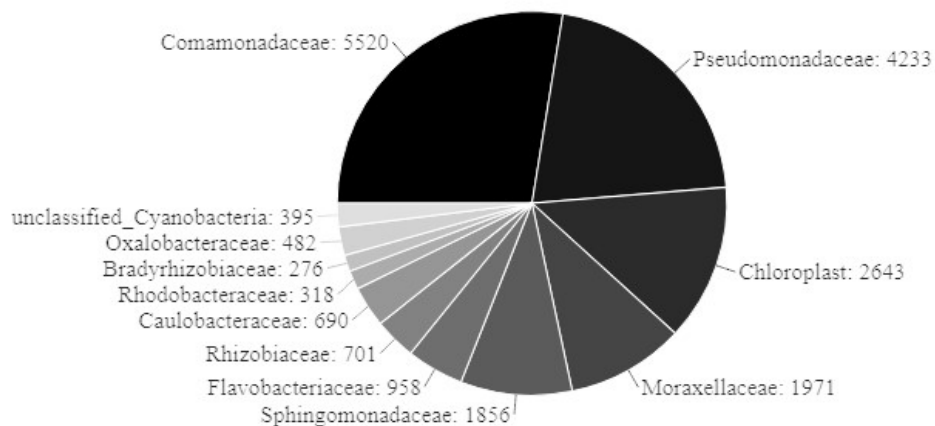


Рис. 2. Доминирующие семейства в микробном сообществе воды источника Буксыхен-сердечный (БС)

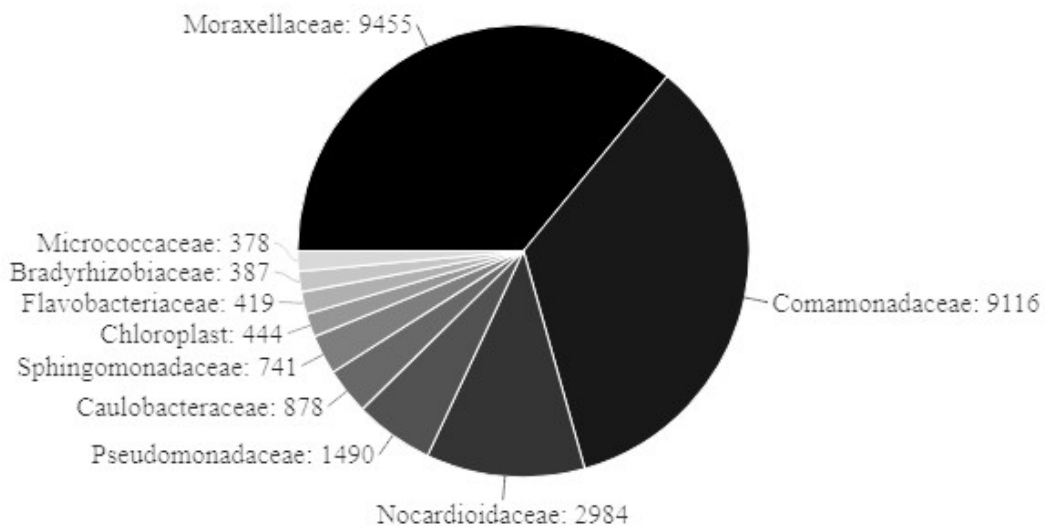


Рис. 3. Доминирующие семейства в микробном сообществе воды источника Буксыхен-желудочный (БЖ)

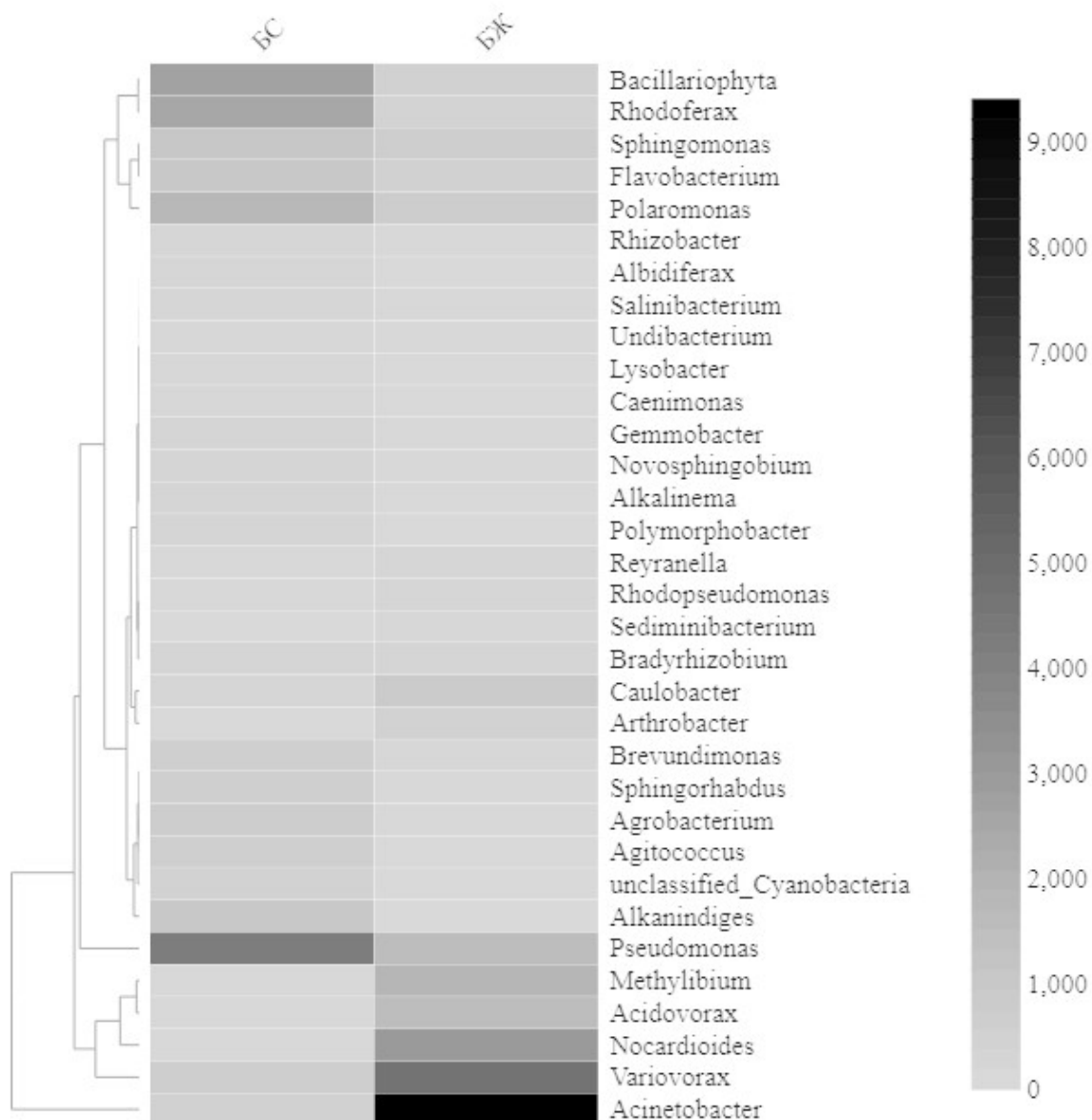


Рис. 4. Тепловая карта (heatmap) распределения 33 доминантных родов по 2 библиотекам из образцов воды Буксыхен-сердечный (БС) и Буксыхен-желудочный (БЖ)

Работа выполнена в рамках проекта госзадания № 121030100229-1.

УДК: 504.054

**Антропогенное воздействие на химический состав поверхностных вод
Джидинского рудного узла**

Бардамова И.В.¹, Дорошкевич С.Г.²

Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия, irina-bardamova@yandex.ru¹,
sv-dorosh@mail.ru²

Аннотация. В статье показано негативное влияние антропогенных объектов горно-обогатительного производства на качество поверхностных вод рек Модонкуль и Мырген-Шено.

**Anthropogenic impact on the chemical composition of surface waters
of the Dzhida ore cluster**

Bardamova I.V.¹, Doroshkevich S.G.²

Geological institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia, irina-bardamova@yandex.ru¹, sv-dorosh@mail.ru²

Abstract. The article deals with negative impact of anthropogenic objects of mining and processing production on the quality of surface waters of the Modonkul and Myrgen-Sheno rivers

Одними из постоянных источников отрицательного воздействия на окружающую среду на Байкальской природной территории являются антропогенные объекты Джидинского рудного узла. Джидинское рудное поле включает коренные промышленные месторождения: Первомайское штокерковое молибденовое, Холтосонское вольфрамовое жильное, Инкурское штокерковое вольфрамовое. До 90-х годов прошлого столетия разработка месторождений велась Джидинским вольфрамо-молибденовым комбинатом, после закрытия которого, остались накопленные за многолетний период продукты ГОКа и другие объекты, под воздействием которых развиваются опасные изменения компонентов природной среды в угрожающих масштабах.

В результате взаимодействия подземных вод естественной природной системы с породами, вскрытыми горными выработками, происходит формирование рудничного дренажа, характеризующегося высокой минерализацией, довольно низкими значениями pH, большим содержанием взвешенных веществ и тяжелых металлов. Образующиеся рудничные стоки в виде ручьев впадают в реки Модонкуль и Мырген-Шено, правые притоки р. Джида бассейна оз. Байкал.

Штольня Западная – один из законсервированных объектов сульфидно-гюбнеритового месторождения Холтосон. Воды рудничного ручья штольни дренируют вскрытые горизонты и, обогащаясь рудными элементами, самоизливаются на поверхность. На протяжении 800 м до впадения в реку Модонкуль прилегающие компоненты природной среды загрязняются фтором, сульфатами, тяжелыми металлами и другими токсикантами. (рисунок)

Ручей Гуджирка сформирован водами, дренирующими отходы горнодобывающего производства – карьеры и отвалы вскрышных пород молибденитового месторождения Первомайское и сульфидно-гюбнеритового месторождения Холтосон. По результатам анализа химического состава в воде ручья наблюдается превышение уровня ПДК свинца, кадмия, цинка, селена, меди, кобальта, никеля, вольфрама (рис.).

Сформированные техногенные потоки негативно влияют на состав поверхностных вод. Так, качество вод р. Мырген-Шено после впадения в нее ручья Гуджирка по содержанию элементов всех четырех классов опасности оценивается как «экстремально грязная» (РД 52.24.643-2002). Качество воды р. Модонкуль после впадения рудничного ручья штольни Западная оценивается как «грязная» и «экстремально грязная» по содержанию элементов

1 и 2 классов опасности соответственно; «загрязненная» и «слабо загрязненная» по содержанию элементов 3 и 4 классов опасности (табл.).

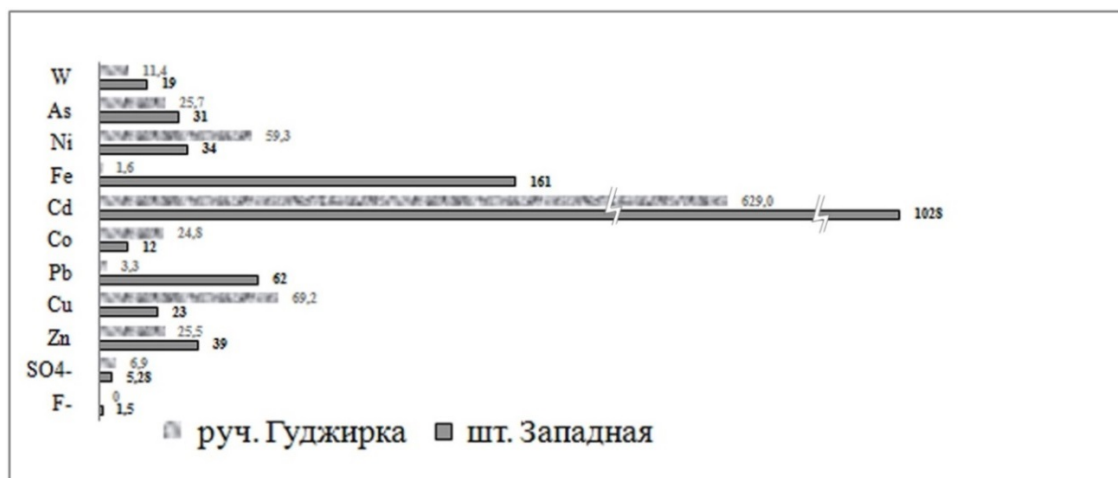


Рис. Баллы кратности превышения ПДК (ГН 2.1.5.1315-03)

Таблица

Классы качества поверхностных вод Джидинского рудного узла

Водный объект	КЛАСС КАЧЕСТВА ВОДЫ			
	По элементам 1 класса опасности	По элементам 2 класса опасности	По элементам 3 класса опасности	По элементам 4 класса опасности
Руч. шт. Западная	Экстремально грязная	Экстремально грязная	Экстремально грязная	Очень грязная
Р. Модонкуль	Грязная	Экстремально грязная	Загрязненная	Слабо загрязненная
Руч. Гуджирка	Экстремально грязная	Экстремально грязная	Экстремально грязная	Экстремально грязная
Р. Мырген-Шено	Экстремально грязная	Экстремально грязная	Экстремально грязная	Экстремально грязная

Повышенное содержание потенциально опасных химических элементов оказывает ощутимое негативное влияние на жителей г. Закаменск и близлежащих населенных пунктов, выражающееся в увеличении уровня общей заболеваемости, заболеваний органов дыхания и костно-мышечной системы (Прусаков В.М., 2005).

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту АААА-А21-121011890033-1 Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

Гигиенические нормативы: ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Введ. 01-07-03 Москва: Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 44, 04.11.2013.152 с.

Оценка риска здоровью детского населения от воздействия техногенных песков вольфрамомолибденового ГОКа / В.М. Прусаков, А.В. Прусакова, И.Н. Басараба, М.В. Англистер, П.Ю. Ходанович, О.К. Смирнова, Р.И. Яценко // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2005. №8(46). С. 55-60.

РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Введ. 2004-01-01.

УДК 579.26

Разнообразие и экологическая роль прокариот в гидротермах Байкальской рифтовой зоны

Бархутова Д.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, darima_bar@mail.ru

Аннотация. Определен таксономический состав микробных сообществ и выявлена пространственная стратификация сообщества в различных биотопах гидротерм Байкальской рифтовой зоны в зависимости от экологических условий обитания. Количественная оценка активности микробного сообщества показала, что первичными продуцентами являются цианобактерии, anoxygenic phototrophs и хемолитотрофные бактерии. На конечных этапах минерализации органического вещества сульфатредукторы являются основными деструкторами в микробных сообществах гидротерм. Циано-бактериальное и сульфидогенное микробное сообщество играет важную роль в формировании геохимических барьеров и минералообразовании.

Diversity and ecological role of prokaryotes in hot springs of the Baikal rift zone

Barkhutova D.D.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, darima_bar@mail.ru

Abstract. The taxonomic composition of microbial communities has been determined. Depending on the ecological conditions of habitation the spatial stratification of the community in hot springs of the Baikal rift zone in different biotopes has been revealed. A quantitative estimation of the activity of the microbial community showed that the primary producers are cyanobacteria, anoxygenic phototrophs, and chemolithotrophic bacteria. At the final stages of the mineralization of organic matter, sulfate-reducing bacteria are the main destructors in the microbial communities of hot springs. The cyano-bacterial and sulfidogenic microbial community plays an important role in the formation of geochemical barriers and mineral formation.

Наземные гидротермы являются экстремальными природными системами, которые характеризуются высокой температурой и поступлением восстановленных глубинных веществ. Биологическое сообщество гидротерм состоит в основном из прокариот (эубактерий и архей). Различные функциональные группы в микробных сообществах связаны тесными трофическими отношениями, позволяющими им эффективно участвовать в преобразовании органических и неорганических веществ.

Цель настоящего исследования - выявление микробного разнообразия, оценка функциональной активности, выяснение трофических взаимоотношений и геохимической роли микробных сообществ горячих источников Байкальской рифтовой зоны (БРЗ).

Микробное разнообразие изучено при помощи микробиологических и молекулярно-генетических методов, которые позволили выявить культивируемые и некультивируемые виды бактерий различных физиологических групп (Лаврентьева и др., 2017, 2018). Определен таксономический состав микробных сообществ и выявлена пространственная стратификация сообщества в различных биотопах гидротерм БРЗ в зависимости от экологических условий обитания. Вода источников имела температуру 34–75 °С, рН 8,2–9,9, низкую минерализацию 250–900 мг/л, по ионному составу характеризуются как сульфатно-гидрокарбонатно-натриевые и сульфатно-натриевые. В сообществе высокотемпературных зон гидротерм выявлена высокая доля термофильных бактерий филумов *Acetothermia* (до 58 %) и *Deinococcus-Thermus* (до 50 %), а также весовая доля экстремально термофильных представителей филума *Aquificae* (до 10 %). Представители филума *Acetothermia* являются одной из глубоких ветвей домена *Bacteria* (Зайцева и др., 2017). Отличительной особенностью таксономического состава иловых отложений является весовая доля архей типа *Crenarchaeota* (до 4 %). При снижении температуры в осадках и в воде начинают доминировать представители

Alphaproteobacteria, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*. В сообществе микробных матов высоко-температурных зон доминировали аноксигенные бактерии *Chloroflexi*, при понижении температуры – оксигенные бактерии *Cyanobacteria* (табл.).

Таблица

Характеристика микробных сообществ гидротерм БРЗ

Источник, тип пробы	t отбора, °С	pH	, г/л	Формула химического состава воды	Основные филумы
Al-1w Алла вода	64,4	9,7	0,25	SO ₄ - HCO ₃ - Na	<i>Deinococcus-Thermus</i> 50%, <i>Chloroflexi</i> 9,9%, <i>Aquificae</i> 7,7% <i>Gammaproteobacteria</i> 5,9%, <i>Cyanobacteria/Chloroplast</i> 5,4 %
Al-3w Алла вода	58,1	9,6	0,34	SO ₄ - HCO ₃ - Na	<i>Cyanobacteria/Chloroplast</i> 70,7%, <i>Gammaproteobacteria</i> 8%, <i>Chloroflexi</i> 4,5%
Al-1m Алла мат	41	9,6	0,25	SO ₄ - HCO ₃ - Na	<i>Atribacteria</i> 28,4 %, <i>Nitrospirae</i> 27%, <i>Chloroflexi</i> 16,2%, <i>Alphaproteobacteria</i> 7%, <i>Deinococcus-Thermus</i> (4,9 %)
Al-3m Алла мат	58,1	9,93	0,34	SO ₄ - HCO ₃ - Na	<i>Chloroflexi</i> 56%, <i>Nitrospirae</i> 9,7%, <i>Deltaproteobacteria</i> 2,1%, <i>Firmicutes</i> 2,1%
Al-5m Алла мат	34,4	9,26	0,35	SO ₄ - HCO ₃ - Na	<i>Deltaproteobacteria</i> 27%, <i>Gammaproteobacteria</i> 26,4%, <i>Alphaproteobacteria</i> 16,3% <i>Acidobacteria</i> 17,5%
Al-0 Алла осадки	68	9,8	0,28	SO ₄ - HCO ₃ - Na	<i>Acetothermia</i> 31,6%, <i>Firmicutes</i> 28,6%, <i>Gammaproteobacteria</i> 16%
Al-3s Алла осадки	64	9,7	0,26	SO ₄ - HCO ₃ - Na	<i>Acetothermia</i> 57,9%, <i>Chloroflexi</i> 6,3%, <i>Nitrospirae</i> 4,6 %
Ga-1w Гарга вода	73,6	8,3	0,88	SO ₄ - Na	<i>Gammaproteobacteria</i> 77,9 %, <i>Firmicutes</i> 15,6 %, <i>Deinococcus-Thermus</i> 2,26 %
Ga-2m Гарга мат	55	8,75	0,98	SO ₄ - Na	<i>Proteobacteria</i> (46 %), <i>Cyanobacteria</i> (31,7 %), <i>Deinococcus-Thermus</i> (10,6 %)

Ga-1s Гарга осадки	75	8,8	0,15	SO ₄ - Na	<i>Gamma</i> proteobacteria 29,34 %, <i>Firmicutes</i> 26,7 %, <i>Bacteroidetes</i> 15,7% , <i>Deinococcus- Thermus</i> 7,7% , <i>Aquificae</i> 6,6%,
Горячинск мат	49,5	9,5	0,46	SO ₄ - Na	<i>Alphaproteobacteria</i> 18,3%, <i>Cyanobacteria/Chloropla st</i> 17,3%, <i>Chloroflexi</i> 11,5%

Главными экологическими факторами, влияющими на формирование разнообразия бактерий, являлись минерализация, содержание ионов натрия, хлора и сульфатов, а также температура.

При оценке потоков углерода, масштабов микробных процессов, роли микробного компонента в формировании качества вод и синтезе биогенных минералов использованы количественные данные по скорости микробных процессов и химического анализа вод и донных отложений. Количественная оценка активности микробного сообщества показала, что первичными продуцентами в микробных матах являются цианобактерии, аноксигенные фототрофы и хемолитотрофные бактерии. Впервые у термофильных органотрофных штаммов *Meiothermus ruber*, выделенных из микробных матов, установлено наличие функционального гена *CbbL*, ответственного за синтез ключевого фермента цикла Кальвина (RubisCO) – индикатора способности к автотрофному росту, что доказывает их потенциальную способность к автотрофии. Анализ таксономического состава микробного сообщества матов гидротерм, соотношения основных групп бактерий и их функциональной активности показал, что с понижением температуры гидротерм хемосинтетическое термофильное микробное сообщество, развивающееся при температуре 65 °С, при 50 °С заменяется фотосинтетическим термофильным сообществом с преобладанием аноксигенного фотосинтеза и при 40°С – фотосинтетическим умеренно термофильным/мезофильным сообществом с преобладанием оксигенного фотосинтеза. Наибольшие скорости продукции органического вещества наблюдаются в диапазоне от 40 до 50 °С. Продуценты микробных матов гидротерм фиксируют атмосферную и вулканогенную СО₂, которая более обогащена изотопом ¹³С. Фракционирование изотопов углерода варьировало в пределах от + 8,62 до + 25,25 ‰. В донных осадках большая часть углерода СО₂ фиксировалась за счет хемосинтеза – до 83 %, вклад гетеротрофных микроорганизмов не превышал 17 %. Продуценты микробного сообщества осадков синтезируют органическое вещество, используя вулканогенную углекислоту, обогащенную тяжелым изотопом δ¹³С (Лаврентьева и др., 2019).

На конечных этапах минерализации органического вещества в гидротермах БРЗ сульфатредукторы являются основными деструкторами органического вещества в микробных сообществах гидротерм. Сульфидогенное микробное сообщество играет важную геохимическую роль, участвуя в процессе окисления органических веществ в анаэробных условиях и синтезе углекислоты и сероводорода. В гидротермах сульфатредукторы участвуют в формировании геохимических барьеров, на которых создаются градиенты по концентрациям, растворимости компонентов, рН. Образование геохимических барьеров в микробном мате ведет к осаждению ряда минералов, таких как кальциты и пириты. Цианобактерии непосредственно участвуют в осаждении кальцита за счет создания микрозон с высоким рН и образования гликокаликса, поглощающего ионы Са²⁺. Бактериальные экзополисахариды могут служить матрицей для нуклеации кремния из раствора (Будагаева и др., 2018). В микробных сообществах термальных источников БРЗ выявлено формирование минералов - кальцита, кварца, опала и пирита. Кристаллы кальцита имели эллипсоидальную форму, ограниченную кубическую или призматическую. Кремнезем (опал) отлагался плотной коркой с окремнением ни-

тей цианобактерий. В сероводородных источниках обнаружены отложения сульфида железа (фраamboиды пирита), образовавшихся в результате метаболической деятельности микроорганизмов.

Полученные данные важны для оценки биогеохимического потенциала микробного сообщества и экологической роли прокариот в экстремальных местообитаниях.

Исследования выполнены в рамках темы госзадания № госрегистрации 121030100229-1

ЛИТЕРАТУРА

Будагаева В.Г., Раднагуруева А.А., Лаврентьева Е.В., Бархутова Д.Д., Оленников Д.Н. Углеводы микробных матов щелочных гидротерм Прибайкалья // Химия растительного сырья. – 2018. - N1. – С.34-40.

Лаврентьева Е.В., Раднагуруева А.А., Банзаракцаева Т.Г., Базаров С.М., Бархутова Д.Д., Ульзетуева И.Д., Хахинов В.В., Чернявский М.К., Кабилов М.Р. Филогенетический анализ микробного мата горячего источника Гарга (Байкальская рифтовая зона) и разнообразие природных пептидаз // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2017. - Т. 21. - N 8. - С. 959-963.

Лаврентьева Е.В., Банзаракцаева Т.Г., Раднагуруева А.А., Бурюхаев С.П., Дамбаев В.Б., Батурина О.А., Козырева Л.П., Бархутова Д.Д. Микробное сообщество термального озера Умхей (Байкальская рифтовая зона) в зоне разгрузки подземных вод // Сибирский экологический журнал. - 2019. - N 6. - С. 715-726.

Lavrentyeva E.V., Radnagurueva A.A., Barkhutova D.D., Belkova N.L., Zaitseva S.V., Namsaraev Z.B., Gorlenko V.M., Namsaraev B.B. Bacterial diversity and functional activity of microbial communities in hot springs of the Baikal rift zone // Microbiology. – 2018. – Vol. 87. - N. 2. – P.272–281.

Zaitseva S.V., Lavrentieva E.V., Radnagurueva A.A., Baturina O.A., Kabilov M.R., Barkhutova D.D. Distribution of *Acetothermia*-dominated microbial communities in alkaline hot springs of Baikal Rift Zone // *PeerJ* - 2017. *Preprints* 5:e3492v. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.3492v1>

УДК 593.5: 592/599

Таксономическое разнообразие миксоспоридий (*Myxozoa: Myxosporea*) рыб бассейна оз. Байкал

Батуева М.Д.-Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
mbadm@biol. bscnet.ru

Аннотация. В настоящее время из 67 видов и подвидов рыб ихтиофауны оз. Байкал и акватории его водосбора миксоспоридии зарегистрированы у 51 вида. Видовой состав миксоспоридий насчитывает 80 видов.

The taxonomic diversity of the *Myxosporean* species (*Myxozoa: Myxosporea*) of fishes in the lake Baikal basin

Batueva M.D.-D.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, mbadm@biol.bscnet.ru

Abstract. At present time myxosporeans parasites were recorded in 51 species from of 67 species and subspecies of fishes of Lake Baikal and its watershed. The species composition of myxosporeans parasites includes 80 species.

Первые сведения о миксоспоридиях оз. Байкал даны В.А. Догелем, им описаны новые эндемичные виды миксоспоридий от рыб Байкала (Догель, Боголепова, 1957). Результаты последующих исследований неоднократно обобщались (Заика, 1965; Пронин, Пронина, 1999; Пронина, Пронин, 2001). Так, С.В. Пронина, Н.М. Пронин (2001) в обобщающем списке представили 45 видов миксоспоридий. Позднее было описано 6 новых для науки видов (Пронин, Пронина, 2002; Бадмаева, Пронина, 2007; Liu et al., 2016; Batueva 2020), расширен состав общего видового разнообразия миксоспоридий от рыб водосбора (Пугачев, 2001), отмечено нахождение новых хозяев для некоторых видов (Русинек, 2007). В последнее время 2013-2021 гг. для описания видов были использованы данные последовательности нуклеотидов участка 18S рДНК (Batueva et al., 2013; Liu et al., 2016; Batueva et al., 2019; Batueva et al., 2020; Batueva 2020).

Миксоспоридии бассейна оз. Байкал представлены 12 родами (*Myxidium*- 10; *Zschokkella* – 2; *Leptotheca*- 1; *Sphaerospora*-3; *Chloromyxum*-9; *Hofferellus*- 1; *Caudomyxum* -1; *Muxobilatus*-4; *Muxobolus*-38; *Henneguia* – 7; *Spirosuturia*-1; *Thelohanellus*- 3 вида).

Миксоспоридии встречаются у рыб, обитающих на всех глубинах Байкала. Так, в прибрежно-соровой зоне (ПСЗ) было заражено миксоспоридиями 15 видов рыб, в литорали 10 видов, пелагиали 6 видов и абиссали 22 вида. Отмечается уменьшение видового разнообразия фауны миксоспоридий от 43 видов у рыб ПСЗ до 5 - у рыб абиссали. Удельная доля эндемичных видов закономерно возрастает от 2,6% у рыб ПСЗ до 100% в абиссали.

Наиболее разнообразна фауна миксоспоридий у широко распространенных палеарктов и снижается в ряду: плотва- 22; елец сибирский – 19; карась – 14; окунь – 6; голяк обыкновенный – 5 видов миксоспоридий. Разнообразие миксоспоридий у рыб прибрежно-соровой зоны, в частности у карповых, связано отчасти с разнообразием видов рода *Muxobolus* (28 видов).

Поскольку молекулярные данные показывают, что миксоспоридии обладают гостальной специфичностью (Molnar, Eszterbauer, 2015; Forro, Eszterbauer, 2016), является закономерным эндемичность миксоспоридий у рыб абиссали. Возможно определение некоторых видов (*Muxidium pfeifferi* у окуня; *Muxobulatus paragasterostei* у ельца сибирского; *Muxobolus muelleri* у тайменя, хариуса, сома; *M. musculi* у налима) является ошибочным, поскольку некоторые виды сложно определяемы морфологически.

Наши данные по 18S rDNA подтверждают гостальную специфичность микроспоридий: например, *M. diversicapsularis* от плотвы и карася имеют различия в нуклеотидной последовательности 18S рДНК и являются разными видами. *H. cerebralis*, *C. thymalli* кластеризуются с видами, паразитирующими у родственных видов хозяев (Batueva et al., 2013; Batueva et al., 2019).

ЛИТЕРАТУРА

Догель В.А., Боголепова И.И. 1957. Паразитофауна рыб Байкала. Труды Байкальской лимнологической станции, 15: 427–464.

Заика В.Е. Паразитофауна рыб озера Байкал. М.: Наука, 1965. 106 с.

Пронин Н.М., Пронина С.В. 1999. Микроспоридии (Cnidosporidia: Muxosporaea) и микроспоридозы рыб бассейна Байкала. В кн.: Косунов В.М., Пронин Н.М., Гончиков Г.Г. и др. (ред.) Биоразнообразие Байкальской Сибири. Новосибирск, Наука, 120-141.

Пронина С.В., Пронин Н.М. 2001. Микроспоридии. В кн.: Тимошкин О.А. (ред.). Аннотированный список фауны Байкала и его водосборного бассейна: В 2 т., Т. I: Озеро Байкал. Кн. 1. Новосибирск, Наука, 130-147.

Molnár K., Eszterbauer E. 2015: Specificity of Infection Sites in Vertebrate Hosts. In: B. Okamura, A. Gruhl, J.L. Bartholomew (eds.). Muxozoan Evolution, Ecology and Development. Springer International Publishing, Cham: 295–313.

УДК 581.9(470.630)

**Травяные сообщества балки Арзгирской
(Предкавказье, Юго-Восточное Приманычье)***Белоус В.Н.*

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, РФ, viktor_belous@bk.ru

Аннотация. В статье представлена характеристика травяных степных и опустыненно-степных сообществ балочных ландшафтов приманычских степей. В окрестностях Арзгира сохранились типичные подзональные фитоценозы с доминированием дерновинных злаков (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Agropyron desertorum*), ксерофильного степного разнотравья, а также солонцово-солончаковые комплексы. Указано их распределение по элементам рельефа. Здесь сохранились сообщества с участием редких растений, которые представляют природоохранный интерес.

**The grass communities of the Arzgir' gully
(Ciscaucasia, South-Eastern Manych)***Belous V.N.*

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, viktor_belous@bk.ru

Abstract. The article presents the characteristics of grass steppe and desert-steppe communities of the Manych's steppes on gully landscapes. Typical subzonal phytocenoses have been preserved in the vicinity of Arzgir. They are dominated by turf grasses (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Agropyron desertorum*), xerophilic steppe forbs, and also a solonchic-saline complex. Their distribution by relief elements is indicated. There are preserved communities with the participation of rare plants that are of nature conservation interest.

Ландшафты Кумо-Манычской впадины (долина и террасы) заняты так называемой низменной (долинной) ровной степью, соседние ландшафты северных и северо-восточных пределов Ставропольской возвышенности – высокой волнистой степью.

Широкая полого-волнистая равнина Юго-Восточного Приманычья на территории Ставрополя прорезана речками бассейна Кумы и Восточного Маныча (Калаус, Рагули, Голубь, Чограй). Преобладающий тип рельефа равнинный, долинно-балочный. Территория характеризуется разветвлённой балочной сетью. Основным почвенным фоном выступают зональные каштановые солонцеватые, светло-каштановые (разной степени солонцеватости), лугово-каштановые солонцевато-солончаковые почвы, солончаки луговые, а также солонцово-солончаковые комплексы. Почвенный покров характеризуется комплексностью, которую вызывает развитый микрорельеф (Белоус, 2013, 2018; Белоус, Федосов, 2003).

Арзгирская балочная система представляет фрагмент чограйской долины, имеет северо-западное-западное простирание. Вследствие небольшого уклона поверхности балки её долина умеренно врезана, слабо разработана и разветвлена. Протяжённость более шести, ширина – более трёх км, перепад высот около 100 м. Формы мезорельефа средних размеров: увалы, холмы, террасы и их элементы (плоские участки, склоны разной крутизны, бугры пучения). Рельеф балки дифференцирует поверхность, увеличивает разнообразие экологических и растительных факторов эрозионного ландшафта.

Растительный покров территории представлен подзональными дерновиннозлаковыми коренными или длительно производными степями и их эдафическими вариантами. Ряд сообществ содержат в своём составе редкие виды, требующие охраны. На отдельных участках растительность балки трансформирована в результате перевыпаса.

Бедноразнотравно-типчаково-ковыльные (*Stipa lessingiana* – *Festuca valesiaca* + *Koeleria cristata* – *Herbae stepposae*) сообщества приурочены к приводораздельным поверхностям и верхним частям склонов северной экспозиции. Представители ксерофитностепного разно-

травья представлены незначительным числом летнезелёных каудексовых (*Euphorbia seguieriana*, *Linum austriacum*, *Centaurea diffusa*, *Dianthus pallidiflorus*, *Falcaria vulgaris*, *Eryngium campestre*), корневищных (*Artemisia austriaca*, *Bromopsis riparia*), а также эфемероидного типа развития (*Astragalus calycinus*, *A. dolichophyllus*, *A. physodes*) трав. Заметно развита синузия эфемеров (*Holosteum umbellatum*, *Cerastium glutinosum*, *Alyssum desertorum*, *Veronica verna*, *Arenaria serpyllifolia*, *Trigonella orthoceras*, *T. monspeliaca*, *Trifolium arvense*, *Medicago minima*) и эфемероидов (*Poa bulbosa*, *Allium paczoskianum*, *Ornithogalum kochii*, *Tulipa biebersteiniana*, *T. gesneriana*, *Iris pumila*). Травостой трехъярусный. Общее проективное покрытие (ОПП) 80–90 %. Междерновинное пространство (ООП 10–15 %) занято куртинами мха *Syntrichia ruralis*, лишайников *Cetraria steppae*, *Cladonia foliacea*, а также *Nostoc*.

Разнотравно-злаковые сообщества с повышенным флористическим богатством приурочены к понижениям мезорельефа на северных склонах, по которым стекают небольшие потоки снеговой и дождевой воды. Мезофитный характер фитоценозов подчёркивают *Dianthus pallens*, *Ferulago galbanifera*, *Galium verum*, *Camelina microcarpa*. Небольшие по площади кустарниковые группировки здесь формирует раритетный *Calophaca wolgarica*. Арзгирская балка – одно из немногих мест в Предкавказье, где встречается этот причерноморский эндемичный вид.

Житняковые фитоценозы (*Agropyron desertorum*) невысокого флористического богатства связаны с глинистыми (нередко соленосными) эдафотопами верхней трети поверхности склонов, где наблюдаются разрывы дернового покрытия (ООП 15–20%). Доминантами второго порядка или ассектаторами выступают гемигалофитные полукустарнички *Kochia prostrata*, *Artemisia lerchiana*, *Tanacetum achilleifolium*. Характерные растения представлены эуксерофитными и гемигалофитными видами из состава степного разнотравья (*Eryngium campestre*, *Gonolimon tataricum*, *Jurinea multiflora*, *Teucrium polium*, *Linum austriacum*, *Thymus marschallianus*, *Serratula erucifolia*, *Trinia hispida*), изредка – *Bothriochloa ischaemum*. Достаточным числом особей представлены луковичные (*Ornithogalum kochii*, *Tulipa gesneriana*, *Poa bulbosa*) и корневищные (*Iris pumila*) эфемероиды, раритетные астрагалы: *Astragalus calycinus*, *A. henningii*, *A. sytinii*. Последние два – редчайшие на Ставрополье таксоны (Белоус, 2006; Белоус, Лактионов, 2009, 2012). К ним примешиваются многочисленные и более обильные эфемеры: *Cerastium glutinosum*, *Bromus squarrosus*, *Arenaria serpyllifolia*, *Alyssum desertorum*, *Aegilops cylindrica*, *Medicago minima*, *Ranunculus oxyspermus*, *Lagoseris sancta*, *Filago arvensis*, *Thymelaea passerina* (в порядке убывания обилия).

Замечательное сообщество слагает восточнопричерноморский степно-пустынный *Astragalus pallescens* (реликтовое местонахождение, единственный локалитет на Северном Кавказе). Мятликово-ковыльно-астрагаловое (*Astragalus pallescens* + *Astragalus calycinus* – *Stipa lessingiana* – *Poa bulbosa*) сообщество с его участием в своем распространении ограничено привершинной частью денудационного равнинного плато. Фитоценоз приурочен к щебнистым почвам со значительным (до 30 %) объемом обломков карбонатных пород, подстилаемых известняками. На правах ингредиентов в сообществе присутствуют эуксерофитные *Jurinea multiflora*, *Festuca valesiaca*, *Thymus marschallianus*, *Haplophyllum villosum*, *Serratula erucifolia*, *Veronica multifida*, *Thesium arvense* и др.

По левому борту балки поверхность низкого водораздельного увала при незначительных уклонах покрыта сетью мелких временных водотоков (борозды, рытвины, размоины). Травостой здесь заметно изрежен. На южных склонах опустыненный характер ему придают серийные дерновиннозлаково-полынно-эфемеровые сообщества и группировки. Травяной покров представлен серийными сообществами с доминированием и участием *Astragalus calycinus*, *A. henningii*, *A. sytinii*, *A. dolichophyllus*, *A. austriacus*. Активную фитоценологическую роль играют примитивные полукустарнички (*Thymus marschallianus*, *Artemisia austriaca*, *A. lerchiana*, *Teucrium polium*) и малолетние виды. Отмечается стабильное участие синузии эфемероидов с доминированием *Poa bulbosa*. Увеличивается число и обилие эфемеров. Особенно выражена синузия ранневесенних однолетников, в т.ч. *Buglossoides arvensis*, *Astragalus guttatus*, *Trifolium retusum*, *Rochelia retorta*.

К южным склоновым поверхностям балки приурочены прифермские сообщества в стадии восстановительной (пастбищной) сукцессии на суглинистых почвах, где в роли ингредиентов нередко выступают пасквальные виды: *Bromus squarrosus*, *Artemisia austriaca*, *Aegilops cylindrica*, *Poa bulbosa*, *Stipa capillata*, *Medicago minima*, *Centaurea diffusa*, *Carduus acanthoides* и др. (в порядке убывания). Около трети площади сухих инсолированных склонов занимают вторичные эфемероидно-эфемеровые сообщества со злаками и примитивными полукустарничками на сбоях и залежах. В результате выпаса сообщества засорены не поедаемым разнотравьем (*Achillea biebersteinii*, *A. nobilis*, *Eryngium campestre*, *Euphorbia seguieriana*, *Zygophyllum fabago*, *Peganum harmala* и др.).

Опустыненные эфемерово-эфемероидно-полынные открытые растительные группировки с участием гемигалофитного степного разнотравья (ООП 40-50%) широко развиты в пределах второй надпойменной террасы, на глинах коры выветривания. Характерными их видами являются *Artemisia lerchiana*, *Galatella villosa*, *Serratula erucifolia*, *Jurinea multiflora*, *Astragalus pallescens*, *Trinia hispida*, *Phlomis pungens*. Синузию второго порядка представляют более-менее обильные эфемероиды (*Valeriana tuberosa*, *Colchicum laetum*, *Ornithogalum kochii*, *Gagea bulbifera*, *Trinia hispida*) и эфемеры (*Alyssum calycinum*, *Holosteum umbellatum*, *Cerastium glutinosum*, *Anisantha tectorum*, *Ranunculus oxyspermus*, *Lagoseris sancta*, *Rochelia retorta* и др.). Ромашниково-прутняково-полынные сериальные микросообщества на солонцеватых пятнах слагают *Artemisia lerchiana*, *Kochia prostrata*, *Tanacetum achilleifolium*, *Camphorosma monspeliaca*, *Limonium platyphyllum*.

На шлейфах делювиальных склонов с нарушенным растительным покровом sporadически встречаются *Scorzonera mollis*, *Astragalus guttatus*, *Veronica verna*, *Nonea lutea*, *Bromus squarrosus*, *Lappula patula*, *Podospermum laciniatum*, *Ranunculus oxyspermus* и др.

Значительные площади ровной террасы аллювиального происхождения и выположенных участков долины балки заняты формацией *Carex stenophylla*. Содоминантами и ассектаторами осоковых сообществ могут выступать *Cerastium glutinosum*, *Poa bulbosa*, *Anthemis ruthenica*, *Artemisia austriaca*. В сложении отдельных группировок на аллювиальных засоленных почвах принимают участие *Trifolium arvense*, *T. retusum*, *Scleranthus annuus*, *Medicago minima*, *Holosteum umbellatum*, *Artemisia lerchiana*, *Erophila verna*, *Taraxacum erythrospermum*, реже – *Linaria incompleta*, *Iris scariosa* и др.

Днище балки с мелкоувалисто-скошенным западным рельефом занято сложным комплексом галофитной растительности, вдоль пересыхающего русла – элементы гигрогенного ряда замещения (влажных, сырых и мокрых гигротопов).

Указанные сообщества и ценоэлементы характеризуют фитоценоотические, морфологические, флористические и биологические особенности растительного покрова структурной долины балки Арзгирской. Балка на правах кластерного участка рекомендована для включения в ООПТ регионального значения как комплексный (геолого-ботанический) памятник природы со статусом «уникальные формы рельефа и связанные с ним ландшафты и типичные растительные сообщества».

ЛИТЕРАТУРА

Белоус В.Н. Конспект астрагалов флоры Предкавказья // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2006. С. 110–113.

Белоус В.Н. Природное фиторазнообразие Приманычья и его охрана // История населения и природы окрестностей озера Маныч-Гудило: Материалы региональной научно-краеведческой конференции. Дивное, 2013. С. 31–49.

Белоус В.Н. Ботанические особенности ландшафтно-экологических систем степного Приманычья // Актуальные вопросы биогеографии: Материалы Международной конференции. СПб. 2018. С. 48–50.

Белоус В.Н., Лактионов А.П. Новый вид *Astragalus* (Fabaceae) из Северо-Западного Прикаспия // Ботанический журнал. 2009. Т. 94. № 4. С. 572–577.

Белоус В.Н., Лактионов А.П. *Astragalus sytinii* V. Belous et A. Laktionov (Fabaceae) – редкий вид Волжского бассейна, нуждающийся в охране // Раритеты флоры Волжского бассейна. Тольятти: Касандра, 2012. С. 294–296.

Белоус В.Н., Федосов В.Н. Очерк природы Приманьчя // Экология. Культура. Образование. 2003. № 10–11. С. 77–78; 2003. № 12. С. 41–44.

УДК 592

170 лет изучения реликтовых паразитов: итоги и актуальные вопросы*Болбат А.В., Кайгородова И.А.*¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия, bolbatav@lin.irk.ru

Аннотация. В течение 170 лет пиявкоподобные паразиты семейства Acanthobdellidae остаются в центре внимания мирового научного сообщества. Уникальное сочетание морфологических характеристик указывает на их потенциально промежуточное положение между Oligochaeta и Hirudinea. Растущий с каждым днём массив данных позволяет не только подтвердить или опровергнуть различные гипотезы их происхождения и эволюции, но и взглянуть на механизмы их адаптации к окружающей среде и занимаемой ими экологической нише.

170 years of studying relic parasites: results and prospects*Bolbat A.V., Kaygorodova I.A.*

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia, bolbatav@lin.irk.ru

Abstract. For the last 170 years after their discovery, leech-like parasites of the Acanthobdellidae family remain a center of the scientific community's attention. Their unique combination of morphological traits points towards their potentially intermediate evolutionary position between Oligochaeta and Hirudinea. A growing mass of data allows us to not only prove or debunk different hypotheses of their descent and evolution, but to look into the mechanisms of their adaptation to the environment and ecological niche occupied.

Одной из главных задач биологии, помимо изучения таксономического разнообразия, является установление родства различных форм жизни и формирование доказательной базы для эволюционной теории. Крайне интересной фаунистической группой в этом отношении являются кольчатые черви семейства Acanthobdellidae, широко распространённых в пресных водоёмах северной Голарктики от Швеции на западе до Чукотки на востоке и Иркутской области на юге с нахождением единичного экземпляра на Аляске (Kaygorodova, 2018). Акантобделлиды обитают в холодных насыщенных кислородом водах и являются паразитами лососеобразных рыб. Несмотря на широкое распространение акантобделлид, они получили охранной статус и были занесены в Красные книги Иркутской области и республики Бурятия. Многолетнему снижению их численности до полного исчезновения, как это случилось в Ладожском и Онежском озёрах, способствует антропогенное давление, выраженное в загрязнении мест их обитания и сокращения численности хозяев, являющихся объектом промыслового лова.

Первым видом данного семейства, упомянутым в 1851 г. в работе А. Грубе «Семейства Annelida», стала *Acanthobdella peledina*, однако на тот момент не было дано детального морфологического описания вида. В 1906 г. была опубликована монография Н. А. Ливанова, представляющая собой 230 страниц подробного описания внешнего и внутреннего строения представителей данного вида (Livanow, 1906). Дополненная статьёй 1931 года, она стала основой дальнейших работ по классификации и эволюции поясковых кольчецов. Для своего времени данная работа стала образцом тщательности научного подхода.

Несмотря на доскональность исследования Ливанова, жизненный цикл и поведение *A. peledina* оставляют много вопросов, таких как этапы размножения, способ заражения хозяина и причины отсутствия данных реликтовых паразитов в некоторых водоёмах. В частности, несмотря на наличие акантобделлид в бассейне озера Байкал, они никогда не встречаются в самом Байкале. Н. М. Пронин, исследуя распространение акантобделлид в 1979 г., выдвинул гипотезу об отсутствии данной группы в Байкале вследствие их реофильности. Однако, акантобделлиды были обнаружены в Харбейских озерах, озере Фролиха, Лабынкыр, Ажаба-чем, что не согласуется с данным предположением. Наиболее вероятной причиной их от-

сутствия в Байкале является низкая плотность расселения хозяев, что приводит к трудностям их заражения. Помимо этого, низкий уровень минерализации воды также может служить экологическим барьером, препятствующим заселению Байкала.

В 1966 г. на Камчатке был обнаружен родственный вид, названный *Acanthobdella livanowi*. Его первооткрыватель В. М. Эпштейн позже выделил данный вид в отдельное семейство Paracanthobdellidae, представленное единственным родом *Paracanthobdella*. В то время как ареал обитания *A. peledina* включает в себя почти весь север голарктической области, ареал *A. livanowi* ограничивается водоёмами Камчатки и частично Чукотки. Ввиду географической удалённости региона и сезонных колебаний численности, камчатский представитель семейства акантобделлид изучен гораздо менее тщательно.

Непрерывный научный интерес к акантобделлидам поддерживается ввиду мозаичного сочетания в них черт малощетинковых червей (*Oligochaeta*) и пиявок (*Hirudinea*). Их целом не редуцирован, кровеносная же система редуцирована в меньшей степени, чем у истинных пиявок. На первых 5 сомитах располагаются 5 рядов парных крючкообразных щетинок, сходных с щетинками олигохет семейства *Lumbriculidae*. Передняя присоска акантобделлид слабо дифференцирована у *A. livanowi* и практически отсутствует у *A. peledina*. В то же время, репродуктивная система имеет строение, более присущее пиявкам, а задняя присоска, хоть и имеет примитивное строение, и расположена перпендикулярно оси тела, но чётко выражена и используется для прикрепления к жертве и субстрату.

На основе этих морфологических критериев Н. А. Ливанов в своей монографии выдвинул гипотезу о промежуточном эволюционном положении акантобделлид как связующего звена между олигохетными предками и современными пиявками. Однако чисто морфологические и анатомические критерии, доступные в начале 20 века, не позволяли уточнить взаимоотношения внутри клады поясковых кольцецов (*Clitellata*), а также взаимное положение акантобделлид и другой группы симбиотических кольцецов — *Branchiobdellida*. Это привело к формированию множества гипотез о происхождении современных пиявок от разных групп *Lumbriculidae* и разных сценариев конвергентной эволюции.

Первые попытки применить молекулярные методы к филогении пиявок и акантобделлид были предприняты на рубеже 21 века. Тогда впервые были использованы последовательно ядерных рибосомальных и белок-кодирующих митохондриальных генов. Несмотря на низкое качество нуклеотидных последовательностей ввиду загрязнения образцов, и недостаточную таксономическую представленность для применения метода максимальной экономии (*Maximum parsimony*), использование молекулярных данных в купе с морфологическими позволило построить филогенетическое древо, совпадавшее с гипотезой Н. А. Ливанова и не раз повторённое в последующих работах (Siddal et al., 2001). Тем не менее, относительное положение таксона *Branchiobdellida* в этих работах оставалось нестабильным, что вызывало множество нестыковок с морфологическими свидетельствами и вызывало замешательство относительно сценария эволюции. На сегодняшний день ни одна гипотеза происхождения бранхиобделлид, акантобделлид и гирудинид не была в достаточной мере обоснована.

За последние 20 лет с усложнением и одновременным удешевлением молекулярно-генетических исследований база данных была значительно расширена. Использование более совершенных методов реконструкции филогении, основанных на максимальном правдоподобии (*Maximum Likelihood*) или байесовской статистике (*Bayesian Inference*) в купе с более полными генетическими данными позволяет получать всё более достоверную картину эволюционной истории (Phillips et al. 2019). При этом применение методов мультилокусной филогении на основе нескольких маркерных генов, технологии заякоренного гибридного обогащения (*anchored hybrid enrichment*) и филогении на основе полных митохондриальных геномов дают сходные результаты, что свидетельствует о высокой достоверности любого из этих методов. На сегодняшний день в открытом доступе находятся генетические данные большого числа видов, важных для понимания эволюции акантобделлид и гирудинид. Более перспективны для этих целей могли быть результаты секвенирования геномов обоих представителей акантобделлид – *A. peledina* и *A. livanowi*. Эти данные помогут пролить свет не

только на эволюционную историю данной группы и кольчатых червей в целом, но и на механизмы их адаптации. В ходе работы над молекулярной филогенией акантобделлид и гирудинид на основе полных митохондриальных геномов была установлена ранее неописанная сложная структура их некодирующей части.

Несмотря на довольно крупные успехи в изучении биологии и эволюции семейства Acanthobdellidae, большой объём накопленных знаний ставит всё больше нерешённых ранее вопросов. К счастью, интерес к данной группе не иссякает, а лишь усиливается с течением времени.

Работа была выполнена в рамках Государственного задания № 0279-2021-0011 и с частичным финансированием за счет гранта РФФИ 19-34-90011.

ЛИТЕРАТУРА

- Kaygorodova I., Dzyuba E. New information on the distribution pattern of *Acanthobdella peledina* (Annelida, Acanthobdellida) in Eastern Siberia. // Zootaxa. 2018. Vol. 4399. P. 123–126.
- Livanow, N. *Acanthobdella peledina* Grube, 1851. // Zool. Jb. Anat. 1906. Vol. 22. P. 637–866.
- Phillips A., Dornburg A., Zapfe K. et al. Phylogenomic Analysis of a Putative Missing Link Sparks Reinterpretation of Leech Evolution. // Genome Biol. Evol. 2019. Vol. 11. P. 3082–3093.
- Siddal M., Apakupakul K., Bureson E., et al. Validating Livanow: molecular data agree that leeches, branchiobdellidans, and *Acanthobdella peledina* form a monophyletic group of oligochaetes, Mol. Phylogenet. Evol. 2001. Vol. 21. P. 346–351.

УДК 579.25

Изучение микробных сообществ соленых озер Новосибирской области: от КОЕ к MAG

Брянская А.В.^{1,2*}, Уварова Ю.Е.^{1,2}, Шипова А.А.^{1,2}, Розанов А.С.^{1,2}, Старостин К.В.^{1,2},
Горячковская Т.Н.^{1,2}, Таран О.П.³, Лазарева Е.В.⁴, Пельтек С.Е.^{1,2}

¹ Лаборатория молекулярных биотехнологий, Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия, *bal412003@mail.ru

² Курчатовский геномный центр, Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия
³ Институт катализа им. Г.К. Борескова, Новосибирск, Россия

⁴ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

Аннотация. В результате многолетних микробиологических исследований было впервые проведено описание микробных сообществ воды, матов и донных отложений небольших соленых озер Новосибирской области. Проведено описание и сравнительный анализ микробного состава различных слоев колонки донных отложений на примере озера Соленое (модельный объект) в соответствии с данными подробного геохимического анализа. Выделено более 500 штаммов микроорганизмов различных групп, для 260 из них проведено полногеномное секвенирование. Осуществлена филогенетическая, фенотипическая и масс-спектрометрическая характеристика штаммов. На основании данных метагеномного секвенирования проведена сборка метагеномов (сообществ озер), из которых были экстрагированы геномы (MAG) некоторых микроорганизмов. Обнаружены новые виды в доменах архей и бактерий.

The Study of Microbial Communities of Salt Lakes in the Novosibirsk Region: from CFU to MAG

Bryanskaya A.V.^{1,2*}, Uvarova Yu.E.^{1,2}, Shipova A.A.^{1,2}, Rozanov A.S.^{1,2}, Starostin K. V.^{1,2},
Goryachkovskaya T. N.^{1,2}, Taran O. P.³, Lazareva E. V.⁴, Peltek S.E.^{1,2}

¹ Laboratory molecular biotechnology of Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia, *bal412003@mail.ru

² Kurchatov Genomic Center of Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
³ Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Novosibirsk, Russia

⁴ The V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. As a result of many years of microbiological studies, the description of the microbial communities of water, mats and bottom sediments of small salt lakes in the Novosibirsk region was carried out for the first time. A description and comparative analysis of the microbial composition of the bottom sediment columns was carried out using the example of Lake Solenoe (model object) in accordance with the data of detailed geochemical analysis. More than 500 strains of microorganisms of various groups were isolated, for 260 of them full genome sequencing was carried out. The phylogenetic, phenotypic and mass spectrometric characteristics of the strains have been carried out. Based on the metagenomic sequencing data, the metagenomes (lake communities) were assembled, from which the genomes (MAG) of some microorganisms were extracted. New species have been discovered in the Archaea and Bacteria.

Новосибирская область – равнинный край. На ее территории располагается около 3000 озер, большая часть из которых – маленькие безымянные старицы или небольшие болотца. Находясь на незначительном расстоянии друг от друга, эти водоемы имеют собственную территорию водосбора и, не смотря на достаточно схожие условия образования, сильно отличаются по геохимическим показателям. Они в большинстве случаев бессточные и имеют небольшую глубину, многие – в разной степени засолены (от слабосоленых до самосадочных). Помимо концентрации соли воды озер отличаются по составу ионов и pH (от 6.5 до 11) (Сорокин, 2007).

Для некоторых достаточно крупных озер, например: Большое и Малое Яровое, Кротовая Ляга и ряд других проведены геохимические и гидробиологические исследования (Опыт комплексного изучения..., 1982; Лебедева и др., 2008). В то время как о химическом и мик-

робиологическом составе воды и донных осадков небольших озер Новосибирской области до недавнего времени данных не было совсем. Но это и не удивительно, поскольку детально изученные природные экосистемы небольшого размера часто сложно или даже невозможно найти.

Изучение микробных сообществ небольших соленых озер Новосибирской области коллективом авторов было начато в 2008 г. и продолжается до сих пор. Для повышения эффективности исследований и последующей корректной интерпретации данных была проведена работа в составе междисциплинарной команды, что позволило уже на первых этапах получить подробнейшую геохимическую информацию о составе поверхностных растворов и донных отложений, содержании и накоплении различных элементов, некоторых вопросах минералообразования и др. (Лазарева и др., 2012). Только полное описание образцов, для которых получены микробиологические данные, позволяет делать выводы, имеющие научную ценность, и обеспечивает возможность повторения исследования.

По мере понимания важности изучения данных водоемов, усложнялась методическая база и углублялась степень микробиологических исследований. Эволюционирование методов данной работы (на примере озера Соленое, Баганский район) следующее:

1 этап – культивирование на селективных средах (определение КОЕ), микроскопирование

2 этап – культивирование на селективных средах, микроскопирование, FISH для оценки структуры микробного сообщества, филогенетическая, фенотипическая и масс-спектрометрическая характеристика штаммов

3 этап – культивирование на селективных средах, микроскопирование, метагеномное секвенирование 16S рПНК (на платформе Illumina MiSeq)

4 этап – культивирование на селективных средах, микроскопирование, проведение мультисубстратного тестирования системой OmniLog, метагеномное секвенирование (на платформах Illumina NextSeq and NovaSeq).

В результате многолетних микробиологических исследований было впервые проведено описание микробных сообществ воды, матов и донных отложений небольших соленых озер Новосибирской области (Bryanskaya et al., 2016). Проведено описание и сравнительный анализ микробного состава различных слоев колонки донных отложений на примере озера Соленое (модельный объект) в соответствии с данными подробного геохимического анализа. Выделено более 500 штаммов микроорганизмов различных групп, для 260 из которых проведено полногеномное секвенирование. Осуществлена филогенетическая, фенотипическая и масс-спектрометрическая характеристика штаммов. На основании данных метагеномного секвенирования была проведена сборка метагеномов (сообществ озер), из которых были экстрагированы геномы (MAG) некоторых микроорганизмов. Обнаружены новые виды в доменах архей и бактерий.

Более подробный отбор проб во времени и пространстве может дать нам в будущем более детальное понимание влияния градиентов окружающей среды на конкретные микробные популяции и функциональные группы. На следующем этапе исследований мы планируем применить транскриптомный и протеомный подходы.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по проектам № 0259-2021-0010 (Лаборатория молекулярных биотехнологий, ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН) и № 075-15-2019-1662 (Курчатовский геномный центр, ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН). Работа выполнена в Центре коллективного пользования «Коллекция микроорганизмов биотехнологического назначения в целях поиска новых перспективных микроорганизмов для целей биотехнологии и биоинженерии» ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Лазарева Е.В., Брянская А.В., Таран О.П., Колмогоров Ю.П., Малуп Т.К., Пельтек С.Е., Жмодик С.М. Исследование распределения элементов между компонентами системы соленого озера методом

РФА-СИ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2012. № 12. С. 70-80.

Лебедева (Верба) М.П., Лопухина О.В., Калинина Н.В. Особенности химико-минералогического состава солей в сорных солончаках и озерах Кулундинской степи // Почвоведение. 2008. № 4. С. 467-480.

Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер: [сб. ст.] / Акад. наук СССР, Сиб. отд., Биолог. ин-т; отв. ред. Г. М. Кривошеков. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1982. - 248 с.

Сорокин Д.Ю. Натрофильные аэробные хемолитотрофные бактерии содовых озер // Труды ИНМИ РАН (Алкалофильные микробные сообщества). 2007. № 14. С. 258–276.

Bryanskaya A.V., Malup T.K., Lazareva E.V., Taran O.P., Rozanov A.S., Efimov V.M., Peltek S.E. The role of environmental factors for the composition of microbial communities of saline lakes in the Novosibirsk region (Russia) // BMC Microbiology. 2016. Vol. 16 (Suppl 1).

УДК 581.9+911.9

Подготовка и анализ данных по распространению высокогорных эндемичных растений Северной Азии

Брянская Е.П., Санданов Д.В.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, blenysik@mail.ru

Аннотация. Произведена оцифровка карт распространения эндемичных высокогорных видов Северной Азии. Для каждой карты ареала вида определены система координат и различные проекции. Сформирован набор данных с точными координатами, который включает 13711 точек распространения 231 эндемичного высокогорного вида Северной Азии.

Preparation and Analysis of Endemic Alpine Species Distribution Data of Northern Asia

Brianskaia E.P., Sandanov D.V.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, blenysik@mail.ru

Abstract. Distribution maps of endemic alpine species were digitized. For each map geographic coordinate system and projections were identified. The final dataset include 13711 localities of 231 endemic alpine species of Northern Asia.

Целью данной работы является создание набора оцифрованных данных по распространению эндемичных высокогорных видов Северной Азии на основе данных атласа «Эндемичные высокогорные растения Северной Азии» (1974). Оцифровка карт ареалов видов делает их доступными для статистического анализа и моделирования географического распространения видов. Также одним из важных преимуществ оцифровки карт является определение их проекций. Сканированные бумажные карты являются растровыми данными, которые оцифровывались программе ArcGIS 10.6.1. Пространственная привязка растровых данных происходила с помощью опорных точек ориентиром, для которых послужили координаты векторных данных, в нашем случае, полигонный шейп-файл мира. Этот шейп-файл послужил основой для определения географической системы координат и проекции каждой карты – Всемирная система геодезических параметров 1984 (WGS 1984) и равновеликая коническая проекция Альберса (Albers Conic Equal Area). Основным идентификатором для положения опорных точек в пространственной привязке послужила граница России и ее субъектов. Опорные точки образуют связь, в результате которой растровая карта трансформируется в соответствии с координатами векторного шейп-файла мира. Перенос данных распространения вида с растровой карты в цифровой формат происходит с помощью панели инструментов редактора путем создания точечных векторных данных. В атрибутивной таблице каждого точечного векторного шейп-файла калькулируется широта и долгота положения точек, согласно выбранной координатной системе (WGS 1984). В результате полученные оцифрованные данные были сопоставлены с оригинальными данными, географическое положение точек каждого вида было валидизировано с помощью таких сводок как Флора Сибири (1987-2003) и Сосудистые растения Советского Дальнего Востока (1985-1996). С нашей точки зрения, оцифровка была успешной, в результате положение 13292 точек (97%) было корректно. Положение 419 точек (3%) было откорректировано. Как правило, такие точки были расположены на границах суши с озерами, морями и океанами. Таксономия видов была унифицирована согласно Catalogue of Life (Roskov et al., 2019) и Конспекту флоры Азиатской России (2012).

Таким образом, в ходе выполненной работы получены 13711 оцифрованных точек распространения 231 эндемичного высокогорного вида Северной Азии (рис.).

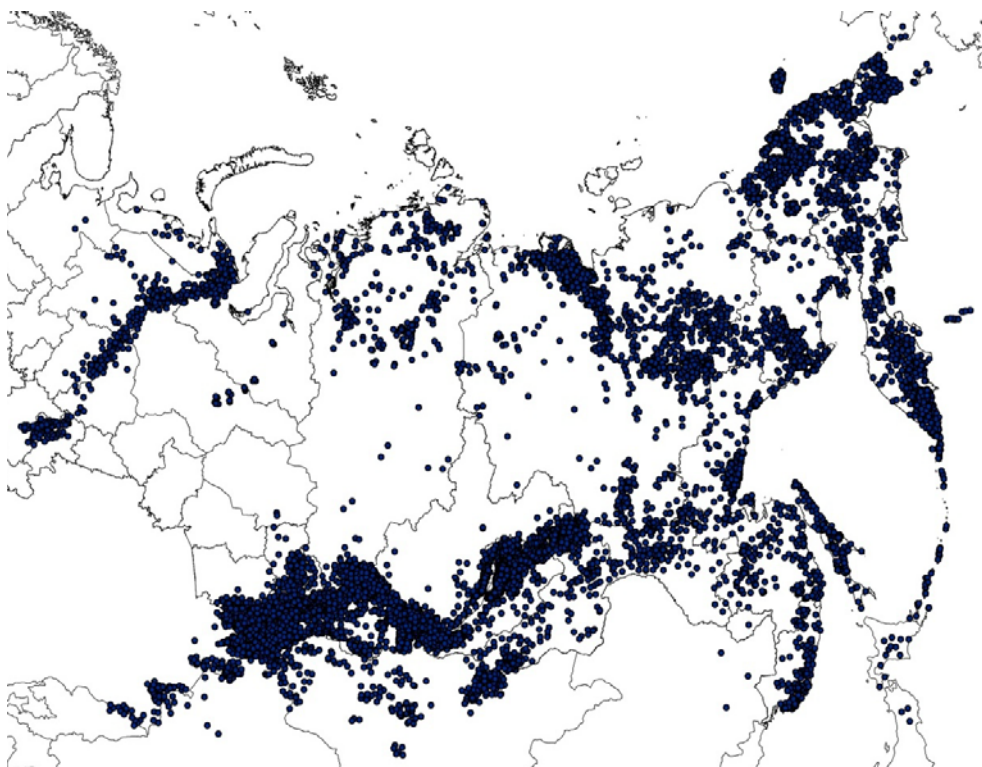


Рис. Точки распространения эндемичных высокогорных видов Северной Азии, масштаб 1:40000000, проекция Albers Conic Equal Area

Также, создан набор данных, включающий информацию по распространению эндемичных высокогорных видов с их точными координатами и количеством точек для каждого вида. Большинство точек распространения лежит в пределах Российской Федерации (12763 точки – 93.1%). Небольшой процент приходится на соседние страны, такие как Монголия (440 точек – 3.2%), Казахстан (413 точек – 3%), Китай (60 точек – 0.4%), Япония (16 точек – 0.1%), США, Аляска (12 точек – 0.1%), Киргизия (8 точек – 0.05%). Также, подсчитано количество точек распространения для каждого вида, так в наборе данных 44 вида имеют менее 10 точек распространения, 31 вид > 20; 29 видов >30; 32 вида > 50; 46 видов > 100; 49 видов < 100.

ЛИТЕРАТУРА

- Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения. / Под ред. К.С. Байкова. Н.: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
- Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. Л.: Наука, 1985-1996 в 8 т.
- Флора Сибири. Н.: Наука, 1987-2003. в 14 т.
- Эндемичные высокогорные растения Северной Азии Н.: Наука, 1974. 336 с.
- Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds. (2019). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.

УДК 615.32: 612.017.1

Коррекция иммунодефицитных состояний с использованием лекарственных средств из растений Байкальского региона

Будацыренова А.Ц.¹, Тугарина Ю.А.¹, Халзанова А.В.²,
Хобракова В.Б.^{1,2}, Абидуева Л.Р.²

¹ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН, Улан-Удэ, Россия
mailto:ioeb@bsc.buryatia.ru

²ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия, bayuna@yandex.ru

Аннотация. В экспериментах на мышах линии F1 (СВАхС57В1/6) установлено иммуномодулирующее действие сухих экстрактов *Serratula marginata* Tausch, *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. и *Silene jeniseensis* Willd в отношении клеточного звена иммунного ответа на фоне экспериментальной иммуносупрессии, вызванной циклофосфаном. Влияние сухих экстрактов на состояние клеточного звена иммунитета оценивали в реакции гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) согласно стандартной методике локальной ГЗТ. Выявлено, что испытуемые экстракты способны снижать супрессивное действие циклофосфана на клеточно-опосредованную иммунную реакцию, что проявляется в повышении индекса реакции ГЗТ в 1,5 – 1,6 раза по сравнению с уровнем супрессии. Полученные данные позволяют рассматривать изучаемые средства в качестве перспективных растительных иммуномодуляторов.

Correction of immunodeficiency states with the use of remedies from plants of the Baikal region

Budatsyrenova A.Ts.¹, Tugarina Yu.A.¹, Khalzanova A.V.²,
Khobrakova V.B.^{1,2}, Abidueva L.R.²

¹ Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia

² Dorji Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russia, bayuna@yandex.ru

Abstract. In experiments on F1 mice (СВАхС57В1 / 6) the immunomodulatory effect of dry extracts from *Serratula marginata* Tausch, *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC and *Silene jeniseensis* Willd, was established regarding the cellular component of the immune response against the background of experimental immunosuppression induced by cyclophosphamide. The effect of dry extracts on the state of the cellular link of immunity was assessed in a delayed-type hypersensitivity reaction (DTH) according to the standard method of local DTH. It was revealed that the tested extracts are able to reduce the suppressive effect of cyclophosphamide on the cell-mediated immune response, which is manifested in an increase in the DTH response index by 1.5-1.6 times compared with the level of suppression. The data obtained make it possible to consider the studied remedies as promising plant immunomodulators.

В настоящее время патологические процессы в организме человека обуславливают две взаимосвязанные тенденции: рост числа хронических инфекционных заболеваний и снижение иммунологической резистентности населения (Дутова, 2016). Большую роль в изучении и поиске новых лекарственных средств, нивелирующих отрицательные для организма реакции, является использование традиционных методов лечения на территории Байкальского региона (Корсун, 2014). Особенно перспективным направлением следует считать поиск иммунокорректоров среди средств растительного происхождения, обладающих, наряду с широким спектром активности, малой токсичностью и безопасностью применения. Лекарственные препараты растительного происхождения имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с синтетическими фармакологическими средствами: «мягкое» иммуномодулирующее действие, низкая токсичность, активность в отношении штаммов вирусов и микроорганизмов, устойчивых к синтетическим и полусинтетическим антибиотикам, а также широкий спектр действия фитопрепаратов, обусловленный их способностью активировать функции иммунной и нейроэндокринной систем благодаря наличию целого комплекса биологически активных веществ (Шур, 2019).

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния экстрактов сухих *Serratula marginata* Tausch, *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. и *Silene jeniseensis* Willd на состояние клеточного звена иммунной системы в условиях циклофосфанового иммунодефицита.

Эксперименты проводились на мышах линии F1 (СВАхС57В1/6) массой 18–20 г. Состояние иммунного дефицита моделировали однократным внутрибрюшинным введением циклофосфана в максимально переносимой дозе 250 мг/кг. Опытным группам № 1, 2 и 3 в течение 14 дней на фоне циклофосфановой иммуносупрессии вводили экстракты сухие *Serratula marginata* Tausch, *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. и *Silene jeniseensis* Willd 1 раз в сутки внутрижелудочно в экспериментально-терапевтической дозе 100 мг/кг. Опытной группе № 4 на фоне циклофосфана вводили препарат сравнения «Эхинацея П» в дозе 200 мг/кг внутрижелудочно ежедневно в течение 14 дней. Интактная группа мышей получала очищенную воду в соответствии с аналогичной схемой. Состояние клеточного звена иммунного ответа оценивали в реакции гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) согласно стандартной методике локальной ГЗТ. Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами вариационной статистики с использованием параметрического t-критерия Стьюдента.

На основании проведенных исследований установлено, что индекс реакции ГЗТ при супрессии циклофосфаном снизился на 27% по сравнению с данными в интактной группе. Применение экстрактов сухих *Serratula marginata* Tausch и *Silene jeniseensis* Willd привело к увеличению индекса реакции ГЗТ в 1,6 раза, а в группах мышей, получавших *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC и препарат сравнения «Эхинацея П», данный показатель увеличился в 1,5 раза по сравнению с данными в контроле.

Таким образом, экстракты сухие *Serratula marginata* Tausch, *Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. и *Silene jeniseensis* Willd обладают выраженным иммуномодулирующим действием в отношении клеточного звена иммунного ответа при циклофосфановой супрессии, не уступая препарату сравнения – «Эхинацея П». Эффективность исследуемых экстрактов обусловлена содержанием в них биологически активных веществ: экистероидов, флавоноидов, фенилпропаноидов и полисахаридов, которые обладают выраженными иммуномодулирующими свойствами. (Удалов, 2014, Шахмурова, 2013). Полученные данные доказывают необходимость и целесообразность дальнейшего изучения иммуномодулирующих свойств растений Байкальского региона с целью создания новых препаратов для коррекции иммунодефицитных состояний.

ЛИТЕРАТУРА

Дутова С.В., Карпова М.Р. Перспективы исследования иммуностропных фитопрепаратов // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2016. С.117-121

Корсун В.Ф., Матханов И.Э., Мондодоев А.Г. Лекарственные растения в лечении болезней и оздоровлении населения Бурятии. Улан-Удэ: Издательство БНЦ СО РАН. 2014. С. 32

Удалов Е.А. Фармакогностический анализ сырья лекарственных растений, обладающих иммуномодулирующей активностью // Бюллетень медицинских интернет-конференций (ISSN 2224-6150). 2014. Том 4. № 12 С.1407.

Шахмурова, Г. А., Батырбеков, А. А., Эгамова, Ф. Р., Хушбактова, З. А., Сыров, В. Н. Экспериментальная оценка иммуностропного действия суммарных экистероидсодержащих препаратов из *Silene brahuica* и *Ajuga turkestanica*. // Иммунология. 2013. №34(1). С. 24-26.

Шур Ю.В., Шур В.Ю., Самотруева М.А. Некоторые механизмы иммуностропного и адаптогенного действия фитопрепаратов // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2019. С.19-29.

УДК 595.341.9:597.554.3

Сезонные изменения зараженности карповых рыб *Ergasilus sieboldi* в Чивыркуйском заливе оз. Байкал

Бурдуковская Т.Г., Сондуева Л.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия, tburduk @yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования сезонных изменений ельца и плотвы паразитическими половозрелыми самками *E. sieboldi* в Чивыркуйском заливе оз. Байкал. Установлено, что годовой цикл развития *E. sieboldi* состоит из двух генераций. Выявлено три пика зараженности апрель, июль-август, октябрь-ноябрь.

Seasonal changes of infection of cyprinids *Ergasilus sieboldi* in Lake Baikal Chivyrkuy Bay

Burdukovskaya T.G., Sondueva L.D.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, tburduk@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of a study of seasonal changes the dace and roach by parasitic adult females of *E. sieboldi* in Lake Baikal Chivyrkuy Bay. It was found that the annual development cycle of *E. sieboldi* consists of two generations. Three peaks of infection were revealed in April, July-August, October-November.

Веслоногий паразитический рачок *Ergasilus sieboldi* Nordmann, 1832 (Copepoda: Ergasilidae) является одним из самых опасных паразитов как пресноводных, так и морских рыб. Локализуется на жаберных лепестках, вызывая инвазионное заболевание – эргазилез. (Головина, 2003). Источником питания *E. sieboldi* являются эпителиальные и кровяные клетки среди клеточных элементов жаберной ткани (Molnar, Szekely, 1997). При высокой интенсивности заражения у рыб наблюдаются признаки асфиксии и некроза. Нередко на пораженных участках поселяются патогенные грибки, сопутствующие развитию вторичной инфекции, например, жаберная гниль (Бауер и др., 1977; Гинецинская, Добровольский, 1978).

Развитие *E. sieboldi* происходит без участия промежуточных хозяев. При благоприятных условиях внешней среды характеризуются довольно быстрым увеличением численности рачков. Жизненный цикл *E. sieboldi* состоит из двух стадий онтогенетического развития: свободноживущие (3 науплиальных, 5 копепоидитных стадий) и одна паразитическая циклопоидная (половозрелые самки и самцы). Каждой стадии предшествует линька. На IV копепоидитной стадии начинается дифференциация полов. (Змерзлая, 1972).

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей сезонных изменений зараженности ельца и плотвы паразитическими половозрелыми самками *E. sieboldi* в Чивыркуйском заливе оз. Байкал.

Материалом для исследования послужили сборы проб от двух видов карповых рыб из Чивыркуйского залива оз. Байкал: елец *Leuciscus leuciscus baicalensis* в возрасте 3+ – 8+, плотва *Rutilus rutilus* – 3+ – 8+. Отлов плотвы проводили в эвтрофной зоне озера на станциях Монахово и Межевая. В эвтрофной и олиготрофной зонах отлавливали ельца. В летний период температура воды в эвтрофной зоне повышается более 20°C и елец уходит в более холодную олиготрофную прибрежную зону Чивыркуйского залива оз. Байкал.

По данным исследования размерно-возрастной структуры гемипопуляции *E. sieboldi* от ельца и плотвы установлено, что в условиях Чивыркуйского залива оз. Байкал в годовом цикле развития *E. sieboldi* выявлено две генерации, так же как и в европейских регионах Средней полосы (Змерзлая, 1972). В зимний период на рыбах единично регистрируются рачки без яйцевых мешков. В течение зимы происходит отмирание взрослых самок предше-

ствующего года. В марте–апреле из свободноживущих стадий на жабрах рыб появляются молодые половозрелые самки рачков без яйцевых мешков. В этот период у них начинается процесс формирования яиц в яичнике генитального сегмента. В первой декаде мая продолжается развитие яиц, за счет чего происходит увеличение размера генитального сегмента. Во второй декаде мая и начале июня большинство рачков имеют сформированные яйцевые мешки с яйцами I–II стадии зрелости. В третьей декаде июня у самок яйца достигают III стадии зрелости. В созревших голубого цвета яйцах хорошо просматриваются науплии. На этот момент у взрослых самок в генитальном сегменте сформированы яйца для новой яйцекладки. Как только лопается яйцевой мешок, из яиц выходят свободноплавающие науплии. Яйцевой мешок моментально заполняется яйцами белого цвета I стадии зрелости. Появляется первая генерация рачков нового поколения. В районе ст. Монахово температура воды в верхнем слое составляет 19–20 °С в период с 22 июня по 2 июля. В летний период с повышением температуры воды ускоряются сроки развития эргазилид и увеличивается их численность. У молодых самок первой генерации очень быстро формируются яйцевые мешки. В середине июля взрослые весенние самки продуцируют второй раз потомство, после чего полностью отмирают. Последняя декада июля это период массового развития эргазилид. Появляется вторая генерация свободноживущих рачков, совпадая со временем максимальных температур воды 20–23 °С (ст. Монахово–Межевая Чивыркуйского залива). *E. sieboldi* может иметь два поколения в год: первая генерация – конец июня – начало июля, а вторая – конец июля – начало августа. У молодых рачков первой и второй генерации, появившихся летом, осенью яйцевые мешки не формируются. К концу сентября низкотемпературный режим замедляет репродуктивную деятельность паразитирующих самок. У рачков прекращается процесс образования яйцевых мешков, несмотря на остатки яиц в яичниках. Рачки без яйцевых мешков зарегистрированы на жаберных лепестках рыб в течение всего года, а с яйцевыми мешками разной стадии зрелости с третьей декады мая до середины августа.

Сибирский елец. По показателям сезонных изменений зараженности рыб *E. sieboldi* установлено три пика. Первый пик экстенсивности инвазии (40,0 %) и индекса обилия (1,90 экз.) приходится на апрель (рис. 1), за счет сохранившихся рачков предшествующего года и молодых самок. Второй основной пик инвазии приходится на июль (Э.И. 94,1 %), что связано с увеличением численности рачков первой генерации, интенсивным развитием рачков второй генерации. Доверительные интервалы экстенсивности инвазии в июне-июле не перекрываются. Средняя интенсивность инвазии *E. sieboldi* в июле составляет 5,44 экз. при индексе обилия 5,12 экз. Третий пик выявлен в октябре с экстенсивностью инвазии 69,6 %, при этом средняя интенсивность составляла 3,44 экз. Повышение зараженности рыб определяется количеством прикрепленных рачков второй генерации. В период ледостава показатели зараженности рыб постепенно понижаются. В зимние месяцы заражение рыб рачками не происходит. Таким образом, в течение года *E. sieboldi* имеет две генерации и три пика (апрель, июль, октябрь) зараженности ельца.

Плотва. В сезонной динамике зараженности плотвы *E. sieboldi* выявлено три пика (рис. 2). В апреле происходит повышение экстенсивности инвазии до 23,1% за счет прикрепления молодых самок. В майской пробе рачки отсутствовали. Наиболее высокие показатели зараженности плотвы зарегистрированы в июле (Э.И. 53,8%, С.И.И. 2,14 экз., И.О. 1,15 экз.) и августе (Э.И. 66,6%, С.И.И. 2,5 экз., И.О. 1,67 экз.). Процесс прикрепления молодых самок второй генерации увеличивается в конце июля – начале августа, совпадая со временем максимальных температур воды (22,0–23,0 °С, ст. Монахово). К сентябрю процесс созревания яиц в яйцевых мешках и образование новых яйцевых мешков у рачков прекращается, что связано с понижением температуры воды в водоеме. В ноябре резкое повышение интенсивности инвазии (2,5 экз.) пловы совпадает с массовым развитием молодых самок от второй генерации. Таким образом, в гемипопуляции *E. sieboldi* у плотвы выявлено две генерации и три пика (апрель, август, ноябрь) зараженности хозяина.

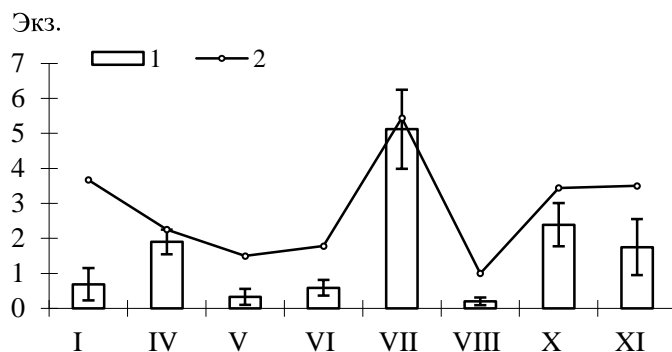


Рис. 1. Сезонные изменения индекса обилия (1) и средней интенсивности инвазии (2) *E. sieboldi* у ельца в Чивыркуйском заливе оз. Байкал

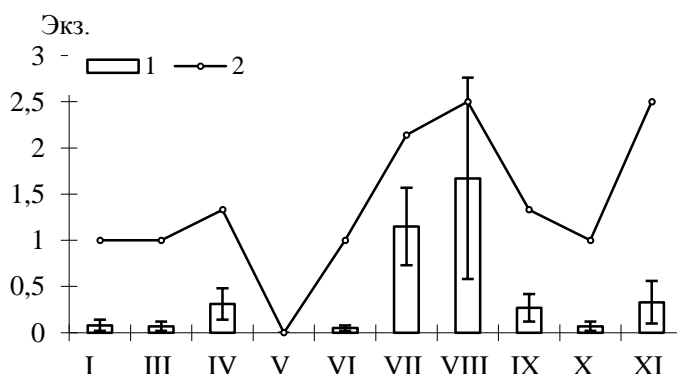


Рис. 2. Сезонные изменения индекса обилия (1) и средней интенсивности инвазии (2) *E. sieboldi* у плотвы в Чивыркуйском заливе оз. Байкал

Установлено, что в течение года у ельца и плотвы наблюдается три пика зараженности паразитическим рачками *E. sieboldi*. Первый пик определяет прикрепление к жабрам рыб перезимовавших половозрелых самок и самцов. Второй пик показывает развитие двух генераций рачков. Третий пик – прикрепление особей *E. sieboldi* последней генерации, зимующих на своем хозяине и возобновляющие цикл развития в следующем году. Максимальные показатели зараженности рыб рачками приходятся на июнь–август, что совпадает с температурным режимом в эвтрофной зоне Чивыркуйского залива оз. Байкал. В летний период по мере прогрева воды паразитические самки рачков *E. sieboldi* могут привести к эпизоотии рыб.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания (регистрационный номер 121030900141-8).

ЛИТЕРАТУРА

- Бауер О.Н., Мусселиус В.А., Николаева В.М., Стрелков Ю.А. Ихтиопатология. М., 1977. С. 356–377.
- Гинецинская Т.А., Добровольский А.А. Частная паразитология. Паразитические черви, моллюски и членистоногие. М.: Высш. шк., 1978. 292 с.
- Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П. П., Евдокимова Е. Б., Юхименко Л. Н. Ихтиопатология. М.: Мир, 2003. С. 355–357.
- Змерзлая Е.И. *Ergasilus sieboldi* Nordmann, 1832, его развитие, биология и эпизоотическое значение // Паразиты и болезни рыб в озерах Северо-Запада РСФСР. Изв. ГосНИОРХ. Л., 1972. Т. 80. С. 132–176.
- Molnar K., Szekely Cs. An unusual location for *Ergasilus sieboldi* Nordmann (Copepoda, Ergasilidae) on the operculum and base of pectoral fins of the pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) // Acta veterinaria Hungarica. 1997. Vol. 45. № 2. P. 165–175.

УДК 576.89/597

Фауна гельминтов пресноводных рыб реки Пенжина (бассейн Охотского моря)

Буторина Т.Е., Бусарова О.Ю.

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток,
Россия, boutorina@mail.ru, olesyabusarova@mail.ru

Аннотация. Гельминтофауна пресноводных рыб р. Пенжина представлена 44 видами: моногенеи, трематоды (по 12 видов), скребни (8), нематоды (6), цестоды (5) и один вид пиявок. Фоновыми видами гельминтов являются *Raphidascaris acus*, *Triaenophorus nodulosus*, *Pseudocapillaria salvelini*, *Proteocephalus longicollis*, *Echinorhynchus cotti*, *Crepidostomum farionis*, а также, по-видимому, *Neoechinorhynchus beringianus* и *Diplostomum pungitii*. Выделена группа специфичных моногеней, найденных только у одного хозяина (хариуса, щуки, налима, чира, голяна). Самую большую группу составили характерные гельминты массовых видов рыб (щуки, налима, голяна, подкаменщиков, лососеобразных рыб), отмеченные у нескольких видов хозяев. Группа наиболее редких гельминтов пресноводных рыб - морские виды трематод, *Contracaecum* sp., скребни рода *Corynosoma*.

Helminth fauna of freshwater fish of the Penzhina River (the Sea of Okhotsk basin)

Boutorina T.Ye., Busarova O.Yu.

Far Eastern State Technical Fisheries university, Vladivostok, Russia, boutorina@mail.ru, olesyabusarova@mail.ru

Abstract. The helminth fauna of freshwater fish of the Penzhina river is represented by 44 species: monogeneans, trematodes (12 species each), spiny-headed worms (8), nematodes (6), cestodes (5) and one species of leeches. The following are indicated as background species of helminths: *Raphidascaris acus*, *Triaenophorus nodulosus*, *Pseudocapillaria salvelini*, *Proteocephalus longicollis*, *Echinorhynchus cotti*, *Crepidostomum farionis*, and probably *Neoechinorhynchus beringianus* and *Diplostomum pungitii*. A group of specific monogeneans found in only one host was identified (grayling, pike, burbot, broad whitefish, minnow). The largest group was made up of characteristic helminths of common fish species (pike, burbot, minnow, sculpins, salmonids), noted in several host species. The group of rare helminths of freshwater fish consisted of marine species of trematodes, and also *Contracaecum* sp., *Corynosoma* spp.

Изучение биоты крупных водотоков Дальнего Востока важно не только для их рыбохозяйственного использования, но и оценки биоразнообразия и эпизоотологического состояния. В рамках многолетней программы исследования эстуариев Камчатского края (Горин, Коваль, 2015) в июле 2015 г. в нижнем течении р. Пенжина были собраны ихтиологические пробы для паразитологического анализа. Рыбы были пойманы с помощью закидного малькового невода 3x8 м с ячеей 4 мм и жаберной сети. Материалом для настоящей работы послужили сборы гельминтов пресноводных видов рыб: молодь *Thymallus arcticus mertensii*, *Coregonus pidschian*, *C. autumnalis*, *C. sardinella*, *Prosopium cylindraceum*, половозрелые *Cottus kolyomensis* и *Phoxinus phoxinus* (всего 184 экз.) (Boutorina et al., 2017; Буторина, Коваль, 2019; Бусарова и др., 2019), а также опубликованные данные о гельминтах половозрелых *T. arcticus mertensii*, *Coregonus nasus*, *Lota lota leptura*, сеголетков и половозрелых *Esox lucius* (Трофименко, 1962; Коновалов, 1971).

У пресноводных рыб р. Пенжина отмечено 44 вида гельминтов (37 пресноводных и 7 морских), которые представляют 28 родов, 22 семейства, 14 отрядов, 8 классов и 4 типа животных. Среди них можно выделить несколько условных групп: специфичные пресноводные паразиты, найденные только у одного вида хозяев; пресноводные паразиты, отмеченные у нескольких видов рыб, и морские паразиты.

В группу специфичных паразитов вошли *Tetraonchus borealis*, *Gyrodactylus magnus*, *G. thymalli*, отмеченные только у хариуса, *Tetraonchus monenteron*, *Gyrodactylus lucii* – у щуки, *G. lotae* – у налима, *G. lavareti* – у чира, *Pellucidhaptor merus* – у голяна.

К группе паразитов, встречающихся у нескольких видов рыб, относятся *Raphidascaris acus*, *Trienophorus nodulosus*, *T. crassus*, *Pseudocapillaria salvelini*, *Crepidostomum farionis*, *Echinorhynchus cotti* и *Proteocephalus longicollis*. Личинки *Raphidascaris acus* отмечены у всех исследованных видов пресноводных рыб. Личинки *Trienophorus nodulosus* обнаружены у большинства пресноводных рыб (хариуса, налима, подкаменщика, голяна, пыжьяна, молоди щуки, а также кунджи), половозрелые черви – у щуки и единично – налима. Личинки *T. crassus* отмечены у хариуса и валька, половозрелые черви – у щуки. *Pseudocapillaria salvelini* обнаружен у хариуса, ряпушки, пенжинского омуля, подкаменщика, чира и пыжьяна. *Crepidostomum farionis* найден у хариуса, голяна, чира, валька и кунджи. *Echinorhynchus cotti* отмечен у хариуса, пыжьяна, сибирской ряпушки, пенжинского омуля, чира и подкаменщика. *Proteocephalus longicollis* встретился у чира, пыжьяна, валька, хариуса, голяна, а также мальмы и зубатой корюшки.

Мы добавили к группе паразитов, встречающихся у нескольких видов рыб, *Dactylogyrus borealis* и *G. limneus* (паразиты голянов), *G. carassii* (паразит карповых) и *G. cernuae* (паразит окунеобразных), которые были обнаружены у молоди щуки (Коновалов, 1971), но в дальнейшем вероятны их находки и у других рыб.

К группе широко распространенных паразитов также следует отнести паразитов колюшек *Neoechinorhynchus beringianus* и *Diplostomum pungitii*. Первый найден у девятииглой колюшки и голяна, но представители рода *Neoechinorhynchus* отмечены у трехиглой колюшки (Скрябина, 1963), молоди чира, пыжьяна (Трофименко, 1962), т.е. круг хозяев может оказаться шире. *D. pungitii* обнаружен у подкаменщика, голяна и девятииглой колюшки.

Группа морских паразитов, отмеченных у пресноводных рыб, включает *Prosorhynchoides gracilescens*, *Pronoprimna petrowi*, *Brachyphallus crenatus*, *Podocotyle atomon*, *Contraeaecum* sp., *Corynosoma semerme* и *C. strumosum*. У хариуса, щуки, налима, голяна, пыжьяна, пенжинского омуля и сибирской ряпушки найдены единичные экземпляры этих гельминтов. Чаще других встречались *Contraeaecum* sp. (у хариуса), *P. petrowi* (у сибирской ряпушки) и *B. crenatus* (у налима).

У хищных видов щуки и налима найдено по 3 и 4 вида морских гельминтов соответственно, у остальных – по одному виду. Заражение пресноводных хищников и мирных рыб морскими гельминтами может происходить как в пресных водах, так и в эстуарии при питании зараженной молодью рыб или беспозвоночными – промежуточными хозяевами гельминтов. Это обусловлено тем, что из-за мощных реверсивных течений в нижнем течении р. Пенжина происходит обмен паразитами между пресноводными и морскими видами рыб.

У молоди сиговых рыб в р. Пенжина (пыжьян, пенжинский омуль, сибирская ряпушка, чир и валец) найдено 17 видов гельминтов (Трофименко, 1962; Коновалов, 1971; Бусарова и др., 2019), в том числе специфичный *Gyrodactylus lavareti* (чир). Для сиговых рыб характерны *Echinorhynchus cotti*, личинки *Raphidascaris acus*, *Pseudocapillaria salvelini*, *Proteocephalus longicollis*.

Фауна гельминтов камчатского хариуса включает 15 видов (Коновалов, 1971; Бусарова и др., 2019), в том числе, специфичные *T. borealis*, *G. magnus*, *G. thymalli*. Большое разнообразие фауны паразитов связано с широким рационом хариуса, который включает в себя как донных (инвазия *Crepidostomum farionis*, *C. metoecus*, *Salmonema ephemeridarum*, *Cystidicola farionis*, *Neoechinorhynchus salmonis*), так и планктонных ракообразных (*P. longicollis*, *T. crassus*).

У колымского подкаменщика р. Пенжина мы нашли 7 видов гельминтов (Boutorina et al., 2017). Можно отметить заражение *Pseudocapillaria salvelini*, *Echinorhynchus cotti*, во внутренней полости глаз встречались диплостомиды двух видов. Подкаменщик включен в жизненные циклы гельминтов щуки: у него найдены личинки *R. acus* и плероцеркоиды *T. nodulosus* на печени. Интересны находки в полости тела 6 из 32 подкаменщиков плероцеркоидов

Schistocephalus sp., которые имели много члеников в стробиле (205-230), длину тела до 90 мм и массу от 0.8 до 13.0 г, средняя масса составляла 2.7 г, средняя интенсивность инвазии — 1.2. Масса незараженного подкаменщика в среднем составляла 3.4 г, зараженного – почти втрое больше (9.1 г), максимальная масса зараженной рыбы достигала 26.4 г.

Гельминтофауна единственного представителя карповых рыб голяяна включает 9 видов гельминтов (Буторина, Коваль, 2019). *Pellucidhaptor merus* и *Diplostomum phoxini* специфичны для голяяна, трематоды представлены диплостомидами (3 вида), высокие показатели инвазии отмечены для *Diplostomum phoxini* и *D. pungitii*. Голяян заражается гельминтами щуки *R. acus*, *T. nodulosus* и лососевых рыб – *Crepidostomum farionis*, а также *P. longicollis*, единично у него обнаружен морской паразит *Podocotyle atomon*.

Гельминтофауна массовых хищных видов р. Пенжина щуки и налима очень разнообразна и представлена 12-13 видами (Трофименко, 1962; Коновалов, 1971). Такое разнообразие гельминтов обусловлено ихтиофагией. Гельминтофауна хищных рыб включает специфичные для каждого из них пресноводные виды гельминтов (*T. monenteron*, *G. lucii*, *T. nodulosus*, *T. crassus*, *R. acus* – у щуки и *G. lotae* – у налима) и некоторые морские виды (*Prosorhynchoides gracilescens*, *Brachyphallus crenatus*, *Contracaecum* sp., *Corynosoma semerme*, *C. strumosum*). Высокие показатели инвазии налима плероцеркоидами *T. nodulosus*, и, по-видимому, *Ichthyobronema hamulatum* связаны с аккумуляцией паразитов при питании молодью пресноводных рыб.

Таким образом, изучение фауны гельминтов пресноводных рыб р. Пенжина показало, что к фоновым для р. Пенжина пресноводным паразитам относятся *Raphidascaris acus*, *Triaenophorus nodulosus*, *Proteocephalus longicollis*, *Pseudocapillaria salvelini*, *Echinorhynchus cotti*, *Crepidostomum farionis*, *Neoechinorhynchus beringianus* и *Diplostomum pungitii*. Эти виды гельминтов встречаются у большинства пресноводных видов рыб и составляют ядро их гельминтофауны. Остальные найденные гельминты специфичны к определенным видам рыб или представляют морскую фауну паразитов наваги, корюшковых, колюшковых, проходных лососевых и других рыб эстуарной области.

ЛИТЕРАТУРА

- Трофименко В.Я. Материалы по гельминтофауне пресноводных и проходных рыб Камчатки // Тр. ГЕЛАН СССР. 1962. Т. 12. С. 232-262.
- Коновалов С.М. Дифференциация локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum). Л.: Наука, 1971. 229 с.
- Boutorina T.E., Aseeva N.L., Koval M.V., Nguyen C.C. Parasite fauna of the bullhead *Cottus kolymen-sis* from downstreams of the Penzhina and Talovka rivers (North-East Asia) // Advances in Biology and Earth Sciences. 2017. Vol. 2. № 1. P. 92-102.
- Буторина Т.Е., Коваль М.В. Фауна паразитов обыкновенного голяяна *Phoxinus phoxinus* нижнего течения рек Пенжина и Таловка // Паразитология. 2019. Т. 53. Вып. 1. С. 61-72.
- Бусарова О.Ю., Коваль М.В., Есин Е.В., Маркевич Г.Н. Разделение трофических ниш молоди лососеобразных рыб в нижнем течении реки Пенжина (Камчатский край, Россия) // Заповедная наука. 2019. Т. 4. №2. С. 83-94.

УДК 615.322

Антиоксидантная активность *in vitro* сока и экстрактов некоторых растений семейства тисовые и кипарисовые

*Бушмелева К.Н., Никитин Е.Н., Терензhev Д.А.,
Шаронова Н.Л., Рахмаева А.М.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия, lapanovich@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования антиоксидантной активности сока тиса остроконого и разных типов экстрактов тиса остроконого, тиса ягодного, можжевельника казацкого и можжевельника чешуйчатого. Наибольшая радикал-связывающая активность установлена в случае сока тиса остроконого, наименьшая – для экстракта тиса остроконого в хлороформе. Способность этанольных экстрактов тиса остроконого связывать радикалы снижалась с уменьшением значения кислотности. Этанольные экстракты можжевельника казацкого и можжевельника чешуйчатого проявили схожую общую антиоксидантную активность. Уровень антиоксидантной активности соков и экстрактов хвои коррелировал с содержанием общего числа флавоноидов и значением общего фенольного числа.

Antioxidant activity *in vitro* of juice and extracts of some plants of the Taxaceae and Cupressaceae families

*Bushmeleva K.N., Nikitin Y.N., Terenzhev D.A.,
Sharonova N.L., Rakhmaeva A.M.*

Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center «Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Kazan, Russia, lapanovich@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the antioxidant activity of the sap of the Japanese yew and different types of extracts of the Japanese yew, European Yew, *Juniperus sabina* and *Juniperus squamata*. The highest radical-binding activity was found in the case of Japanese yew sap, the lowest - for the extract of Japanese yew in chloroform. The ability of ethanolic extracts from Japanese yew to bind radicals decreased with decreasing acidity. Ethanol extracts of *Juniperus sabina* and *Juniperus squamata* exhibited similar overall antioxidant activity. The level of antioxidant activity of the needles juices and extracts correlated with the content of the total number of flavonoids and the value of the total phenolic number.

Введение. Окислительный стресс – это дисбаланс между свободными радикалами и антиоксидантами в живом организме, который представляет опасность для человека вследствие увеличения распространенности и тяжести протекания заболеваний, таких как диабет, онкологические заболевания, преждевременное старение и др. Вредное воздействие окислительного стресса можно снять с помощью своевременной антиоксидантной терапии. В связи с этим необходим поиск веществ, способствующих развитию защитных механизмов организма (Bouabid et al., 2020). В настоящее время биоактивные вещества растительного происхождения во многих странах мира рассматриваются в качестве альтернативы химическим препаратам из-за относительно низкой себестоимости их производства и многообразных побочных эффектов синтетических веществ (Terenzhev et al., 2020). В последнее время этнофармакологические исследования развиваются во всем мире как важнейший инструмент для выявления видов, содержащих большое разнообразие биологически активных молекул для использования в фармацевтике, косметологии, ветеринарии и др. (Sarikurkcu et al., 2020). В Российской Федерации фитопрепаратам отведена большая роль в реализации стратегии лекарственного обеспечения населения на период до 2025 г. Так, одной из актуальных задач современной фармации, в том числе фармакогнозии, представляется создание и внедрение импортозамещающих лекарственных средств (Самбукова и др., 2017). Метаболиты хвойных

представляют интерес как источник получения соков и растительных экстрактов, обладающих широким спектром биологической активности.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись экстракты и сок хвои тиса остроконечного (*Taxus cuspidata* Siebold et Zucc. Ex Endl.), экстракт хвои тиса ягодного (*Taxus baccata* L.), можжевельника чешуйчатого (*Juniperus squamata* Lamb.) и можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.). Сок тиса остроконечного получали путем измельчения замороженной хвои (фракция 0,1-3мм), последующего прессования и фильтрации выделившейся жидкости. Экстракты хвои получали путем измельчения замороженной при -35°C биомассы (размер частиц 0,3 – 2 мм). В качестве растворителей использовали полипропиленгликоль, этанол (70%), хлороформ. Для подщелачивания раствора этанола использовали 5% раствор аммиака, для подкисления 3% раствор уксусной кислоты. Уровень генерации активных форм кислорода и интегральную оценку состояния антиоксидантной системы (АОС) проводили с помощью хемилюминесцентного анализа при применении люминола в качестве люминофора, а также 2,2'-азо-бис(2-амидинпропан) (AAPH) для активации свечения (Vyshakalyuk et al., 2018). Для оценки антиоксидантной активности также использовали метод DPPH, основанный на спектрофотометрическом определении изменения концентрации стабильного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. В исследуемых растительных образцах спектрофотометрически определяли суммарное содержание флавоноидов, общее содержание фенолов – с помощью метода Фолина – Чокальтеу, методом ВЭЖХ – процентное содержание аскорбиновой кислоты и отдельных флавоноидов.

Результаты исследований. Среди изученных препаратов растений семейства тисовые и кипарисовые наибольшую радикал-связывающую активность проявил сок тиса остроконечного: в концентрации 0,1 мг/мл 95,68% гашения интенсивности свечения хемилюминесценции в течение 20000 с, в меньшей степени – экстракт тиса остроконечного в хлороформе – в концентрации 0,1 мг/мл 13,39% гашения интенсивности свечения хемилюминесценции в течение 1583 с (таблица). Способность этанольных экстрактов тиса остроконечного связывать радикалы снижалась с уменьшением значения кислотности. Этанольный экстракт тиса ягодного по показателю антиоксидантной емкости превосходил этанольный экстракт тиса остроконечного, при этом показатель общей антиоксидантной активности был аналогичен.

Этанольные экстракты можжевельника казацкого и можжевельника чешуйчатого проявили схожую общую антиоксидантную активность по способности уменьшать интенсивность свечения хемилюминесценции. Однако можжевельник казацкий отличался по длительности латентного периода: в концентрации 1 мг/мл полностью гасил интенсивность свечения в течение 20000 с.

Для определения антирадикальной активности растительных экстрактов применялся также метод с использованием DPPH (таблица). Анализ полученных данных выявил аналогичный порядок снижения антиоксидантных свойств растительных экстрактов, как и в случае использования метода хемилюминесценции. На основании полученных данных можно сформировать следующий ряд по убыванию антиоксидантной активности: тис остроконечный, сок > тис остроконечный, полипропиленгликоль > тис ягодный, этанол ($\text{pH}<7$) > можжевельник казацкий, этанол ($\text{pH}<7$) > тис остроконечный, этанол ($\text{pH}>7$) > тис остроконечный, этанол ($\text{pH}=7$) > тис остроконечный, этанол ($\text{pH}<7$) > можжевельник чешуйчатый, этанол ($\text{pH}<7$) > тис остроконечный хлороформ.

По данным показателей количественного содержания полифенольных соединений в этанольных экстрактах хвои тиса остроконечного, тиса ягодного, можжевельника чешуйчатого и можжевельника казацкого в большинстве образцов установлены высокие показатели содержания общего числа флавоноидов (1391-2959 мг Rut/л) и значения общего фенольного числа (1227- 1939 мг GAE/л); наименьшие показатели были выявлены в случае тиса ягодного ($\text{pH}<7$).

По результатам комплексной оценки биологической активности сока и экстрактов хвои изученных растений сок тиса остроконечного обладал наиболее выраженными антиокси-

дантными свойствами и его можно рассматривать в качестве перспективного сырья для создания фитопрепаратов.

Таблица

Показатели антиоксидантной активности сока и экстрактов хвои растений некоторых представителей семейства тисовые и кипарисовые при использовании различных растворителей

Вариант	TAR*, %				IC50**, мг/мл	TEAC*** мг Тролокса/мл р-ра
	10 мг/мл	1 мг/мл	0,1 мг/мл	0,01 мг/мл		
Тис остроконечный, полипропиленгликоль	99,97	99,97	88,58		0,037 ±0,001	1,32 ±0,04
Тис остроконечный, этанол, рН>7	99,97	99,54	83,00		0,096 ±0,002	3,43 ±0,04
Тис остроконечный, этанол, рН=7	99,97	98,43	62,67		0,230 ±0,010	8,21 ±0,21
Тис остроконечный, этанол, рН<7	99,97	95,96	54,62		0,287 ±0,012	10,25 ±0,33
Тис остроконечный, сок	99,94	99,94	95,68	30,17	0,003 ±0,001	0,11 ±0,01
Тис остроконечный хлороформ	95,42	28,49	13,39	6,34	0,670 ±0,014	23,93 ±0,65
Тис ягодный, этанол, рН<7	99,93	99,51	68,38	26,53	0,008 ±0,001	0,29 ±0,01
Можжевельник чешуйчатый, этанол, рН<7	99,93	98,16	48,43	16,05	0,430 ±0,017	15,36± 0,15
Можжевельник казацкий, этанол, рН<7	99,93	98,89	38,93	16,78	0,143 ±0,009	5,11 ±0,20
Аскорбиновая кислота					0,059 ±0,002	
Тролокс	99,96	99,77	4,05	1,68	0,028 ±0,001	

* Total antioxidant reactivity – общая антиоксидантная активность; ** IC50 – 50%-ная ингибирующая концентрация для DPPH; ***Trolox Equivalent Antioxidant Capacity – антиоксидантная способность, рассчитанная в эквиваленте Тролокса.

ЛИТЕРАТУРА

Bouabid, K. Phytochemical investigation, in vitro and in vivo antioxidant properties of aqueous and organic extracts of toxic plant: *Atractylis gummifera* L / K. Bouabid, F. Lamchouri, H. Toufik, M.El.A. Faouzi / J. Ethnopharmacol. 2020. V. 253. P. 112640.

Sarikurkcü, C. *Valeriana dioscoridis* aerial parts' extracts – A new source of phytochemicals with antioxidant and enzyme inhibitory activities / C. Sarikurkcü, M. Jeszka-Skowron, M.S. Ozer // Ind Crop Prod. 2020. V. 148. P. 112273.

Terenzhev, D. Potassium salts of terpene acids of Siberian pine resin as an effective drug in the cultivation of potatoes in the conditions of organic farming / D. Terenzhev, N. Sharonova, A. Ermakova [et al.] // Asian J. Chem. 2020. №32(9). P. 2329-2334.

Vyshtakalyuk, A.B. Xymedon conjugate with biogenic acids. Antioxidant properties of a conjugate of Xymedon with L-ascorbic acid / A.B. Vyshtakalyuk, V.E. Semenov, I.A. Sudakov [et al.] // Russ. Chem. Bull. 2018. V. 67. P. 705-711.

Самбукова, Т.В. Перспективы использования фитопрепаратов в современной фармакологии / Т.В. Самбукова, Б.В. Овчинников [и др.] // Фитофармакология. 2017. Т. 15(2). С. 56-63.

УДК 504.53.054/064

Битумоиды в галоморфных почвах Баргузинской котловины*Вишнякова О.В., Убугунова В.И., Убугунов В.Л.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия, ok_vish@mail.ru

Аннотация. Засоленные почвы Баргузинской котловины формируются в зонах разгрузки газогидротермальных флюидов из разломов земной коры. Они характеризуются аккумуляцией легкорастворимых солей, турбированностью, наличием горизонтов с импрегнированным органическим веществом или выходами битумоидов на поверхность. В почвах изучено содержание хлороформенных битумоидов, нефтепродуктов и полициклических ароматических соединений. Количество хлороформенных битумоидов варьирует в пределах 48-483 мг/кг. Выявлено повышенное содержание нефтепродуктов и полициклических ароматических соединений в отдельных горизонтах исследуемых почв в связи с эндогенным притоком углеводородных соединений.

Bituminous substances in halomorphic soils of Barguzin depression*Vishnyakova O.V., Ubugunova V.I., Ubugunov V.L.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, ok_vish@mail.ru

Abstract. Saline soils of the Barguzin basin are formed in zones of discharge of gas-hydrothermal fluids from faults in the earth's crust. They are characterized by the accumulation of easily soluble salts, turbidity, the presence of horizons with impregnated organic matter, or outcrops of bitumoids to the soil surface. The content of chloroform bitumoids, oil products and polycyclic aromatic compounds has been studied in soils. The amount of chloroform bitumoids varies within 48-483 mg/kg. An increased content of hydrocarbons and polycyclic aromatic compounds was revealed in individual horizons of the studied soils in connection with the endogenous influx of hydrocarbon compounds.

Баргузинская котловина является самой крупной суходольной впадиной Байкальского рифта, где локально выражены зоны разгрузки газогидротермальных флюидов и грязевого вулканизма, как и в котловине озера Байкал (Исаев В.П. и др., 2013). На участках с выраженной эндогенной активностью формируются почвы с признаками аккумуляции легкорастворимых солей, турбированности, наличием горизонтов с импрегнированным органическим веществом или выходами битумоидных веществ на поверхность. Их локализация приурочена к Кучигерскому термальному полю и к песчаной возвышенности «Нижний Куйтун». Засоление исследуемых почв – это сопутствующий результат восходящей миграции газогидротермальных потоков в зонах разломов земной коры. Помимо влияния минеральных компонентов термальных вод, почвы поглощают углеводородные газовые эманации и обогащаются органическим веществом, формируются импрегнированные горизонты. Изучение углеводородных компонентов представляется важной задачей для оценки влияния эндогенных факторов на аккумуляцию, распределение и трансформацию органических компонентов в исследуемых почвах.

Были изучены засоленные почвы Баргузинской котловины различной локализации. В пределах Улюнханской впадины, в районе разгрузки Кучегерских термальных вод, на сопряженных элементах рельефа - псаммозем гумусовый и аллювиальная светлогумусовая глеевая почва. В урочище Нижний куйтун исследованы почвы автоморфных позиций: солонец, выходы битумоидов на песчаных массивах, горизонт с асфальтогенами.

Физико-химические свойства исследуемых почв представлены ранее (Убугунов В.Л. и др., 2020). Пробы почв были проанализированы на общее содержание битумоидов, углеводородов (или нефтепродуктов), количество и состав полиароматических углеводородных соединений в Испытательном центре факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Битумоиды экстрагировали из почв хлороформом, затем перерастворяли в четыреххлористом углеводе. Содержание битумоидов в полученных экстрактах регистрировали методом ИКС. Экстракцию углеводородов осуществляли также н-гексаном (гексановый битумоид). После

очистки экстракта на колонке с активированной окисью алюминия, концентрацию нефтепродуктов определяли с помощью газовой хроматографии.

В геохимии термином «битумоид» (или битумоподобный) обозначается вся совокупность углеродистых соединений, извлекаемых из природных объектов, таких как почвы, горные породы, воды и пр., неполярными органическими растворителями, главным образом, хлороформом и н-гексаном. Таким образом, битумоид – это аналитическое понятие, состав которого зависит от типа растворителя (Краснопеева А.А., 2008). Важнейшие особенности битумоидов – это присутствие в их составе значительной доли углеводов и их производных, а также способность люминесцировать в ультрафиолетовых лучах, что имеет важное диагностическое значение.

Содержание хлороформенных битумоидов (ХБ) в исследуемых почвах варьирует в пределах 48-483 мг/кг. Среднее значение среди всех изученных проб независимо от горизонта и глубины составляет 242,66 мг/кг (n=12). Распределение ХБ в профиле почв неравномерное и не имеет выраженной закономерности. В двух разрезах из четырех изученных их количество с глубиной возрастает, в двух других – убывает.

Содержание углеводов (УВ), или нефтепродуктов, определяемое в очищенном гексановом битумоиде, составляет от 2 до 114 мг/кг. Максимальное их содержание отмечено в верхнем горизонте псаммозема гумусового. Эти значения соответствуют минимальным и максимальным значениям типичного содержания УВ в органогенных горизонтах почв природных ландшафтов (Beznosikov V.A. et al., 2014) в зависимости от состава материнских пород, рельефа территории и характера почвообразования. Высокие значения УВ характерны для почв с низкой биохимической активностью, а также для почв аккумулятивных ландшафтов. Согласно Gennadiev A.N. et al. (2015), в почвах естественных неизменных ландшафтов, за исключением торфа, содержание УВ обычно не превышает 50 мг/кг. Следовательно, содержание углеводов в некоторых горизонтах исследуемых почв Улюнханской впадины и в большинстве проб засоленных почв Нижнего куйтуна повышено. Углеводы являются неотъемлемой частью органического вещества почвы, и их количественные параметры обычно определяются содержанием гумуса в почвах. Но в наших исследованиях очевидной корреляции между содержанием УВ и другими свойствами почвы, такими как рН, общий углерод, содержание легкорастворимых солей и гранулометрический состав почв, не выявлено.

Важной особенностью состава почвенных битумоидов является присутствие в них полициклических ароматических соединений. Их суммарное содержание в изученных почвах варьирует в пределах 0,008-0,503 мг/кг. Gennadiev A.N. et al. (2015) отмечают повышенное содержание ПАУ и их разнообразие в отдельных горизонтах почв в зонах повышенной геодинамической активности.

Работа выполнена в рамках госзадания, номер темы 121030100228-4.

ЛИТЕРАТУРА

Исаев В.П., Татьков Г.И. Структурно-тектонические условия и геохимические особенности формирования скоплений углеводов в межгорных впадинах Байкальской рифтовой системы // Материалы 4-ой Всерос. конф. по геодинимике и минералогенезу Северо-Восточной Азии. Улан-Удэ, 2013. С. 175–179.

Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Хитров Н.Б. Засоленные почвы Баргузинской котловины как объект Красной книги почв Байкальской рифтовой зоны // Природа Внутренней Азии. 2020. № 1. С. 101–111.

Beznosikov V.A., Lodygyn E.D. Hydrocarbons in the background soils of the southern- and middle-taiga subzones of the Komi Republic // Eurasian Soil Science. 2014. Vol. 47. P. 682–686.

Gennadiev A.N., Pikovskii Yu.I., Zhidkin A.P., Kovach R.G., Koshovskii T.S., Smirnova M.A., Khlynina N.I., Tsibart A.S. Factors and features of the hydrocarbon status of soils // Eurasian Soil Science. 2015. Vol. 48. P.1193–1206.

Krasnopeeva A.A. Natural bituminoids in soils of the forest zone: luminescence diagnostics and content levels (Satino Research Station, Moscow State University) // Eurasian Soil Science. 2008. Vol. 41. P. 1282–1293.

УДК 593.5: 592/599

Методика изучения миксоспоридий жабр рыб*Воронин В.Н.^{1,2}, Дудин А.С.², Батуева М.Д.-Д.³*¹Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия, vnvoronin@mail.ru²Филиал ВНИРО, ГосНИОРХ, Санкт-Петербург, Россия, alexander.s.dudin@gmail.com³Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Жабры рыб часто поражаются сразу несколькими видами миксоспоридий. Определение видов рода *Myxobolus* затруднено из-за сходства спор и устаревших научных данных, содержащихся в отечественном определителе паразитов рыб (Донец, Шульман, 1984). Предлагается методика сбора и определения этих паразитов, которая в дальнейшем позволит подготовить атлас миксоспоридий жабр рыб России.

Method of study myxosporidians gills of fish*Voronin V.N.^{1,2}, Dudin A.S.², Batueva M.D.-D.³*¹Sankt Petersburg State University of Veterinary Medicine, Sankt Petersburg, Russia, vnvoronin@mail.ru²Branch of VNIRO, GosNIORCH, Sankt Petersburg, Russia, alexander.s.dudin@gmail.com³Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Abstract. Fish gill are often affected by several species of myxosporidians at once. The definition of species of the genus *Myxobolus* is difficult due to the similarity of spores and outdated scientific data contained in the Russian key to parasites of fish (Donets, Schulman, 1984). A method of collecting and determining these parasites is proposed, which in the future will allow preparing an atlas of myxosporidia of fish gill in Russia.

Миксоспоридий начали изучать ещё с середины позапрошлого века. До конца прошлого века методика их изучения совершенствовалась, но оставалась достаточно простой и унифицированной. В основу систематики миксоспоридий от видового до высоких рангов была положена архитектура спор. Соответственно главные методические приёмы основывались на детальном морфометрическом описании спор при их микроскопировании в живом состоянии или после помещения в глицерин желатиновую среду (Донец, Шульман, 1973). При этом выполненные в последние годы молекулярно-филогенетические исследования в основном подтвердили правильность использования морфологических критериев при построении системы этих паразитов. Однако в отличие от таксонов от рода и выше, традиционное определение миксоспоридий на видовом уровне вызывает большие затруднения. Это связано с малыми размерами этих паразитов и небольшим числом морфометрических признаков, используемых для определения видов. Особые проблемы возникают при дифференциальной диагностике представителей рода *Myxobolus* (Vuetschli), численность которых уже превышает 850 видов. (Eiras et al., 2014). Известны многочисленные случаи, когда представители этого рода, имеющие споры практически одинакового строения и размеров, но при этом заражающие десятки систематически разных рыб, относились к одному виду, например к *M. muelleri* (Донец, Шульман, 1984). При описании видовых признаков плазмодий (цист), обычно ограничивались только их размером и формой и общим указанием органа или ткани (Донец, Шульман, 1984). Масштабные молекулярно-генетические исследования миксоспоридий, проведённые в 21 веке и основанные на выявлении различий нуклеотидных последовательностей генов рибосомальной РНК, перевернули наше старое представление об их взаимоотношениях с хозяевами. Было показано, что несмотря на внешнее сходство спор миксоспоридий заражающих систематически разных хозяев, они четко различаются по гаплотипам, что позволяет считать их валидными видами. Таким образом, была продемонстрирована строгая

гостальная специфичность большинства видов. Венгерский учёный Кальман Мольнар акцентировал внимание на ещё одной биологической особенности миксоспоридий, а именно на их избирательную тканевую локализацию. Особенно большое внимание в этом вопросе им было уделено жабрам рыб, для которых часто отмечается совместное заражение сразу несколькими видами миксоспоридий. На основе гистологических исследований К. Мольнаром были определены типы поражаемых тканей и клеток, установлены избирательная локализация плазмодиев на жаберной дуге и их морфометрические характеристики (Molnár, 2002).

В ходе наших исследований миксоспоридий плотвы из водоёмов Северо-Запада России (Воронин, Дудин, 2017) и оз. Байкал (Батуева и др. неопубл. данные) на жабрах этой рыбы было выявлено 9 разных видов рода *Myxobolus*. Попытка руководствоваться данными К. Мольнара по локализации и характеристике плазмодиев разных видов с учётом значительного сходства их спор вызвала определённые затруднения. Венгерский исследователь приводил описание плазмодиев по результатам гистологических исследований, а в нашем случае это было исследование нативного материала в ходе обычного паразитологического вскрытия. Например, картины поражения плазмодием подводящего кровеносного сосуда жаберного лепестка на гистологических срезах и при обычном микрокопировании жабр выглядят несопоставимо.

С учётом зарубежного опыта и собственных наблюдений предлагаем следующую методику исследований миксоспоридий жабр рыб. После удаления жаберной крышки все четыре жаберные дуги, поочерёдно с одной и другой стороны, аккуратно вырезаются, помещаются на препаратное стекло или в чашку Петри и накрываются влажной салфеткой для предотвращения высыхания. Затем каждая жаберная дуга, смоченная водой или физиологическим раствором отдельно исследуется под разными увеличениями стереомикроскопа в отражённом и проходящем свете. В случае нахождения плазмодиев (цист) миксоспоридий они фотографируются на общем плане жаберной дуги для документирования места расположения плазмодиев, их формы и размера. Это особенно важно при смешанном заражении. После этого однотипные по форме, размеру и локализации плазмодии отделяются от тканей хозяина, помещаются в спирт, слабый р-р формалина (разведение 1:20 - 1:30), используются для изготовления глицерин-желатиновых препаратов, а живые спор по возможности фотографируются при больших увеличениях микроскопа. Определение миксоспоридий, учитывая, что отечественные определители устарели, проводится с использованием зарубежных синописов, статей и данных генбанка. В дальнейшем, по мере накопления материала, возможна подготовка атласа миксоспоридий жабр отдельных видов рыб с фотографиями плазмодиев и спор, что значительно облегчит идентификацию миксоспоридий при проведении фаунистических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Воронин В.Н., Дудин А.С. Слизистая оболочка у спор *Myxobolus* spp. (Мухозоа: Мухоспореа: Мухоболидае) с жабр плотвы *Rutilus rutilus* (L.) как важный диагностический признак // Паразитология. 2017. Том 51, вып. 4. С. 285-292.
- Донец З.С., Шульман С.С. О методах исследования *Myxosporidia* (Protozoa, Cnidosporidia) // Паразитология. 1973. Том 2, вып. 3. С. 191—193.
- Донец З.С., Шульман С.С. Тип Книдоспоридии — *Cnidosporidia*. В кн.: Скарлато О. А. (ред.). Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л.: Наука. 1984. С. 88—251.
- Eiras JC, Zhang J, Molnár K (2014) Synopsis of the species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Muxozoa: Muxosporaea, Muxobolidae) described between 2005 and 2013. *Syst Parasitol*, 88:11–36.
- Molnar K. Site preference of fish myxosporeans in the gill // *Diseases of Aquatic Organisms*. 2002. Vol. 48. P. 197—207.

УДК 631.811

**Влияние цеолита на всхожесть и содержание хлорофилла
в растениях яровой пшеницы**

*Гарафутдинова К.Р., Прищепенко Е.А.,
Рахманова Г.Ф., Газизов Р.Р., Хусаинова Г.Х.*

Татарский НИИ агрохимии и почвоведения – обособленное структурное подразделение ФИЦ
КазНЦ РАН. Казань, Россия, amiliamilka24@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты вегетационного опыта по изучению влияния опудривания семян цеолитом различных фракций на всхожесть семян и содержание хлорофилла в растениях яровой пшеницы сорта Ульяновская-105. В эксперименте использовался цеолит Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан, размолотый до частиц размером 0,04 мм и 0,20 мм. По результатам опыта установлено благоприятное влияние опудривания на исследуемые показатели – всхожесть повысилась на 16,0-42,0%, содержание хлорофилла в период кущения – на 16,0-44,0% по сравнению с контролем.

**Effect of zeolite on germination and chlorophyll content
in spring wheat plants**

*Garafutdinova K.R., Prichipenko E.A.,
Rakhmanova G.F., Gazizov R.R., Husainova G.H.*

Tatar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science of FRC Kazan Scientific Center of RAS,
Kazan, Russia, amiliamilka24@gmail.com

Abstract. The article presents the results of a vegetation experiment to study the effect of dusting seeds with zeolite of various fractions on seed germination and chlorophyll content in spring wheat plants of the Ulyanovskaya-105 variety. In the experiment, we used the zeolite of the Tatarsko-Shatrashansky deposit of the Republic of Tatarstan, ground to particles of 0.04 mm and 0.20 mm in size. According to the results of the experiment, a favorable effect of powdering on the studied parameters was established – germination increased by 16.0-42.0%, the content of chlorophyll during tillering – by 16.0-44.0% compared to the control.

Одним из наиболее перспективных направлений развития экологичного сельского хозяйства является применение природного минерального сырья – фосфоритов, сапропеля, торфа и т.д. Их используют как в качестве удобрения, так и для стимуляции ростовых процессов растений. Среди природных агроминералов особенно выгодно выделяются цеолиты, благодаря их способности к сорбции, обратной гидратации, а также содержанию в составе ряда биогенных элементов, необходимых для нормального развития растений (Алиев и др., 2009). Российская Федерация (РФ) богата цеолитами – крупные месторождения находятся в Орловской, Кемеровской, Иркутской, Читинской областях, Красноярском крае, Республике Татарстан (РТ) и других регионах. Учитывая наличие больших запасов минерального сырья в РФ, изучение эффективности применения цеолита является актуальным.

Материалы и методы. Эксперимент проводился в условиях вегетационного домика в сосудах Вагнера площадью 0,018 м². Субстратом для забивки сосудов служила серая лесная среднесуглинистая почва. Объектом исследования стали семена яровой пшеницы сорта Ульяновская-105, обработанные цеолитом с размером частиц 0,04 мм и 0,20 мм по следующей схеме опыта: 1) контроль; 2) фон – N₆₀ P₆₀ K₆₀; 3) опудривание семян цеолитом в дозе 25 кг/т; 4) опудривание семян цеолитом в дозе 50 кг/т; 5) опудривание семян цеолитом в дозе 75 кг/т; 6) опудривание семян цеолитом в дозе 100 кг/т. В опыте использовался размолотый цеолит Татарско-Шатрашанского месторождения РТ. Исследовали такие показатели как всхожесть семян и содержание хлорофилла в растениях, анализ проводили по ускоренному методу определения хлорофилла (Разумов, 1986). Влажность почвы в период вегетации растений поддерживалась искусственно путём регулярного взвешивания и полива в пределах 70-75%

от полной полевой влагоёмкости. Полученные результаты были статистически обработаны в программе Microsoft Office Excel 2010.

Результаты исследований. Всхожесть семян яровой пшеницы считали на седьмые сутки после посева. Под влиянием цеолита во всех вариантах опыта было установлено повышение данного показателя (табл. 1).

Таблица 1

Действие цеолита на всхожесть семян яровой пшеницы

№ п/п	Вариант	Всхожесть, %
1	Контроль (без обработки)	56,0
2	Фон N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	80,0
3	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 25 кг/т	84,0
4	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 50 кг/т	92,0
5	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 75 кг/т	92,0
6	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 100 кг/т	98,0
7	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 25 кг/т	72,0
8	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 50 кг/т	92,0
9	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 75 кг/т	82,0
10	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 100 кг/т	74,0

В контрольном варианте всхожесть семян составила 56,0 %, в фоновом – 80,0 %. Предпосевная обработка семян способствовала повышению данного показателя на 16,0-42,0% по сравнению с контролем, на 2,0-18,0% по сравнению с фоном. Максимальная всхожесть семян наблюдалась в варианте с опудриванием цеолитом в дозе 100 кг/т (фракция 0,04 мм) – 98,0 %.

Содержание хлорофилла является одним из важнейших эколого-физиологических параметров оценки влияния факторов окружающей среды на рост и развитие растений (Андрианова, Тарчевский, 2000; Киреева и др., 2011). В связи с этим было проанализировано содержание хлорофилла в растениях в фазу кущения (табл. 2).

Таблица 2

Действие цеолита на содержание хлорофилла в растениях яровой пшеницы

№ п/п	Вариант	Содержание хлорофилла, г/кг
1	Контроль (без обработки)	2,5
2	Фон N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,7
3	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 25 кг/т	2,5
4	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 50 кг/т	3,0
5	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 75 кг/т	3,3
6	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,04 мм, в дозе 100 кг/т	3,1
7	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 25 кг/т	2,9
8	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 50 кг/т	2,4
9	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 75 кг/т	2,3
10	Фон + опудривание цеолитом фракции 0,20 мм, в дозе 100 кг/т	3,6

Содержание хлорофилла в растениях контрольного варианта составило 2,5 г/кг зеленой массы, фона – 2,7 г/кг (прибавка 8,0%). В вариантах с обработкой семян наблюдалось увеличение показателя на 16,0-44,0% по отношению к контролю и на 7,4-33,3% - по отношению к фону. Максимальное содержание хлорофилла отмечено в варианте с опудриванием цеолитом фракции 0,20 мм в дозе 100 кг/т и составило 3,6 г/кг (прибавка по отношению к контролю 44,0 %, к фону – 33,3 %).

Таким образом, опудривание семян яровой пшеницы на примере сорта Ульяновская-105 оказало положительное влияние на всхожесть семян (прибавка к контрольному варианту составила 16,0–42,0%) и содержание хлорофилла (16,0-44,0% к контролю) в растениях в фазу кущения в вегетационных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

Алиев Ш.А., Ишкаев Т.Х., Яппаров А.Х. Научное обоснование применения местных агроруд в качестве удобрений в земледелии Среднего Поволжья. – Казань: Центр инновационных технологий. 2009. 240 с.

Андрианова Ю.Е., Тарчевский, И.А.. Хлорофилл и продуктивность растений М.: Наука. 2000. 135 с.

Киреева Н.А., Григориади А.С., Водопьянов В.В., Амиров А.Р. Подбор растений для фиторемедиации почв, загрязненных нефтяными углеводородами / Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т.13. №5(2). С. 184-187.

Разумов В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. М.: Россельхозиздат. 1986. 304 с.

УДК 631.4

Оценка запасов углерода в тундровых ландшафтах Западной Сибири*Гербер А.А., Лойко С.В., Лим А.Г.,
Истигечев Г.И., Кулижский С.П.*

Томский государственный университет, Томск, Россия, gerber.anna@list.ru

Аннотация. В данной статье представлены результаты оценки запасов углерода органических веществ в мерзлотных почвах Западной Сибири на примере микрокомбинации глеезёма и торфяно-глеезёма криотурбированных. Разномасштабное изучение содержания углерода в минеральных почвах проводилось на уровне педона, полипедона и почвенной микрокомбинации. Наибольшие запасы почвенного углерода аккумулированы в торфяно-глеезёмах криотурбированных. Запасы углерода на плакоре, склоне и в ложбине несколько варьируют в зависимости от растительности, количества органического вещества и положения в рельефе. С учётом каждого изученного педона среднее значение запаса углерода в пределах ключевого участка составило 15 кг/м² в метровой толще. При расчёте запасов органического углерода размер выборки будет влиять на изменение общего запаса лишь до определенного предела. Для его расчёта достаточно изучить основные формы нанорельефа в пределах фации и далее уже учесть их площадь.

Estimation of carbon stocks in tundra landscapes of Western Siberia*Gerber A.A., Loiko S.V., Lim A.G.,
Istigichev G.I., Kulizhsky S.P.*

Tomsk State University, Tomsk, Russia, gerber.anna@list.ru

Abstract. This article presents the results of assessing the carbon stock of organic matter in permafrost soils of Western Siberia. The carbon content in the soil was studied in the system from pedon through polypedon to soil micro-combination. The largest reserves of soil carbon are accumulated in the Histic Cryosols (cryoturbated). Carbon stocks on the upland, slope, and trough vary somewhat depending on the vegetation, the amount of organic matter, and the position in the relief. The average carbon stock was 15 kg / m². To calculate the stocks of organic carbon in soils, it is necessary to study the main forms of nanorelief and then take into account their area.

Почвы являются значительным естественным резервуаром органического вещества. Любые природные или антропогенные изменения могут оказать большое влияние на углеродный цикл, важнейшей составляющей которого является объем почвенного пула соединений углерода. Углерод обладает высоким потенциалом влияния на ускорение климатических изменений, высвобождаясь в виде парниковых газов, по мере увеличения времени оттаивания почвенных горизонтов, содержащих мерзлое органическое вещество. Для оценки этого потенциала необходимы точные сведения как о запасах углерода в почвах криолитозоны, так и о его лабильности. Однако на данном этапе этот потенциал довольно сложно просчитать. Одной из причин является недостаточность сведений о запасах углерода органических соединений в почвах Арктики и Субарктики, в частности их сибирского сектора. В связи с этим необходимо накапливать пространственные базы данных о запасах углерода в разных ландшафтно-климатических условиях.

Целью данной работы является оценка запасов органического углерода в пределах микрокомбинации минеральных почв южной тундры Западной Сибири. Объектами исследования стали – глеезёмы мерзлотные криотурбированные с пятнами торфяно-глеезёмов и криозёмов криотурбированных, как наиболее распространённых почв западносибирских тундр.

Район исследований расположен на севере Западной Сибири в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа, на левобережье приустьевой части р. Таз в пределах Пур-Тазовского междуречья. Ключевой участок заложен в пределах верхней части хорошо дренированного увала под лишайниково-мохово-кустарничковыми сообществами. Изучение содержания углерода органических соединений и оценка их запасов на ключевом участке «Та-

зовский» проводилось на разных иерархических уровнях от педона до микрокомбинации. Изученная микрокомбинация почв приурочена к ложбине склона увала и межложбинному микроводоразделу. В пределах педона глеезёма криотурбированного. Отбор проводился из центра ячеек 5x5 см со стенки размером 50*70 см в 128 образцах. В пределах полипедона на участке 11x11 м² было заложено путём бурения 50 равноудаленных точек. Количество углерода оценивали на 3-х фиксированных глубинах: 2,5 см, 12,5 см и 47,5 см. То есть, верхняя часть (органогенный горизонт), средняя часть профиля и слой над мерзлотой. В пределах микрокомбинации заложено 50 скважин и отобраны пробы с 4 фиксированных глубин: 0 – 5 см, 10 – 15 см, 25 – 30 см, 45 – 50 см, а также из мерзлотной части профиля. В каждой точке отбора была измерена глубина залегания мерзлоты, мощность органогенного горизонта и сделаны геоботанические описания. Также отобраны образцы почв из 3-х почвенных профилей на микроводоразделе, склоне ложбины и в её центре. Все образцы отбирали из горизонтов и морфонов, а также через каждые 5 – 10 см для определения плотности почвы и последующего подсчета запасов почвенного углерода. В отобранных образцах определяли содержание углерода и азота на анализаторе Thermo Flash 2000, цвет образцов измерен с помощью спектрофотометра X-Rite VS450. Плотность и полевая влажность почв измерена весовым методом.

Полученные данные о содержании углерода в профилях глеезёмов и криозёмов свидетельствуют о значительном накоплении в мерзлотных почвах углерода органических соединений. Наибольшие концентрации Сорг зафиксированы в органогенном горизонте (6–8 %). В минеральных горизонтах концентрация углерода уменьшается в несколько раз, но не падает ниже 0,3 %. Отношение C/N также сужается, что свидетельствует об изменениях органического вещества в ходе микробиологических преобразований в глубине почвы. Учитывая, что на относительно небольшой глубине (5–20 м) начинаются эстуарные осадки, можно говорить о высоком содержании углерода в многолетнемерзлых породах данного участка.

Определяющими факторами пространственного распределения Сорг на изучаемой территории являются положение в рельефе и тип растительности. Максимальное содержание углерода было выявлено в почвах ложбины под высокой кустарничковой растительностью. В пределах почвенного профиля концентрация углерода уменьшается вниз по профилю, имея максимальное накопление в органогенном горизонте. На неоднородность распределения углерода в большинстве мерзлотных почв тундровой зоны Западной Сибири сильно влияют процессы криогенного перемешивания. В автономных почвах тундры криотурбации протекают благодаря залеганию многолетнемерзлых пород близко к поверхности, на глубине менее 1 м. По мере потепления климата и иссушения почвенного профиля интенсивность этих процессов в автономных почвах будет замедляться.

Исследование более 50 профилей на ключевом участке «Тазовский» показало, что наибольшие запасы почвенного углерода аккумулированы в торфяно-глеезёмах криотурбированных, что залегают в центральной части ложбины. Увеличение запасов углерода в этих почвах связано как с наличием более мощного органогенного горизонта, так и с турбационным погружением углей вглубь профиля. Общий запас органического углерода на участке равен 46,3 кг/м². Запасы углерода на плакоре, склоне и в ложбине несколько варьируют в зависимости от растительности, количества органического вещества и положения в рельефе. С учётом каждого изученного педона среднее значение запаса Сорг в пределах ключевого участка составило 15 кг/м². В почвах микроводораздела – 11,3 кг/м², почвах склона – 14,6 кг/м², а в ложбине – 20,4 кг/м². Консервация органического углерода в мерзлотных почвах за счёт промерзания обуславливает долгую его сохранность, а специфические криогенные процессы являются главными в его распределении. Это обуславливает накопление Сорг во всей минеральной толще почв и в многолетней мерзлоте, что необходимо учитывать для расчета запасов углерода.

При оценке запасов углерода важно учитывать микронеоднородность почвенного покрова, от которого зависит перераспределение и накопление Сорг. В нашем случае, сравнив концентрации углерода для одних и тех же глубин, в пределах полипедона и микрокомбина-

ции было выявлено, что до глубины 27,5 см достоверных различий не выявлено. Это значит, что для расчета запасов углерода в 30-ти сантиметровом слое достаточно определить концентрацию Сорг только в пределах полипедона, не используя большую выборку. Достоверные различия концентрации углерода выявлены на глубине 47,5 см, что свидетельствует о необходимости анализировать точки на глубинах 50 и 100 см не только в пределах полипедона, но и микрокомбинации из-за высокой вариабельности. Таким образом, размер выборки будет влиять на изменение общего запаса Сорг лишь до определенного предела, для расчёта запаса достаточно изучить основные формы нанорельефа в пределах фации и далее уже учесть их площадь.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 19-29-05209_мк и 16-54-16005-НЦНИЛ_а).

УДК 631.436:551.34

**Результаты исследований изменчивости глубины протаивания
и промерзания почв Западного Забайкалья
в разных типах распространения многолетней мерзлоты**

*Гончиков Б-М. Н.¹, Базаров А.В.²,
Бадмаев Н.Б.¹, Куликов А.И.¹, Мангатаев А.Ц.¹*

¹ ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия,
batomunk74@mail.ru

² ФГБУН Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия,
alebazaro@gmail.com

Аннотация. Исследованы температурные режимы почв в трех экосистемах Западного Забайкалья в зоне распространения многолетней мерзлоты: лугово-лесная экосистема (дерново-криометаморфическая глеевая мерзлотная), лесостепная (чернозем глинисто-иллювиальный квазиглеевый мерзлотный) и сухостепная (литоземах криогумусовых). На основании круглогодичных профильных температурных данных показано, что почвы функционируют в мерзлотном и длительно-сезоннопромерзающем типе температурного режима. Информативными для почв региона являются следующие годовые показатели: максимальная глубина проникновения температур выше 5°C на глубине 100 см и количество дней с температурами выше 0°C, 5°C и 10°C для глубин 20, 50 и 100 см. Проведена математико-статистическая обработка и дан сравнительный анализ показателей изменения климата почв и пространственно-временное распределение реакции глубины протаивания и промерзания почв.

**Results of the research on variability of melting and freezing depths in soils
of Western Transbaikalia in different permafrost types**

*Gonchikov B-M. N.¹, Bazarov A.V.²,
Badmaev N.B.¹, Kulikov A.I.¹, Mangataev A.Ts.¹*

¹ Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, batomunk74@mail.ru

² Institute of Physical Materials Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia, alebazaro@gmail.com

Abstract. This study reveals temperature regimes of the three different ecosystems in the permafrost area of Western Transbaikalia. The first represents meadow-forest ecosystem on the soddy-cryo-metamorphic gley cryogenic soil. The second represents forest-steppe ecosystem on the clay-illuvial quasi-gley chernosems. The third represents dry steppe ecosystem on the cryo-humus litozems. Annual profile temperature data show the functioning of the studied soils in cryogenic and long-term-seasonally-freezing temperature regime. The most explanatory temperature variables are temperature penetration above 5°C at 100 cm depth and the amount of days with temperature above 0°C, 5°C and 10°C at 20 cm, 50 cm, and 100 cm depths. Also, statistical and comparative analyses are conducted to evaluate changes of soil climate and spatiotemporal distribution of the soil reaction to melting and freezing at different depths.

Глобальные изменения климата являются основной причиной деградации многолетней мерзлоты, что особенно актуально для южной границы криолитозоны, пролегающей в нашем регионе. Изменение климата отражается на термическом состоянии деятельного слоя, который понимается как СТС – сезоннотальный слой почвы в зоне многолетней мерзлоты, оттаивающий только в теплый период, при этом подстилаясь вечномерзлыми породами, и СМС – сезонномерзлый слой – почвы и породы, промерзающие в холодный период года, в подстилке имеют всегда талые породы.

Из схемы районирования Л.С. Гарагуля и Г.И. Гордеева (Гарагуля, 2002) следует, что в настоящее время примерно ¼ Европейской территории и 2/3 Азиатской территории влияние многолетнемерзлых пород на экосистемы следует оценивать, как повсеместное. В Бурятии вечная мерзлота сплошного распространения занимает площадь, равную 121,21 тыс.км², или 34,5% от всей территории (Бадмаев, 2011). На прерывистую многолетнюю мерзлоту приходится 31,3% (109,967 тас. км²).

Вечная мерзлота островного распространения подразделена на следующие градации по мощности (при соответствующих площадях): 50–30 м (36,89 тыс. км², т. е. 10,5 %), 30–20 м (37,593 тыс. км², т. е. 10,7 %), менее 20 м (45,322 тыс. км², т. е. 12,9 %), т. е. долевое участие сплошной, прерывистой и островной мерзлоты в геокриологическом устройстве территории Бурятии примерно одинаковое: 34,5: 31,3: 34,1.

В настоящей публикации представлены новые данные, которые получены на основе современного атмосферно-почвенного измерительного комплекса (АПИК). Особенностью комплекса является долговременное автоматическое измерение вертикального профиля температуры и влажности в системе «почва–атмосфера» с глубины 3,2 м до высоты 10 м (Базаров, 2016). Одновременно измеряются климатические параметры в точке измерений: скорость и направление ветра, уровень солнечной радиации, количество жидких осадков и уровень снега, а также проводимости почвенной воды. Данные считываются дистанционно через GSM-модем по сотовому каналу связи

Проведены мониторинговые исследования лесолуговых ландшафтов, где установлены на ключевых участках АПИК и почвенные регистраторы (Базаров, 2018, Gonchikov, 2017) в зависимости от типов распространения многолетней мерзлоты: сплошной - центральная часть Витимского плоскогорья, полигон «Багдарин»; прерывистой - юг Витимского плоскогорья, полигон Сосново-Озерск «Еравна»; островной – север Селенгинского Среднегорья, полигон «Хурумша».

Анализ полученных данных на полигонах показывает пространственно-временную изменчивость температуры почв от поверхности до глубины 3,2 м (рис.).

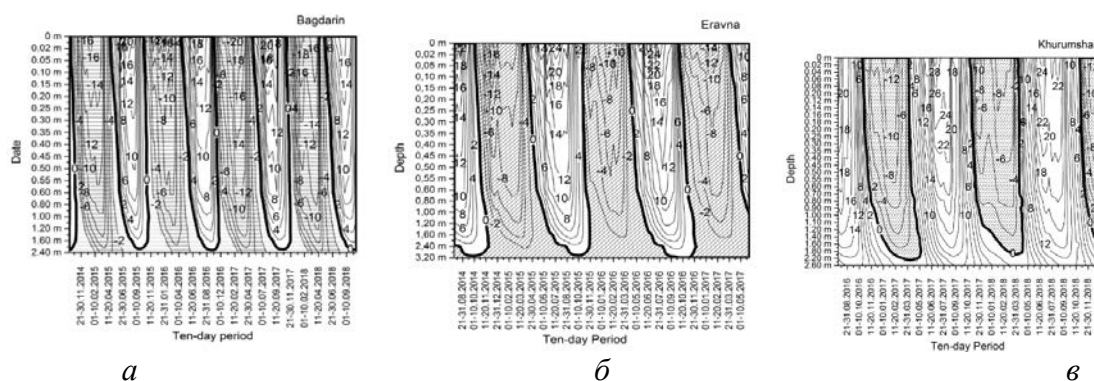


Рис. Температурные режимы процессов промерзания и протаивания почв: а - дерново-криометаморфических глееватых мерзлотных; б - черноземов глинисто-иллювиальных квазиглеевых мерзлотных; в - литоземов криогумусовых, – мерзлый слой, – сезонно-талый слой.

Количество дней на промерзание дерново-криометаморфических глееватых почв по всему профилю в «Багдарине» составило в среднем 24 дня со скоростью промерзания 10,5 см/дн, что на 39 и 117 дней короче, чем в «Еравне» и «Хурумше», скорость которых составила 5,6 см/день и 1,4 см/день, соответственно.

Процесс протаивания по всему профилю происходит быстрее в литоземах криогумусовых полигона «Хурумша» и длится в среднем 31 день со скоростью 6,9 см/день. Это на 71 и 87 дней короче, чем на полигонах «Багдарин» и «Еравна», а скорость протаивания которых составляет 1,6 см/день и 1,7 см/день, соответственно.

Процесс промерзания мерзлотных почв полигона «Багдарин» центральной части Витимского плоскогорья начинается в конце сентября - начале октября, что на 11 дней раньше, чем в почвах полигона «Хурумша». В мерзлотных типах промерзание заканчивается слиянием в конце октября и в начале ноября со сплошной мерзлотой на глубине 2,0 м в «Багдарине».

Процесс протаивания мерзлотных дерново-криометаморфических почв полигона «Багдарин» начинается в конце апреля. Начало промерзания обычно совпадают с первыми замороз-

ками в начале октября. Так заканчивается полный цикл промерзания и протаивания мерзлотных дерново-криометаморфических почв.

Процесс протаивания по всему профилю происходит быстрее в литоземах криогумусовых полигон «Хурумша» и длится 16 дней со скоростью протаивания 10,0 см/день. Это на 82 дня меньше, чем на полигоне «Багдарин» скорость протаивания, которых составляет 1,6 см/день.

Большой интерес вызывает проникновение положительных температур и его продолжительность на разных глубинах в изученных почвах. Сбор, систематизация и анализ этих данных показывает большую неоднородность температурного и мерзлотного режима почв.

Закономерности проникновения и распределения положительных температур больше 0°C на глубине 100 см в литоземах криогумусовых Селенгинского среднегорья составляет 220 дней, что на 94 дня превышают продолжительность температур в почвах полигона «Багдарин».

Наибольшие различия выявлены по продолжительности температур больше 5°C на глубине 100 см. Так, в литоземах криогумусовых Селенгинского среднегорья данный показатель в среднем составляет 178 дней, что на 135 и 88 дней превышают продолжительность температур в почвах полигонов «Багдарин» и «Еравна», соответственно.

Наблюдения в распределении и продолжительность дней с температурой больше 10°C в литоземах криогумусовых в среднем составляет 145 дней на глубине 20 см, что на 69 и 45 дней больше, чем в «Багдарине» и «Еравне», соответственно. Температура больше 10°C до глубины 100 см не доходит на мерзлотных почва, в отличие от полигона «Хурумша».

За период наблюдений в длительно-сезоннопромерзающей почве отрицательные температуры отмечаются в течение 5,5-6 месяцев, оставаясь в подошве породы большую часть года в талом состоянии. Мерзлотные типы почвы сезонно протаивают только летом на 4,5–5 месяцев, оставаясь в подошве (породах) мерзлыми большей части года.

Температурный режим мерзлотных дерново-криометаморфических глееватых и мерзлотных черноземов глинисто-иллювиальных квазиглеевых Витимского плоскогорья относятся к мерзлотному типу, а литоземов криогумусовых полигона «Хурумша» – к длительно сезоннопромерзающему типу.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта (0271-2021-0004 (FWSM-2021-0004); частично при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов: № 18-45-030033 “Количественное исследование динамики изменения климата почв на южной границе ареала многолетней мерзлоты под влиянием процесса глобального потепления в Западном Забайкалье”, № 19-29-05250 “Температурное поле почв криолитозоны Забайкалья: закономерности развития и прогноз изменений”.

ЛИТЕРАТУРА

Бадмаев Н. Б., Куликов А. И., Миронов И. А. Мерзлота // Бурятия. Энциклопедический справочник в 2-томах. Улан-Удэ, 2011. Т. 1. С. 54–55.

Базаров А. В., Бадмаев Н. Б., Кураков С. А., Гончиков Б-М. Н., Цыбенков Ю. Б., Куликов А. И. Измерительный комплекс для автоматического долговременного контроля атмосферных и почвенных климатических параметров // Приборы и техника эксперимента. 2016. № 2. С. 186–201.

Базаров А. В., Бадмаев Н.Б., Кураков С. А., Гончиков Б-М.Н., Мобильный измерительный комплекс для сопряженного контроля атмосферных и почвенных параметров // Метеорология и гидрология. 2018. №4 С. 104-109.

Гарагуля Л.С., Гордеева Г.И. Экологическая роль толщ многолетнемерзлых пород // Геоэкология. 2002. №5. С. 403-410

Gonchikov. B-M. N., Badmaev N.B., Bazarov A.V., Mangataev A.Ts., Kulikov A.I., Gyninova A.B., Tsybenov Yu.B. About creation of automatic system monitoring of atmospheric and soil climate in Western Transbaikalia // Cryosols in Perspective: a View from the Permafrost Heartland: Proceedings of the VII International Conference on Cryopedology (August 21-28)/ Yakutsk, 2017. P. 57-59.

УДК 595.783; 591.52

Таежный рефугиум неморальных чешуекрылых (Lepidoptera) хребта Улан-Бургасы

Гордеев С.Ю.¹, Гордеева Т.В.²

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
gordeevs07@mail.ru¹, tagor71@mail.ru²

Аннотация. В ходе работ 2017-2020 гг, проведённых во влажных лесах хребта Улан-Бургасы выявлен новый для Забайкалья неморальный вид *Rheumaptera neocervinalis* Inoue. Только здесь отмечены обычные в лесах Хамар-Дабана виды *Erebia jeniseiensis* Trybom, *Leucodonta bicoloria* Den. et Schiff. Специфику фауны этих мест составляют виды суббореальной группы, отсутствующие на большей части Забайкалья, и отдельные виды центральнопалеарктической и палеархеоарктической групп.

Refugium of nemoral Lepidoptera species of the Ulan-Bourgasy ridge

Gordeev S.Yu.¹, Gordeeva T.V.²

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
gordeevs07@mail.ru, tagor71@mail.ru

Abstract. The work has been done in 2017-2020 in wet forest of Ulan-Bourgasy ridge. The nemoral species *Rheumaptera neocervinalis* Inoue is firstly recorded from Transbaikalia. The species *Erebia jeniseiensis* Trybom and *Leucodonta bicoloria* Den. et Schiff have been registered only in these places. The wet forests of Ulan-Bourgasy ridge are distinguished by the presence of some species of the Subboreal, Central Palaearctic, and Palaearcheartic groups.

Изучение неморальных реликтов флоры и фауны даёт важный материал для познания их происхождения в Сибири. Сегодня очевидна значимость сохранения генофонда, в первую очередь реликтовых, редких и эндемичных видов в их местообитаниях. Большая часть неморальных видов растений в Южной Сибири приурочена к липовым островам и черневой тайге (черни) с доминированием пихты. С черневыми лесами в Южной Сибири связано до 180 видов растений неморальной и/или черневой природы, большей частью произрастающих в черневой тайге Алтая и Кузнецкого Алатау, где 57 видов – реликты широколиственных третичных лесов (Положий, Крапивкина, 1985). Восточным пределом концентрации видов неморальной флоры в черневой тайге считаются северные склоны хребта Хамар-Дабан (Епова, 1956; и др.), что связано с обилием осадков (более 1000 мм / год) и сравнительно мягким климатом. Однако, в силу влияния озера Байкал и западного переноса воздушных океанических масс, значительное количество осадков (до 1000 мм / год и выше), выпадает и восточнее – на западном макросклоне хребта Улан-Бургасы. Элементы неморальной флоры встречаются и здесь (Пыхалова и др., 2007). К настоящему времени накоплен объёмный материал по флоре и растительности неморальных и черневых лесов Сибири, в т.ч. и южнобайкальского региона, позволяющий выделить леса такого типа. При этом основными критериями черни являются: 1) преобладающее участие в древесном составе пихты и осины на богатых питательными веществами бурых или серых лесных почвах, местами, в качестве примеси – кедра (*Pinus sibirica*) и берёзы; 2) развитие в подлеске крупных кустарников рябины сибирской, караганы древовидной, черёмухи, смородины красной и др.; 3) присутствие высокотравного покрова с участием видов *Delphinium elatum*, *Heracleum dissectum*, *Crepis sibirica*, *Cacalia hastata* и др., во втором подъярусе – тенелюбивых *Oxalis acetosella*, *Adoxa moschatellina*; 4) наличие неморальных реликтов.

Гораздо меньше работ посвящено фауне животных, связанных с неморально-черневыми лесами Сибири. Среди чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera) по опубликованным данным можно вычлениить виды, маркирующие леса как неморальные и/или черневые. Но в целом список

Lepidoptera черневой тайги Сибири на сегодня достаточно скромны. Выявлению видов бабочек черневой группы могут послужить следующие классические методы: критический обзор литературы; многолетний мониторинг, в том числе учёты численности; проведение исследовательских работ в черневых лесах, расположенных западнее.

В 2012 г. на юго-западной оконечности хр. Улан-Бургасы на высотах 850–1100 м, в верхнем течении рек Хара-Ацагат и Черемшанская, авторами были отмечены леса, напоминающие по облику черневые (Гордеев, Гордеева, 2017). Опираясь на приведённые критерии (преобладание в древесном покрове высокоствольных деревьев осины и пихты; присутствие в покрове *Heracleum dissectum*, *Crepis sibirica*, *Cacalia hastata*, и некоторых других высокотравных черневых видов; наличие черневых видов – *Atragene sibirica*, *Anemone reflexa*, *Viola uniflora*, *Pulmonaria mollis*, *Lilium pilosiusculum*, *Allium microdictyon* и др.; наличие отдельных неморальных видов – *Matteuccia struthiopteris*, *Chelidonium majus*, *Urtica dioica*, *Lamium album*), мы пришли к заключению, что они относятся к черневым или являются обеднённым аналогом черни. К настоящему времени на основе работ, посвящённых реликтовой флоре Сибири (Эпова, 1956; и др.) были составлены списки черневых видов (черневая группа) и реликтовых неморальных видов (неморальная группа), приуроченных к черневым лесам. В Бурятии произрастает более 50 видов растений черневой группы, из которых на Хамар-Дабане отмечено 86%, на Улан-Бургасы – 61% (Аненхонов и др., 2001; Пыхалова и др., 2007). Из известных для региона 74 неморальных, связанных с черневыми лесами видов на Хамар-Дабане встречено 88%, на Улан-Бургасы (в южной и центральной его части) – 42% (там же). Приведённые цифры подтверждают существование на хребте Улан-Бургасы черневых лесов.

С 2012 г. на юго-восточной оконечности хр. Улан-Бургасы были выделены ключевые участки, ведётся сбор и учёты. На первом этапе работы было выявлено семь видов неморальных чешуекрылых (Гордеев, Гордеева, 2017). Далее приводятся виды Lepidoptera, отмеченные и/или многочисленными только в черневых лесах Улан-Бургасы.

1. *Spialia orbifer* (Hübner, 1823). Евразийский суббореальный вид. В Забайкалье он достоверно неизвестен восточнее юго-восточной оконечности хр. Улан-Бургасы. Отмечен в регионе как обычный только на ключевых участках.

2. *Aporia hippia* (Bremer, 1861). Найден здесь ранее [Гордеев, Гордеева, 2017]. Дальнейшие учёты подтвердили высокую численность вида – до 25 особей/га (на гектар).

3. *Ahlbergia frivaldszkyi* (Lederer, 1853). В ходе маршрутных учётов 2017–2019 гг. подтверждена высокая численность бабочек (64 особи/га) в черневых лесах Улан-Бургасы на высотах 800–1000 м н.у.м., и низкое их число или полное отсутствие в лесах другого типа.

4. *Brenthis daphne* (Bergsträsser, 1780) Евразийский суббореальный вид. В Восточном Забайкалье он предпочитает места, сходные с неморальными видами (*Niphanda fusca*, *Damora sagana*, и др.). Отмечен здесь летом 2018 г.

5. *Erebia jeniseiensis* Губом, 1877 в пределах ареала (Сибирь, Дальний Восток, Монголия) придерживается хорошо увлажнённых мест: на севере – луговых тундр, ерников; на юге – подзоны темнохвойной тайги, где наиболее обильна в кедровых, лиственничных и пихтовых лесах у верхней границы леса. В Южном Забайкалье этот вид ранее не отмечался восточнее Хамар-Дабана. Обычен он в таежном поясе Восточного Саяна, многочислен – в западной части Хамар-Дабана: в нижнетаежных с пихтой и елью лесах насчитывается до 10–20 особей/га; в верхнетаежных елово-кедровых с пихтой лесах – 39 особей/га. Единственный самец отмечен в районе ключевого участка Хара-Ацагат в 2018 г.

6. *Rheumaptera neocervinalis*, Inoue, 1982. Палеарктический вид. Впервые приводится для территории Забайкалья. В 2017 г. на контрольном участке Хара-Ацагат отмечен как обычный.

7. *Amurilla subpurpurea* (Butler, 1881) был найден здесь ранее (Гордеев, Гордеева, 2017). Постоянное присутствие этого редкого для Сибири дальневосточного вида в черневой тайге подтверждено во время работ 2017–2018 гг.

8. *Laothoe populi* (Linnaeus, 1758) не проходит восточнее хр. Улан-Бургасы, при этом до сих пор он не известен на хр. Хамар-Дабан. В Бурятии редок, на ключевом участке Хара-Ацагат отмечен как обычный вид [Гордеев, Гордеева, 2017]. Постоянное его присутствие здесь подтверждено в ходе работ 2018-2019 гг.

9. *Leucodonta bicoloria* ([Denis & Schiffermüller], 1775). Евразийский суббореальный вид. Отсутствует на большей части Забайкалья. Обычен в районе хр. Хамар-Дабан в смешанных с пихтой лесах. В Восточном Забайкалье единственная бабочка отмечена в мелколиственно-сосновых лесах в районе Даурского заповедника. Единственный самец (аб. *unicolor* Men.) собран на участке Хара-Ацагат в 2018 г.

10. *Furcula bifida* (Brahm, 1787). Евразийский вид, ранее не известный восточнее Забайкалья, в настоящее время активно расширяющий ареал на восток. Обычен в районе хр. Хамар-Дабан, в восточной части Забайкальского края. В остальных местах Забайкалья он не отмечен. Единственный экземпляр (самец) зафиксирован на ключевом участке в 2018 г.

11. *Feralia sauberi* (Graeser, 1892) Южносибирско-палеарктоарктический вид, проникающий на запад до Урала. В Восточном Забайкалье наиболее высокая численность бабочек отмечена в смешанных лесах р. Аргунь. В Западном Забайкалье отмечен как обычный и многочисленный (до 200 особей за ночь) только в черневых лесах Улан-Бургасы.

12. *Cryphia fraudatricula* (Hubner, 1803) Отмечен здесь ранее (Гордеев, Гордеева, 2017). В 2018 г вид зафиксирован как обычный.

В ходе исследований 2017-2020 гг на ключевых участках хр. Улан-Бургасы подтверждено регулярное присутствие неморальных видов *Ahlbergia frivaldszkyi*, *Aporia hippia*, *Cryphia fraudatricula*, *Amurilla subpurpurea* (неморальная группа), из которых первые три вида обычны. К этой группе относится и впервые отмеченный в Забайкалье вид *Rheumaptera neocervinalis*. Также здесь выявлены виды, нередкие западнее и восточнее (или в восточной части) Забайкалья, и отсутствующие на большей части его территории – *Spialia orbifer*, *Leucodonta bicoloria*, *Furcula bifida* (суббореальная группа). Сходное распределение в регионе характерно для температурного вида – *Cerura erminea* (Esper, 1783), поэтому в дальнейшем здесь ожидается встреча и этой хохлатки. На примере бражника *Laothoe populi* мы делаем вывод, что отдельные лесные виды с евросибирско-центральноазиатским типом ареала (центральнопалеарктическая группа), обычные в Европе и Западной Сибири в лесах разных типов, на восточной границе ареала концентрируются на участках темнохвойной тайги в верхней части хребтов, прилегающих к озеру Байкал. Обычным этот бражник отмечен здесь только в черневых лесах Улан-Бургасы. Те же особенности биотопической приуроченности характерны и для совки *Feralia sauberi*, которая во всех типах смешанных лесов Верхнего Амура многочисленна, а в Западном Забайкалье – обычна и многочисленна только на ключевых участках Улан-Бургасы (палеарктоарктическая группа).

На следующем этапе работ планируется реализация следующих задач:

1. выявление дополнительных видов, отмеченных выше групп (суббореальная, неморальная, центрально-, восточнопалеарктическая) для подтверждения закономерностей их распределения в Западном Забайкалье;

2. подтверждение черного статуса лесов юго-западной окраины хр. Улан-Бургасы с помощью специалистов в области ботаники, почвоведения: сборы гербария и образцов почвы в районе выделенных ключевых участков;

3. проведение мониторинговых работ в черневых лесах хребта Хамар-Дабан и на юго-западной окраине Иркутской области для сравнения фаунистических списков Lepidoptera. Выявление неморальных, общих фоновых и доминирующих видов чешуекрылых, выделение типичных чернотаёжных видов.

Работа выполнена согласно гос. заданию ИОЭБ СО РАН (проект 0271-2021-0001).

ЛИТЕРАТУРА

Аненхонов О. А., Пыхалова Т. Д., Осипов К. И., Секулич И. Р., Бадмаева Н. К., Намзалов Б. Б., Кривобоков Л. В. Определитель растений Бурятии. Улан-Удэ: ОАО «Республиканская типография», 2001. 672 с.

Гордеев С. Ю., Гордеева Т. В. Выделение неморальных и отдельной группы таёжных видов чешуекрылых (LEPIDOPTERA) для мониторинговых работ в черневой тайге хребта Улан-Бургасы // Природа Внутренней Азии. Улан-Удэ. 2017. Вып. 2. С. 7–20.

Епова Н.А. Реликты широколиственных лесов во флоре Хамар-Дабана // Изв. биол.-географ. НИИ. Иркутск, 1956. Т. 16. Вып. 1-4. С. 25-61.

Положий А.В., Крапивкина Э.Д. Реликты третичных широколиственных лесов во флоре Сибири. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1985. 157 с.

Пыхалова Т.Д., Бойков Т.Г., Анненхонов О.А. Флора хребта Улан-Бургасы (Восточное Прибайкалье). Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2007. 124 с.

УДК 595.786; 591.52

**Совки родов *Orthosia* Ochsenheimer, 1816 и *Anortoa* Berio, 1980
(Lepidoptera, Noctuidae) Западного Забайкалья**

Гордеев С.Ю.¹, Гордеева Т.В.²

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
gordeevs07@mail.ru¹, tagor71@mail.ru²

Аннотация. Впервые для территории Западного Забайкалья приводятся виды *Orthosia ariuna* Hrebl., *O. askoldensis* Stgr., *O. ella* Butl., *Anortoa munda* Den. et Schiff. По составу *Orthosia* Ochs. фауна Тувы, Прибайкалья и Забайкалья обособлена от фаун Дальнего Востока, Западной Сибири и Европы.

**Moths of the genera *Orthosia* Ochsenheimer, 1816 and *Anortoa* Berio, 1980
(Lepidoptera, Noctuidae) from Western Transbaikalia**

Gordeev S.Yu.¹, Gordeeva T.V.²

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
gordeevs07@mail.ru, tagor71@mail.ru

Abstract. The species *Orthosia ariuna* Hrebl., *O. askoldensis* Stgr., *O. ella* Butl., *Anortoa munda* Den. et Schiff. are firstly recorded from Western Transbaikalia. Fauna *Orthosia* Ochs. of Baikalia, Transbaikalia, Tuva is detached from the faunas of the Far East and Europe - Western Siberia.

Orthosia Ochs. – богатый видами (более 80 видов) голарктический род чешуекрылых (Lepidoptera) семейства Noctuidae, большая часть которых обитает в умеренном поясе Восточной и Юго-Восточной Азии. Он делится на ряд подродов, из которых *Anortoa* Berio сравнительно недавно был повышен до родового ранга (Ronkay et al., 2001). В Евразии виды *Orthosia* локализованы большей частью в приокеанических районах, при этом подавляющее их большинство приурочено к лесам, на Дальнем Востоке – к широколиственным, кедрово-широколиственным и смешанным. Другой характерной чертой этих видов является ранняя активность имаго – вторая половина апреля, май; в Забайкалье в отдельные холодные годы – первая декада июня. В конце июля, начале августа могут быть активны немногочисленные особи второй генерации *O. gothica* L. На территории России обитает 22 вида из рода *Orthosia* (рода *Anortoa* – всего два вида), из них 14 – на Дальнем Востоке. Три западнопалеарктических вида (*O. cerasi* F., *O. opima* Hbn., *O. populeti* F.) отмечены в Сибири не восточнее Предбайкалья. В Забайкалье до настоящего времени было известно четыре вида этого рода – *O. ariuna* Hrebl., *O. ella* Butl., *O. gothica* L., *O. incerta* Hfn., в южной части Западного Забайкалья (Республика Бурятия, Селенгинское среднегорье) – всего два: *O. incerta*; *O. gothica* (Гордеев и др., 2019), один вид – *O. gracilis* Den. et Schiff. – на территории Баргузинской котловины (Рудых, Гордеева (Власова), 1997). Вместе с тем, учитывая преобладающую в этом регионе роль лесов (свыше 50% занятой территории), широкое распространение в юго-западной части Бурятии (Прибайкалье) кедровых и лиственных (в т.ч. влаголюбивых осино-вых) лесов, можно предположить, что видовой состав *Orthosia* Западного Забайкалья богаче. В связи с этим основной целью данной работы явилась изучение коллекционного материала *Orthosia* Ochs. и *Anortoa* Berio с территории Западного Забайкалья.

На первом этапе работы были проанализированы опубликованные данные о видах *Orthosia* и *Anortoa*, встреча которых на территории Западного Забайкалья наиболее вероятна. Следующим шагом был исследован материал чешуекрылых этих родов, хранящийся в коллекциях лаборатории систематики и экологии животных ИОЭБ СО РАН. В мае 2012-2021 гг были выполнены экспедиции по южному побережью Байкала и влажным лесам хр. Улан-Бургасы. Видовая идентификация выполнена с использованием специальной литературы

(Ronkay et al., 2001; Кошкин, 2020; и др.). По результатам проведённых работ составлен видовой список:

1. *Orthosia ariuna* Hreblay, 1991

Для Западного Забайкалья приводится впервые. Ранее был известен из Северной Монголии, Ононской Даурии, Приморья. От близкого вида *O. incerta* Hfn. достоверно отличается деталями строения генитального аппарата самцов: узкий ункус; длинный винкулум; длинный и узкий поллекс, и др. (Кошкин, 2020). В регионе бабочки активны в конце апреля – начале мая. Вид отмечен только в степном поясе Селенгинского среднегорья.

2. *Orthosia incerta* (Hufnagel, 1766)

В северной части Селенгинского Среднегорья это наиболее обычный вид *Metaheterocera* ранневесеннего аспекта. Отмечен в пределах степного, лесостепного и таёжного поясов.

3. *Orthosia askoldensis* (Staudinger, 1892)

Для территории Забайкалья приводится впервые по единственному месту находки из Тугнуйской долины – Тугнуйские столбы. Также населяет Дальний Восток и Северную Монголию. От близкого вида *O. gothica* L. отличается расширенным ункусом и короткими выростами нижней фультуры. Бабочки собраны в сухостепном поясе вблизи каменистых склонов, покрытых абрикосом, жостером (крушиной), таволгой водосборолистной.

4. *Orthosia gothica* (Linnaeus, 1758)

Отмечен как обычный в северной части Селенгинского среднегорья. Ранее был найден в Прибайкалье, Баргузинской котловине. Выяснение особенностей сосуществования этого вида и *O. askoldensis* в южной части Селенгинского среднегорья требует дальнейших исследований.

5. *Orthosia gracilis* ((Denis & Schiffermüller), 1775)

Ранее был отмечен для Бурятии по единственной самке, собранной на севере Баргузинской котловины (Рудых, Гордеева (Власова), 1997). Ревизия материала показала, что этот вид временами нередок в северной части Селенгинского Среднегорья (данные сборов из Улан-Удэ, пос. Онохой). Один экземпляр найден во влажных лесах хребта Улан-Бургасы. Вполне возможно, что отсюда и идёт проникновение этого евро-сибирского вида в долины рек Селенга, Уда.

6. *Orthosia ella* (Butler, 1878)

Забайкальско-дальневосточный вид, систематически близкий *O. gracilis*. Ранее был известен не восточнее юго-востока Восточного Забайкалья. Примечательно, что за весь период исследований в северной части Селенгинского среднегорья этот восточный вид не был найден ни разу.

7. *Anortoa munda* ((Denis & Schiffermüller), 1775)

Впервые отмечен для Забайкалья. Серия бабочек собрана на юго-западном побережье Байкала, в районе с. Большая Речка.

Видовой состав родов *Orthosia* и *Anortoa* западной части Забайкалья (Республика Бурятия) пополнен четырьмя видами: *O. ariuna*; *O. askoldensis*; *O. ella*; *A. munda*. В силу того, что виды *O. gracilis*, *A. munda* оказались в Бурятии нередкими и даже (*A. munda*) обычными, в дальнейшем здесь также стоит ожидать встречи видов *O. cerasi*, *O. opima*, *O. populeti*. В свою очередь в Восточном Забайкалье (Забайкальский край) с высокой долей вероятности могут быть найдены виды *O. ariuna*; *O. askoldensis*. Анализ сходства фаун с помощью коэффициента Шимкевича-Симпсона (Szymkiewicz, Simpson), с учётом новых данных по видам *Orthosia* и *Anortoa* Западного Забайкалья, показал, что фауна ортозий Прибайкалья-Забайкалья (к этой группе также близка фауна Тувы) занимает обособленное положение от дальневосточной и европейско-западносибирской фаун (включая Предбайкальский регион – Иркутская область). Такое положение связано с присутствием здесь палеарктических видов *O. ella*, *O. ariuna*, *O. askoldensis*, отсутствующих западнее, и отсутствием ряда видов, не отмеченных к настоящему времени восточнее Предбайкалья.

ЛИТЕРАТУРА

Кошкин Е.С. Первая достоверная находка малоизвестного вида совок *Orthosia agiuna* Hreblay, 1991 (Lepidoptera, Noctuidae) на Дальнем Востоке России // Амурский зоологический журнал. 2020. Т.12, №3. С. 286-292.

Рудых С.Г., Гордеева Т.В. (Власова Т.В.). Высшие разноусые чешуекрылые Баргузинской котловины. // Состояние и проблемы охраны природных комплексов северо-восточного Прибайкалья. Труды Государственного заповедника «Джержинский». Улан-Удэ: Изд-во Бурятск. гос. ун-та, 1997. Вып. 2. С.59-71.

Ronkay, L., J. L. Yela and M. Hreblay. Hadeninae II. Noctuidae Europaeae. Entomological Press, Sorø, 2001. Vol. 5. 1-352 pp. + 20 pls.

УДК 595.789; 591.54; 551.583

Влияние сезонных изменений климата на население переливниц (*Apatura*, *Papilionoidea*, *Lepidoptera*) Селенгинского Среднегорья

Гордеева Т.В.¹, Гордеев С.Ю.²

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
tagor71@mail.ru¹, gordeevs07@mail.ru²

Аннотация. Определены критические периоды выживания видов рода *Apatura* F. (*Papilionoidea*, *Nymphalidae*). Наиболее важными для них являются условия холодного периода, переживаемого в преимагинальной стадии: для *A. ilia* – позднеосенний период; для *A. metis* и *A. iris* – зима - начало весны.

Influence of seasonal changes of climate on the *Apatura* F. species population (*Papilionoidea*, *Lepidoptera*) of Selenga Midlands

Gordeeva T.V.¹ Gordeev S.Yu.²

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
tagor71@mail.ru¹, gordeevs07@mail.ru²

Abstract. The critical periods of the existence of *Apatura* species were determined in Western Transbaikalia. It is the conditions of the cold period when such species are in the preimaginal stage. Most important factor for *A. ilia* is late autumn conditions, whereas for *A. metis* and *A. iris* it is winter and early spring conditions.

Анализ динамики численности и состава населения *Papilionoidea* в Селенгинском среднегорье в связи с изменениями климата в последние десятилетия показал, что население дневных бабочек в Забайкалье регулируется преимущественно **температурой** и **влажностью**. При этом для неморальных и экологически близких им видов более значимы условия увлажнения (Гордеев, Гордеева, 2019; Gordeev, Gordeeva, 2020).

С использованием метода главных компонент (Principal Component Analysis, PCA) проведено сравнение среднемесячных показателей метеорологических элементов последних десятилетий и анализ влияния сезонных изменений на население переливниц (рисунок).

В результате определено 42,01 % вариаций (переменных) в пространстве главных компонент при вкладе F1 – 24,74 % и F2 – 17,27 %. Анализ показал, что вид *Apatura ilia* отчётливо обособлен от остальных переливниц (*Apatura* sp.), будучи более зависимым от позднеосенних значений температуры и влажности (T(X)=0.4; F(X)=0.3; T(XI)=0.5; F(XI)=0.5) – времени, когда он вступает в диапаузу. Для видов *A. metis* и *A. iris* наиболее значимы условия в период зимовки (T(XII)=0.6; W(XII)=0.7; F(XII)=0.6; T(I)=0.7; W(I)=0.5; F(I)=0.7; T(II)=0.6; W(II)=0.5; F(II)=0.7). Они положительно отзываются на раннее тепло (T(III)=0.7) и весеннюю влагу (F(III)=0.7; W(IV)=0.7; F(IV)=0.5; W(V)=0.7; F(V)=0.7; W(VI)=0.5; F(VI)=0.8), способствующие ранней вегетации кормовых растений, благополучному развитию и окукливанию перезимовавших гусениц.

Сравнение среднемесячных показателей погодных условий выявило непрерывный рост осенних температур, влажности и осадков в последние десятилетия (таблица). Так, оказались положительными угловые коэффициенты погодных трендов октября ($K_T=0,2$; $K_F=0,2$; $K_{RR}=0,7$), благоприятно повлиявшие на численность *A. ilia*. Аналогично рост температур зимних и ранневесенних месяцев ($K_T=0,3-0,7$) при положительном тренде влажности ($K_F=0,1$) и возрастающем количестве осадков ($K_{RR}=0,0-2,1$) способствовал благополучной зимовке переливниц *A. iris* и *A. metis*. В целом для переливниц в Забайкалье особенно актуальны благоприятные условия холодного периода развития и зимовки: для *A. ilia* – условия позднеосеннего периода; для *A. metis* и *A. iris* – условия зимы, начала весны.

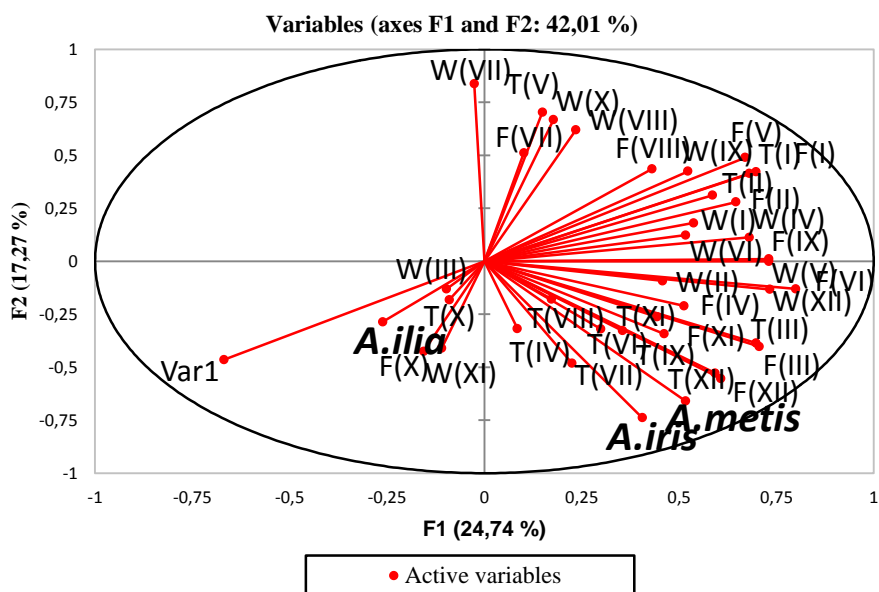


Рис. Распределение показателей населения представителей рода *Apatura* и среднемесячных данных температуры и влажности в пространстве главных компонент F1 и F2 анализа PCA. Примечание: F1-F2 – главные компоненты; Т – температура; W – относительная влажность; F – абсолютная влажность; I-XII – обозначения месяцев (январь-декабрь)

Таблица

Угловые коэффициенты линий тренда среднемесячных показателей тепла и влаги в Селенгинском Среднегорье в 2002-2014 гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T	0.3	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0
F	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
RR	0.0	0.2	0.7	2.1	2.2	0.7	1.5	1.3	1.7	0.7	0.0	0.0

Примечание: Т – температура; F – абсолютная влажность; RR – количество осадков; I-XII – обозначения месяцев (январь-декабрь).

Полученные результаты доказывают: продвижению неморальных видов чешуекрылых вглубь Сибири способствовали изменившиеся здесь с начала 2000-х годов погодные условия. Благополучной зимовке представителей рода *Apatura* в Западном Забайкалье способствовали затяжная, тёплая и влажная осень, более снежная зима и раннее наступление весны. Именно эти изменения холодного сезона привели к освоению переливницами ранее недоступных для них территорий и расширению ареала.

Работа выполнена согласно гос. заданию ИОЭБ СО РАН (проект 0271-2021-0001).

ЛИТЕРАТУРА

Гордеев С.Ю., Гордеева Т.В. О причинах появления отдельных представителей неморальных видов бабочек (Lepidoptera, Diurna) на территории Бурятии // Региональные проблемы экологии и охраны животного мира Материалы Всероссийской научной конференции. Ответственный редактор Е. Н. Бадмаева. 2019. Улан-Удэ. С. 31-35.

Gordeev S.Y., Gordeeva T.V. The Causes of Penetration of *Apatura Fabricius*, 1807 (Lepidoptera, Nymphalidae) Species into Western Transbaikalia // Russian Journal of Biological Invasions. 2020. T.11. №1. P. 1-8.

УДК 595.713 (571.54)

**Предварительные данные по фауне и населению коллембол (Collembola)
отрогов Малого Хамар-Дабана (Западное Забайкалье)**

Гулгенова А.Б.

Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, Улан-Удэ, Россия,
chima85@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований фауны и населения коллембол отрогов Малого Хамар-Дабана (Западное Забайкалье). Отмечено 75 видов. Приводятся данные по структуре доминирования и общей численности коллембол в 4 биотопах.

**Preliminary data on the springtails fauna and population
of the Malyy Khamar-Daban spurs (Western Transbaikalia)**

Gulgenova A.B.

Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russia, chima85@mail.ru

Abstract. The results of studying the springtails fauna and population of the Malyy Khamar-Daban spurs (Western Transbaikalia) are reported. In all, 75 species were recorded in the region. The data on the structure of dominance and the general population density of the springtails in 4 biotopes are given.

Коллемболы, или ногохвостки, – разнообразная группа мелких членистоногих, распространенная практически во всех наземных биотопах. Территория Забайкалья в отношении фауны и экологии коллембол исследована неравномерно, более интенсивно исследовался юг Витимского плоскогорья, откуда известно 136 видов коллембол (Чимитова и др., 2010). Работ по коллемболам Малого Хамар-Дабана до наших исследований не было.

Исследования проводились в течение полевых сезонов 2013-2014 гг. в отрогах Малого Хамар-Дабана (южный макросклон). Взятие почвенных проб осуществлялось буром диаметром 5 см на глубину 15-20 см. Выгонку коллембол проводили по стандартной методике с помощью воронок Тульгрена (Гиляров, 1975). Пробы отбирали 3 раза за сезон (в июле, августе и сентябре) в биотопах: кедрово-лиственничный разнотравный лес, разнотравно-осоковый луг с пятилисточник, зеленомошно-кустарниковый березово-лиственничный лес, заболоченный осоковый луг, разнотравно-злаковая степь. В каждом биотопе в каждый срок брали по 15 проб.

В состав фауны коллембол отрогов южного макросклона Малого Хамар-Дабана вошло 75 видов коллембол, относящихся к 9 семействам. Наибольшее разнообразие характерно для семейств Isotomidae, Onychiuridae и Hurogastruridae.

Самым богатым и разнообразным семейством является Isotomidae, оно включает 11 родов и 29 видов, наиболее богатый по количеству видов род *Folsomia* (8 видов), что характерно для других районов Забайкалья. Также довольно разнообразны роды *Parisotoma* (4 видов) и *Desoria* (5 видов). Всего по одному виду включают роды *Scutisotoma*, *Ballistura*, *Metisotoma*, *Secotomodes* и *Vertagopus*. В сборах с района исследования нами были обнаружены довольно редко встречающиеся в других сборах с Забайкалья представители семейства Isotomidae *Metisotoma grandiceps* и *Secotomodes sibiricus* в зеленомошно-кустарниковом березово-лиственничном лесу.

Второе место по видовому разнообразию занимает семейство Onychiuridae, наиболее богатый род *Protaphorura* (9 видов). В наших сборах обнаружен вид *Dungeraphorura martynovae*, описанный из Монголии и известный из других районов Забайкалья. Интересной является находка представителей рода *Supraphorura*.

Третье место по видовому разнообразию занимает Hurogastruridae. Наиболее богатый род *Ceratophysella* (6 видов). Также разнообразны роды *Xenylla* (4 вида) и *Willemia* (2 вида).

Наибольшее количество видов обнаружено в зеленомошно-кустарниковом березово-лиственничном лесу (43) и кедрово-лиственничном разнотравном лесу (36). В разнотравно-злаковой степи и на заболоченном осоковом лугу число видов сокращается до 15 и 14 соответственно.

Общая численность коллембол также высока в лесных биотопах: в кедрово-лиственничном разнотравном лесу (8,08 тыс. экз./м²) и зеленомошно-кустарниковом березово-лиственничном лесу (6,90 тыс. экз./м²). Меньшие значения численности на разнотравно-осоковом лугу с пятилистником (3,25 тыс. экз./м²), минимальные – в разнотравно-злаковой степи (0,7 тыс. экз./м²).

Население ногохвосток исследованных биотопов сильно различается по наборам доминантов, также структура доминирования значительно варьирует в течение сезона. Для сравнения мы выбрали данные за июль. В кедрово-лиственничном лесу доминантами являются *Protaphorura taimyrica*, *Vertagopus* sp. 1, *Neanura* sp. 2. В зеленомошно-кустарниковом березово-лиственничном лесу доминируют *P. taimyrica*, *Xenylla* sp. 1, *Folsomia continentalis*, *Isotoma viridis*. В разнотравно-осоковом лугу с пятилистником преобладает *P. neriensis*, *I.* sp. 2, *Parisotoma notabilis*, в заболоченном осоковом лугу – *Desoria* sp. 1 и *Sminthurinus* sp. 1. В разнотравно-злаковой степи доминируют *Scutisotoma stepposa*, *Pseudachorutes* sp. 2 и *D. martynovae*.

Полученные нами предварительные данные в целом свидетельствуют о сходстве фауны коллембол с таковыми соседних регионов, с наличием своеобразных элементов. Для сообществ коллембол характерны значительные изменения численности и состава доминантов в течение сезона и по биотопам, что обнаруживается и в других районах Забайкалья.

ЛИТЕРАТУРА

Гиляров М.С. Учет мелких членистоногих (микрофауны) и нематод // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 30-43.

Чимитова А.Б. Чернова Н.М., Потапов М.Б. Население коллембол (*Collembola*) в мерзлотных почвах Витимского плоскогорья // Зоол. журнал. 2010. Т. 89, №9. С. 1076-1082.

УДК 631.48

Микроморфологические особенности почвообразовательных процессов в почвах Еравнинской котловины Забайкалья*Гынинова А.Б., Бадмаев Н.Б.*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
ayug.gyninova@mail.ru

Аннотация. Микроморфологическое строение почв теневых склонов возвышенностей Еравнинской котловины показало, что на водоразделах под лиственничной тайгой активны гумификация и агрегирование почвенной массы поверхностных горизонтов, микрослоистость осветленных горизонтов. В средней части профиля агрегаты угловатые и агрегаты-ооиды криогенного происхождения пропитаны гидроксидами железа, что позволяет предположить их принадлежность подтипу криометаморфическая грубогумусовая оподзоленная. Почвы березняков на склонах северной экспозиции отличаются мощным гумусовым горизонтом с органическим веществом черного цвета, карбонатностью материнской породы в средней части профиля – признаки палеовых темногоумусовых почв. На предгорной равнине отмечается перераспределение тонкодисперсных фракций по профилю, формирование гумуса mull и агрегатов-ооидов, нодулей и карбонатных новообразований, что позволяет отнести их к черноземам глинисто-иллювиальным мерзлотным.

Micromorphological features of soil-forming processes in the soils of the Eravninskaya depression of Transbaikalia*Gyninova A.B., Badmaev N.B.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, nima_b@mail.ru

Abstract. The micromorphological structure of the soils on the shady slopes of the uplands of the Eravninskaya depression showed that humification and aggregation of the soil mass of the surface horizons, microlaying of the clarified horizons are active on the watersheds under the larch taiga. In the middle part of the profile, angular aggregates and cryogenic ooid aggregates are impregnated with iron hydroxides, which suggests that they belong to the Skeletic Follic Cryosol (Nechic) subtype. The soils of the birch forests on the slopes of the northern exposure are distinguished by a thick humus horizon with black organic matter, and the carbonate content of the parent rock in the middle part of the profile - signs of Follic Phaeozem (Colluvic, Tonguic). On the foothill plain, there is a redistribution of finely dispersed fractions along the profile, the formation of humus mull and aggregates-ooids, nodules and carbonate new formations, which makes it possible to classify them as Luvic Chernozem (Tonguic).

В Еравнинской котловине юга Витимского плоскогорья, как и в других котловинах забайкальского типа, увалы и сопки обычно изолированы друг от друга и «погружены» в осадки озерно-аллювиального и эолового генезиса. Гора Дархитуй представляет собой отдельное возвышение с чехлом рыхлых отложений, представленных продуктами выветривания гнейсов, гранитов, известняков, кристаллических сланцев, базальтов и палеобазальтов (Базаров, 1986), отличающихся накоплением глинистых пород, обогащенных карбонатами и гидроксидами железа. Предгорная равнина сложена аллювиально-озерными отложениями.

Исследовались физико-химические свойства и микроморфологическое строение почв склона теневой экспозиции возвышенности Дархитуй.

Под лиственничной тайгой на водораздельных позициях формируются криометаморфические почвы. В горизонтах АО и АУ об активной гумификации и агрегировании почвенной массы свидетельствуют потемневшие и измельченные ткани растений (10-50 мкм) и сложные микроагрегаты. Агрегаты в горизонте АУ часто упакованы в микрослои, отмечаются признаки сепарации скелета и плазмы, включающей гумус, глину и аморфное железо. В горизонтах CRM_i и CRM значительная часть минералов, сохраняя внешнюю форму, внутри полностью преобразована в глинистое вещество или пропитана гидроксидами железа. Наблюдается активная метаморфизация первичных минералов: побурение, оглинивание, образование на поверхности минералов автохтонной кутаны толщиной 3-5 мкм. Плазма орга-

но-Fe-глинистая, бурая. Отмечается слабая криогенная сепарация на тонкую пыль и глину. Агрегаты угловатые и агрегаты-ооиды имеют криогенное происхождение. Согласно полученным данным почвы привершинной части имеют признаки и свойства криометаморфической грубогумусовой оподзоленной почвы.

В почве нижней части склона северной экспозиции обнаруживается аналогичная направленность процесса гумификации в горизонте АО с образованием в нижней части лесной подстилки почерневшего измельченного органического вещества и сложных многопорядковых агрегатов. Микростроение горизонта ВР1 плазменно-песчаное. В микростроении доминирует плазма карбонатно-глинистая, спутанно-волокнутого строения и железисто-глинистая с Fe-стяжениями размером ~150-мкм. Много биотита побуревшего и оглиненного. Встречаются зерна кальцита. Кутана автохтонная со слабыми признаками подвижности.

Микростроение горизонта ВСА песчано-пылевато-плазменное. Плазма карбонатно-глинистая. Много сильно выветрелых пластинок биотита и полевого шпата с трещинами, прокрашенными гидроксидами железа и глинистыми образованиями внутри. Обилие дисперсных криптозернистых (размером 2-3 мкм) кристаллов карбонатов, заполняющих поры и покрывающих минералы.

Микростроение горизонта ВСq включает плазму, пыль, и песчаные зерна; соотношение фракций примерно равное. Плазма представлена аморфными черными и бурыми сгустками размером 10-20 мкм. Среди зерен минералов обилие биотита, черных, желтых и зеленых минералов, продуктов гидророметаморфизма. Зерна минералов покрыты кутаной толщиной ~ 10 мкм.

Таким образом профиль почвы формируется под влиянием следующих процессов: активная гумификация; активная гумификация и агрегирование; активное оглинение, ожелезнение и агрегирование, карбонатизация, которые в комплексе наиболее характерны для палевых темногоумусовых почв. Название почвы предварительное и требует аналитического подтверждения поведения форм соединений железа и состава гумуса.

В нижней части катены на предгорных равнинах под остепненными лугами почвообразование происходит на делювиальных или древнеозерных отложениях. Почвы характеризуются перераспределением тонкодисперсных фракций по профилю, значительным накоплением гумуса и высокой степенью агрегированности. Агрегаты сложные, состоят из глинисто-гумусных, размером ~ 10-30 мкм (микроагрегатов), объединяющихся в более крупные структурные отдельности округлой или неправильной формы, размером 100-400 мкм и до 2-3 мм. В горизонте Вi глинистая плазма имеет сплошное волокнутое строение, с образованием криогенных агрегатов-ооидов, формирование нодулей и карбонатных новообразований. Образование последних обусловлено увеличением концентрации раствора при промерзании или в пределах надмерзлотной верховодки. В целом доминируют признаки чернозема глинисто-иллювиального мерзлотного.

Физико-химические свойства почв свидетельствуют об их геохимической сопряженности. От вершины горы к подножию и к предгорной равнине реакция среды почв меняется от кислой до щелочной, мощность гумусированной толщи возрастает. Выполненные исследования свидетельствуют о том, что почвы исследованной катены образуют ряд, включающий предположительно криометаморфическую грубогумусовую оподзоленную почву, палеую темногоумусовую почву и чернозем глинисто-иллювиальный мерзлотный.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05250 мк и бюджетного проекта № 121030100228-4.

ЛИТЕРАТУРА

Базаров Д.-Д. Б. Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 172 с.

УДК 579.68

Микробиологическая оценка качества воды крупных пресных озер Еравнинской котловины

Дагурова О.П., Козырева Л.П., Зайцева С.В., Цыденова Б.В.,
Бурюхаев С.П., Бархутова Д.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, dagur-ol@mail.ru

Аннотация. Были изучены микробиологические показатели воды крупных пресных озер Еравнинской котловины: Исинга, Гунда, Сосновое и Большое Еравное, имеющих рыбохозяйственное и водохозяйственное значение. По санитарно-микробиологическим показателям вода озер в изученных участках в целом соответствовала требованиям СанПиН и может быть использована в рекреационных и хозяйственных целях. В составе микробного сообщества обнаружено доминирование небольшого числа родов бактерий, большая доля в сообществе энтеробактерий рода *Klebsiella*, что свидетельствует об изменении структуры микробного сообщества в результате воздействия природных и антропогенных факторов.

Microbiological assessment of water quality of large freshwater lakes of the Eravninskaya depression

Dagurova O. P., Kozyreva L.P., Zaitseva S.V., Tsydenova B.V.,
Buryukhaev S.P., Barkhutova D.D.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, dagur-ol@mail.ru

Abstract. The chemical and microbiological indicators of water were studied in the four large freshwater lakes of the Eravninskaya depression: Isinga, Gunda, Sosnovoe and Bolshoe Eravnoe. These lakes have great fishery and water management significance. The lakes water in the studied areas generally met the requirements of SanPiN according the values of sanitary-microbiological and chemical indicators. It can be used for recreational and economic purposes. The microbial community was found to be dominated by a small number of bacterial genera, a large share of *Klebsiella*, which indicates a change in the microbial community structure as a result of natural and anthropogenic activities.

Еравнинская котловина занимает приподнятую (более чем на 900 м над ур. моря) часть крайнего юго-запада Витимского плоскогорья и расположена в области водораздела рек Витим (бассейн р. Лены) и Уда (бассейн оз. Байкал). Еравнинская озерная система насчитывает 10 крупных и более 200 мелких озер. Они расположены на месте обширных древних озёр мезозойского периода. Большинство Еравнинских озер в настоящее время бессточные. Крупные озера (Большое и Малое Еравное, Сосновое, Гунда, Исинга, Большая Харга) площадью больше 1,0 тыс. га составляют основу рыбохозяйственного фонда Республики Бурятия. Еравнинские озера мелководны, средние глубины в большинстве озер не превышают 3–4 м. Расположение озер на водораздельной возвышенности, а также неравномерный режим выпадения осадков определяют неустойчивость их водного режима. Характерна цикличность подъема и спада уровня, что связано с закономерным чередованием многоводных и маловодных лет. Несмотря на ряд негативных факторов последних лет (маловодные годы), Еравнинская группа озер остается одной из самых продуктивных и перспективных в Забайкалье в плане товарного выращивания рыбы (Перязева, Плюснин, 2012; Бобкова, Соколов, 2013).

Были изучены 4 крупных пресных озера Исинга, Гунда, Сосновое и Большое Еравное в июле 2019 г. Пробы для исследований отбирали с поверхностного горизонта в стерильную посуду в 3 различных точках каждого озера. Учет микроорганизмов был проведен методами классической микробиологии. Выявление санитарно-показательных групп бактерий (общих колиформных бактерий ОКБ и термотолерантных колиформных бактерий ТКБ) проводили, руководствуясь МУК 4.2.1884-04 и ГОСТ 24849-2014. Секвенирование было проведено в ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» Всероссийского научно-

исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ) в трех технических повторностях.

Температура воды при отборе составляла 21–26 °С, общая минерализация озер варьировала от 276 мг/л (Исинга) до 380 мг/л (Сосновое), значения рН – от 8,4 до 9,0. Вода всех изученных озер относится к гидрокарбонатно-натриевому типу. Обнаружено повышение минерализации воды по сравнению с ранее проведенными исследованиями (Плюснин, Перязева, 2012). Выявлены высокие концентрации органического вещества (19–38 мг/л) и численности бактерий (1,03–3,3 млн. кл/мл). Наиболее высокие значения отмечались в озере Сосновое. По некоторым показателям воды озер относятся к олиготрофному типу (содержание кислорода, прозрачность, величины продукции и деструкции), по некоторым – к мезотрофному типу (минерализация, содержание органического вещества, численность бактерий). В озерах Сосновое и Большое Еравное ОКБ и ТКБ обнаружены в количестве 60 КОЕ/100 мл, в озерах Исинга и Гунда количество ОКБ и ТКБ были выше – до 200 КОЕ/100 мл. Санитарно-микробиологическое состояние озер можно оценить как относительно благополучное. Воды озер могут быть использованы в хозяйственных и рекреационных целях.

В микробном сообществе изученных озер на уровне филумов доминировали представители Proteobacteria (48–74 %), Actinobacteria (4–35 %) и Firmicutes (1,17–34,6 %). Bacteroidetes (0,3–7 %), Cyanobacteria (0,9–6,5 %) и Planctomycetes (1,5–10,5 %) являлись субдоминантами. Распространение этих филумов характерно для сообществ пресноводных озер (Newton et al., 2011). Самый многочисленный среди протеобактерий класс Gammaproteobacteria характеризовался преобладанием представителей трех родов: *Acinetobacter* (до 35 %), *Pseudomonas* (до 28 %) и *Massilia* (до 17%). Бактерии рода *Acinetobacter* были обнаружены в метагеномах различных местообитаний, в том числе в почвах и пресных водоемах с высокой антропогенной нагрузкой (Lee et al., 2016). Род *Massilia*, объединяющий в себя также род *Naxibacter*, выделяемый из воды, почвы и воздуха, физиологически очень разносторонний, может использовать широкий спектр органических веществ.

В озерах Исинга и Гунда выявлены последовательности р. *Klebsiella* (семейство *Enterobacteriaceae*), являющихся показателем вероятного фекального загрязнения. Они составляли 12,3–28,1 % в пробах оз. Гунда, и 15,4 % в пробе Исинга1. *Klebsiella* — род условно-патогенных бактерий, широко распространенных в объектах окружающей среды, в том числе почве и воде (Xu et al., 2010). Возможно, это связано с выпасом скота, который интенсивно выпаживается на озерах Исинга и Гунда.

Доля Firmicutes была довольно высока и составляла 1,2–34,6 %. Firmicutes представлены классом Bacilli, родом *Exiguobacterium*. Род *Exiguobacterium* доминировал во многих пробах, а в пробе Исинга 3 составлял в сообществе более 34%. Увеличение доли этого рода в микробном сообществе ранее наблюдалось в рекреационных загрязненных водах пресных озер США (Lee et al., 2016).

Таким образом, по санитарно-микробиологическим и химическим показателям вода изученных озер Еравнинской котловины в изученных участках в целом соответствовала требованиям СанПиН и может быть использована в рекреационных и хозяйственных целях. Микробное сообщество озер состоит из филумов бактерий, типичных для пресноводных экосистем Proteobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes, Planctomycetes, Verrucomicrobia. Полученные результаты выявили тенденцию к эвтрофированию: обнаружено увеличение концентрации биогенных элементов и численности органотрофных бактерий, доминирование небольшого числа родов бактерий, что свидетельствует об изменении структуры микробного сообщества и неблагоприятном экологическом состоянии озер. Увеличение доли родов *Exiguobacterium* и *Klebsiella* может свидетельствовать о загрязнении озер в результате антропогенной нагрузки. При оценке трофического статуса и качества воды пресных озер необходимо опираться на комплексный мониторинг различных показателей экосистемы, в частности, изменения в составе, численности и разнообразии микробного сообщества являются важной и показательной характеристикой возможного неблагоприятия экосистемы.

Работа выполнена в рамках Госзадания № 121030100229-1 и поддержана грантом РФФИ № 18-44-030028-р_а.

ЛИТЕРАТУРА

Бобкова Е.А., Соколов А.В. Рыбохозяйственное использование Еравно-Харгинской системы озер // Вестник ВСГУТУ. – 2013. - № 3. – С. 168-172.

Плюснин А.М., Перязева Е.Г. Гидрологические и гидрохимические особенности озер Еравнинской котловины // География и природные ресурсы. - 2012. - № 2. - С. 67-74.

Lee C.S., Kim M., Lee C., Yu Z. and Lee J. 2016. The Microbiota of Recreational Freshwaters and the Implications for Environmental and Public Health. *Frontiers of Microbiology*. 7:1826. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01826

Newton R.J., Jones S.E., Eiler A., McMahon K.D., Bertilsson S. 2011. A guide to the natural history of freshwater lake bacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 75:14–49. DOI: 10.1128/MMBR.00028-1

Xu, J., Li, W., Chen, X. & Zhou, Y. 2010. *Klebsiella alba* sp. nov., a novel pesticide-tolerant bacterium from a heavily polluted environment. *Journal of General and Applied Microbiology*. 56: 241–247.

УДК 579.26

Изотопные соотношения углерода $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ засоленных экосистем Западного Забайкалья

Дамбаев В.Б., Давыдова Т.В.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, slavadmb@rambler.ru

Аннотация. Изучен изотопный состав углерода $\delta^{13}\text{C}$ почвенного органического вещества и галофитной растительности сорных солончаков на примере Селенгинского среднегорья и Баргузинской котловины. Выявлены различия изотопного состава между наземной фитомассой и почвенным органическим веществом на 7‰. В результате потребления растительных продуктов микроорганизмами образуются микробная биомасса, углекислота и органические метаболиты с изотопным составом углерода, наследующим с точностью до изотопного эффекта состава использованных продуктов.

Isotopic variations of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ carbon in saline ecosystems of Western Transbaikalia

Dambaev V.B., Davydova T.V.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, slavadmb@rambler.ru

Abstract. The isotopic composition of carbon $\delta^{13}\text{C}$ of soil organic matter and halophytic vegetation of sor solonchaks has been studied using the example of the Selenga midlands and the Barguzin depression. Differences in the isotopic composition between the ground phytomass and soil organic matter by 7 ‰ were revealed. As a result of the consumption of plant products by microorganisms, microbial biomass, carbon dioxide and organic metabolites are formed with the isotopic composition of carbon inheriting the composition of the used products with an accuracy of the isotope effect.

Особое внимание уделяется изменению природной среды, в результате глобального потепления климата (Груза, Ранькова, 2003). Такие изменения приведут к увеличению площадей засоленных территорий с галофитной растительностью. Аридные ландшафты Забайкалья, где довольно многочисленны содовые и соленые озера, характеризуются формированием засоленных местообитаний. Особенностью экосистем Байкальского региона является зависимость от климатических факторов, в первую очередь температуры и количества осадков.

Анализ изотопного состава углерода почв и растительности позволяет выяснить механизм процессов почвообразования, оценить роль почвенных микроорганизмов в гумификации и минерализации, определить интенсивность круговорота углерода.

Целью данной работы являлось исследование изотопного состава углерода $\delta^{13}\text{C}$ засоленных экосистем Западного Забайкалья.

Объектами исследования являлись соры озер Селенгинского среднегорья: оз. Белое и Баргузинской котловины: оз. Нухэ-Нур, оз. Гуджирганское. Исследованные озера: Белое, Нухэ-Нур и Гуджирганское представлены карбонатно-гидрокарбонатным, сульфатно-натриевым, сульфатно-гидрокарбонатно-натриевым, типом воды (Намсараев и др., 2009).

В донных отложениях озера Белое изотопный состав органического вещества $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ был равен -28,65 ‰, карбонатов -10,29 ‰. В донных отложениях оз. Белое из-за развития водорослей с C_3 -типом фотосинтеза $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ «тяжелее», чем в почвах сорного солончака. Объясняется это вкладом растительных остатков аллохтонного происхождения и пониженная активность их минерализации в донных отложениях по сравнению с лабильным органическим веществом автохтонного происхождения. Изотопный состав углерода органического вещества $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ в донных осадках озер Нухэ-Нур и Гуджирганское составлял -22,28‰ и -23,70‰, соответственно. В донных осадках этих озер из-за развития водорослей с C_3 -типом фотосинтеза $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ «легче», чем в почвах прибрежных солончаков. Причиной этого, является

ся вклад растительных остатков аллохтонного происхождения и пониженная активность минерализации органического вещества в донных осадках.

Характерной чертой исследованных почв является маломощность гумусового горизонта (не более 20 см).

Содержание $C_{орг}$ в верхнем слое почвенных разрезов изученных озер варьировало от 1,54% до 5,62%. Влажность почвы достигала 36,8%. Значение pH водной вытяжки варьировало от 8,2 до 9,61 в верхних горизонтах и от 7,9 до 9,16 в нижних горизонтах почвы, соответственно (таблица). Для Забайкалья характерна сухая холодная и ветреная погода весной и в начале лета, что приводит к иссушению почв в мае-июне, а во второй половине лета выпадают осадки, которые увеличивают влажность почвы до 30-40 % (Ларионова и др., 2010).

Таблица

Физико-химические параметры и $\delta^{13}C_{орг}$ соров Западного Забайкалья

Глубина, см	Влажность, %	pH	$C_{орг}$, %	$\delta^{13}C_{орг}$, ‰
сор оз. Белое				
5	12,5	8,2	1,54	-24,24
15	14,4	7,9	1,0	-25,59
35	13,7	8,0	0,69	-25,12
55	12,9	8,7	0,22	-24,64
70	13,2	8,9	0,54	-24,19
90	12,8	7,9	0,59	-26,86
сор оз. Нухэ-Нур				
0-10	36,8	8,70	5,62	-20,29
10-20	32,7	8,38	6,73	-11,94
20-30	21,0	8,27	6,15	-13,74
30-40	17,1	8,43	2,13	-11,10
40-50	24,9	8,26	0,72	-12,14
сор оз. Гуджирганское				
0-5	9,2	9,41	3,82	-19,02
5-15	11,9	9,61	2,2	-18,65
15-30	12,9	9,10	2,98	-15,55
30-50	12,7	8,45	2,23	-14,61
50-70	13,1	8,60	1,92	-13,69
70-90	15,4	9,16	1,60	-12,61

Изотопный состав углерода для произрастающей растительности сорового солончака оз. Нухэ-Нур и оз. Гуджирганское имело значение -28,31 ‰ и -28,84 ‰ соответственно, и является характерным для растений с C_3 -типом фотосинтеза. Органическое вещество в верхней части гумусового горизонта почв $\delta^{13}C$ варьировало от -20,29 ‰ до -19,02 ‰. Вниз по профилю почвы происходит «утяжеление» органического вещества на 6-8‰. По данным Е.Г. Моргуна с соавторами (2010) обнаружены различия в изотопном составе углерода между наземной фитомассой и почвенным органическим веществом на 7 ‰. Таким образом, в почву поступает органическое вещество, изотопный состав углерода которого зависит от типа произрастающей растительности и связан с условиями существования растений.

Почвы сорового солончака озера Белое содержат карбонаты с изотопным составом от -16,70‰ до -11,74‰.

Изотопный состав почвенного CO_2 сора озера Белое составлял -23,47 ‰ и наследовал изотопный состав органического вещества почвы -26,55 ‰. $\delta^{13}C$ CO_2 сора озера Нухэ-Нур и Гуджирганское был равен -20,76 ‰ и -19,90 ‰. Почвенный CO_2 и его изотопный состав формируется несколькими источниками: в результате корневого дыхания, разложения органического вещества и, по крайней мере в самых верхних почвенных горизонтах, диффузией атмосферного CO_2 в почву. В целом, почвенный CO_2 приблизительно на 8‰ "утяжелен"

(обогащен ^{13}C изотопом) по сравнению с соответствующей растительностью. Этот факт, является следствием различия коэффициентов диффузии в воздухе $^{13}\text{CO}_2$ и $^{12}\text{CO}_2$ в результате чего, более «легкие» молекулы CO_2 диффундируют из почвы скорее, чем "тяжелые" (Vance, Broors, Jenrinson, 1987).

Таким образом, изотопная масс-спектрометрия может служить высокоинформативным методом при определении микробной минерализации почвенного органического вещества, и органических продуктов попадающих в почву.

Работа выполнена по плану государственного задания (№ 121030100229-1) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-44-030021 p_a.

ЛИТЕРАТУРА

Груза Г.В., Ранькова В.А. Колебания и изменение климата на территории России // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 2. С. 166–185.

Ларионова А.А., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Золотарева Б.Н., Евдокимов И.В., Кудеяров В.Н. Эмиссия диоксида углерода из агросерых почв при изменении климата // Почвоведение. 2010. № 2. С. 1–10.

Моргун Е.Г., Ковда И.В., Рысков Я.Г., Олейник С.А. Возможности и проблемы использования методов геохимии стабильных изотопов углерода в почвенных исследованиях (обзор литературы) // Почвоведение. 2008. № 3. С. 299–310.

Намсараев Б.Б., Хахинов В.В., Бархутова Д.Д., Дамбаев В.Б. Краткая характеристика исследованных озер // Солончатые и соленые озера Забайкалья: гидрохимия, биология. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2009. С. 34–56.

Vance E.D., Broors P.C., Jenrinson D.S. // Soil Biol.Biochem. 1987. Vol. 19. P. 703–707.

УДК 615. 322:616.36-002

Растительные лекарственные средства в комплексной терапии и профилактике алкогольных интоксикаций

Дашинамжилов Ж.Б.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, dzharg@mail.ru

Аннотация. Экспериментально установлена, что повреждение печени крыс этанолом сопровождается активацией процессов перекисного окисления липидов, развитием синдромов цитолиза и холестаза. Курсовое комбинированное введение животным с этаноловым гепатитом фитосредств «наркофита» и «алкофоба» ингибирует процессы перекисного окисления липидов, стимулирует желчеобразовательную и желчевыделительную функции печени, способствуют нормализации функционального состояния печени.

Herbal medicines in complex therapy and prevention of alcohol intoxication

Dashinamzhilov Zh.B.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, dzharg@mail.ru

Abstract. It was experimentally established that ethanol damage to the liver of rats is accompanied by the activation of lipid peroxidation processes, the development of cytolysis and cholestasis syndromes. Course combined administration to animals with ethanol hepatitis herbal remedies "narcofit" and "alcophobe" inhibits the processes of lipid peroxidation, stimulates the bile-forming and biliary functions of the liver, and contributes to the normalization of the functional state of the liver.

Известно, что этанол существенным образом влияет на течение биохимических и биофизических процессов в организме, активно вмешивается в процессы биотрансформации эндо- и экзогенных соединений, оказывая повреждающее действие на гепатобилиарную систему. С учетом указанного действия этилового спирта проведены исследования по определению фармакотерапевтической эффективности комбинированного назначения фитосредств «наркофита» и «алкофоба» при повреждении печени этанолом.

Эксперименты проведены на белых крысах-самцах с исходной массой 140–160 г. Животных содержали в условиях вивария на стандартном рационе питания. Все экспериментальные животные были разделены на три группы по 10 крыс в каждой. 1 опытной группе белых крыс вводили внутривенно «наркофит» и «алкофоб», 2-ой группе – сироп холосаса и фитопрепарат «Петрович», 3-я группа служила контролем. Для формирования предпочтения к алкоголю всем трем группам животных в течение 3 недель, наряду с сухой пищей, назначали 20% раствор алкоголя вместо воды.

Исследуемые фитосредства вводили на протяжении 21 дня по определенной схеме: утром (в первой половине дня) - «наркофит», во второй половине дня – «алкофоб». Интервал между введениями этанола, «наркофита» и «алкофоба» соответствовал 3-5 часам.

В сравнительном аспекте другой группе белых крыс по аналогичной схеме вводили водный раствор сиропа холосаса и отвар фитосредства «Петрович» (антиалкогольный фиточай производства ТОО «Галактика», ТУ 9197-001-2891 5443-97). Животные контрольной группы получали в соответствующем объеме дистиллированную воду.

Алкогольный гепатит вызывали у животных введением в желудок 40%-ного этилового спирта по 0,7 мл на 100 г массы животных один раз в сутки в течение 21 дня (Мансурова, Олимова, 1985). О фармакотерапевтической эффективности лекарственных средств судили по активности ферментов в сыворотке крови: АлТ и АсТ, содержанию общего билирубина, β- липопротеидов, активности щелочной фосфатазы, а также по показателю тимоловой пробы (Колб, Камышников, 1982). Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по содержанию МДА в гомогенате печени (Стальная, Гаришвили, 1977). Желчь для

исследования получали в условиях острых опытов (Скакун, Олейник, 1967). Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием U- критерия Уилксона-Манна-Уитни (Сергеенко, Бондарева, 2000). Различия достоверны при $P \leq 0,05$.

Введение *reg os* этилового спирта белым крысам характеризуется на 7-е сутки ускорением перекисного окисления липидов в биомембранах гепатоцитов. Содержание МДА в гомогенате печени белых крыс в контроле увеличивается вдвое и остается во все последующие сроки наблюдения на высоком уровне (табл. 1). Установлено, что уже на 7-е сутки наблюдения на фоне введения этанола повышается в сыворотке крови уровни активности АлТ и АсТ в 4,6 раза. Одновременно с этим отмечаются признаки холестаза – содержание билирубина и холестерина возрастает на 65 %, активность щелочной фосфатазы в 2,2 раза, β -липопротеидов в 3,1 раза (табл. 1).

Таблица 1

Влияние сочетанного назначения фитосредств «наркофит» и «алкофоб» на биохимические показатели сыворотки крови у белых крыс при повреждении печени этанолом

Показатель	Интактные животные	Этанол-контроль	Этанол+ «наркофит»+ «алкофоб»	Этанол+ Холосас+ «Петрович»
7 сутки				
МДА, н·моль/г ткани	1,22 ± 0,17	2,11 ± 0,18	1,65 ± 0,12*	1,94 ± 0,15
АлТ, мкМ/мл·ч	0,54 ± 0,11	2,46 ± 0,08	1,80 ± 0,11*	2,00 ± 0,12
АсТ, мкМ/мл·ч	0,28 ± 0,11	1,31 ± 0,13	1,00 ± 0,06*	1,02 ± 0,09*
Щелочная фосфатаза, ед.Бод.	7,40 ± 0,68	16,73 ± 1,40	11,00 ± 1,03*	10,66 ± 1,01*
β -липопротеиды, усл. ед.	1,60 ± 0,10	5,00 ± 0,50	4,20 ± 0,30	4,30 ± 0,20
Общий билирубин, МкМ/л	11,0 ± 1,12	17,72 ± 0,61	12,68 ± 0,54*	13,40 ± 0,58*
Тимоловая проба, ед. помутнения	1,28 ± 0,31	5,50 ± 0,57	4,20 ± 0,64	3,20 ± 0,52*
14 сутки				
МДА, н·моль/г ткани	1,22 ± 0,17	2,63 ± 0,21	1,88 ± 0,16*	1,90 ± 0,14*
АлТ, мкМ/мл·ч	0,54 ± 0,11	1,86 ± 0,13	1,42 ± 0,11*	0,60 ± 0,12*
АсТ, мкМ/мл·ч	0,28 ± 0,11	0,86 ± 0,10	0,76 ± 0,08	0,50 ± 0,05*
Щелочная фосфатаза, ед.Бод.	7,40 ± 0,68	11,57 ± 0,31	9,79 ± 0,60*	11,37 ± 0,75
β -липопротеиды, усл. ед.	1,60 ± 0,10	2,60 ± 0,21	2,90 ± 0,20	3,20 ± 0,10
Общий билирубин, МкМ/л	11,0 ± 1,12	22,80 ± 0,18	20,40 ± 0,24*	21,20 ± 0,24*
Тимоловая проба, Ед. помутнения	1,28 ± 0,31	1,54 ± 0,28	0,94 ± 0,04*	0,90 ± 0,03
21 сутки				
МДА, н·моль/г ткани	1,22 ± 0,17	2,71 ± 0,21	1,50 ± 0,28*	1,91 ± 0,24*
АлТ, мкМ/мл·ч	0,54 ± 0,11	0,95 ± 0,04	0,80 ± 0,08	0,84 ± 0,10
АсТ, мкМ/мл·ч	0,28 ± 0,11	0,76 ± 0,11	0,64 ± 0,14	0,60 ± 0,11
Щелочная фосфатаза, ед.Бод.	7,40 ± 0,68	12,70 ± 0,40	9,13 ± 0,56*	9,20 ± 0,10*
β -липопротеиды, усл. ед.	1,60 ± 0,10	2,90 ± 0,54	0,90 ± 0,03*	1,50 ± 0,10*
Общий билирубин, МкМ/л	11,0 ± 1,12	16,28 ± 1,44	12,00 ± 0,38*	13,20 ± 0,58
Тимоловая проба, ед. помутнения	1,28 ± 0,31	1,78 ± 0,18	1,42 ± 0,26	1,48 ± 0,28

Примечание: * - здесь и далее означает, что различия достоверны по отношению к контролю при $P \leq 0,05$.

В последующие сроки наблюдения (14-21 сутки) изменения биохимических показателей в сыворотке крови крыс также свидетельствовали о наличии признаков синдрома холестаза. На 7-е сутки опыта скорость секреции желчи снижалась на 15%, концентрация желчных кис-

лот в желчи на 33 %, билирубина – на 23 % по сравнению с контролем, и на 14-е сутки опыта эти показатели также были ниже данных показателей у интактных животных. Уже на 7-е сутки эксперимента наблюдали торможение процессов ПОЛ: содержание МДА в гомогенате печени животных, получавших изучаемые фитосредства, было достоверно ниже, чем у крыс в контроле. Наряду с этим, отмечали снижение уровней активности АлТ, АсТ.

Наиболее выраженное фармакотерапевтическое влияние сочетанное назначение «наркофита» и «алкофоба» оказывает на проявления холестатического синдрома и диспротенемии. Кроме того, наблюдали снижение активности щелочной фосфатазы на 35%, уменьшение концентрации билирубина на 29%, а показателей тимоловой пробы на 24% по сравнению с соответствующими показателями в контроле. В последующие сроки наблюдения (14-21 сутки) изменения биохимических показателей в опыте свидетельствовали о благоприятной динамике инволюции признаков холестаза у животных, получавших исследуемые фитосредства, чем при использовании сочетанного назначения препаратов холосаса и фитосредства «Петрович» в другой группе крыс.

При курсовом применении сочетанного назначения «наркофита» и «алкофоба» на 7 сутки наблюдения скорость секреции желчи у животных во все часы наблюдения была выше, чем в контроле. Общее количество выделенной желчи превышало данный показатель контроля на 47%, тогда как при применении холосаса и отвара «Петрович» оно оставалось на уровне показателей животных у контрольной группы. На этом фоне отмечена стимуляция синтеза холатов и секреции билирубина с желчью. На 14 сутки опыта положительные изменения в процессах желчеобразования в печени сохранялись (табл. 2).

Таблица 2

Влияние сочетанного назначения фитосредств «наркофита» и «алкофоб» на скорость секреции и биохимический состав желчи у белых крыс при этаноловом гепатите

Условия опыта	Скорость секреции желчи в течение 4 часов, мг/мин. на 100 г. массы				Общее количество желчи за 4 часа мг/100 массы	Содержание в желчи, мг/100 г массы		
	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч		Желчных кислот	Билирубина	Холестерина
Интактные животные	6,7±0,5	6,0±0,5	6,1±0,5	5,8±0,3	1476±96	<u>2499</u> 9,27	<u>45</u> 0,164	<u>37</u> 0,136
7 сутки								
Контроль (этанол)	5,9±0,5	5,4±0,5	5,1±0,3	4,7±0,4	1266±64	<u>1944</u> 6,23	<u>35</u> 0,107	<u>38,5</u> 0,122
Этанол+ наркофит+алкофоб	6,6±0,5	7,3±0,5	6,7±0,3*	5,2±0,5	1548±83*	<u>2360</u> 9,22	<u>41</u> 0,153	<u>32,5</u> 0,126
Этанол + петрович +холосас	5,8±0,1	5,9±0,2	5,5±0,1*	5,0±0,2	1332±27	<u>1776</u> 5,96	<u>34</u> 0,109	<u>32</u> 0,106
14 сутки								
Контроль (этанол)	5,4±0,1	5,7±0,1	5,0±0,2*	4,5±0,5*	1236±34	<u>1971</u> 6,16	<u>41</u> 0,124	<u>25,5</u> 0,101
Этанол +наркофит+алкофоб	6,2±0,3	5,1±0,2*	5,0±0,1*	4,7±0,05	1260±37	<u>2360</u> 7,59	<u>51</u> 0,150	<u>23</u> 0,120
Этанол +петрович+холосас	6,3±0,1	5,2±0,1	5,4±0,5	4,1±0,1	1260±41	<u>1944</u> 6,34	<u>41</u> 0,125	<u>30,8</u> 0,128

Таким образом, курсовое введение животным комплексных фитосредств «наркофита» и «алкофоба» при экспериментальном гепатите подавляет процессы ПОЛ, стимулирует желчеобразовательную и желчевыделительную функции печени, способствует более ранней нормализации морфофункционального состояния печени.

ЛИТЕРАТУРА

Колб В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической биохимии. Минск, 1982.

Мансурова И.Д., Олимова С.О. Активность микросомальной этанооксилирующей системы при алкогольной интоксикации // Экспериментальная гепатология. Рига, 1985. С.41-42.

Скакун Н.П., Олейник А.Н. Сравнительное действие атропина и метацина на внешнесекреторную функцию печени // Современные методы в биохимии. 1967. С.66-68.

Стальная И.Д., Гаришвили Г.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии. 1977. С.66-68.

Сергеенко В.И., Бондарева И.Б. Математическая статистика в клинических исследованиях, Москва (2000).

УДК 599.735.5

**Кормовая избирательность домашней овцы (*Ovis aries* L.)
и сайгака (*Saiga tatarica* L.)
на пастбищах в южной части Прикаспийской низменности**

*Джапова В.В.¹, Бембеева О.Г.²,
Аюшева Е.Ч.¹, Джапова Р.Р.¹*

¹Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста, Россия,
dzhapova @list.ru

²Институт комплексных исследований аридных территорий», Элиста, Россия,
bembeeveva_og @mail.ru»

Аннотация. Представлены материалы по качественному и количественному составу кормовых растений в рационах охраняемого вида сайгака и домашней овцы на территории Черных земель (северная подзона пустынной зоны, северо-западная часть Прикаспийской низменности). Данные по рациону двух видов животных получены с использованием метода кутикулярного микрогистологического анализа экскрементов. В летнем рационе животных отмечено 24 вида растений, при этом доля злаковых растений в рационе сайгака составила 30%, а у овцы доля злаков вдвое выше. Оба вида животных среди злаковых растений предпочитали *Poa bulbosa*, доля которого составила 26-38%. На виды разнотравья приходится 27% в рационе сайгака и 35% у овцы. В летний сезон засушливого года сайгаки чаще предпочитали *Carex stenophylla*, доля в рационе – 42%.

**Feed selectivity of domestic sheep (*Ovis aries* L.)
and saiga antelope (*Saiga tatarica* L.)
on pastures in the southern part of the Caspian lowland**

*Dzhapova V.V.¹, Bembeeveva O.G.²,
Ayusheva E.Ch.¹, Dzhapova R.R.¹*

¹Kalmyk State University, Elista, dzhapova@list.ru

²Institute for Integrated Studies of Arid Territories of the Kalmyk Republic, Elista, Russia,
bembeeveva_og@mail.ru

Abstract. Materials on the qualitative and quantitative composition of forage plants in the diets of the protected species of saiga and domestic sheep in the Black Lands (northern subzone of the desert zone, north-western part of the Caspian lowland) are presented. Data on the diet of two animal species were obtained using the method of cuticular micro histological analysis of excrement. In the summer diet of animals, 24 species of plants were observed, while the share of cereals in the diet of saiga was 30%, and in sheep the share of cereals was twice as high. Both animal species preferred *Poa bulbosa* among the cereal plants, the share of which was 26-38%. Grass species account for 27% of the saiga diet and 35% of the sheep. In the summer season of the dry year, saigas often preferred *Carex stenophylla*, the share in the diet – 42%.

В южной части Северо-Западного сектора Прикаспийской низменности расположен регион «Черные земли», в административном отношении – это южная и юго-восточная части территории Республики Калмыкия. Основная отрасль экономики Калмыкии в этом регионе – животноводство, в видовой структуре выпасаемых животных преобладают домашние овцы (*Ovis aries*). Биосферный заповедник «Черные земли», расположенный в границах Черных земель, создан в 1990 г., одна из основных задач заповедника – сохранение сайгака (*Saiga tatarica*). В 1950-60 гг. численность сайгака в регионе составляла 700-800 тыс. особей, он был промысловым объектом. С конца 90-х годов прошлого века численность популяции сайгака сокращалась и в 2014 г. составила около 5 тыс. особей. В опубликованных работах причинами сокращения численности ученые называют браконьерство, рост численности популяции волка, изменение растительности на территории обитания сайгаков (Абатуров и др., 2008). В последние годы благодаря природоохранной деятельности сотрудников биосферного заповедника «Черные земли» численность популяции этого вида начала возрастать.

Цель исследования – определение рациона сайгака и домашней овцы. Исследование позволит выявить качественный и количественный состав растений, потребляемых домашней овцой и сайгаком, занесенным в список редких и исчезающих объектов животного мира Республики Калмыкия и Российской Федерации.

Полевой материал собран в летний сезон 2020 г. на территории Черных земель – в южной части Прикаспийской низменности, которая в соответствии с ботанико-географическим районированием относится к северной подзоне пустынной зоны. Свежие образцы помета овец собраны на ключевом участке в охранной зоне заповедника, а образцы помета сайгаков на этом же ключевом участке и в ядре заповедника «Черные земли». Координаты ключевого участка: N 46°09'24", E 046°12'38.

Территория Черных земель представляет собой низменную равнину с редкими слабо-выраженными возвышениями, западинами и плоскодонными понижениями, массивами в разной степени заросших песков. Климат территории резко континентальный – лето сухое и жаркое, зима малоснежная, иногда с сильными морозами.

Растительность описывали на площади размером не менее 100 м². Качественный и количественный состав потребляемых животными растений определяли, используя метод микростологического кутикулярного анализа экскрементов (Stewart, 1967; Розенфельд, Ларионов, 2006 и др.). Фотографии фрагментов кутикулы из экскрементов животных выполнены на микроскопе Nikon Eclipse E 200 с 500-кратным увеличением. Видовую идентификацию растительных фрагментов из экскрементов проводили, используя собственную электронную базу эталонных образцов клеточной структуры кутикулы растений исследуемой территории. Соотношение видов растений в рационе животных оценивали по частоте встречаемости фрагментов кутикулы каждого вида растений в образце помета. В процессе исследования выполнили анализ 6 образцов помета сайгака и 3 образцов помета домашней овцы, собранных в августе 2020 г., выявили 343 фрагмента кутикулы растений, съеденных овцами и 648 фрагментов кутикулы растений, съеденных сайгаками. Статистический анализ выполнен стандартными методами с использованием пакета Excel Windows 2010.

В рационе рассматриваемых видов животных на основании проведенного анализа отмечено 24 вида растений, из них в рационе сайгака – 17 видов, в рационе домашней овцы – 21 вид (таблица). Мы разделили все виды растений, формирующих растительный покров пастбищ, на хозяйственно-ботанические группы: злаки, осоки и разнотравье (Ларин, 1950).

Доля злаковых растений составила в рационе домашней овцы 59,2±7,3 %. Среди злаковых растений в рационе овцы доминирует *Poa bulbosa*, животные потребляли сухие стебли и даже луковички, расположенные на поверхности почвы. Следует отметить, что 2020 г. оказался засушливым для территории исследования, в растительном покрове охранной зоны заповедника преобладали луковички в *Poa bulbosa*, а высота дернин *Agropyron fragile* и *Stipa sareptana* (эти виды овцы обычно в летний период не используют) не превышала 5–8 см.

Доля разнотравья в рационе овец составила 35%, при этом высока доля видов семейства Chenopodiaceae – около 22 %, овцы чаще выбирали летне-осенний однолетник *Ceratocarpus arenarius* – 12,2 %, доля остальных видов семейства от 2,6 до 3,8 %. Свыше 7 % видового состава рациона приходится на виды рода *Artemisia* (*A. austriaca*, *A. arenaria*), доля остальных видов разнотравья менее 1%. Животные охотно потребляли *Carex stenophylla*, доля в рационе – 5,5 %.

В питании сайгаков доля злаковых растений в 2 раза ниже в сравнении с рационом овец, при этом среди видов семейства на *Poa bulbosa* приходится около 90%. Доля разнотравья в летнем рационе сайгаков – 27,4 %. Значительна доля среди видов разнотравья в рационе сайгаков, как и у овец, видов рода *Artemisia* (*A. austriaca*, *A. lerchiana*, *A. arenaria*), свыше 2% приходится на *Ceratocarpus arenarius* и *Trigonella orthoceras*. Сайгаки, как и овцы, охотно потребляли *Carex stenophylla*, доля которой в рационе свыше 40 %.

Таблица 1

Рацион сайгака и овцы домашней в летний сезон 2020 г.
(в % от общего числа фрагментов кутикулы в экскрементах животных)

Название видов растений	Сайгак	Овца домашняя
	n = 6	n = 3
<i>Poa bulbosa</i>	26,2±5,5	38,5±5,8
<i>Agropyron fragile</i>	0,3±0,2	14,6±0,7
<i>Stipa sareptana</i>	1,7±1,0	4,1±1,4
<i>Anisantha tectorum</i>	0	0,3±0,7
<i>Eragrostis minor</i>	0,1±0,2	1,2±0,4
Не идентифицированные фрагменты злаков	1,9±0,7	0,6±0,6
Всего злаков	30,2±4,5	59,2±7,3
<i>Carex stenophylla</i>	42,4±1,7	5,8±0,7
Всего осок	42,4±1,7	5,8±0,7
<i>Artemisia austriaca</i>	11,9±4,5	5,5±3,0
<i>Artemisia lerchiana</i>	3,1±2,3	0
<i>Artemisia arenaria</i>	1,5±0,9	1,7±1,6
<i>Achillea leptophylla</i>	0,4±0,3	1,5±0,9
<i>Centaurea diffusa</i>	1,3±0,7	0,9±0,4
<i>Salvia stepposa</i>	0	0,6±0,5
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	2,4±0,9	12,2±4,4
<i>Galium humifusum</i>	0,3±0,3	0,6±0,5
<i>Atriplex tatarica</i>	0,7±0,4	3,8±1,8
<i>Salsola tragus</i>	0,1±0,1	2,6±0,5
<i>Phlomis pungens</i>	0	0,3±0,3
<i>Prangos odontalgica</i>	0,1±0,1	0
<i>Trigonella orthoceras</i>	2,8±3,1	0
<i>Bassia</i>	0,4±0,6	3,2±2,5
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	0	0,3±0,3
<i>Medicago romanica</i>	0	0,3±0,3
<i>Lepidium perfoliatum</i>	0	0,3±0,3
<i>Polygonum aviculare</i>	0	0,6±0,5
Не идентифицированные фрагменты разнотравья	2,4±0,7	0,6±0,5
Всего разнотравья	27,4±4,7	35,0±7,0
Итого	100,0	100,0

n – количество образцов.

Рацион сайгака и овцы в летний период 2020 г. определялся условиями засушливого года. Рацион сайгаков включает меньшее число видов, так как животные имеют возможность выбирать кормовые растения, преодолевая значительные расстояния и исходя из своих вкусовых предпочтений. Овцы выпасались на пастбище в охранной зоне со скудной растительностью и питались видами, которые были в наличии. Несмотря на то, что *Agropyron fragile* и *Stipa sareptana* в летний период являются грубым и трудно переваримым кормом, овцы вынуждены были потреблять эти виды.

ЛИТЕРАТУРА

Абатуров Б.Д., Ларионов К.О., Джапова Р.Р., Колесников М.П. Качество кормов и обеспеченность сайгаков (*Saiga tatarica*) пищей в условиях восстановительной смены растительности на Черных Землях Калмыкии // Зоологический журнал. 2008. Т. 87. № 12. С. 1524-1530.

Ларин И.В., Агагабян Ш.М., Работнов Т.А., Любская А.Ф., Ларина В.К., Касименко М.А., Говорухин В.С., Зафрен С.Я. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. Т. I. М.; Л.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1950. 688 с.

Розенфельд С.Б., Ларионов К.О., 2006. Применение кутикулярного копрологического анализа в изучении состава кормов копытных в Калмыкии и Монголии // Актуальные проблемы экологии и эволюции в исследованиях молодых учёных. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 117 – 141.

Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья. 1995. 995с.

Stewart D.R.M., 1967. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for Sttuding the food preferences of grazing herbivores// Journal of Applied Ecology. V. 4. P. 83-111.

УДК 581.5:582.982

Эколого-географическая характеристика и биологическая особенность *Sechium edule* (Jacq.) SW.

*Джумаева З.У.¹, Хайдаров Х.К.²,
Элмуродов Ж.Э.³, Абдухакимова С.⁴*

¹Самаркандский государственный медицинский институт, Самарканд, Узбекистан.
zamirajumayeva1984@gmail.com

²Самаркандский госуниверситет, Самарканд, Узбекистан. haydarov@rambler.ru

³Самаркандский госуниверситет, Самарканд, Узбекистан. jamoliddin1984@gmail.com

⁴Самаркандский ветеринарный медицинский техникум, Самарканд, Узбекистан.
sayera61@gmail.com

Аннотация. В статье приведены эколого-географическая характеристика и биологические особенности мексиканского огурца (Чайот - *Sechium edule* Jacq. Sw.) в Узбекистане. Изучено впервые в условиях Узбекистана (в Самаркандской области) фенология, сроков посадки и влияние сроков посадки на рост и развитие растения. Данные исследования имеют большое значение поскольку это ценное растение является одним из эффективных и перспективных для внедрения и использования в фармацевтической отрасли, и для решения продовольственной проблемы в стране.

Ecological and geographical characteristics and biological features of *Sechium edule* (Jacq.) SW.

*Djumaeva Z.U.¹, Khaydarova Kh.Q.²,
Elmurodov J.E.³, Abduhakimova S.⁴*

¹ Samarkand State Medical Institute, Samarkand, Uzbekistan. zamirajumayeva1984@gmail.com

² Samarkand State University, Uzbekistan, haydarov@rambler.ru

³ Samarkand State University, Uzbekistan, jamoliddin1984@gmail.com

⁴ Samarkand Veterinary Medical College, Samarkand, Uzbekistan. sayera61@gmail.com

Abstract. The article presents the ecological-geographical characteristics and biological features of the Mexican cucumber (Chayot - *Sechium edule* Jacq. Sw.) in Uzbekistan. Studied for the first time in Uzbekistan (in the Samarkand region) phenology, planting dates and the effect of planting dates on plant growth and development. The research data is of great importance since this valuable plant is one effective and promising for introduction and use in the pharmaceutical industry, and for solving the food problem in the country

В Продовольственной программе Республики Узбекистан было отмечено, что первоочередной задачей, которая ставится перед работниками сельского хозяйства, является полное обеспечение сельскохозяйственной продукцией, как внутренний рынок республики, так и достойное представление ее на внешнем рынке. Одним из путей решения поставленной задачи является изыскание новых видов овощей и плодов, которые будут адаптированы к почвенно-климатическим условиям нашей республики.

С этих позиций, изучение способов внедрения и возделывания культуры чайоты, поиск путей интродукции, как новой нетрадиционной культуры, для сельского хозяйства Узбекистана имеет важное практическое значение, поскольку его плоды представляют ценность не только для пищевой промышленности, но могут широко использоваться в фармацевтической отрасли и в качестве кормовой культуры.

Большим научно-практическим интересом является разработка эффективных методов возделывания растений чайота и внедрение его в сельскохозяйственное производство Узбекистана. Вместе с тем следует отметить, что в Узбекистане мексиканский огурец или чайота не изучалась. Поэтому, в настоящее время, изучение биологии развития, репродуктивных процессов и продуктивность растения чайоты является актуальным и перспективным.

Чайота (*Sechium edule* Jacq. Sw.), однодомное вьющееся растение с утолщенными корнями и тонкими ветвистыми стеблями длиной до 10 м, принадлежит к семейству *Cucurbitaceae*. Это растение родом из Мексики, было завезено во многие другие страны из-за его съедобных плодов. Его листья на бороздчатых черешках длиной от 8 до 15 см, яйцевидно-сердцевидные до суборбитальных, размером от 8 до 18 x 9-22 см, слабо лопастные (с тремя-пятью угловыми долями) и имеют мелкозубчатые края и от трех до пяти разделенных усиков. Плод *S. edule* является живородящим, а именно. семена прорастают внутри плода, даже когда он и еще находится на растении. Эта особенность не встречается ни у одного из диких видов, у которых семена прорастают асинхронно после падения на землю. Возможное объяснение живорождения культивируемых видов состоит в том, что процесс одомашнивания мог привести к подавлению механизмов покоя. Плоды имеют слегка ореховый вкус и мягкую текстуру при приготовлении, а также богаты витаминами, минералами, клетчаткой и многими другими веществами. Чайот культивируется более интенсивно и в коммерческих целях в Коста-Рике, Гватемале, Доминиканской Республике и Мексике. Выращиваемый ассортимент минимален и всегда соответствует требованиям потребителя (Cadena-Íñiguez, 2005).

Целью настоящей работы является изучить эко-географическую особенность и некоторые биологические особенности роста, развития, продуктивность чайоты (*Sechium edule* Jacq. Sw. - Мексиканский огурец).

Исследование проводилось в течение 2018-2020 гг. в условиях Самаркандской области республики Узбекистан. Опыты проводились на экспериментальном участке, а также в оранжереи биологического факультета Самаркандского государственного университета.

При проведении исследований использовались следующие основные методики: Ритмы роста и структуру побегов у чайоты исследовали с использованием методики Е.В. Зимина, И. А. Кукушкина (2014). Фенологические наблюдения осуществляли с использованием общепринятых методик, в том числе методов фенологических наблюдений при ботанических исследованиях И.Д. Юркевича (1980). Для оценки результатов интродукции использован комплексный критерий на основе балльной системы, предложенной И.П. Горницкой (2004) и В.А. Медведевой, А.А. Ильенко (2014), и модифицированный нами с учетом специфических особенностей изучаемого рода в конкретных условиях. Математическая обработка статистических данных проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Установлено что, основными факторами, влияющими на два важнейших процесса, и способствующие хорошему росту и развитию растения чайота в период вегетации, являются температурные данные воздуха, наличие поливной воды и плодородие почвы, от показателей которых зависит степень урожайности растения.

Наблюдения за фенологическими особенностями роста чайоты показали, что самыми оптимальными условиями для интенсивного роста этих растений были: при нагреве почвы более +12 - 15 °С, и влажности воздуха при этом - 60-70%.

Плоды чайоты, представляют собой большую ягоду, где длина - от 9 до 20 см и диаметр 8-13см. Плоды крупные, вес плода варьирует от 100 г до 1000 г, с одним очень крупным семенем. Наблюдаются различные формы плодов: яйцевидная, сферическая удлиненная в виде груши и др. Плод растения - это прозрачная, стекловидная мякоть, в которой одно большое плоское семя в (длина 6-7см, ширина 3-4см), оболочка семени очень тонкая, схожая с пергаментной бумагой. Отмечено, что после посадки (в марте), наблюдается медленный рост, но с повышением температуры воздуха процессы, связанные с ростом и развитием растения чайота усиливаются. В целом, для чайота самой оптимальной температурой является от +25 - 30°С.

Фаза цветения чайота наступает очень поздно. При оптимальной температуре воздуха +30 -35°С, цветение чайота приходится на конец лета - начало осени. Чайота имеет маленькие цветки бледно-желтые, грязно-белого цвета, они однополые (растение однодомное), мужские цветки собраны в кисточки, женские – одиночные.

Полный процесс вегетации растений чайота, в условиях Самарканда, продолжает около 150-160 дней: время с начала цветения до завязывания плодов – около 2-х недель, до до-

стижения плодов товарной спелости необходимо более месяца. Культуру чайота считают растением с ранним сроком посадки, потому как максимально - ранняя посадка обеспечивает оптимальные условия для всходов чайота, полноценного развития растений и, способствует получению высоких урожаев хорошего качества.

По результатам проведенных исследований, можно сделать вывод, что сроки и способы посадки оказывают большое влияние на процессы роста и развития, а также и на производительность растений чайоты. Так, всхожесть посаженных чайот 18 апреля наблюдалась через 20 дней, а в посадках, произведенных 28 апреля и 8 мая - на 17-18-й день после посадки, что на 2 дня раньше. С учетом сроков посадки, период вегетации чайота в условиях Самарканда занял от 152 до 170 дней, с небольшим различием в 4 дня, в сроках между первой посадкой – 18 апреля и второй -28 апреля.

Следует отметить, что сроки посадки оказали влияние не только на всходы растений, но и на длительность основных фаз развития, и в целом на весь вегетационный период.

ЛИТЕРАТУРА

Горницкая И.П. Прогноз и изучение адаптивных стратегий тропических и субтропических растений при интродукции // Интродукция растений. – 2004. – № 3. С. 7 – 14.

Зими́на Е. В., Кукушкин И. А. Методика изучения темы «Рост и развитие растений» на полевой практике по физиологии растений // Новый взгляд. Международный научный вестник: сборник научных трудов. Вып. 4 / под общ. ред. С. С. Чернова. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. С. 7–19.

Медведев В.А., Ильенко А.А. Выбор критериев для оценки степени успешности интродукции с позиций системного подхода и адаптивной стратегии растений // Интродукция растений. 2014. № 4. С. 40–48.

Юркевич И.Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений: метод. пособие / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, Э. П. Ярошевич. – Минск: Наука и техника, 1980. 88 с.

Cadena-Íñiguez, J. Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule*). Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 2005. 164 p.

УДК 550.47

Химический состав биоматов поверхностных вод Джидинского рудного узла

Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К.

Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия, E-mail: dorosh@ginst.ru

Аннотация. В работе рассмотрен химический состав микробных сообществ поверхностных вод природных и геотехногенных ландшафтов. Для микробных сообществ природных территорий характерно накопление химических элементов, участвующих в процессах метаболизма. В биоте геотехногенных обстановок концентрируются потенциально токсические химические элементы, характерные для данной геохимической обстановки: Fe, Pb, Cu, Cd, Al, Zn, Ti, Bi, W, Be, La, Ce.

Chemical composition of microbial community of surface waters of the Dzhida ore cluster

Doroshkevich S.G., Smirnova O.K.

Geological institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia, E-mail: dorosh@ginst.ru

Abstract. The chemical composition of microbial communities of surface waters of natural and geotechnical landscapes is considered. Microbial communities of natural territories are characterized by the accumulation of chemical elements involved in the processes of metabolism. In the microbial communities of geotechnogenic environments, potentially toxic chemical elements that are characteristic of this geochemical environment are concentrated: Fe, Pb, Cu, Cd, Al, Zn, Ti, Bi, W, Be, La, Ce.

Джидинский рудный узел с крупными месторождениями вольфрама и молибдена расположен в Западном Забайкалье. Горнодобычными работами, проведенными Джидинским вольфрамомолибденовым комбинатом в 1939-1997 гг., сформировались геотехногенные ландшафты; произошло техногенное преобразование поверхностных вод. В рудничных и подотвальных водах распространены сообщества микроорганизмов и водорослей (биоматы). Механизмы приспособления микробных сообществ к селективным физико-химическим условиям позволяют бактериям занимать ниши, недоступные для других видов организмов (Бархутова и др., 2010; Булаев А.Г., 2013; Птицин и др., 2016; Каллистова и др., 2019). Протекающие в биоматах процессы жизнедеятельности приводят к избирательному накоплению химических элементов из окружающей среды или, наоборот, способствуют переходу слабо-растворимых соединений потенциально токсичных элементов в подвижные легкорастворимые формы и миграции их в окружающие ландшафты (Ptitsyn et al., 2014).

Цель нашего исследования – определить химический состав микробных сообществ поверхностных вод природных и геотехногенных обстановок Джидинского рудного узла.

Пробы биоматов отобраны на территории заброшенных Джидинских месторождений вольфрама и молибдена. Пробы представлены нитчатыми водорослями, ассоциирующие с зеленовато-желтой, охристой или белесой субстанцией, сложенной колониями микроорганизмов. Характеризуют следующие техногенные обстановки: 1) рудничный ручей, вытекающий из штольни «Западная», вскрывающей самые нижние горизонты жильного вольфрамового месторождения; 2) р. Модонкуль после впадения в нее рудничных штольневых вод; 3) руч. Гуджирка, дренирующий отвалы пустых пород Инкурского месторождения. В качестве контрольных проб рассмотрены микросообщества руч. Мыргеншено до впадения в него руч. Гуджирка и биоматы р. Джиды. Содержание химических элементов в пробах определялось в навеске воздушно-сухого вещества методом кислотного разложения ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 на приборе ICP-MS Elan 9000 PerkinElmer (USA) в Хабаровском инновационно-аналитическом центре (Хабаровск, Россия). Морфология и качественный химический

состав микробиоты изучен с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO 1430VP в Центре коллективного пользования «Аналитический центр минералогических, геохимических и изотопных исследований» при ГИН СО РАН (Улан-Удэ, Россия).

По результатам исследований выявлено, что химический состав микробных ассоциаций поверхностных вод геотехногенных и природных ландшафтов существенно различается (рис. 1). Выделен ряд химических элементов (K, P, Mn, Mg, Cr и As), концентрации которых в различных ассоциациях микробиоты как природных, так и техногенных ландшафтов находится примерно на одном уровне. Содержание в биоматах природных территорий Ca в 6.6 раз выше его количества в микробиоте техногенных участков. В биоматах техногенных обстановок выявлено превышение фоновых значений (по среднему содержанию): Na, Ti, Co, La, Cd, Sb и Sn – в 2.5-5.3 раза; Al, Zn, Ce, Mo – в 6.1-7.4 раза; Fe и Pb – в 10-12 раз; Bi и W – в 43-44 раза; Be – в 55 раз; Cu – в 75 раз. По абсолютным значениям, наибольшее количество в биомассе микробиоты Cu приурочено к руч. Гуджирка и р. Модонкуль; Be – р. Модонкуль; W, Bi – руч. Гуджирка; Pb – рудничному ручью штольни Западная; Fe – рудничному ручью штольни Западная и руч. Гуджирка. Кроме того, химический состав микробных сообществ техногенных ландшафтов дифференцируется в зависимости от ассоциирующей субстанции. Так, самое высокое содержание Fe и Pb отмечается в биоматах с охристой субстанцией; Al, Cu, Zn, Be и Cd – с белесой субстанцией; Cr, Ni, Rb, P, K, Na и Ti – с зеленовато-желтой субстанцией. Содержание W, Mo и Bi в биоматах с охристой и зеленовато-желтой субстанцией находятся приблизительно в равных количествах.

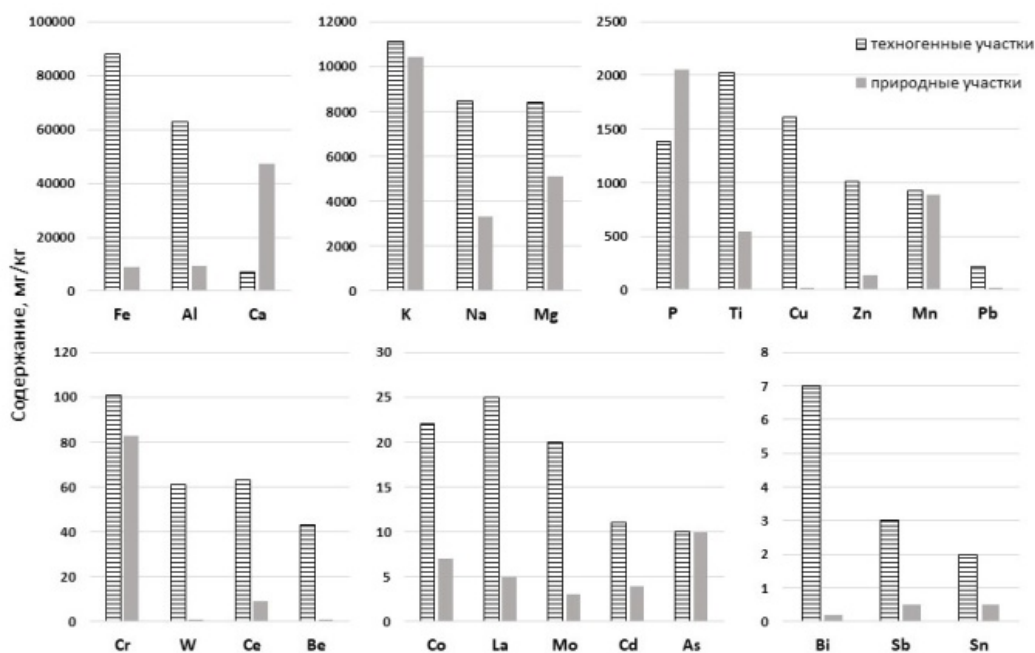


Рис. 1. Среднее содержание химических элементов в биоматах, мг/кг

Качественный химический анализ (рис. 2) показал, что в микробных сообществах природных обстановок происходит характерное накопление Ca. Данный элемент влияет на доступность для биоты ряда макро- и микроэлементов, способствует поглощению важных элементов питания, регулирует водный баланс. В биоматах, имеющих охристую субстанцию в значительных количествах накапливается Fe и S. Данные элементы имеют ураганные концентрации в рудничных водах. Для биоты с белесой субстанцией отмечено высокое содержание Al и F. Вид субстанции в составе биоматов зависит от окислительно-восстановительной обстановки в воде. Так, например, рудничные воды имеют кислую реакцию (pH 3.17–4.95) в месте выхода их из штольни Западная с распространением охристых и зеленовато-желтых биоматов и нейтральную (pH 6.74–6.89) – в р. Модонкуль с белесыми биоматами.

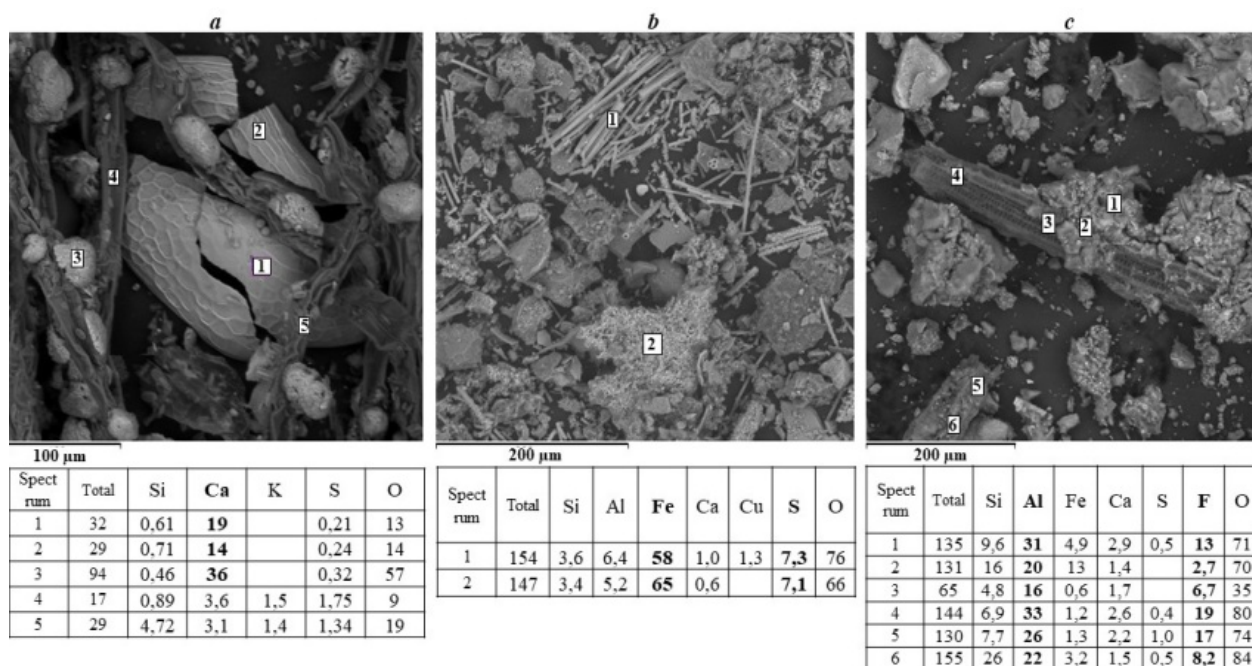


Рис. 2. Внешний вид и химический состав микробных сообществ: природных ландшафтов с зеленовато-желтой (a) и техногенных ландшафтов с охристой (b) и белесой (c) субстанцией

Таким образом, химический состав микробных сообществ поверхностных вод природных и геотехногенных ландшафтов Джидинского рудного узла существенно различается. Для микробных сообществ природных территорий характерно большее накопление химических элементов, участвующих в процессах метаболизма. В биоте техногенных обстановок концентрируются потенциально токсические химические элементы, характерные для данной геохимической обстановки: Fe, Pb, Cu, Cd, Al, Zn, Ti, Bi, W, Be, La, Ce.

Полученные данные позволяют рассматривать биоматы, образующиеся на территории вольфрамовых месторождений, как своеобразные фильтры, которые могут быть использованы в схемах рекультивации территорий добычи полезных ископаемых.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту АААА-А21-121011890033-1 Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

- Бархутова Д.Д., Цыренова Д.Д., Намсараев Б.Б., Даваасурен Тумэнжаргал. Геохимическая активность микробных сообществ термальных источников Монголии // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2010. Т. 3. № 2. С. 19-29.
- Булаев А.Г. Термоацидофильные микробные сообщества природных и техногенных экосистем. Автореферат дис... кандидата биологических наук. М., 2013. 23 с.
- Каллистова А.Ю., Саввичев А.С., Русанов И.И., Пименов Н.В. Термокартовые озера – экосистемы с интенсивными микробными процессами цикла метана // Микробиология. 2019. № 6. С. 631-644.
- Птицын А.Б., Матюгина Е.Б., Белькова Н.Л. Криптобиосфера Земли //Мат. Всероссийской конф. с международным участием «Эволюция биосферы и техногенез», 2016. С. 102-104.
- Ptitsyn A.B., Grebenshikova V.I., Zamana L.V., Itigiliva M.Ts., Matyugina E.B., Smirnova O.K., Yurgenson G.A. Mobility of chemical elements in aquatic and terrestrial ecosystems // Vestnik ZabGU. 2014. № 08 (111). P. 23-32.

УДК 576.89:597.556.331.1

**Паразитофауна обыкновенного ерша *Gymnocephalus cernuus* (L.)
в Ципо-Ципиканских (Баунтовских) озерах (Забайкалье)**

*Дугаров Ж.Н.¹, Батуева М.Д.¹, Бурдуковская Т.Г.¹, Балданова Д.Р.¹, Мазур О.Е.¹,
Жепхолова О.Б.¹, Сондуева Л.Д.¹, Матвеев А.Н.²*

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
zhar-dug @biol.bsnet.ru

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Аннотация. В фауне паразитов обыкновенного ерша из Ципо-Ципиканских озер (Баунт и Большое Капылюши) выявлено 19 видов: 12 – в оз. Баунт и 15 – в оз. Большое Капылюши. 10 видов паразитов (инфузории *Apiosoma campanulatum* и *Trichodina* sp., моногенеи *Dactylogyrus hemiamphibothrium* и *Gyrodactylus* sp., цестоды *Cyathocephalus truncatus* и *Proteocephalus cernuae*, трематоды *Diplostomum volvens* и *Tylodelphys clavata*, нематода *Raphidascaris acus*, скребень *Pseudoechinorhynchus borealis*) добавлены нами в список паразитов ерша Ципо-Ципиканских озер.

**Parasitic fauna of the common ruff *Gymnocephalus cernuus* (L.)
in the Tsipo-Tsipikan (Baunt) lakes (Transbaikalia)**

*Dugarov Z.N.¹, Batueva M.D.¹, Burdukovskaya T.G.¹, Baldanova D.R.¹, Mazur O.E.¹,
Zhepkholova O.B.¹, Sondueva L.D.¹, Matveev A.N.²*

¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, zhar-dug@biol.bsnet.ru

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. A study of the parasitic fauna of the common ruff from Tsipo-Tsipikan lakes (Baunt and Large Kapylushi) has made it possible to identify 19 species, including 12 in the first Lake Baunt and 15 in the second Lake Large Kapylushi. Ten species of parasites (ciliates *Apiosoma campanulatum* and *Trichodina* sp., monogeneans *Dactylogyrus hemiamphibothrium* and *Gyrodactylus* sp., cestodes *Cyathocephalus truncatus* and *Proteocephalus cernuae*, trematodes *Diplostomum volvens* and *Tylodelphys clavata*, the nematode *Raphidascaris acus*, and acantocephalan *Pseudoechinorhynchus borealis*) were added by us to the list of parasites of the common ruff of the Tsipo-Tsipikan lakes.

Ерш широко распространен в Евразии от Англии и Франции на западе до Колымы включительно на востоке. В Сибири ерш обитает в бассейнах рек Северного Ледовитого океана, южная граница его распространения проходит по верховьям рек, текущих на север. Ерш отсутствует в Байкале, в бассейне Амура, на Чукотке и по всему тихоокеанскому побережью. В начале 1980-х годов ерш с балластными водами попал в Северную Америку в систему Великих озер, в которой быстро увеличивает свою численность. В последние годы ерш проник в водоемы за пределами своего прежнего ареала на севере Англии, Шотландии, во Франции, Германии, Италии и Норвегии. В водоемах ерш обитает в придонных слоях, населяя как прибрежные зарослевые участки, так и профундаль открытой зоны озер. Он является типичным, очень активным бентофагом, при этом с высокой степенью пластичности в выборе пищи. Ерш легко переключается на другие виды корма, спектр его кормовых организмов включает все формы бентоса, зоопланктона и рыб (Обыкновенный ерш ..., 2016).

По Ципо-Ципиканским озерам проходит южная граница распространения ерша в Забайкалье (Обыкновенный ерш ..., 2016). Ерш в этих озерах отличается большой продолжительностью жизни (до 17+ в оз. Баунт и до 15+ в оз. Большое Капылюши). Молодь ерша в Ципо-Ципиканских озерах питается преимущественно планктонными организмами, половозрелые особи – преимущественно бентофаги и факультативные хищники, при этом его пищевой спектр весьма разнообразен (Скрябин, 1977; Биопродуктивность ..., 1987).

Пробы ерша для паразитологического исследования собирали из контрольных уловов жаберными сетями Байкалрыбвода и Байкальского филиала Госрыбцентра с участием со-

трудников кафедры зоологии позвоночных и экологии биолого-почвенного факультета Иркутского гос. университета в оз. Баунт и оз. Большое Капылюши в марте–апреле 2009, 2010, 2012 и 2015 годов и в августе 2010 г. (79 особей). Полное паразитологическое исследование рыб проводилось частично на месте вылова, а основная часть в охлаждённом, замороженном или зафиксированном в формалине виде доставлялась в лабораторию паразитологии и экологии гидробионтов ИОЭБ СО РАН.

В фауне паразитов обыкновенного ерша из Ципо-Ципиканских озер отмечено 16 видов: 12 в оз. Баунт и 12 в оз. Большое Капылюши (таблица).

Ранее у обыкновенного ерша озер Большое Капылюши (прежнее название Орон) и Малое Капылюши (прежнее название Капылючикан) Н. Г. Вознесенская (1976) регистрировала 11 видов паразитов: *Bunodera luciopercae* (Müller, 1776) (syn. *B. acerinae* Roitman et Sokolov, 1999); *Phyllodistomum folium* (Olfers, 1816); *Phyllodistomum pseudofolium* Nibelin, 1926; *Azygia robusta* Odner, 1911; *Cotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802) (syn. *Ichthyocotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802)); *Tetracotyle percae-fluviatilis* Moulinie, 1856 (syn. *Ichthyocotylurus variegatus* (Creplin, 1825)); *Diplostomulum* sp. (статус этой трематоды сейчас трудно определить); *Triaenophorus nodulosus* (Pallas, 1781); *Diphyllobothrium latum* (L., 1758); личинки нематоды *Agamospirura* sp. (ее статус сейчас трудно определить); *Metechinorhynchus salmonis* (Müller, 1780).

По собственным данным и сведениям Н. Г. Вознесенской (1976) фауна паразитов ерша Ципо-Ципиканских озер представлена 19 видами: оз. Баунт – 12 видов, оз. Большое Капылюши – 15 видов (к 12 видам, приведенным в таблице, добавлены *Diphyllobothrium latum*, *Phyllodistomum pseudofolium* и *Metechinorhynchus salmonis*).

Таблица

Паразитофауна обыкновенного ерша в Ципо-Ципиканских озерах

Вид паразита	Оз. Баунт		Оз. Большое Капылюши	
	Э. И., %	И. О., экз.	Э. И., %	И. О., экз.
<i>Apiosoma campanulatum</i> (Timofeev, 1962)	20,0	3,62	0	0
<i>Trichodina</i> sp.	30,8	4,46	0	0
<i>Dactylogyrus hemiamphibothrium</i> Ergens, 1956	0	0	4,3	0,09
<i>Gyrodactylus</i> sp.	12,3	0,42	0	0
<i>Triaenophorus nodulosus</i>	41,5	0,75	72,3	1,89
<i>Cyathocephalus truncatus</i> (Pallas, 1781)	0	0	10,6	0,13
<i>Proteocephalus cernuae</i> (Gmelin, 1790)	1,5	0,02	0	0
<i>Bunodera acerinae</i>	44,6	1,55	46,8	17,23
<i>Phyllodistomum folium</i>	9,2	0,20	6,4	0,13
<i>Azygia robusta</i>	0	0	2,1	0,02
<i>Diplostomum volvens</i> (Nordmann, 1832)	36,9	0,98	42,6	4,04
<i>Tylodelphys clavata</i> (Nordmann, 1832)	3,1	0,05	19,1	0,72
<i>Ichthyocotylurus pileatus</i>	36,9	1,57	53,2	46,45
<i>Ichthyocotylurus variegatus</i>	32,3	3,80	61,7	5,89
<i>Raphidascaris acus</i> (Bloch, 1779)	4,6	0,06	25,5	2,00
<i>Pseudoechinorhynchus borealis</i> (Linstow, 1901)	0	0	4,3	0,04
Количество видов паразитов	12		12	
Количество исследованных рыб, экз.	65		47	

Примечание. Э. И. – экстенсивность инвазии; И. О. – индекс обилия.

У ерша во всем ареале зарегистрировано 220 видов/таксонов паразитов, из них Protozoa – 43 вида, Metazoa – 176 (включая микроспоридий), 1 вид (*Dermocystidium percae* Reichenbach-Klinke, 1950) относится к группе простейших неопределенного положения. В центре ареала у

ерша отмечается наибольшее богатство фауны паразитов (Metazoa): бассейн Волги – 78, бассейн Дуная – 42, бассейн Днестра и Дона – 40 видов. В восточном направлении разнообразие паразитов ерша уменьшается: бассейн Оби – 31, бассейн Енисея – 18 (Обыкновенный ерш ..., 2016), бассейн Лены – 24 вида Metazoa (Однокурцев, 2010). Наименьшее количество видов паразитических Metazoa (14) наблюдается у ерша на западной окраине ареала, в Англии (Kennedy, 1974). Палеонтологический материал по ершу крайне скудный и касается относительно недавнего времени (Holčík, Hensel, 1974). Максимальное видовое богатство паразитов ерша в бассейнах Волги, Дуная, Днестра и Дона может быть косвенным аргументом в пользу предположения о нахождении центра происхождения ерша в Палеодунае в понимании Г. У. Линдберга (1955). К Палеодунаю относились бассейны рек Дуная и Днестра; формирование фауны рыб Дона, а также Волги происходило в тесной связи с палеодунайской (Линдберг, 1955).

Итак, в фауне паразитов обыкновенного ерша из Ципо-Ципиканских озер (Баунт и Большое Капылюши) выявлено 19 видов: 12 – в оз. Баунт и 15 – в оз. Большое Капылюши.

Работа выполнена в рамках темы гос. задания (регистрационный номер 121030900141-8).

ЛИТЕРАТУРА

Биопродуктивность Баунтовских озер Бурятии. Л., 1987. 161 с. (Сб. науч. тр. / Гос. НИИ озерного и речного рыбного хозяйства; Науч.-произв. об-ние по пром. и тепловодному рыбоводству; Вып. 272).

Вознесенская Н. Г. Гельминтофауна рыб озер Орон и Капылючичан Ципо-Ципиканской озерной системы // Болезни и паразиты рыб Ледовитоморской провинции (в пределах СССР). Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1976. С. 43–49.

Линдберг Г.У. Четвертичный период в свете биогеографических данных. Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 334 с.

Однокурцев В.А. Паразитофауна рыб пресноводных водоемов Якутии. Новосибирск: Наука, 2010. 152 с.

Решетников Ю.С., Попова О.А., Кияшко В.И., Дгебуадзе Ю.Ю. и др. Обыкновенный ёрш *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1759). Систематика, морфология, образ жизни и роль ерша в экосистемах. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 299 с.

Holčík J., Hensel K. A new species of *Gymnocephalus* (Pisces: Percidae) from the Danube, with remarks on the genus // Copeia. 1974. № 2. P. 471–486.

Kennedy C.R. A checklist of British and Irish freshwater fish parasites with notes on their distribution // Journal of Fish Biology. 1974. Vol. 6. P. 613–644.

УДК 581.9+004.65

Структура базы данных локалитетов видов секции *Xerobia* Bunge рода *Oxytropis* DC.

Дугарова А.С.¹, Санданов Д.В.²

¹Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия, anastasia.dugarova@yandex.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, sdenis1178@mail.ru

Аннотация. База данных по распространению видов секции *Xerobia* Bunge рода *Oxytropis* DC. позволяет проводить комплексный ареалогический анализ, детально изучить экологию и географию видов, оценить характеристики их местообитаний. Наличие большого числа точных географических привязок позволяет проводить крупномасштабное картографирование, что является хорошей базой для разработки охранных мероприятий для редких и исчезающих видов. Информация из базы данных легко интегрируется в ГИС-пакеты и другие программы по моделированию распространения растений. База данных является пополняемой и при наличии дополнительной информации может быть расширена.

Structure of species distribution database for genus *Oxytropis* DC. section *Xerobia* Bunge

Dugarova A.S.¹, Sandanov D.V.²

¹Buryat State University, Ulan-Ude, Russia, anastasia.dugarova@yandex.ru

²Institute of General and Experimental Biology of SB RAS, Ulan-Ude, Russia, sdenis1178@mail.ru

Abstract. Species distribution database for section *Xerobia* Bunge of genus *Oxytropis* DC. allow to organize complex analysis of species distribution, make detailed studies on species ecology and geography, evaluate characteristics of their habitats. Presence of precise geographical coordinates help to do large-scale mapping, which a good base for conservation activities for rare and endangered plant species. Information from database can be easily integrated to GIS software and programs for species distribution modeling. Database is open for additional information and can be enlarged.

Формирование и разработка баз данных являются актуальными задачами современной ботаники. Поэтому в России необходимо развивать это направление для улучшения качества и перспектив будущих научных исследований (Санданов, 2019). Секция *Xerobia* является одной из самых древних секций рода *Oxytropis* и включает в себя 18 видов в Азиатской России (в основном в Южной Сибири) (Малышев, 2008), а также новый эндемичный вид *Oxytropis sobolevskajae* Ржак для Республики Тыва (Руак, 2014). Секцию образуют низкорослые бесстебельные дернистые горные ксерофиты. Секция *Xerobia* имеет центральноазиатскую приуроченность (Санданов и др., 2020).

Для оценки ареала секции нами проанализированы основные флористические источники, охватывающие изучаемую территорию. Список видов изучаемой секции принят согласно обработке Л.И. Малышева (2008). В базе данных приводится полный ареал изученных видов, включая точки их распространения на территории сопредельных стран (Казахстан, Монголия, Китай). Виды с широким ареалом, такие как *O. ampullata* (Pall.) Pers., отмечены во многих флористических сводках, часто эти виды встречаются в Алтае-Саянской горной области. Сведения о распространении узколокальных видов и эндемиков чаще всего встречаются в региональных сводках, указанные виды характеризуются небольшим ареалом и часто относятся к категории редких и исчезающих видов.

База данных реализована в пакете Microsoft Excel и состоит из различных колонок с информацией, включающих название вида; шкалу точности привязок; широту и долготу; семейство и род; регион; высоту над уровнем моря; местонахождение и местообитание; дату сбора, год сбора; полевой номер (для гербария и геоботанических описаний); данные исследователя, собравшего гербарий; данные исследователя, определившего данный вид; источ-

ники данных (акронимы гербариев, флористические справочники и статьи, данные исследователей, представивших информацию для базы); ссылки на онлайн-источники; крутизну и экспозицию склона.

Точность геопривязок стала необходимостью при решении и реализации задач в научных исследованиях. В настоящее время геопривязки также являются основными источниками информации местообитаний видов. В базе данных имеется наличие координатной привязки и точности этих привязок для каждого местонахождения, что позволяет оценить характер и качество имеющихся геоданных. Нами использована шкала точности, предложенная В.В. Чепиной с соавторами (2017): до ± 0.1 км (главным образом точки, привязанные с использованием спутникового навигатора); до ± 0.5 ; до ± 1 (например, указания навигатора с точностью до минут); до ± 3 (например, окрестности поселков); до ± 5 (например, небольшие локальные флоры); до ± 10 ; до ± 15 км. Местонахождения, привязанные с погрешностью ± 15 км, можно использовать только для картографирования обширных регионов. В имеющемся виде база данных содержит детальную информацию по распространению видов, включая конкретные местонахождения, полученные со спутниковых навигаторов (их доля составляет 50.3%).

Для выявления локалитетов видов секции *Xerobia* были использованы данные основных зарубежных и российских гербарных коллекций: (PE, UB, LE, MW, TK, NS, NSK, KRAS, ALTB, HGU, IRK, IRKU, UUN, UUDE). Проанализированные гербарные сборы датированы с 1869 по 2018 гг.

Информация из базы данных позволяет оценить особенности экологии видов секции *Xerobia*. Для примера приводим обобщение доступной информации по новому эндемичному виду *Oxytropis sobolevskajae*:

O. sobolevskajae Pjak – остролодка Соболевской (12 местонахождений в базе данных из них 41,6% с погрешностью до 100 метров, 58,3% с погрешностью до 3 км). Произрастает в петрофитных, разнотравно-злаковых, осоково-кустарниковых степях и на скалах на высотах 652-998 м. над ур.м. Распространение: Республика Тыва, Пий-Хемский район; Западный Саян, Уюкский хребет; окрестности города Кызыл, гора Вилана (рисунок). Изучаемый вид относится к подсекции *Ampulla* Vass. и является близкородственным восточноазиатскому виду *O. leptophylla* (Pall.) DC., от которого легко отличается количеством пар листьев, длиной и типом соцветия, длиной бугорка кия (Руак, 2014).

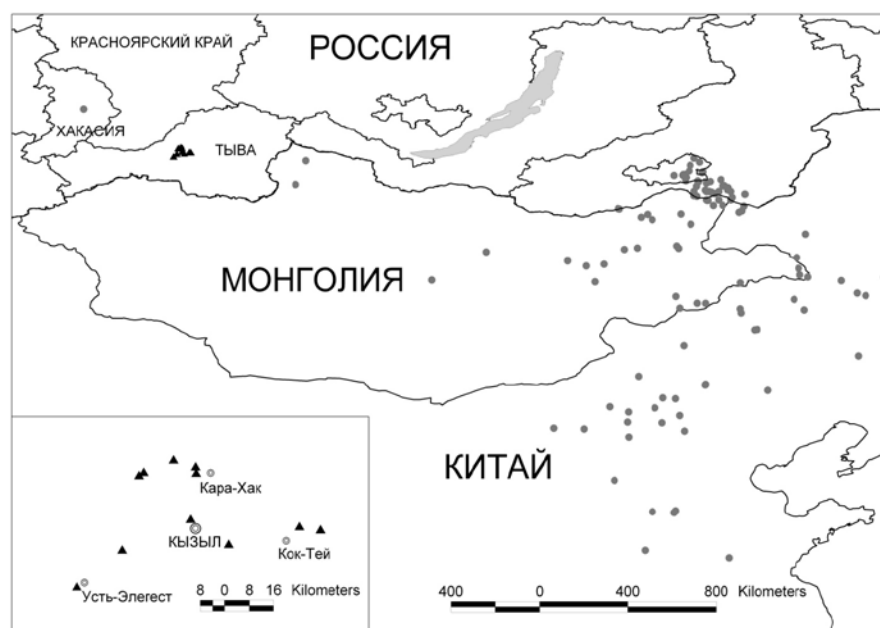


Рис. Распространение видов *Oxytropis sobolevskajae* Pjak и *Oxytropis leptophylla*(Pall.) DC.

В целом, для большинства редких и исчезающих видов *Oxytropis* нами собран большой материал полевых наблюдений и точных геопривязок, что позволяет проводить крупномасштабное картографирование. Информация из базы данных позволяет оценить экологию местообитаний изучаемых видов. Точность имеющихся данных может быть полезной при поиске местонахождений видов, а также для составления карт разного масштаба. Особенностью разработанной базы данных является наличие полной информации по распространению, что в дальнейшем может использоваться при моделировании экологических ареалов видов.

ЛИТЕРАТУРА

Мальшев Л.И. Разнообразие рода Остролодка (*Oxytropis*) в Азиатской России // Turczaninowia. 2008. Т. 11, вып. 4. С. 5–141.

Рыак А.И. *Oxytropis sobolevskajae* sp. nov. (*Fabaceae: Papilionoideae, Galegeae*) from Tuva Republic (south Siberia, Russia) // Nordic Journal of Botany. 2014. Vol. 32. P: 139–142.

Чепинога В.В., Петухин В.А., Стальмакова Д.П. Результаты сеточного картирования сводки «Флора Центральной Сибири» (1979) в цифровом формате: итоги и перспективы использования // Растительный мир Азиатской России. 2017. №3 (27). С. 70–78.

Санданов Д.В. Современные подходы к моделированию разнообразия и пространственному распределению видов растений: перспективы их применения в России // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 46. С. 82–114.

Санданов Д.В., Дугарова А.С., Селютин И.Ю. Хорология и особенности пространственного распределения видов секции *Xerobia* Bunge рода *Oxytropis* DC. // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 52 С. 85–104.

УДК 574.24

Липидный профиль некоторых видов хвоща, произрастающих в условиях криолитозоны. Перспективы медицинского применения

Дударева Л.В.¹, Рудиковская Е.Г.¹,
Семенова Н.В.¹, Нохсоров В.В.², Петров К.А.³

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия, laser@sifibr.irk.ru

²Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия, vv.nokhsorov@s-vfu.ru

³Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия, kap_75@mail.ru

Аннотация. Впервые проведен комплексный количественный анализ липидных компонентов в наземных частях двух видов хвоща (*Equisétum variegatum* и *Equisétum scirpoides*), произрастающих в экстремальных условиях криолитозоны Якутии. Показана межвидовая и межсезонная специфика в содержании жирных кислот, стероидов и отдельных групп липидов. Так, например, содержание кампестерина возросло на 40% вслед за сезонным понижением температуры воздуха. Полученные сведения могут быть полезными для оптимизации сроков сбора лекарственного сырья.

Lipid profile of some horsetail species growing in permafrost conditions. Prospects for medical applications

Dudareva L.V.¹, Rudikovskaya E.G.¹,
Semenova N.V.¹, Nokhsorov V.V.², Petrov K.A.³

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, laser@sifibr.irk.ru

²North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia, vv.nokhsorov@s-vfu.ru

³Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia, kap_75@bk.ru

Abstract. For the first time, a comprehensive quantitative analysis of lipid components in the terrestrial parts of two horsetail species (*Equisétum variegatum* and *Equisétum scirpoides*) growing in the extreme conditions of the cryolithozone of Yakutia was carried out. Shown interspecies and interseasonal specificity in the content of fatty acids, sterols and certain groups of lipids. For example, the content of campesterol increased by 40% following a seasonal drop in air temperature. The information obtained can be useful for optimizing the timing of the collection of medicinal raw materials.

Хвощи (*Equisetopsida*) – низшие сосудистые растения, ископаемые предки которых существовали, начиная с позднего девона. Практически все произрастающие в настоящее время виды хвоща – травянистые растения. Для тканей хвощей характерен специфический химический состав в отношении многих физиологически значимых метаболитов (Ботиров и др., 2021). На северо-востоке Якутии в особенно суровых условиях этой части региона, в том числе на Полюсе холода, произрастают реликтовые споровые растения семейства Хвощевых – хвощ камышковый *Equisétum scirpoides* Michx. и хвощ пестрый *Equisétum variegatum* Schleich.ex. Web.. На этой территории, полностью расположенной в пределах криолитозоны – многолетней мерзлоты, отмечаются максимальные сезонные амплитуды температур, не встречающиеся ни в одной другой точке мира (Petrov et al., 2011). В связи со способностью этих видов хвощей адаптироваться к экстремальным климатическим условиям особый интерес представляет изучение липидного профиля их тканей. Известно, что липиды – важнейшие участники «интерфейса» взаимодействия между клеткой и внешней средой, поскольку они являются одним из основных компонентов клеточных мембран, в том числе плазмалеммы. Кроме того липиды и липидные производные входят в состав многих сигнальных сетей у растений, где они, наряду с другими молекулами-мессенджерами, обеспечивают устойчивость растений к различным стрессорам, в том числе к низкой температуре. Анализ липидного обмена у растений Севера – это возможность не только выявить физиолого-

биохимические механизмы адаптации этих растений, но и получить ценную количественную информацию для их использования в медицине и мониторинге соответствующих ресурсов. Известно, например, что хвощи пестрый и камышковый являются зимнезелеными наземными растениями, имеющими высокую кормовую ценность для сельскохозяйственных и диких животных (Petrov et al., 2011). Однако, несмотря на относительную изученность биохимических процессов, обеспечивающих адаптивные изменения липидного состава тканей отдельных видов, на сегодняшний день липидный, в том числе стеринный, профиль тканей хвощей представлен единичными исследованиями хвоща полевого (Ботиров и др., 2021). У других видов хвоща было изучено только относительное содержание липидных компонентов (Dudareva et al., 2015).

Поэтому целью представляемого исследования было обобщение результатов количественного анализа жирнокислотного, группового липидного и стеринного состава надземных частей двух видов хвоща, произрастающих в условиях криолитозоны Якутии.

В качестве материала для анализа липидного состава были использованы надземные части хвощей пестрого *E. variegatum* и камышкового *E. scirpoides*. Место отбора образцов: Северо-Восточная Якутия, 67° с.ш., 137° в.д. (Полюс холода Северного полушария). Анализ целевых компонентов проводили методом газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором с помощью хромато-масс-спектрометра 5973/6890N и тандемного хромато-масс-спектрометра 7777QQQ/7890N (Agilent Technologies, USA) для анализа ЖК-состава и стеринного состава, соответственно. Представлены данные из 3-6 независимых экспериментов.

Известно, что позвоночные животные (и большинство беспозвоночных), включая человека не способны синтезировать незаменимые жирные кислоты. Поэтому изучение абсолютного содержания ЖК в различных природных источниках, по-прежнему, актуально. Хотя основным их источником являются преимущественно рыба и другие морепродукты, однако наземные растения также могут представлять интерес, по крайней мере, в отношении кислот ω -3, ω -6 серий с известной терапевтической активностью и необычных ЖК.

Из результатов, представленных в таблице 1 можно видеть, что полиненасыщенные ЖК составляют значительную часть всех ЖК в тканях изучаемых видов. Так содержание линолевой (ω -6) кислоты для хвоща пестрого было выше 4 мг/г сухого веса, а содержание α -линоленовой (ω -3) кислоты для этого вида превышало 5 мг/г сухого веса. Суммарное содержание необычных ЖК Δ 5-серии в тканях хвоща камышкового было более 1 мг/г сухого веса. Адаптивные изменения ЖК-состава липидов у обоих видов хвоща в осенний и зимний периоды выражались в повышении абсолютного содержания триеновых кислот: гексадекатриеновой C16:3(Δ 7,10,13) и α -линоленовой C18:3(n-3) в общем пуле полиненасыщенных ЖК в эти периоды. Среди отдельных групп липидов наиболее высокое содержание у обоих видов было характерно для фосфатидной кислоты, моно- и дигалактозилдиглицеридов и фосфотидилхолина с тенденцией к его увеличению в холодный период года.

Особое внимание привлекает динамика абсолютного содержания свободных стеринов в тканях наземной части *E. variegatum*. Как видно из таблицы 2, с наступлением осенних холодов в составе тканей хвоща пестрого значительно увеличивалось содержание кампестерина и изофукостерина, соединений известных своей биологической активностью как в медицине, так и в ветеринарии. Увеличивалось также и общее содержание свободных стеринов.

В результате проведенных исследований было установлено, что липидный, жирнокислотный и стеринный состав надземной части двух видов хвоща, произрастающих в экстремальных условиях криолитозоны, имеет межвидовую специфику. Количественное содержание этих компонентов характеризуется высоким содержанием фосфатидной кислоты, полиненасыщенных ЖК и «стрессовых» стеринов: кампестерина и β -ситостерина. При этом наблюдали существенную разницу в содержании биологически активных компонентов между сезонами, с тенденцией к его увеличению по мере снижения температуры воздуха и почвы, что может быть использовано при выборе стратегии заготовки лекарственного сырья.

Таблица 1

Абсолютное содержание ЖК общих липидов надземной части двух видов хвоща

Жирная кислота	Хвощ пестрый	Хвощ камышковый
	(мг/г сухого веса)	
C12:0	0,02±0,01	0,04±0,02
C14:0	0,16±0,01	0,18±0,02
C15:0	0,09±0,01	0,04±0,01
C16:0	5,22±0,40	3,14±0,28
16:1(9)	0,16±0,02	0,13±0,01
16:1(7)	0,02±0,01	0,01±0,00
16:2(7,10)	0,13±0,02	0,10±0,01
C17:0	0,11±0,01	0,10±0,01
16:3(7,10,13)	0,24±0,02	0,37±0,02
C18:0	0,60±0,05	0,74±0,03
18:1(9)	0,89±0,02	0,87±0,03
18:1(7)	0,13±0,01	0,09±0,01
18:2(9,12)	4,26±0,31	2,29±0,18
18:2(5,9)	-	0,82±0,07
18:3(9,12,15)	5,31±0,42	4,33±0,38
C20:0	0,16±0,02	0,11±0,01
20:1(9)	0,18±0,02	0,01±0,01
20:3(11,14,17)	0,02±0,01	0,40±0,02
20:4(5,11,14,17)	0,46±0,03	0,31±0,02
C22:0	0,02±0,01	0,11±0,01
Общий вес МЭЖК	18,2±0,90	14,2±0,80

Таблица 2

Состав свободных и связанных стеридов надземной части хвоща пестрого *E. Variegatum*

Соединение	Содержание стеридов (мкг/г сухого веса)	
	летняя вегетация	осенняя вегетация
Холестерин	4,9±1,1	2,7±0,0
Кампестерин	63,3±1,7	88,3±2,0
Стигмастерин	н/о	4,3±0,3
β-ситостерин	331,7±3,0	334,6±6,5
Изофукостерин	24,4±1,5	59,5±3,7
Общее содержание свободных стеридов	424,3±2,5	489,4±4,1

ЛИТЕРАТУРА

- Ботиров Э. Х., Боначева В. М., Коломиец Н. Э. Химический состав и биологическая активность метаболитов растений рода *Equisetum* L. // Химия растительного сырья. 2021. № 1. С. 5–26.
- Petrov K.A., Sofronova V.E., Bubyakina V.V., Perk A.A., Tatarinova T.D., Ponomarev A.G., Chepalov V.A., Okhlopko Zh.M., Vasilieva I.V., Maximov T.Ch. Woody plants of Yakutia and low-temperature stress // Russ. J. Plant Physiol. 2011. V. 58. P. 1011–1018. DOI: 10.1134/S1021443711060148.
- Dudareva L.V. Nokhsorov V.V., Rudikovskaya E.G., and Petrov K.A. Fatty acid of aerial parts of three horsetail species in Central and Northern Yakutia // Chemistry of natural compounds. 2015. V. 51. № 2. P. 220–223.

УДК 615.322

Компонентный состав эфирного масла восточно-сибирского эндемика *Artemisia jacutica* Drob.

Дыленова Е.П.^{1,2}, Жигжитжапова С.В.¹,
Рандалова Т.Э.², Раднаева Л.Д.^{1,2}

¹ Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия, edylenova@mail.ru

² Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, Улан-Удэ, Россия

Аннотация. В данной работе приводятся данные ГХ-МС по компонентному составу эфирного масла полыни якутской (*Artemisia jacutica* Drob.), собранной в Республике Бурятия в 2015–2020 гг. П. якутская – восточно-сибирский эндемик, широко применяемый в народной медицине Якутии для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта. Всего в эфирном масле обнаружено 59 компонентов, представленные моно- (0-7,06 %) и сесквитерпеноидами (92,99-100%). Нерил-2-метилбутаноат, нерил-гексаноат, γ -эвдесмол и хамазулен являются константными компонентами масла, среди которых доминируют γ -эвдесмол и хамазулен (содержания достигают выше 40%). Эфирные масла п. якутской разных годов сбора характеризуются стабильным набором доминирующих компонентов, что характерно для эфирных масел полыней коренных фитоценозах Бурятии, наиболее приспособленных к семи- и аридным условиям.

Composition of the essential oil of East-Siberian endemic *Artemisia jacutica* Drob.

Dylenova E.P.^{1,2}, Zhigzhitzhapova S.V.¹,
Randalova T.E.², Radnaeva L.D.^{1,2}

¹ Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia, edylenova@mail.ru

² Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russia

Abstract. This paper represented the results of the GC-MS analysis of the essential oil's composition of *Artemisia jacutica* Drob. collected within the Republic of Buryatia in 2015-2020. *A. jacutica* is an East Siberian endemic plant which has been widely used in Yakutian folk medicine for the treatment of gastrointestinal diseases. In total, 59 components were found, which have mono- (0-7.06%) and sesquiterpenoid basis (92.99-100%). Neryl-2-methylbutanoate, neryl-hexanoate, γ -eudesmol and chamazulene were constant components of the oil, where γ -eudesmol and chamazulene were dominate (the content - over 40%). Essential oils of *A. jacutica* of different years of collection were characterized by a constant set of dominant components, which is typical for essential oils of original phytocenoses of wormwoods in Buryatia, which are adapted to semi- and arid conditions.

На сегодняшний день в официальной медицине среди растений рода полынь *Artemisia* L. используется полынь горькая *Artemisia absinthium* L. Она относится к подроду *Absinthium*, подсекции *Absinthium*. Однако, известно о широком применении в народной медицине систематически близких видов к п. горькой – п. Сиверса, п. якутская, п. крупноголовчатая и др. (Ханина, 2018). Данные виды морфологически схожи, в связи с чем актуальным является изучение компонентного состава отдельных групп биологически активных веществ, что может сыграть значительную роль при идентификации вышеуказанных видов.

Полынь якутская *Artemisia jacutica* Drob. - это восточно-сибирский эндемик, широко применяемый в народной медицине Якутии для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта. В связи с высоким содержанием хамазулена эфирное масло обладает выраженным противовоспалительным, антибактериальными, ранозаживляющим свойствами. Данный вид также обладает избирательной антифунгальной активностью и используется при глистных инвазиях у крупного рогатого скота и лошадей (Ханина, 1999; Кершенгольц Б.М., 2009).

В работе приводятся данные по компонентному составу эфирного масла надземной части полыни якутской (*Artemisia jacutica* Drob.), собранной в окрестностях с. Ширинга Еравнинского района Республики Бурятия в 2015-2020 гг., в фазу цветения. Гербарные образцы хранятся в коллекции лаборатории химии природных систем Байкальского института природо-

пользования СО РАН. Эфирное масло получали методом гидродистилляции из воздушно-сухого сырья. Компонентный состав эфирного масла исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Packard HP 6890 N с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973) в качестве детектора.

Эфирные масла п. якутской представляют собой жидкости темно-синего цвета, выход составляет 0,50–1,36 % в пересчете на воздушно-сухое сырье. Всего обнаружено 59 компонентов, представленные моно- и сесквитерпеноидами, причем содержание последних (92,99–100%) значительно выше, чем монотерпеноидов (0–7,06 %). Анализ полученных многолетних данных (2015–2020 гг.) показывает, что в составе эфирных масел нерил-2-метилбутаноат (3,40–10,22 %), нерил-гексаноат (1,06–6,45 %), γ -эвдесмол (25,39–47,11 %) и хамазулен (23,56–47,77%) являются константными компонентами, среди которых доминируют γ -эвдесмол и хамазулен (содержания достигают выше 40 %). Таким образом, сумма бициклических сесквитерпеноидов варьирует от 56,0 до 79,76 %. Особое внимание обращают на себя ациклические сесквитерпеноиды (11,21–41,12 %) – производные нерола (нерил-2-, нерил-3-метилбутаноат, нерил-гексаноат) и его изомера гераниола (геранил-2-, геранил-3-метилбутаноат и др.) (табл.).

Таблица

Выход и доминирующие компоненты эфирного масла *Artemisia jacutica* Drob., произрастающей в Республике Бурятия по данным ГХ-МС (% цельного масла)

	RI*	Год сбора							
		2020	2019	2018	2017	2016 (т.1)	2016 (т.2)	2015 (т.1)	2015 (т.2)
Выход ЭМ, % (в пересчете на в.с.с.)		0,66	1,36	1,00	0,50	0,67	0,67	0,53	0,64
Наименование компонентов									
1,8-цинеол	1031	1,94	2,05	2,57	-	3,43	0,51	2,04	2,32
селина-4,11-диен	1477	2,95	0,96	1,71	1,37	1,28	-	1,14	-
нерил-2-метилбутаноат	1579	3,4	3,64	4,73	10,22	7,71	5,05	5,91	9,03
нерил-3-метилбутаноат	1585	-	-	4,83	11,87	11,97	8,19	9,79	21,33
геранил-3-метилбутаноат	1610	1,25	2,08	-	-	2,64	2,35	-	-
γ -эвдесмол	1633	38,85	25,39	32,78	47,11	34,03	39,98	36,05	30,08
нерилгексаноат	1721	1,88	1,78	1,06	2,74	3,29	1,7	2,98	6,45
хамазулен	1730	30,82	47,77	37,4	23,56	26,97	39,19	40,37	25,96
Σ ациклических монотерпеноидов		0,26	0,18	1,08	-	0,88	-	-	-
Σ моноциклических монотерпеноидов		2,64	1,54	2,8	-	2,52	0,89	1,74	0,53
Σ бициклических монотерпеноидов		1,94	2,42	3,18	-	3,6	0,51	2,04	2,32
Σ ациклических сесквитерпеноидов		14,6	15,22	11,21	27,96	27,52	18,13	18,68	41,12
Σ моноциклических сесквитерпеноидов		1,3	1,19	4,79	-	1,83	0,74	-	-
Σ бициклических сесквитерпеноидов		78,46	76,24	75,72	72,04	63,64	79,76	77,56	56,04
Σ трициклических сесквитерпеноидов		0,78	0,53	0,92	-	-	-	-	-
Σ монотерпеноидов		4,84	4,14	7,06	0	7	1,4	3,78	2,85
Σ сесквитерпеноидов		95,14	93,18	92,64	100	92,99	98,63	96,24	97,16

*RI – индекс удерживания.

Узкоареальность п. якутской на территории Бурятии можно обосновать условиями произрастания: мерзлотная лесостепь с резко континентальным климатом Еравнинского района. Известно, что эфирные масла полыней коренных фитоценозах Бурятии (в том числе эндемичные виды), наиболее приспособленные к семи- и аридным условиям, обладают стабильным набором доминирующих компонентов, что и наблюдается в компонентном составе эфирного масла п. якутской, собранной в разные годы. Особенностью является накопление сесквитерпеновых соединений в заметных количествах. Вероятно, ведущим фактором, влияющим на состав эфирного масла п. якутской, является количество выпавших осадков в вегетационный период, который определяет влагообеспеченность растений в условиях семи- и аридных экосистем (Жигжитжапова С.В., 2018).

Таким образом, нами определен компонентный состав эфирного масла надземной части восточно-сибирского эндемика полыни якутской.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук и при финансовой поддержке гранта БГУ 2021 г.

ЛИТЕРАТУРА

Жигжитжапова С.В., Раднаева Л.Д. Изменчивость состава эфирных масел полыней флоры Бурятии // Материалы междун. науч.-практ. конф. “Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы”. Улан-Удэ, 2018. С. 310-312.

Кершенгольц Б.М., Аньшакова В.В., Филиппова Г.В., Кершенгольц Е.Б. Влияние температурно-влажностных метеорологических условий на качественный и количественный состав эфирных масел полыни Якутии // Химия растительного сырья. 2009. №3. С. 89-94.

Ханина М.А., Серых Е.А., Амельченко В.П., Покровский Л.М., Ткачев А.В. Результаты интродукционного исследования полыни якутской *Artemisia jacutica* Drob. // Химия растительного сырья. 1999. №3. С.63-78.

Ханина М.А., Ханина М.Г. Полыни Сибири и Дальнего Востока (химический состав, систематика, биологическая активность). Орехово-Зуево: ГГТУ, 2018. 246 с.

УДК 582.26

Дополнительные сведения о водорослях почв степных фитоценозов Предбайкалья

Егорова И.Н., Тупикова Г.С., Шергина О.В., Казановский С.Г.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия, egorova@sifibr.irk.ru

Аннотация. При помощи культурозависимых методов получены новые данные о водорослях дерново-карбонатной почвы луговой степи в окрестностях с. Баяндай Иркутской области. Выявлено 43 вида. Показано, что водоросли проникают на всю глубину почвенного профиля. Наибольшее число видов зарегистрировано в верхних горизонтах. Разнообразием видов отличаются зеленые водоросли. Значительную биомассу образует напочвенная цианопрокариота *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault. Предварительные данные позволяют сделать предположение об отсутствии выраженных сезонных изменений качественного состава альгокомплексов.

Additional data about soil algae of steppe phytocenoses of the Predbaikalie

Egorova I.N., Tupikova G.S., Shergina O.V., Kazanovsky S.G.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia, egorova@sifibr.irk.ru

Abstract. Using culture-dependent methods, new data on algae of the sod-carbonate soil of the meadow steppe in the vicinity of the Bayandai village in the Irkutsk region were obtained. 43 species have been identified. It is shown that algae penetrate the entire depth of the soil profile. The largest number of species has been recorded in the upper horizons. The variety of species is distinguished by green algae. A significant biomass is formed by the terrestrial cyanoprokaryote *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault. Preliminary data suggest that there are no significant seasonal changes in the qualitative composition of algocomplexes.

Исследования почвенных водорослей степей Предбайкалья ограничены работами Е.А. Судаковой, проведенными в 70-е гг. прошлого века (Судакова, 1970, 1976). Ею в Иркутском, Осинском, Эхирит-Булагатском и Баяндаевском районах Иркутской области изучались водоросли целинных почв: черноземов выщелоченных, солонцеватых, луговых, – под степной растительностью (формации настоящих степей), а также пахотных почв: черноземов солонцеватых под пшеницей и многолетними сеянными травами. Всего при помощи культурозависимых методов было зарегистрировано 58 видов водорослей в естественных растительных сообществах и 40 видов в антропогенных. Альгокомплексы почв разных сообществ включили от 25 до 36 видов.

Нами получены первые данные о составе и распределении почвенных водорослей луговой степи (кострцево-полынно-бобово-разнотравной) в окр. с. Баяндай (Баяндаевский район). Изучали водоросли антропогенно-нарушенных сообществ. Почвы в районе работ подвергались вскрыше при строительстве автотрассы Р-418 ближе к середине прошлого века. Исследовали водоросли на отвалах по обочинам дороги и на переходных к естественным сообществам участках. Цель работы заключалась в выявлении особенностей видового состава почвенных водорослей, распределения их в почвенном профиле, изучения аспектов биологии и экологии доминирующих видов. Видовая принадлежность большинства представителей альгофлоры установлена культурозависимыми методами (Егорова и др., 2019). Полученные нами результаты основаны на сборах начала июня 2014 г. и конца июля 2018 г.

Установлено, что исследуемые почвы дерново-карбонатного типа со слабокислой и нейтральной реакцией среды. Кислотность среды органической подстилки и верхних гумусовых горизонтов снижается при переходе от ненарушенных к антропогенно-нарушенным почвам. Механический состав мелкозема средне- и легкосуглинистый.

Всего выявлено 43 вида водорослей из отделов Cyanoprokaryota – 12 (27,9 %), Bacillariophyta – 4 (9,3 %), Ochrophyta – 4 (9,3 %), Chlorophyta – 22 (51,2 %), Streptophyta – 1 (2,3 %). Ведущая роль по числу видов в составе альгокомплекса принадлежит зеленым (Chlorophyta+Streptophyta) водорослям и цианопрокариотам (Cyanoprokaryota). Сходные данные были получены ранее для альгокомплексов, приуроченных к черноземным почвам степей Приангарья (Судакова, 1970). В дерново-карбонатной почве нами обнаружены представители 40 родов, в черноземных почвах – 30 (для естественных сообществ). Общими являются 15 родов. В пахотных черноземных почвах ранее были обнаружены водоросли из 27 родов. Общие для целинных и пахотных черноземов 25 родов водорослей. Для альгокомплексов дерново-карбонатной почвы и пахотного чернозема являются общими 15 родов. Это те же роды, что и для целинного чернозема: *Leptolyngbya*, *Microcoleus*, *Nostoc*, *Timaviella* (Cyanoprokaryota), *Hantzschia*, *Pinnularia* (Bacillariophyta), *Botrydiopsis*, *Heterococcus*, *Xanthonema* (Ochrophyta), *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Chlorosarcinopsis*, *Stichococcus* (Chlorophyta), *Klebsormidium* (Streptophyta).

В исследованиях альгофлоры черноземов степей Приангарья не было выявлено поверхностных разрастаний водорослей на почве. В качестве доминантов альгогруппировок были выделены представители одноклеточных и сарциноидных (образующих пакеты клеток) зеленых микроводорослей, а также нитчатые одиночные и колониальные цианопрокариоты. Отсутствие напочвенных разрастаний водорослей ранее рассматривалось как особенность степей северо-востока Азии (Пивоварова, 1986). Е.М. Лавренко (1940) в зональных степях бывшего СССР выделял синузию лишайников и водорослей, из последних по обилию им был указан носток обыкновенный *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault (как *Stratonostoc commune* Elenkin). Авторские многолетние экспедиционные исследования в Предбайкалье и прилегающих районах показали, что напочвенные разрастания цианопрокариот свойственны степным растительным сообществам этих территорий. На дерново-карбонатной почве луговой степи в окр. с. Баяндай значительную биомассу образовывал *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault. Это колониальный нитчатый организм, способный к фиксации атмосферного азота. В отдельных случаях сырой вес колоний ностока достигал более 1 кг·м². Наибольшую биомассу вид образовывал в антропогенно-нарушенных местообитаниях с изреженным растительным покровом. Нами установлено также, что микроколонии ностока были обильны в поверхностных горизонтах почвенного профиля, в минеральных горизонтах отмечали только единичные экземпляры (табл.). В остальном, комплекс доминантных видов почвенных альгогруппировок повторяет те же черты, которые отмечены и для черноземов.

Таблица

Распределение водорослей по профилю дерново-карбонатной почвы

Горизонт/глубина (см)	pH(водн.)	pH(HCl)	Число видов
O (0–2)	7.95±0.07	7.13±0.04	16
Ad (3–6)	8.22±0.04	6.98±0.04	16
AB (7–18)	7.78±0.04	6.68±0.04	15
B1 (19–36)	8.83±0.04	7.85±0.07	4
B2 (37–56)	9.05±0.35	8.13±0.04	9
BC (57–76)	9.85±0.07	8.75±0.07	7
C (77–120)	9.13±0.04	8.23±0.04	10

Анализ распределения видов водорослей по почвенному профилю дерново-карбонатной почвы показал, что водоросли встречаются во всех горизонтах (таблица). К примеру, в исследованиях солонцеватого чернозема было выявлено, что водоросли не обнаруживаются глубже 30–40 см. А в выщелоченном супесчаном черноземе их регистрировали на глубине до 80 см (Судакова, 1976).

Анализ качественного состава почвенного альгокомплекса луговой степи в окр. с. Баяндай в разные сроки периода вегетации не показал существенных различий. Подавляющее

большинство видов регистрировали как в начале июня 2014 г., так и в конце июля 2018 г. Однако, количественный состав, вероятно, может значительно изменяться. Так, максимальная масса (воздушно-сухая) напочвенных разрастаний ностока обыкновенного в июне 2014 г. составила 37 г·м⁻², в конце июля 2018 г. она достигала 72 г·м⁻². Ранее для степных черноземов и пашен отмечали осенний пик общего количества почвенных водорослей, связанный с массовым развитием диатомовых (Bacillariophyta) в период относительно теплой и дождливой осени, в то время как весной и летом преобладали зеленые водоросли и цианопрокариоты (Судакова, 1970, 1976). Оценка количественного развития микроводорослей дерново-карбонатной почвы луговой степи в разные периоды сезона вегетации одна из наших будущих задач исследований.

Водоросли – неотъемлемый компонент наземных экосистем, участвуют в аккумуляции солнечной энергии и трансформации биогенных элементов, вовлечены в различного рода взаимодействия с другими живыми организмами. Их качественный и количественный состав имеет большое значение для установления уровня продуктивности биогеоценозов. Запасы органической массы, создаваемой водорослями, в отличие от высших растений характеризуются большой динамичностью. Однако, наши знания об этой группе организмов в настоящее время недостаточны, сведения о региональных альгофлорах во многих аспектах не являются глубокими или отсутствуют, что определяет необходимость всестороннего изучения этой группы организмов.

ЛИТЕРАТУРА

- Егорова И.Н., Шамбуева Г.С., Шергина О.В., Шинен Н. К экологии *Nostoc commune* (Суанорпрокаруота) из Южной Сибири и Монголии // Сибирский лесной журнал. 2019. №1. С. 16–29.
- Лавренко Е.М. Степи СССР // Растительность СССР. Т. II. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 1–260.
- Пивоварова Ж.Ф. Особенности флористического состава и фитоценотической организации водорослевых группировок горных степей Северо-Восточной Азии // Ботанический журнал. 1986. Т. 71. № 4. С. 521–527.
- Судакова Е.А. Водоросли целинных и пахотных дерново-лесных почв правобережья р. Ангары // Почвы юга Средней Сибири и их использование. Иркутск, 1970. С. 60–64.
- Судакова Е.А. Водоросли солонцеватых черноземов Приангарья // Микрофлора почв и водных бассейнов Сибири и Дальнего Востока. Материалы регионального совещания. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1976. С. 139–144.

УДК 599.(571)

Фауна мелких млекопитающих Западного Забайкалья: история становления

Ербаева М.А.¹, Борисова Н.Г.²

¹Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, sinolag@mail.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, nboris@list.ru

Аннотация. Проанализирована история фауны мелких млекопитающих по костным остаткам из местонахождений Западного Забайкалья с неогена до голоцена.

Small mammal fauna of Western Transbaikalia: the history of formation

Erbajeva M.A.¹, Borisova N.G.²

¹Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, sinolag@mail.ru

²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, nboris@list.ru

Abstract. The history of the fauna of small mammals from the Neogene to the Holocene was analyzed based on fossil localities of Western Transbaikalia.

Западное Забайкалье находится на стыке двух палеозоогеографических подобластей – Европейско-Сибирской и Центрально-Азиатской, что обусловило значительное разнообразие видов, которых насчитывается около 50. Отдельные роды мелких млекопитающих являются автохтонами Азии, в частности род *Ochotona*. Пищуховые р. *Ochotona* сформировались в позднем миоцене, остатки их известны в многочисленных местонахождениях Китая и Монголии. Предковые формы зайцевых (р. *Lepus*), сурков (р. *Marmota*), сусликов (р. *Spermophilus*) иммигрировали из Северной Америки через Берингийский мост.

Самые ранние находки костных остатков млекопитающих известны из местонахождений прилегающих к Западному Забайкалью регионов: Прибайкалья, о. Ольхон и Долины Озер Центральной Монголии. Они свидетельствуют о том, что в олигоцене и миоцене территории юга Восточной Сибири и Монголии представляли собой единое целое (Покатилов, 1994; Erbajeva et al., 2016). Такая ситуация сохранялась и в неогене до позднего плиоцена-начала плейстоцена. В фауне раннего плиоцена из местонахождений о. Ольхон доминируют центрально-азиатские элементы, известные из одновозрастных фаун Монголии. Первые местонахождения остатков млекопитающих в Забайкалье относятся к позднему плиоцену. В этот период в Забайкалье и Предбайкалье встречалось достаточно много близких и общих форм, что свидетельствует об отсутствии барьеров для распространения слагающих фауну видов. Так, в фаунах Чикойского (Забайкалье) и Харанцинского (Предбайкалье) комплексов присутствовали общие таксоны: *Sorex sp.*, *Ochotonoides complicidens*, *Ochotona sp.*, *Cricetulus sp.*, *Prosiphneus praetingi*, обильно были представлены роды *Villanyia* и *Mimomys*. Преобладали центрально-азиатские виды.

В конце позднего плиоцена – начале раннего плейстоцена акватория Протобайкала значительно увеличилась, разделив фауны Забайкалья и Предбайкалья, хотя в это время ещё встречаются общие виды. В позднем плейстоцене обмен фаунами прекратился в связи с окончательным формированием акватории озера Байкал, ставшей существенной преградой для мелких млекопитающих. Кроме того, в плиоцен-плейстоцене произошло сравнительно быстрое поднятие гор, окружающих Байкал. Это явилось значительным орографическим барьером для проникновения влажных западных атлантических циклонов на восток, что привело к усилению аридности Забайкалья (Базаров, 1986; Алексеева, 2005). Дальнейшее разви-

тие сообществ мелких млекопитающих Предбайкалья и Забайкалья происходило в различных природно-климатических условиях.

Наиболее ранняя фауна млекопитающих Западного Забайкалья известна как фауна Удунгинского комплекса, возраст которой оценивается как первая половина позднего плиоцена (~3.5 млн. л. н.). Она включала: зайцевых (*Hypolagus trnsbaikalicus*, *H. multiplicatus*), складчатозубых пищух (*Ochotonoides complicidens*), архаичную пищуху (*Ochotona* aff. *sibirica*), хомяков (*Kowalskia* sp., *Cricetinus* cf. *varians*, *Gromovia daamsi*), бобров (*Castor* sp.), мышей (*Orientalomys sibiricus*), цокора (*Prosiphneus praetingi*) и полевок (*Promimys gracilis*, *Villanyia* sp.). Из крупных млекопитающих встречены древний слон *Archdiscodon*, 2 вида гиппарионов, хищники 7 родов, разнообразные копытные, характерные для открытых и лесных ландшафтов. Присутствуют обитатели влажных широколиственных лесов: индомалайский таксон *Parapresbytis eohanuman*, малая панда (*Ailurus*) и др. (Калмыков, 1992; Vislobokova et al., 1995; Erbajeva et al., 2003). Преобладали лесные ландшафты. В спорово-пыльцевых спектрах преобладает пыльца древесных растений, доминировали древовидная и кустарниковая береза, присутствовали темнохвойные породы и лиственница, в долинах произрастали ольха, лещина, липа, граб, на склонах – дуб, клен, липа (Калмыков, Малаева, 1994). Климат был достаточно влажным и теплым. Во второй половине позднего плиоцена произошли существенные изменения в развитии природной среды. Об этом свидетельствует состав фауны чикойского комплекса. В сообществе мелких млекопитающих сокращается количество лесных элементов, в частности зайцевых (*Hypolagus*), которые были доминирующими в составе предшествующей фауны Удунгинского комплекса, немногочисленны бобры (*Sinocastor*), снизилось количество цокоров, хомяков, обитателей разнотравных степей и влажных лугов. Однако наблюдается расцвет корнезубых полевок родов *Villanyia* и *Mimomys*, пищуховых рода *Ochotona*, излюбленные места обитания которых – открытые сухие степи. Появились насекомоядные родов *Petenyia* и *Beremendia* населявшие, вероятно, влажные луга на речных поймах, продолжали существовать немногочисленные лесные формы: мышинные (*Orientalomys*), мышовки (*Micromys*) и др. Видовой состав и количественное соотношение таксонов в фауне Чикойского комплекса свидетельствует о новом этапе в развитии природной среды: аридизации и похолодания климата. Анализ фауны показывает, что ландшафты с преобладанием лесов сменились к концу позднего плиоцена открытыми пространствами с островными лесами саванного типа.

Начало плейстоцена в Евразии характеризуется глобальным похолоданием климата (Никифорова, 1989). В Байкальском регионе в это время отмечено две волны похолодания: первое на уровне 2.82–2.48 млн. лет, вторая – на уровне 1.75–1.4 млн. лет (Williams et al., 1997; Карабанов, 1999). Ухудшение климата вызвало крупные изменения в характере растительного покрова. Сократилось количество теплолюбивых форм, расширились площади темнохвойных пород, лиственницы, пихты и др. (Белов и др., 2006). Наблюдались перестройка вертикальной поясности, наряду с обеднением дендрофлоры происходило активное проникновение в горы степных растительных ассоциаций в Забайкалье (Малаева, 1989). Значительные изменения произошли в фауне наземных позвоночных. Фауна этого временного интервала представлена Итанцинским комплексом. Появились настоящие лошади рода *Equus* сменившие плиоценовых трехпалых лошадей гиппарионов, сократилось количество хищников, копытных. Существенная реорганизация произошла в составе фауны мелких млекопитающих. Впервые появились суслики (*Spermophilus*), включавшие оба подрода – *Urocitellus* и *Spermophilus*, обильно представленные в фауне (более 60 % общего количества остатков мелких млекопитающих). Появились тушканчики (*Allactaga*), лесные полевки (*Clethrionomys*) и полевки рода *Cromeromys*, многочисленны пищухи. Сократилось разнообразие корнезубых полевок рода *Mimomys*, хомяков, количество сурков, бобров и полевок рода *Villanyia*. На смену *Villanyia eleonoraе* пришла полевка *V. klochnevi* с более прогрессивными чертами. На смену цокорам рода *Prosiphneus* пришли семигипсодонтные цокоры рода *Episiphneus*. Анализ фауны показывает, что доминирующими ландшафтами в Западном Забайкалье были степи при существовании луговых и лесостепных участков, а также незначи-

тельных пустынных островков. Леса произрастали на склонах гор и вдоль рек. Климат становится семиаридным, но оставался умеренно теплым.

На уровне 1.75–1.4 млн. лет прослежен следующий этап похолодания климата, приведшего к исчезновению практически всех плиоценовых таксонов. В сообществе мелких млекопитающих появились новые таксоны: в линии лагурид, это роды *Borsodia*, *Lagurodon* и *Prolagurus*, сменившие род *Villanyia*; из цементных полевок – род *Allophaiomys*, сменивший цементных корнезубых полевок родов *Mimomys* и *Cromeromys*. Бесцементная утратившая практически полностью корни полевка *Borsodia laguriformes* и *Allophaiomys deucalion* были реперными формами Додогольской фауны, в составе которой встречались суслики, цокоры и разнообразные пищухи рода *Ochotona*. Дальнейшее иссушение и похолодание климата привели к исчезновению рода *Borsodia*, на смену которому появились роды *Lagurodon* и *Prolagurus*, характерные элементы Усть Оборской фауны. Эти роды в последующих фаунах Кудунской и Засухинской трансформировались в современные роды *Eolagurus* и *Lagurus*, а род *Allophaiomys*, возможно, стал родоначальником современных родов *Lasiopodomys*, *Terricola* и *Microtus*.

В среднем плейстоцене продолжалось иссушение и похолодание климата. Этот период характеризуется доминированием обитателей сухих степных, полупустынных и пустынных ландшафтов, являющихся ядром фауны Тологойского комплекса: *Allactaga transbaicalica*, *Eolagurus simplicidens*, *Ellobius tancrei*, *Meriones unguiculatus*, *Marmota nekipelovi*, *Ochotona gureevi*, *O. dodogolica*, *Dipus sp.*, *Lasiopodomys brandti*, *Lagurus transiens* и др. Фауна сложена центрально-азиатскими таксонами, сходными с представителями современной фауны южной части Монголии. Природные условия были аридными, усилилась континентальность климата. Во второй половине среднего плейстоцена продолжалось направленное похолодание климата при некотором повышении увлажненности. Об этом свидетельствует Иволгинская фауна, в составе которой значительно сократилось количество обитателей аридных ландшафтов. Малочисленны *Eolagurus*, *Lagurus*, *Ellobius*, *Lasiopodomys*, обильны хомяки рода *Cricetulus*, суслики, близкие к современному длиннохвостому (*Spermophilus cf. undulatus*), пищуха, близкая современной даурской (*Ochotona cf. daurica*), достаточно многочисленны серые полёвки рода *Microtus*. Можно предположить, что в этот период произошло формирование отдельных современных таксонов, в частности даурской пищухи, длиннохвостого суслика. Возможно, в это время произошло разделение (дифференциация) черношапочного сурка и тарбагана.

В позднем плейстоцене продолжают существовать практически все таксоны, встречавшиеся в Иволгинской фауне. Увеличилось количество серых полевок *Microtus fortis*, *M. taximoviczii*, *M. gregalis*, *M. mongolicus*. Фауна Забайкалья включала преимущественно обитателей сухих ландшафтов. В отличие от Европы и Западной Сибири при смене холодных эпох (зырянское и сартанское оледенения) теплыми (казанцевское и каргинское межледниковья) отсутствовали резкие ландшафтно-климатические изменения. Различались фауны этапов не сменой видового состава, как в Европе и Западной Сибири, а количественным соотношением слагающих фауну видов. В плейстоцене в фауне Забайкалья были многочисленны и имели обширный ареал полевка Брандта и степная пеструшка. Остатки их найдены практически на всей территории Забайкалья, на север они доходили до Баргузинской котловины (найжены на песчаных выдувах Аргадинских куйтунов). Известны немногочисленные и редкие находки остатков слепушонки и цокора. Ареал некоторых современных видов, таких как даурская пищуха и тушканчик, в голоцене (9 тысяч лет назад) простирался за пределы современных, до Баргузинской котловины.

В голоцене, в связи со становлением современных природных условий исчезли полностью полевка Брандта и цокор, современный ареал которых ограничен юго-восточным Забайкальем, Монголией и северным Китаем. Степная пеструшка имеет ограниченный ареал в Монголии и Хакасии и является обитателем степей Казахстана. Слепушонка населяет пустыни и полупустыни Восточного Казахстана, Монголии и северо-западного Китая, изолировано в Туве.

Окончательный облик современной фауны мелких млекопитающих Западного Забайкалья сложился в конце голоцена.

Исследование профинансировано грантом РФФИ № 20-05-00163 и в рамках выполнения государственного задания ГИН СО РАН, проект 0274-2021-0003, АААА-А21-121011390004-6, государственного задания ИОЭБ СО РАН, проект 0271-2021-0001.

УДК 631.48

Фтор в засоленных почвах Кучигерских гидротерм*Жамбалова А.Д.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия,

zhambalova_ann@mail.ru

Аннотация. Изучено содержание активного иона фтора в засоленных почвах, приуроченных к зоне разгрузки Кучигерских гидротерм. Благодаря дополнительному привносу элементов с минеральными водами источника происходит их накопление в прилегающих почвах. На исследуемой территории условно выявлено 3 группы почв с различной степенью активности фтора: низкая, средняя и аномально высокая. На данном этапе исследования формирование почв с разной степенью насыщенности аF, возможно связано с активной тектонической деятельностью территории, при которой через вновь образованные разломы и трещины происходят интенсивное поступление элементов вместе с минеральными водами, грязью и газами.

Fluorine in saline soils of the Kuchigersk hydrotherms*Zhambalova A.D.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, zhambalova_ann@mail.ru

Abstract. The content of active fluorine ion in saline soils, confined to the discharge zone of the Kuchigersk hydrotherms, has been studied. Due to the additional input of elements with the mineral waters of the source, they accumulate in the adjacent soils. In the study area, 3 groups of soils with different degrees of fluorine activity were conventionally identified: low, medium and abnormally high. At this stage of the study, the formation of soils with different degrees of saturation аF can be associated with the active tectonic activity of the territory, in which an intensive supply of elements along with mineral waters, mud and gases occurs through the newly formed faults and cracks.

Байкальская рифтовая зона характеризуется многочисленным выходом гидротермальных минерализованных вод разного химического и газового состава. Основные гидротермы северо-западной части рифтовой зоны сконцентрированы в одной из самых крупных впадин – Баргузинской. В северной части котловины разгружаются гидротермы по химическому составу относящиеся к фторидному гидрокарбонатно-сульфатно-натриевому типу, с высоким содержанием натрия, серы, фтора и кремния (Чернявский и др., 2018). Большинство элементов, разгружающихся в почву, оседают на геохимических барьерах и создают специфические геохимические ассоциации.

Особый интерес вызывает изучение наиболее токсичного элемента, имеющего высокое содержание в водах гидротерм – фтора. Содержание фтора в Кучигерском источнике в разные годы колеблется от 13,9 в 2015 г до 62,7 мг/дм³ в 2014 г (Чернявский и др., 2018). Этот элемент относится к первому классу опасности, но кроме того является одним из необходимых элементов, который участвует в образовании твердых тканей организма.

Для растительного сообщества повышенное содержание фтора оказывает токсичное действие, так как ингибируется активность целого ряда ферментов, принимающих участие в углеводно-фосфорном обмене и тканевом дыхании (Kabata-Pendias, 2011).

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в северной части Баргузинской депрессии на месте пересечения самого крупного разлома котловины – Баргузинского с более мелким поперечным Дыренским (Лунина и др., 2009). Территория характеризуется выклиниванием Кучигерских гидротермальных источников.

Объектами изучения послужили засоленные почвы приурочены к зоне скрытого влияния Кучигерского источника нескольких ключевых участков почвенно-геоморфологической катены РФ-2 протянутой вдоль переходной полосы от болота к аллювиальной равнине р. Индэхэн (РФ-2-11 N54°52'45,8"; E111°00'1,2", РФ-2-13 N 54°52'45,3"; E 111°00'0,3", РФ-2-15 N 54°52'43,4"; E 111°00'1,9", РФ-2-16 N 54°52'43,5"; E 111°00'1,4", РФ-2-17 N54°52'43,3"; E

111°00'2,2", РФ-2-18 N54°52'42,8"; E 111°00'4,0", РФ-2-19 N54°52'42,4"; E 111°00'6,0", РФ-2-20 N 54°52'42,5"; E 111°00'6,2", РФ-2-21 N 54°52'42,5"; E 111°00'6,0", РФ-2-23 N54°52'42,1"; E 111°00'7,2", РФ-2-24 N 54°52'41,6"; E 111°00'8,9", РФ-2-25 N 54°52'42,2"; E 111°00'1,9", РФ-2-26 N 54°52'40,5"; E 111°00'11,6", РФ-2-27 N 54°52'40,1"; E 111°00'13,3", РФ-2-28 N 54°52'39,2"; E 111°00'15,2", РФ-2-29 N 54°52'39,4"; E 111°00'17,6", РФ-2-30 N 54°52'38,1"; E 111°00'20,1", РФ-2-31 N 54°52'37,3"; E 111°00'23,0").

Классификация и диагностика почв проводилась согласно положениям «Полевого определителя почв России» (2008). При изучении почв использовались морфологические, физико-химические методы (Агрохимические...,1975). Активность ионов фтора определялась с помощью ионселективного фторидного электрода в почвенной пасте (Хитров,1990). Статистическая обработка данных включала расчет основных показателей в пакетах Statistica 10 и Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждения. Изученные засоленные почвы по активности фтора (аF) условно можно разделить на 3 группы. К первой группе отнесены почвы с низкой активностью (0,01-2,0 ммоль/л), ко второй со средней (2,0 до 5,0 ммоль/л), третья группа имеет аномально высокую активность (до 112 ммоль/л). Самые низкие значения имеют почвы болотных массивов по мере удаления разрезов от болота и увеличением кислотности раствора прослеживается тенденция увеличения аF. Такая закономерность может быть связана с щелочным и сорбционным барьером, на котором оседают ионы F, для сильнозасоленных почв ярко выражен испарительный барьер в виде солевой корки.

Самые низкие значения аF отмечены в почвах с кислой реакцией среды (РФ-2-11, РФ-2-13, РФ-2-16), приуроченные к местам, примыкающим непосредственно к Кучигерскому болотному массиву с активно разгружающимися грифонами. По мере удаления от болота показатель активности фтора в почвах постепенно увеличивается (РФ-2-18, РФ-2-20, РФ-2-21). Наибольшая активность ионов фтора отмечается в поверхностной солевой корке. Контрастное распределение аF имеют почвы, расположенные на приподнятой аллювиальной равнине около р. Индэхэн (РФ-2-24, РФ-2-28, РФ-2-30). В этих почвах проявляется тенденция к увеличению аF.

Вторая группа почв характеризуется активностью фтора в диапазоне доверительного интервала 1,30-1,84 ммоль/л среднее значение, которого составляет аF=1,57 ммоль/л. Эти почвы имеют разную степень засоления и характеризуются более высокими значением реакции среды. Засоленные почвы в основном имеют легкий гранулометрический состав, содержание гумуса низкое.

В профиле почв активность фтора резко меняется. Распределение по профилю схоже с почвами первой группы. Самые высокие значения активности приурочены к верхним горизонтам с солевой коркой (РФ-2-19 и РФ-2-23). В ряде почвенных разрезов (РФ-2-14, РФ-2-17, РФ-2-19, РФ-2-23) накопление F происходит на глубинах 10-20 см, здесь зафиксированы максимальные пики аF, ниже происходит резкое уменьшение.

В разрезах, в которых производилось глубокое бурение (РФ-2-14, РФ-2-26, РФ-2-29, РФ-2-31) значение аF сильно варьирует по профилю и имеют несколько пиков: в верхних слоях 20-80 см, ниже 120-140 (160) см, а в РФ-2-31 еще на глубине 280 см. В этих горизонтах наблюдается увеличением фракции физической глины, которая при щелочных условиях способствует адсорбции ионов фтора.

Из всей выборки выделяются сильно засоленные участки (РФ-2-15 и РФ-2-25) с аномально высоким показателем активности фтора. В этих почвах наблюдается очень большой разброс аF от 0,08 до 112,2 ммоль/л, т.е. разница в показателях активности более чем в 1000 раз. В связи с таким положением для данной группы среднее значение не вычислялось. Эти почвы имеют очень сильное поверхностное засоление, содержание гумуса низкое.

Эти участки выделяющихся из общего фона отсутствием какой-либо растительности. Такое явление объясняется токсичным действием повышенного содержания фтора для растений, так как в солевых корках РФ-2-15 и РФ-2-25 зафиксированы аномально высокие значения равные 75,9 и 112,2 ммоль/л соответственно.

Наличие в котловине участков с аномально высокой активностью фтора может быть индикатором активной тектонической деятельностью земной коры, которая сопровождается газогидротермальными проявлениями пульсирующего характера.

Заключение. На данном этапе исследования установлено, что в засоленных почвах зон разгрузки Кучигерских гидротерм характерна различная активность фтора. Условно выделено 3 группы почв с разной степенью активности F: почвы с низкой активностью, средней и аномально высокой. Почвы с относительно одинаковой активностью могут находиться на разных геоморфологических позициях и наоборот почвы с разными значениями активности находятся очень близко друг от друга. Таким образом можно утверждать, что активность фтора не зависит от геоморфологической сопряженности. Для данных почв имеет место пульсирующий характер поступления фтора в почву. Такая ситуация может быть объяснена разломной активной тектонической деятельностью территории, при которой через вновь образованные разломы и трещины происходят интенсивное поступление различных элементов вместе с минеральными водами, грязью и газами.

Работа выполнена при в рамках бюджетного проекта № 121030100228-4.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
- Лунина О.В., Гладков А.С., Шерстянкин П.П. Новая электронная карта активных разломов юга Восточной Сибири // ДАН. 2010. Т. 433. № 5. С. 662-667.
- Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Хитров Н.Б. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: Почвенный институт им. Докучаева. 1990. 235 с.
- Чернявский М.К., Плюснин А.М., Дорошкевич С.Г., Будаев Р.Ц. Рекреационно-бальнеологические особенности северо-восточной части Баргузинской котловины // География и природные ресурсы. 2018. № 2. С. 63–72.
- Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants 4th ed.–Taylor and Francis Group, LLC. 2011. – 505 p.

УДК581.55:528.88

**Оценка геоэкологического состояния степных экосистем
в результате антропогенного воздействия (на примере модельного полигона
«Мандалгови»)**

Жарникова М.А., Алымбаева Ж.Б.

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия, rita_zharnikova@mail.ru

Аннотация. В работе приведены результаты геоботанического и геоэкологического исследования степных сообществ на примере модельного полигона, расположенного в аридной климатической зоне Монголии. На основе проведенной классификации растительности выявлено фитоценотическое разнообразие территории. С использованием методов ординации проведен градиентный анализ по факторам увлажнения и богатства-засоления почв. В результате анализа растительных сообществ построены карты антропогенной нарушенности и проведена оценка геоэкологического состояния территории исследования.

**Assessment of the geoeological state of steppe ecosystems as a result
of anthropogenic impact (on the example of the Mandalgovi model test site)**

Zharnikova M.A., Alymbaeva Zh.B.

Baikal institute of nature management SB RAS, Ulan-Ude, Russia, rita_zharnikova@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of geobotanical and geoeological studies of steppe communities on the example of a model test site located in the arid climatic zone of Mongolia. On the basis of the classification of vegetation, the phytocenotic diversity of the territory was revealed. Using ordination methods, a gradient analysis was carried out for the factors of soil moisture and richness-salinity. As a result of the analysis of plant communities, maps of anthropogenic disturbance were constructed and the geoeological state of the study area was assessed.

Степные экосистемы в результате интенсивного антропогенного воздействия в сочетании с происходящими климатическими изменениями в настоящее время являются наиболее уязвимыми и преобразованными природными системами. К преобладающему типу антропогенной нагрузки можно отнести использование степных территорий в качестве пастбищ, которое приводит к деградации природной среды как в целом, так и ее отдельных компонентов. Особенно это проявляется в степях Монголии, где животноводство — это основной вид хозяйственной деятельности человека. Быстрореагирующим на внешние изменения и наиболее подверженным антропогенному влиянию компонентом природной среды является растительность, поэтому проблемы инвентаризации, мониторинга и геоэкологической оценки степных растительных сообществ в целях сохранения биоразнообразия и оптимизации природопользования становятся все более актуальными.

Для оценки современного состояния и динамики растительного покрова в течение 2015-2019 гг. были проведены исследования степной растительности на модельном полигоне «Мандалгови» (центральная часть аймака Дундговь, Монголия), расположенном в аридной климатической зоне (Жарникова, 2020; Цыдыпов и др., 2016). Изучение растительных сообществ осуществлялось стандартными геоботаническими методами. Массив геоботанических описаний, полученный в ходе полевых исследований был дифференцирован с использованием доминантно-детерминантного принципа. Фитоценотическое разнообразие территории исследования характеризуется своеобразным видовым составом и представлено 6 формациями, включающими 13 ассоциаций. Для анализа экологических факторов, определяющих разнообразие и распространение растительных сообществ, был проведен градиентный анализ по факторам увлажнения и богатства-засоления почв (Жарникова, Алымбаева, 2018).

Антропогенная нагрузка на исследуемом полигоне, связанная с выпасом, оценена на основе информации о годовой численности поголовья домашнего скота. Так, в 1990 г. поголо-

вье скота составляло 114,63 тыс. голов, а к 2019 г. увеличилось почти в 3,5 раза и составило 417,54 тыс. голов. При этом произошли изменения и в структуре стада – увеличилась доля участия овец и коз (табл.).

Таблица

Поголовье скота и пастбищная нагрузка территории исследования*

Год	Поголовье скота, тыс. голов	Плотность скота, гол./га.	Доля животных в структуре стада, %				
			Лошади	КРС	Верблюды	Овцы	Козы
1990	114,63	0,3	9,74	4,38	1,10	55,60	29,20
2000	121,46	0,4	9,11	2,33	0,86	52,07	35,65
2010	110,05	0,3	5,59	1,47	0,56	45,56	46,81
2019	417,54	1,2	4,72	1,51	0,31	46,95	46,52

* Данные приведены для сомона Сайнцаган, в котором расположен полигон «Мандалгови».

Для определения степени антропогенной нарушенности использована эколого-биологическая оценка состояния экосистем. В качестве оценочных показателей приняты проективное покрытие, структура травостоя, изменение видового состава, надземная фитомасса, внедрение сорных видов и т.д. В результате геоботанического и экологического анализа каждому сообществу присвоена стадия пастбищной дигрессии, а затем построена карта антропогенной нарушенности модельного полигона (рис.).

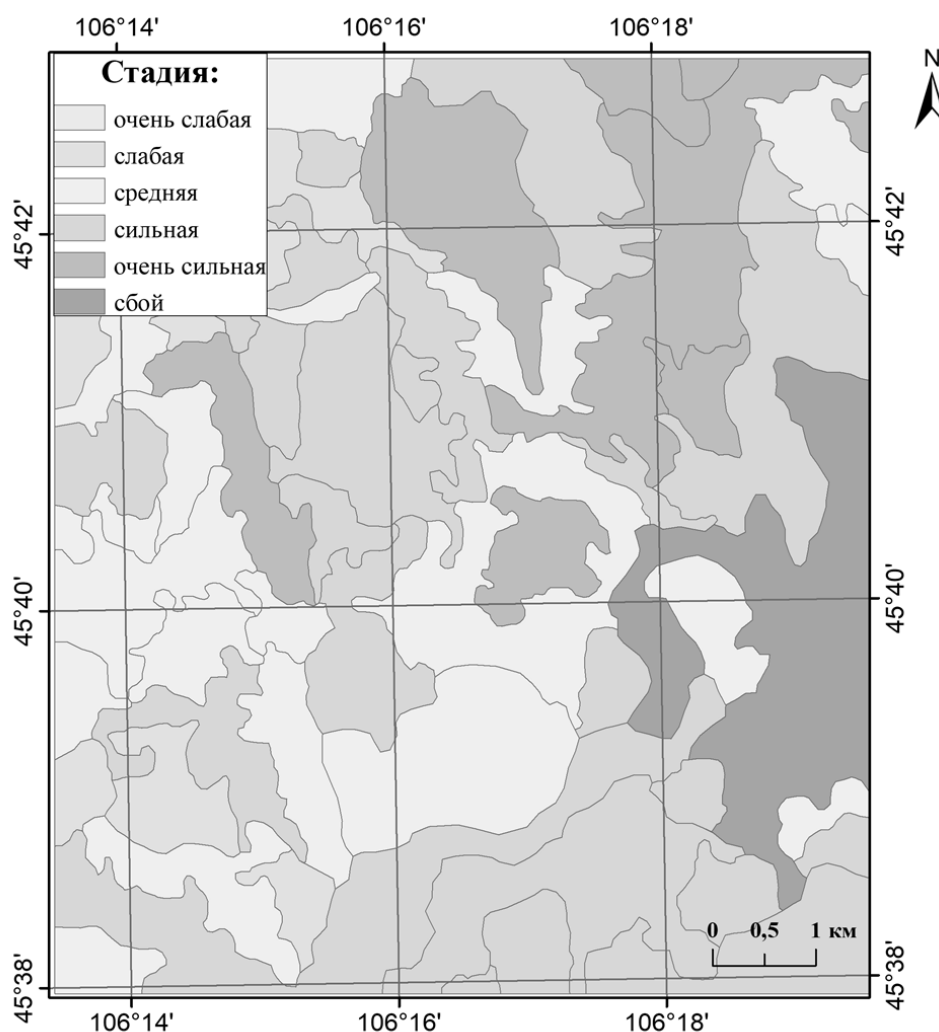


Рис. Карта-схема антропогенной нарушенности полигона «Мандалгови» (М 1:50000)

В изученных растительных сообществах по доминантному составу отмечены пять стадий антропогенной нарушенности – от слабой степени до стадии сбоя. При этом на полигоне преобладают участки с средней и сильной стадией пастбищной дигрессии. На регулярно используемых участках происходит угнетение дерновинных злаков (ковылька, змеевки), а затем и полное исчезновение их из травостоя, формирование пустошей по скотопрогонным тропам и водопоям. Отмечено территориальное расширение луковых сообществ за счет смены змеевково-ковыльковых и луково-ковыльковых сообществ на монодоминантные луковые. Появление в фитоценозе ксероморфных видов, более типичных для пустынных областей, служат показателем ухудшения условий увлажнения и начала развития процессов опустынивания (Гунин, 2006). В растительных сообществах отмечено замещение дерновинных злаков и луков (*Stipa klemenzii*, *S. gobica* и *Allium polyrrhizum*) полукустарничковыми видами солянок (*Salsola passerina*, *Reaumuria songarica*), а также пустынным сорным видом – *Peganum nigellastrum*. При сильном воздействии выпаса увеличивают свое обилие виды-однолетники (*Chenopodium album*, *Eragrostis minor*, *Dontostemon integrifolius*). В заключительной стадии сбоя на пастбище сохраняются лишь однолетние растения.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Жарникова М.А. Характеристика степной растительности засушливых территорий Центральной Азии // Успехи современного естествознания. 2020. № 8. С. 43-49.

Цыдыпов Б.З., Гармаев Е.Ж., Алымбаева Ж.Б., Батоцыренов Э.А., Аюржанаев А.А., Саяпина Д.О., Жарникова М.А., Содномов Б.В., Тулохонов А.К. Пространственно-временная оценка изменения растительного покрова засушливых климатических зон по Байкало-Гобийскому трансекту // Научное обозрение. 2016. № 5. С. 8-16.

Жарникова М.А., Алымбаева Ж.Б. Фитогеографические особенности и состояние степных сообществ Монголии (на примере модельного полигона «Мандалгоби») // Вестник БГУ. Биология, география. 2018. №. 2. С. 46-56.

Гунин П.Д. Современные процессы деградации и опустынивания экосистем Восточно-Азиатского сектора степей и лесостепей / П.Д. Гунин, И.М. Микляева // Современные глобальные изменения природной среды. 2006. Т. 2. С. 389-412.

УДК 574.3.574.9

Экогеографические единицы и экогеографические агрегации как элементы экосистемы

Животовский Л.А.¹, Османова Г.О.²

¹ Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия, levazh@gmail.com

² Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, gyosmanova@yandex.ru

Аннотация. Предложена концепция экогеографических агрегаций (ЭГА) видов растений, согласно которой связанные группы популяций каждого вида (экогеографические единицы, ЭГЕ) объединяют в многовидовые территориальные общности (агрегации), если они соседствуют друг с другом и обитают в сходных условиях. Выделенные участки территории, занимаемые многовидовыми ЭГА, можно рассматривать как кандидатов на создание новых охраняемых природных территорий. В качестве примера рассмотрены 38 редких видов растений Республики Марий Эл. Показано, что популяции этих видов образуют 11 ЭГА, которые лишь частично входят в состав существующих особо охраняемых природных территорий Республики.

Ecogeographic units and ecogeographic aggregations as elements of an ecosystem

Zhivotovsky L.A.¹, Osmanova G.O.²

¹Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
levazh@gmail.com

²Mari State University, Ioshkar-Ola, Russia, gyosmanova@yandex.ru

Abstract. We suggest the concept of ecogeographic aggregations (EGAs) of plant species, according to which related groups of populations of each species (ecogeographic units, EGUs) are combined into multispecies spatial communities (aggregations) if they are adjacent to each other and live under similar conditions. The delineated areas occupied by multispecies EGA can be candidates for the creation of new protected natural areas. This idea is illustrated by the example of 38 rare plant species of the Republic of Mari El. It is shown that the populations of these species can be assigned to 11 EGA, only some of which are included in the existing protected natural areas of the Republic.

Изучение редких видов является частью исследования общего биоразнообразия, которое имеет важное прикладное значение, так как позволяет оценить уровень генетического потенциала, дает представление о состоянии экосистем на определенной территории, служит основой менеджмента отдельных видов (Злобин, 2013). На территории Республики Марий Эл (РМЭ) более полутора сотен редких видов растений. Важно определить места совместного обитания редких видов с тем, чтобы обеспечить их одновременную охрану. Для этого следует выявить агрегации этих видов, основываясь на накопленной информации об их распространении и адаптации к условиям их местообитаний.

Выделение единиц должно бы, методологически, основываться на данных обо всем спектре наследуемых признаков, обуславливающих адаптацию популяций данного вида к условиям своей среды обитания. Однако на сегодня такие данные недостижимы. В качестве выхода из этой ситуации была предложена концепция *экогеографических единиц* (ЭГЕ), выделяемых для данного вида по доступным данным о градиентах среды обитания и генных потоках, а затем тестируемых по показателям генетического сходства с помощью ДНК-маркеров (Животовский, 2016).

Мы предложили распространить этот подход на популяции растений, учитывая важные для них характеристики среды обитания – почвенные условия, типы растительности, особенности климата, и другие – с помощью их картографического описания, а также иных методов, в т.ч. геоботанических (Животовский, Османова, 2018). Создание и ведение региональных и национальных карт растительности, почв, климата и др. и Красных книг стало значительным шагом в деле защиты природы и объектов животного и растительного мира. Их ос-

новное предназначение – это накопление и распространение научно обоснованной информации о природном разнообразии, в т.ч. редких, исчезающих и находящихся под угрозой исчезновения представителях флоры и фауны. Такая информация важна для разработки и реализации мер по охране, восстановлению и рациональному использованию биоразнообразия, в т.ч. при выработке рекомендаций по выделению охраняемых природных территорий. Она оказалась важной и для нашего подхода.

Согласно предложенному подходу, ЭГЕ данного вида растений выделяется как совокупность географически близких ценопопуляций, которые: (I) занимают территорию относительно однородную по важным для существования вида характеристикам среды, (II) связаны друг с другом потенциальными генными потоками. (Под «потенциальным» генным потоком понимается возможность обмена между популяциями за одно или несколько поколений; для приблизительной оценки дальности потенциального генного потока мы условно выбираем величину кратную радиусу разноса пыльцы и диаспор (семян, плодов, спор и др.), известную из полевых наблюдений).

Объектами исследования были выбраны редкие виды растений разных жизненных форм и семейств, причём только те, все основные местообитания которых в РМЭ были известны. В результате такого выбора рассмотренные виды характеризовались наличием одной уникальной ценопопуляции или небольшим числом ценопопуляций: **Apiaceae** – берула прямая (*Berula erecta* (Huds.) Hoffm.), лазурник трёхлопастной (*Laser trilobum* (L.) Borkh.), морковь дикая (*Daucus carota* L.), мордовник шароголовый (*Echinops schaerocephalus* L.); **Araceae** – аир обыкновенный (*Acorus calamus* L.); **Aspleniaceae** – костенец постенный (*Asplenium rutamuraria* L.); **Asteraceae** – василек ложнопятнистый (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.); **Athyriaceae** – голокучник Роберта (*Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm.), диплазий (орлячок) сибирский (*Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Kurata); **Boraginaceae** – пупочник ползучий (*Omphalodes scorpioides* (Hanke) Schrank); **Botrychiaceae** – гроздовник ромашколистный (*Botrychium matricariifolium* A.Br. ex Koch); **Brassicaceae** – зубянка пятилистная (*Dentaria quinquefolia* Bieb.), лунник оживающий (*Lunaria rediviva* L.); **Cyperaceae** – осока малоцветковая (*Carex pauciflora* Lightf.); осока метельчатая (*Carex paniculata* L.); **Dipsacaceae** – короставник татарский (*Knautia tatarica* (L.) Szabo); **Dryopteridaceae** – многорядник Брауна (*Polystichum braunii* (Spenn) Feé); **Fabaceae** – астрагал серповидный (*Astragalus falcatus* Lam.), вязель пёстрый (*Coronilla varia* L.), дрок германский (*Genista germanica* L.), люпинник пятилистный или клевер люпиновый узколистный (*Lupinaster pentaphylloides* Moench ssp. *angustifolius* (Litv.) Soják), остролодочник волосистый (*Oxytropis pilosa* (L.) DC.); **Fumariaceae** – хохлатка Маршалла (*Corydalis marschalliana* (Pall. ex Willd.) Pers.); **Lamiaceae** – тимьян блошиный (*Thymus pulegioides* L.), шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata* L.); **Najadaceae** – наяда большая (*Najas major* All.), наяда гибкая (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. Et Schmidt); **Oleaceae** – ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.); **Ophioglossaceae** – ужомник обыкновенный (*Ophioglossum vulgatum* L.); **Orchidaceae** – калипсо луковичная (*Calypso bulbosa* (L.) Oakes); **Ranunculaceae** – ветреничка алтайская (*Anemonoides altaica* (C.A. Mey.) Holub); **Rosaceae** кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blatt), морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.); **Scrophulariaceae** – мытник скипетровидный (*Pedicularis sceptrum-carolinum* L.); **Trapaceae** – водяной орех, чилим плавающий (*Trapa natans* L. s. l.); **Zannichelliaceae** – занникеллия ползучая (*Zannichellia repens* Boenn.).

Данные по распространению вида в РМЭ взяты из Красной книги (2013) и других материалов. В качестве меры связности местообитаний одного вида возможными генными потоками в чреде поколений мы выбрали пятикилометровый радиус вокруг каждого местообитания исследованных видов. При описании местообитания анализировали характеристики условий среды (типы почв, рельеф и др.). Для подразделения территории на однородные участки использовали ГИС-технологии анализа тематических географических карт (Quantum GIS).

Используя наш подход (Животовский, Османова, 2018), для каждого из 38 видов мы выделили свои ЭГЕ. Эти ЭГЕ, расположенные территориально близко друг к другу и находящиеся в сходных почвенных и иных условиях, можно объединить в ЭГА редких видов (Османова и др., 2019). Всего нами выделено 11 многовидовых ЭГА: ЭГА–1: *C. marschalliana*, *D. carota*, *D. quinquefolia*, *F. excelsior*, *N. major*, *O. vulgatum*; ЭГА–2: *A. calamus*, *F. excelsior*, *T. natans*; ЭГА–3: *C. paniculata*, *P. sceptrum-carolinum*; ЭГА–4: *B. matricariifolium*, *C. pauciflora*, *G. germanica*, *N. major*, *R. chamaemorus*; ЭГА–5: *C. varia*, *L. pentaphylloides*, *L. trilobum*, *O. scorpioides*, *O. vulgatum*, *Th. pulegioides*, *Z. repens*; ЭГА–6: *B. erecta*, *C. pauciflora*, *K. tatarica*, *N. flexilis*, *O. vulgatum*; ЭГА–7: *D. sibiricum*, *G. robertianum*, *L. rediviva*, *O. vulgatum*, *P. braunii*; ЭГА–8: *A. rutamuraria*, *C. melanocarpus*, *D. sibiricum*, *G. robertianum*, *O. pilosa*; ЭГА–9: *A. falcatus*, *E. schaerocephalus*, *O. pilosa*; ЭГА–10: *A. falcatus*, *C. pseudomaculosa*, *O. pilosa*; ЭГА–11: *C. bulbosa*, *D. sibiricum*, *S. verticillata*.

Возникает вопрос, с какими условиями среды обитания связана тесная пространственная кластеризация ЭГЕ разных видов, позволяющая объединить их в ЭГА?

Первая ЭГА-1 состоит из ЭГЕ шести видов, данная локальность для пяти из этих видов является северной или северо-восточной границей их ареалов (Красная книга, 2013). Шестой вид – ужомник обыкновенный, является циркумбореальным видом и приурочен в основном к лесной зоне и лесному поясу гор, что отличает южную часть Горномарийского района, занимаемую ЭГА–1. Самая большая по числу видов ЭГА–5 включает семь видов. Она находится в Волжском районе, который является северной границей всех этих видов. Большинство других ЭГЕ (№ 6–8, 11) сконцентрированы в зоне Марийско-Вятского увала, сложное развитие которого вызвано тектоническими движениями. Здесь отмечены карбонатные почвы и близкое залегание мергелей, что является предпочтительным для включенных в эти агрегации видов и привело к группированию ценопопуляций указанных видов на одних и тех же участках. Далеко не все из этих участков входят в существующие или планируемые природоохранные зоны, несмотря на то, что обширная географическая сеть ООПТ РМЭ охватывает основные типы ландшафтов – лесные, луговые, водные и болотные.

Выделенные участки территории с многовидовыми ЭГА редких видов растений, можно рассматривать как кандидатов на создание новых ООПТ в РМЭ. Особенно это важно для входящих в агрегации видов, находящихся на грани исчезновения – как, например, для водных растений *N. major*, *N. flexilis*, *Z. repens* и *T. natans*: загрязнение и эвтрофикация водоемов привели к резкому сокращению популяций этих видов. Помимо многовидовых ЭГА, внимания требуют и те редкие виды, которые не вошли ни в одну из выделенных ЭГА, такие как *A. altaica* – для них необходима организация видовых заказников.

Реализация нашего подхода к выделению ЭГЕ растений и ЭГА редких видов основывается на информации, полученной из тематических географических карт и Красных Книг. Определение ЭГА редких видов позволяет подойти к выделению ООПТ научно-обоснованными методами. Например, на территории Республики Марий Эл мы предлагаем расширить границы тех существующих и проектируемых ООПТ с включением в их состав сопредельных территорий, на которых выделены ЭГА и создать новые ООПТ, включающие другие ЭГА (с учетом имеющихся коммуникаций, сельскохозяйственных угодий и других ограничений).

Работа выполнена при финансовой поддержке гостемы "Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природохозяйственной деятельности (Эколого-генетическая структура вида)".

ЛИТЕРАТУРА

Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений (Теоретические основы и методика изучения). ООО «ИТД “Университетская книга”». Сумы. 2013. 439 с.

Животовский Л.А. Популяционная структура вида: Эко-географические единицы и генетическая дифференциация популяций // Биология моря. 2016. Т. 42. С. 323–333.

Животовский Л.А., Османова Г.О. Эколого-географический подход к выявлению популяционной структуры вида у растений // Труды конф. «Экология и география растений и растительных сообществ». Екатеринбург. 2018. С. 282–285.

Красная книга Республики Марий Эл. Том «Растения. Грибы» // Составители Г.А. Богданов, Н.В. Абрамов, Г.П. Убранавичюс, Л.Г. Богданова. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. 324 с.

Османова Г.О., Богданов Г.А., Животовский Л.А. Выделение многовидовых экогеографических агрегаций редких видов растений в целях организации охраняемых природных территорий (на примере флоры Республики Марий Эл) // Экология, № 5, 2019. С. 373–377.

УДК 574.2

Трансформация состава низкомолекулярных метаболитов в адаптации растений к природно-климатическим условиям

Жигжитжапова С.В., Раднаева Л.Д.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, Россия, Zhig2@yandex.ru

Аннотация. Компонентный состав эфирных масел является результатом действия абиотических и биотических факторов среды на растение во время его развития и обеспечивает наилучшую адаптацию растений к условиям конкретного места произрастания. Так, у полыни с голоарктическим типом ареала (*Artemisia vulgaris*), прослеживается четкая корреляция хемотипа эфирных масел от типа климата макрорегиона - гумидный, семиаридный, аридный. У видов с более узким ареалом (*A. annua*, *A. frigida* и *A. scoparia*) - связь хемотипов с широтным положением популяций – западным или восточным. У эндемичного вида Бурятии (*A. subviscosa*) в эфирных маслах преобладают сесквитерпеновые соединения.

Accumulation of terpenoids in sagebrush growing in different climatic conditions

Zhigzhitzhapova S.V., Radnaeva L.D.

Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia, Zhig2@yandex.ru

Abstract. The component composition of essential oils is the result of the action of abiotic and biotic environmental factors on the plant during its development and ensures the best adaptation of plants to the conditions of a particular growing area. The composition terpenoids of sagebrush with the holoarctic type of area (*Artemisia vulgaris*) is in a clear correlation with the type of climate of the macroregion - humid, semiarid, arid. In species with a narrower range (*A. annua*, *A. frigida* and *A. scoparia*), there is a relationship between chemotypes and the latitudinal position of populations - western or eastern. In an endemic species of Buryatia (*A. subviscosa*), sesquiterpene compounds predominate in essential oils.

Анализ химического состава объектов растительного мира позволяет характеризовать воздействие окружающей среды на организмы. Изменения в окружающей среде влияют на активность, емкость и регуляцию биосинтетических путей, включая биосинтетические пути терпеноидов. Доказательством адаптации к окружающей среде является большое разнообразие соединений, которые могут синтезировать растения. В настоящее время известно до 5000 идентифицированных терпеноидов растений и бактерий (Vganova et al., 2012). Терпеноиды обеспечивают адаптацию растений к различным абиотическим факторам произрастания растений и участвуют во взаимодействиях «растения-растения», «растения-животные» (Bagnoli et al., 2012; Loreto et al., 2014; Gols R., 2014; Muhlemann et al., 2014). Направления биосинтеза терпеноидов в конкретных природно-климатических условиях находятся под генетическим контролем, что выражается на химическом уровне в существовании различных хемотипов.

Изучен состав терпеноидов полыней, произрастающей на территории республики бурятия, Монголии, Китая. На основе анализа собственных и литературных данных обнаружены некоторые закономерности трансформации состава низкомолекулярных метаболитов в адаптации растений к меняющимся природно-климатическим условиям.

Одной из наиболее распространенных видов полыней является полынь обыкновенная *Artemisia vulgaris* L. Это вид с голоарктическим ареалом. В литературе накоплен обширный материал о составе эфирного масла как дикорастущих, так и культивируемых растений *Artemisia vulgaris*. Биplot (ГК1-ГК2) данных группового анализа по структурным типам компонентов эфирных маслах полыни обыкновенной, показывает, что существует три хемо-

типа эфирных масел соответствующих типам климата макрорегиона - гумидный, семиаридный, аридный.

Анализ компонентного состава эфирных масел полыней евроазиатской ареалогической группы проведен на составах полыни однолетней (*A. annua*), полыни холодной (*A. frigida*), полыни метельчатой (*A. scoparia*).

Полынь однолетняя (*Artemisia annua* L.) – однолетнее евразийское пустынно-степное растение. Распространена в Европе, Средиземноморье, Балканах, Армении, Иране, Китае, Японии, Монголии, Северной Америке (заносное). В России природные популяции встречаются на Кавказе, в Сибири, Средней Азии и Приморском крае. В промышленном масштабе сырьё (траву) выращивают также в Афганистане, Австралии, Иране и Турции. Интерес к полыни однолетней связан с выделением в 1970-х годах китайскими учеными высокоэффективного противомаларийного соединения – артемизинина. На территории России, в частности в Республике Бурятия, полынь однолетняя является обычным растением для залежных фитоценозов и образует значительную фитомассу. В настоящей работе мы ограничились только дикорастущими растениями. МГК-анализ (ГК1-ГК2) показал, что проекции данных по содержанию основных компонентов в эфирных маслах полыни однолетней из разных стран образуют две группы. Одну группу образуют образцы из регионов с семи- и аридным климатом. Вторую группу образуют образцы из европейских стран с субгумидным, а из регионов с тропическим климатом и субтропическим климатом. Таким образом, эфирные масла полыни однолетней можно условно разделить на «азиатские» и «европейские».

Полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.) распространенный вид, играющий заметную роль в формировании растительности криофитных, настоящих и опустыненных степей Сибири, Поволжья, Средней Азии, Монголии, Северной Америки. Полынь холодная характеризуется комплексом как морфологических, так физиологических признаков, способствующих адаптации к аридным условиям. У этого вида отмечена положительная реакция на выпас и доминирование на стадии сильной пастбищной дигрессии.

Макрокомпонентами эфирного масла *A. frigida* из разных регионов и стран являются 1,8-цинеол, камфора, борнеол, при одновременном присутствии заметных количеств других соединений (терпинеол-4, камфен, пинены и т.д.). МГК-анализ показал, что при смещении ареала полыни холодной на восток в эфирном масле увеличивается содержание сесквитерпеновых соединений – кариофилена, спатуленола и кариофиллен оксида. Для растений, произрастающих в горных районах, характерна тенденция к увеличению содержания сесквитерпенов (в частности, гермакрена D) и ациклических монотерпенов.

Полынь метельчатая (*Artemisia scoparia* Waldst. Et Kit.) – одно- двулетнее растение, широко распространенное на территории Бурятии. МГК-анализ показывает, что соотношение отдельных групп компонентов в эфирном масле для растений из западной и восточных частей ареала различается. По доминирующим группам составляющих эфирных масел у *A. scoparia* можно выделить три хемотипа. Для растений с семиаридных и аридных территорий характерно большое содержание сесквитерпеновых соединений в составе эфирных масел. В эфирных маслах растений, произрастающих на территориях более обеспеченных влагой и высокогорных популяций Цинхай-Тибетского плато происходит накопления ацетиленовых соединений и/или фенилпроаноидов. Основная дифференция эфирных масел из высокогорных районов из западной и восточной Азии происходит по содержанию бициклических монотерпеноидов: на востоке в масле содержит больше соединений пинана, а на западе – туйана. Тогда как в условиях степей и пустынь в эфирных маслах растений из экотопов с высокой обеспеченностью влагой происходит накопление бициклических монотерпеноидов прочих групп. Таким образом, можно выделить три хемотипа эфирных масел *A. scoparia*: во-первых, хемотип сформированный по влиянием аридного климата; во-вторых – хемотип эфирных масел растений с территорий средний уровень влажности не высокий, но достаточный, и в-третьих – хемотип характерный для растений высокогорных популяций.

Было исследовано эфирное масло полыни клейковатой (*Artemisia subviscosa* Turcz. ex Bess) – эндемик Прибайкалья. Основными компонентами эфирного масла являются сесквитерпеноиды.

Компонентный состав эфирных масел является результатом действия абиотических и биотических факторов среды на растение во время его развития и обеспечивает наилучшую адаптацию растений к условиям конкретного места произрастания. Так, у полыни с голоарктическим типом ареала (*Artemisia vulgaris*), прослеживается четкая корреляция хемотипа эфирных масел от типа климата макрорегиона - гумидный, семиаридный, аридный. У видов с более узким ареалом (*A. annua*, *A. frigida* и *A. scoparia*) - связь хемотипов с широтным положением популяций – западным или восточным. При этом появляются хемотипы, характерные для растений, произрастающих в экотопах горных районов. В составе эфирных масел растений из восточных частей ареалов происходит увеличение доли сесквитерпеновых соединений. У эндемичного вида (*A. subviscosa*) в эфирных маслах преобладают сесквитерпеновые соединения. Таким образом, сужение ареала вида приводит к большему влиянию локального климата на биосинтез терпеноидов в растениях.

ЛИТЕРАТУРА

Bagnoli F., Fineschi S., Loreto F. Volatile isoprenoids and abiotic stresses // The Ecology of Plant Secondary Metabolites: From Genes to Global. Published by Cambridge University Press. British Ecological Society, 2012. P.101-119.

Gols R. Direct and indirect chemical defences against insects in a multitrophic framework // Plant, Cell and Environment. 2014. V. 37. P. 1741–1752.

Loreto F., Dicke M., Schnitzler J-P., Turlings T. C. J. Plant volatiles and the environment // Plant, Cell and Environment. 2014. V. 37. P. 1905–1908.

Muhlemann J. K., Klempien A., Dudareva N. Floral volatiles: from biosynthesis to function. // Plant, Cell and Environment. 2014. V.37. P. 1936–1949.

Vranova E., Comanand D., Grisse W. Structure and Dynamics of the Isoprenoid Pathway Network // Molecular Plant. 2015. V.5, N 2. P. 318–333.

УДК 579.266

Пресноводные таксоны-индикаторы антропогенного влияния в микробных сообществах пресных озер Бурятии

Зайцева С.В., Дагурова О.П.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, svet_zait@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования микробного разнообразия воды крупных пресных озер Бурятии: Гусиное, Щучье и Котокель. Исследования, связанные с распространением общих пресноводных таксонов, отражают возможные изменения в микробных сообществах в разных градиентах окружающей среды, смену доминирующих таксонов и закономерности их распределения, связанные с ростом антропогенной нагрузки. Несмотря на почти повсеместное распространение 17 изученных пресноводных родов / линий, наблюдались значительные различия между сообществами в местообитаниях с высоким антропогенным воздействием (пляжи, места городских стоков и др.) и образцами без значительных изменений. Было показано, что рода *Rhodobacter*, *Polynucleobacter* и *Luteolibacter* предпочитали среды с более высоким уровнем трофности и являлись индикаторами возможного антропогенного влияния.

Freshwater taxa as indicator of anthropogenic impact in the microbial communities in the large, fresh lakes of Buryatia

Zaitseva S.V., Dagurova O.P.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, svet_zait@mail.ru

Abstract. We presented the results of the microbial diversity in the large freshwater lakes in Buryatia: Gusinoe, Shchuchye and Kotokel. Studies related to the distribution of common freshwater taxa in water reflect possible changes in microbial communities in different environmental gradients, a change in dominant taxa and patterns of their distribution associated with an increase in anthropogenic load. Despite the almost ubiquitous distribution of 17 studied freshwater genera / lines, significant differences were observed between communities in habitats with a high anthropogenic impact (beaches, places of urban drainage, etc.) and samples without significant changes. It was shown that the genus *Rhodobacter*, *Polynucleobacter*, and *Luteolibacter* preferred environments with a higher trophic level and were indicators of possible anthropogenic influence.

Пресные озера являются важным объектом сохранения разнообразия и сохранения качества пресной воды, а также выполняют разнообразные экосистемные услуги. Микроорганизмы играют ключевую роль в процессах продукции и деструкции органического вещества, участвуют в формировании состава и свойств воды, составляют основу биогеохимических барьеров. Структурные изменения микробных сообществ, смена доминирующих таксонов и закономерности их распределения, зависят от физико-химических условий и часто связаны с ростом антропогенной нагрузки на экосистемы озер.

Цель работы: определить разнообразие микробных сообществ воды методом высокопроизводительного секвенирования, а также выявить таксоны, которые могут выступать в роли индикаторных организмов и отражать какие-либо изменения экосистемы, вызванные климатогенными и антропогенными нагрузками.

Озера Гусиное (площадь 164 км², максимальная глубина 26 м), Щучье (площадь 4,24 км², максимальная глубина 23 м) и Котокель (68,9 км², максимальная глубина 14 м) - крупные пресноводные озера, расположенные в Байкальском регионе, Республика Бурятия (Россия). Эти озера используются в рыболовстве, питьевом водоснабжении и рекреационных целях. Озеро Гусиное также подвержено антропогенной деятельности со стороны Гусиноозерской ГЭС, источниками загрязнения являются очистные сооружения г. Гусиноозерска, пос. Гусиное озеро и локомотивного депо, золоотвалы ГРЭС и предприятия угольной промышленности.

В августе 2018 г. было отобрано 30 проб воды из трех пресноводных озер. Температура воды, содержание растворенных солей, рН, концентрация питательных веществ и уровень растворенного кислорода были измерены портативными приборами, содержание катионов и анионов, хлорофилла *a* и общего содержания органических веществ определялись в лаборатории в соответствии со стандартными протоколами. Разнообразие микробных сообществ изучали методом высокопроизводительного секвенирования с использованием платформы Illumina MiSeq в трех технических повторностях. Исследование проводилось с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Геномные технологии, протеомика и клеточная биология” Федерального государственного бюджетного научного управления Всероссийского НИИ сельскохозяйственной метеорологии. Корреляция между численностью 17 пресноводных таксонов, экологическими параметрами (глубина, температура, рН, содержание кислорода, сульфатов, общее содержание растворенных солей, концентрация фосфора, азота и органического вещества) и участками отбора проб была рассчитана с помощью канонического анализа соответствий (CCA) с использованием программного обеспечения XLSTAT (Addinsoft, Франция).

Температура в местах отбора проб колебалась от 18,6 до 26 °С, рН - от 6,25 до 8,61. Концентрация растворенных солей в оз. Котокель (до 145 мг/л), была меньше, чем в двух других озерах (до 281 и 381 мг/л). Содержание азота, фосфора и органического вещества значительно варьировало в зависимости от места отбора пробы и экологических условий в конкретном биотопе. Высокий уровень азота и наибольшее содержание органического вещества были обнаружены в пробе оз. Котокель с цветением цианобактерий. Наибольшая концентрация сульфатов (до 63 мг/л) была определена в поверхностных водах оз. Гусиное на месте бытовых стоков.

Результаты по разнообразию показывают сходную структуру микробных сообществ на уровне филумов, с преобладанием нескольких типичных пресноводных бактериальных групп, хотя наблюдались и некоторые различия в их сравнительной численности. Представители Bacteroidetes (диапазон: 13,7–54,9 %), Gammaproteobacteria (диапазон: 17,7–59,8 %), Actinobacteria (диапазон: 6,7–27,9 %), Alphaproteobacteria (диапазон: 2,3–16,3 %), Cyanobacteria (диапазон: 0,6–30,3 %) и Verrucomicrobia (диапазон: 2,4–6,5%) составляли шесть наиболее распространенных групп бактерий, обнаруженных в каждом озере. Относительная численность ОТЕ, связанных с планктомицетами, была выше в оз. Гусиное (2,5±1,1 %) и меньше в озерах Щучье (1,0±0,3 %) и Котокель (0,8±0,5 %). Цианобактерии были представлены более высокой относительной численностью (30 %) в пробе воды озера Котокель с высокой эвтрофикацией и цветением цианобактерий. Существенные различия наблюдались в распространении Gammaproteobacteria, Alphaproteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria и Cyanobacteria в тех местообитаниях, где на структуру бактериального сообщества сильно влияли гидрологические условия и антропогенное воздействие.

Анализ распространения 17 общих пресноводных линий/родов: актинобактерий *hgcl* clade, р. *Aquiluna* и Ca. *Planktophila*, бактериоидов родов: *Algoriphagus*, *Arcicella*, *Flavobacterium*, *Fluviicola*, и *Sediminibacterium*, протеобактерий линии SAR11 и родов: *Acinetobacter*, *Hydrogenophaga*, *Polynucleobacter*, *Rhodobacter*, *Rhodofera*, *Sphingopyxis*, *Pseudomonas* и представителями филума Verrucomicrobia - р. *Luteolibacter*, выявил некоторые закономерности (табл.). Практически все таксоны присутствовали во всех 30 образцах, за исключением *Sphingopyxis* (29/30), *Rhodobacter* (24/30) и *Arcicella* (13/30). Последовательности, представляющие эти 17 таксонов, составляли в среднем 51.6±4.5 % от общего числа последовательностей в микробных сообществах воды оз. Гусиное, 59.9±3.5 % в воде оз. Щучье и 55.6±15.2 % в микробных сообществах оз. Котокель. Минимальное содержание (36–39 %) было обнаружено в пробе Котокель 3 с цианобактериальным цветением. В этой пробе доминировали представители филума Cyanobacteria (30%), при 3% в других пробах оз. Котокель. Предыдущие исследования показали, что структуры сообществ пресноводных бактерий обладают высоким генетическим разнообразием и высокой пространственно-временной из-

менчивостью из-за их чувствительной реакции на динамические и гидрохимические условия водной среды (Newton et al., 2011; Newton & McLellan, 2015; Lee et al., 2016).

Наши результаты также выявили ряд интересных тенденций распространения общих пресноводных родов / линий в местообитаниях с высоким антропогенным воздействием (пляжи, места городских стоков и др.) и экотопах без значительных изменений. В частности, представители родов *Flavobacterium* и *Rhodofera* продемонстрировали высокую корреляцию численности с условиями повышенного содержания питательных веществ в участках озер, связанных с цветением цианобактерий. Ранее было показано, что *Flavobacterium* участвует в гетеротрофной нитрификации и доминирование рода *Flavobacterium* в воде озера рассматривалось как индикатор органического загрязнения (Zhang et al. 2020).

Таблица

Распространение пресноводных таксонов в микробных сообществах озер

Таксон	Гус1, сброс	Гус2, Загустай	Гус3, центр	Гус4, пляж	Щ1, пирс	Щ2, озеро	Щ3, пляж	К1, пляж	К2, озеро	К3, центр
Ca. Planktophila	0,2	0,3	0,2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,3	0,2	0,4
hgcI clade	8,9	13,6	9,2	20,2	18,7	19,3	16,7	10,6	6,0	13,6
Ca. Aquiluna	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-
Algoriphagus	1,4	1,5	1,3	1,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,1
Sediminibacterium	3,7	2,9	4,2	2,8	8,3	6,1	7,8	16,1	2,4	1,6
Arcicella	<0,1	-	-	-	<0,1	-	-	<0,1	0,4	0,1
Flavobacterium	16,9	6,6	14,9	2,4	16,0	13,5	19,2	24,8	7,9	6,7
Fluviicola	1,9	1,4	3,4	0,9	2,3	1,6	1,3	0,4	0,3	0,2
Rhodobacter	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SAR11 clade	4,4	9,0	1,3	12,5	3,5	3,1	1,9	<0,1	<0,1	<0,1
Sphingopyxis	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3
Hydrogenophaga	0,2	0,2	0,8	<0,1	0,6	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Rhodofera	1,8	0,6	2,5	0,3	1,3	1,3	1,9	2,8	0,6	0,6
Pseudomonas	16,2	14,2	6,3	7,5	5,0	2,7	3,4	0,2	14,4	0,4
Polynucleobacter	1,5	1,6	1,5	2,3	3,3	6,2	6,7	4,8	0,8	0,7
Acinetobacter	0,6	1,8	0,9	0,8	3,3	1,6	0,4	0,1	30,3	12,6
Luteolibacter	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	4,2	0,7	1,1

Анализ соответствий показал, что рода *Rhodobacter*, *Polynucleobacter* и *Luteolibacter* предпочитали среды с более высоким уровнем трофности и также являлись индикаторами возможного антропогенного влияния.

Работы были поддержаны грантом РФФИ № 18-44-030028 и, частично, в рамках госзадания № 121030100229-1 Института общей и экспериментальной биологии СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Lee C.S., Kim M., Lee C., Yu Z. and Lee J. The Microbiota of Recreational Freshwaters and the Implications for Environmental and Public Health // Front. Microbiol. 2016. V. 7. P.1826. doi: 10.3389/fmicb.2016.01826

Newton R.J., Jones S.E., Eiler A., McMahon K.D., Bertilsson S. A guide to the natural history of freshwater lake bacteria // Microbiol Mol Biol Rev. 2011. V.75. P.14–49

Newton R.J. and McLellan S.L. A unique assemblage of cosmopolitan freshwater bacteria and higher community diversity differentiate an urbanized estuary from oligotrophic Lake Michigan. Front Microbiol // 2015. V.6. P.1028. doi: 10.3389/fmicb.2015.01028

Zhang, L., Shen, T., Cheng, Y. et al. Temporal and spatial variations in the bacterial community composition in Lake Bosten, a large, brackish lake in China // Sci Rep. 2020. V. 10. P. 304. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57238-5>

УДК 502.753:582.31(571.56)

Редкие виды мхов во флоре Якутии

Иванова Е.И.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия, bryo.ivanova @yandex.ru

Аннотация. В статье приводится краткая история изученности бриофлоры Якутии, начиная со сборов 1898 г. Нильсон-Эле по р. Лене. Отмечен вклад геоботаников и лесоведов Якутского института биологии, сборы мхов которых легли в основу бриологической коллекции Гербария SASY. Новый этап в изучении бриофлоры региона начинается с приходом первого квалифицированного специалиста-бриолога Степановой Н.А., создавшей свою школу. Огромный вклад в изучении флоры мхов Якутии в последние годы внесли ведущие российские бриологи М.С. и А.Е. Игнатовы, обследовавшие горные районы Восточной Якутии. Флора мхов Якутии в настоящее время насчитывает 597 видов, из них более 30% из всего состава мхов относится к редко встречающимся. Впервые мохообразные вошли во второе издание Красной книги Республики Саха (Якутия) в 2000 г. В 2008 г. в Красную книгу Российской Федерации (2008) было внесено 15 видов мохообразных. В третье издание Красной книги республики (2017) было внесено уже 66 видов мохообразных.

Rare species of mosses in the flora of Yakutia

Ivanova E.I.

Institute of Biology of Permafrost Zone SD RAS, Yakutsk, Russia, bryo.ivanova@yandex.ru

Abstract. The article presents a brief history of the study of the bryoflora of Yakutia, starting with creation of Nilson-Ele's collection in 1898 on the Lena River. The contribution of geobotanists and foresters of the Yakut Institute of Biology, whose moss collections formed the basis of the bryological collection of the SASY Herbarium, was noted. A new stage in the study of the bryoflora of the region begins with the arrival of the first qualified specialist-biologist Stepanova N. A., who created her own school. In recent years, the leading Russian biologists M. S. and A. E. Ignatov, who surveyed the mountainous regions of Eastern Yakutia, have made a huge contribution to the study of the moss flora of Yakutia. Currently, there are 597 species of moss in Yakutia, of which more than 30% of the total composition of mosses are rare. For the first time, mosses were included in the second edition of the Red Book of the Republic of Sakha (Yakutia) in 2000. In 2008, 15 species of mosses were included in the Red Book of the Russian Federation (2008). The third edition of the Red Book of the Republic (2017) has already included 66 species of mosses.

Якутия занимает территорию более 3 млн. га, на которой разнообразие природных условий обуславливает развитие неоднородного растительного покрова в различных природных зонах – от арктических пустынь до средней тайги. Большая часть территории республики занята горами, плоскогорьями и плато, при этом горы сосредоточены преимущественно на востоке и юго-востоке, а плоскогорья и плато – на западе и юге. В северных и центральных районах распространены обширные низменные равнины. На ее территории в холодном и сухом климате могут совместно произрастать виды растений, относящиеся к разным географическим элементам. Такое сочетание южных и северных видов невозможно представить за пределами зоны вечной мерзлоты.

Это уникальная и до последнего времени слабоизученная территория издавна привлекала внимание исследователей. История изучения флоры мхов Якутии началась со шведской экспедиции 1898 г., проделавшей путь от верховьев до устья р. Лены. Во время этой экспедиции Г. Нильсон-Эле собрал обширную коллекцию мхов, определенную Х.В. Арнелем. Имелись также отрывочные сведения о нахождении отдельных видов мхов, собранных попутно многочисленными экспедициями, при этом в основном собирались доминирующие виды почвенного покрова. Не будучи бриологами, коллекторы свои сборы отсылали для обработки чаще всего В.Ф. Бротерусу. По их работам для Якутии приводилось на тот момент около 200 видов листостебельных мхов и 60 печеночников. К следующему этапу изучения мхов Якутии следует отнести сборы геоботаников и лесоведов, участников различных экспедиций, начиная с 1950-х гг. – В.Б. Куваева, Т.А. Работнова, Л.Н. Тюлиной, И.Д. Кильдюшев-

ского, Л.И. Добрецовой, В.И. Перфильевой и др. Определения мхов проводили тогда в бриологи БИН РАН и ПАБСИ КНЦ РАН (А.Л. Абрамова, И.И. Абрамов, Л.И. Савич-Любичская, З.Н. Смирнова, Р.Н. Шляков, О.М. Афонина и др.). Эти коллекции стали основой, созданного в 1947 г. бриологического Гербария SASY. С 1967 г. сотрудники лаборатории геоботаники и споровых растений Института биологии ЯФ СО АН СССР под руководством проф. В.Н. Андреева начинают планомерное и интенсивное изучение арктической зоны Якутии. Большой вклад в изучение мохообразных этой территории внесла Нелли Аюшеевна Степанова – первый квалифицированный бриолог республики. Ею обобщены и подведены многолетние итоги изучения мхов этого региона. Бриофлора тундровой зоны Якутии насчитывала 322 вида мхов и 106 видов печеночников. С начала 1990-х гг. Н.А. Степановой были подготовлены ученики – бриологи Е.И. Иванова и К.К. Кривошапкин, гепатиколог Е.В. Софронова. А с 2007 г. начала свою деятельность и В.Г. Исакова. Ими были подведены многолетние итоги изучения бриофлоры Южной, Юго-Западной и Восточной Якутии. В начале 2000-х гг. впервые была проведена полная инвентаризация бриофлоры Якутии, с кратким анализом по 7 флористическим районам. Списки таксонов с указанием распространения были опубликованы в 2005 г. и включали 517 видов и 22 разновидности мхов, 196 видов и 17 разновидностей печеночников (Разнообразие..., 2005).

Огромный вклад, начиная с 2000-х гг. в изучение флоры мхов региона внесли ведущие российские бриологи М.С. и Е.А. Игнатовы, работавшие в самых труднодоступных в транспортном отношении горных районах Восточной Якутии. Совместно с якутскими бриологами ими были проведены исследования на хребтах Тарбаганнаах, Улахан-Бом, Сетте-Дабан, Сунтар-Хаята, Орулган, Таас-Кыстаабыт, Улахан-Чистай; Юдомо-Майском нагорье, а также в районах Центральной Якутии. Общее число видов мхов в этих районах насчитывает примерно 480, из них 80 являются новыми для территории Якутии. Наиболее интересной находкой стал *Andreaeobryum macrosporum*, единственный представитель класса *Andreaeobryopsida*, ранее известный только из Северной Америки. Этот вид был собран на хребтах Сетте-Дабан и Улахан-Чистай. Всего на территории Якутии за последние годы было выявлено 18 видов, описанных как новые для науки. В настоящее время здесь насчитывается 597 видов мхов, из них более 30% относятся к редким, встречающимся в 1-3 (5) местах произрастания. Большое количество редких видов только отчасти объясняется слабой изученностью региона, в основном оно отражает закономерности географического распространения мохообразных (Игнатов, Игнатова, Иванова, 2019).

Мохообразные были впервые включены во второе издание Красной книги Республики Саха (Якутия) (2000). В нее вошли 13 видов – 1 печеночник (*Isopaches decolorans*) и 12 мхов (*Amblyodon dealbatus*, *Meesia hexasticha*, *Conardia compacta*, *Myurella acuminata*, *Myrinia rotundifolia*, *Isopterygiopsis alpicola*, *Grimmia mollis*, *Seligeria polaris*, *Lyellia aspera*, *Oligotrichum falcatum*, *Tetradontium brownianum*, *Encalypta brevipes*). Все они были внесены в основном в 3в категорию (редкий вид), за исключением *Muyroclada rotundifolia*, являвшегося на тот момент эндемиком Якутии (3в категория) и *Oligotrichum falcatum*, редкого для Северо-Востока России вида (категория 3б). За истекший период с момента ее публикации выявлены как новые виды для флоры мхов и печеночников с единичными местонахождениями, так и накоплены новые сведения о распространении редко встречающихся на территории республики видов.

В Красную книгу Российской Федерации (2008), было включено 7 печеночников и 8 мхов, произрастающих в Якутии. Из мхов это – *Myrinia rotundifolia*, *Tomentypnum falcifolium*, *Encalypta brevipes*, *Indusiella thianschanica*, *Haplodontium macrocarpum*, *Didymodon giganteus*, *Hilpertia velenovskyi*. Из них один вид – *Didymodon giganteus*, имел 0 категорию редкости, но в последние годы был найден на Чукотке по старым сборам и на севере Красноярского края. Впервые был собран в России всего один раз Г. Нильсоном-Эле в низовье р. Лены в 1898 г. В ходе специальных бриологических исследований, проведенных в этом районе в 2006 г., вид не был обнаружен. Лимитирующие факторы, по-видимому, стено-топность и отсутствие размножения спорами.

В 2017 году было опубликовано третье издание Красной книги Республики Саха (Якутия), в которую вошли 21 вид мхов и 17 печеночников. Кроме того, 20 видов мхов и 8 печеночников были внесены в Перечень видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природе и мониторинге. Все эти виды мохообразных являются редкими или спорадически встречающимися во всем мире, находятся в Якутии на границе своего ареала, или приурочены к специфическим условиям местообитаниям. Из мхов 0 категорию имеет *Didymodon giganteus*. Во 2 категорию внесен *Haplodontium macrocarpum*, численность которого сокращается в результате изменения условий существования или разрушения местообитания. В Якутии он был обнаружен в районе хребта Сунтар-Хаята, на скалах рек Ат-Мооле и Сеторым, в местах прохождения федеральной автотрассы «Колыма». Также к этой категории отнесена *Hilpertia velenovskyi*, собранная в бассейне р. Яны, в окрестностях села Томтор, а также в Таттинском улусе, в окрестностях села Черкех. В обоих случаях произрастали в местах выпаса скота. В 3а категорию внесен один вид – *Barbula jacutica*, редкий, узколокальный эндемик Восточной Сибири, известный в мире только из Якутии с Юдомо-Майского нагорья, ключ Тарбаганнаах, а так же впоследствии найденного на севере Красноярского края, в долинах рек Котуй и Попигаи. Остальные 9 видов мхов отнесены к 3б категории (редкие виды, имеющие значительный ареал, в пределах которого встречаются спорадически и небольшой численностью популяций). Один вид – *Andreaeobryum macrosporum* отнесен к 3в категории (редкий вид, имеющий узкую экологическую приуроченность, связанную со специфическими условиями произрастания). И 7 видов отнесены к 3д категории (редкие виды, имеющие значительный ареал, в пределах которого встречаются спорадически и небольшой численностью популяций). Из 21 вида мхов нет новых сведений за прошедшие годы у 4 видов, которые остались в той же категории, как и во втором издании Красной книги республики (2000): *Amblyodon dealbatus*, *Meesia hexasticha*, *Conardia compacta*, *Seligeria polaris*.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по проекту "Растительный покров криолитозоны таежной Якутии: биоразнообразие, средообразующие функции, охрана и рациональное использование» (тема №0297-2021-0023, ЕГИСУ НИОКТР №АААА-А21-121012190038-0).

ЛИТЕРАТУРА

- Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Якутск, 2000. 256 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. С. 637-661.
- Разнообразие растительного мира Якутии / В.И. Захарова и др.; отв. ред. Н.С. Данилова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. С. 111-125.
- Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. М.: ООО «Реарт», 2017. С. 409.
- Игнатов М.С., Игнатова Е.А., Иванова Е.И. Флора мхов Якутии – некоторые итоги исследований последних лет // Всероссийская конференция «Современная наука о растительности», посв. 90-летию кафедры геоботаники биологического факультета МГУ. г. Москва, Звенигородская биостанция МГУ. 10-13(14) октября 2019 г.: Тезисы докладов. Москва, 2019. С. 97-98.

УДК 581.1

Роль функционального разнообразия растений в формировании фотосинтетического потенциала растительных сообществ

*Иванова Л.А.^{1,2}, Рупышев Ю.А.³, Ронжина Д.А.^{1,2},
Юдина П.К.^{1,2}, Мигалина С.В.^{1,2}, Шинэхуу Т.^{2,4}, Бажга С.Н.⁵, Иванов Л.А.^{1,2}*

¹Ботанический сад Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия. Ivanova.Larissa@list.ru

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия. Ivanova.Larissa@list.ru

³Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

⁴Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

⁵Институт экологии и эволюции РАН, Москва, Россия

Аннотация. Функциональный подход к анализу свойств сообществ позволяет выявить влияние биоразнообразия на функционирование и продуктивность сообществ и прогнозировать их изменение при смене климата. Нами изучены функциональное разнообразие видов в шести степных растительных сообществах, расположенных в Баргузинском и Курумканском районах Бурятии. Исследованы геоботанические показатели, надземная фитомасса и функциональные параметры листьев на уровне видов и сообществ. Исследования показали отсутствие зависимости фотосинтетической способности и фитомассы сообщества от видового богатства и невысокую корреляцию с суммарным проективным покрытием, но выявили высокую положительную корреляцию со средневзвешенными функциональными параметрами листового полога сообщества.

The role of plant functional diversity in photosynthetic capacity of plant communities

*Ivanova L. A.^{1,2}, Rupyshev Yu.A.³, Ronzhina D.A.^{1,2}, Migalina S.V.^{1,2}, Yudina P.K.^{1,2},
Shinekhuu T.^{2,4}, Bazha S.N.⁵, Ivanov L. A.^{1,2}*

¹Institute Botanical garden UB RAS, Yekaterinburg, Russia, Ivanova.Larissa@list.ru

²Tyumen State University, Tyumen, Russia

³Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia

⁴Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

⁵Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

Abstract. The functional approach to the analysis of community properties allows us to identify the influence of biodiversity on the functioning and productivity of communities and to predict their change with climate. We studied the functional diversity of species in six steppe plant communities located in the Barguzinsky and Kurumkansky districts of Buryatia. Geobotanical parameters, aboveground phytomass, and leaf functional traits at the of species and community level were analyzed. Photosynthetic capacity and phytomass of the community did not depend on the species richness and had a weak relation to the total projective cover. However, we revealed a high positive correlation between phytomass and community weighted means of leaf functional traits.

В последние десятилетия экологами и геоботаниками убедительно показано влияние глобальных климатических и антропогенных факторов на биоразнообразие. В свою очередь изменение биоразнообразия влияет на функциональные свойства сообществ и экосистем, особенно в аридных и семи-аридных районах Центральной Азии (Гунин и др., 2015). Однако, достаточно сложно описать связь между изменением биоразнообразия и функциональными процессами в сообществе. Видовой состав описывается в виде таксономических единиц, а для описания функциональных процессов в экосистеме необходимо определить функциональные свойства видов (Garnier et al., 2004). Учитывая большое количество факторов, влияющих на растительный организм, на практике связь между свойствами отдельных видов и характеристиками сообществ выявляется слабо.

По мнению большинства исследователей, степень влияния конкретного вида на сообщество зависит от доли участия вида в этом сообществе (Castro-Diez et al., 2012). Комплексный анализ функциональных параметров на уровне вида растения и роли вида в сообществе позволяет перейти на уровень экосистемы (Garnier et al., 2004) и определить средневзвешенные

значения параметров растительного покрова, которые характеризуют функциональные свойства растительного сообщества (Ivanova et al., 2018). Исследования, использующие функциональный подход к биоразнообразию, являются наиболее перспективными в выявлении связи свойств отдельных видов с фотосинтетической способностью и продуктивностью сообществ.

Используя функциональный подход, нами исследованы несколько степных растительных сообществ в Курумканском и Баргузинском районах Бурятии. В ходе выполнения работ использовали как геоботанические методы, так и проводили детальный анализ функциональных свойств растений. Для описания параметров на уровне сообществ использовали геоботанические данные, включая видовой состав, проективное покрытие видов, структуру травостоя (доля участия различных видов в сложении общих значений проективного покрытия). В каждом сообществе изучали более 20 функциональных параметров у доминирующих и преобладающих видов в сообществе. Преобладающими видами считали виды с ПП не менее 1% и вместе составляющих не менее 70 % от общего ПП. Таких видов в сообществе обычно насчитывалось 10–15.

Для расчета средневзвешенных показателей сообщества мы выбрали функциональные черты растений, которые наиболее тесно связаны с фотосинтетической способностью и затрагивают разные аспекты фотосинтетической продуктивности: плотность и толщина листа, размеры и количество клеток мезофилла, общая поверхность мезофилла (A_{mesA}), содержание пигментов, интенсивность фотосинтеза (A_{max}) и транспирации. Для определения ростовых и продукционных показателей использовали как стандартные методы – измерение и взвешивание, так и современные технологии компьютерного анализа изображений. В исследованиях тканево-клеточного уровня организации растений использован уникальный метод «мезоструктуры фотосинтетического аппарата», предложенный академиком А.Т. Мокроносковым с сотр. и усовершенствованный авторами с применением проекционного метода (Ivanova et al., 2018), системы анализа изображений SIAMS Mesoplant (СИАМС, Екатеринбург) и технологии трехмерного компьютерного моделирования. Максимальную интенсивность фотосинтеза (A_{max}) измеряли с помощью инфракрасного газоанализатора Li-6400 (Li-COR, США). Средневзвешенное значение параметра для сообщества рассчитывали по методу, предложенному Garnier et al. (2004): Параметр $_{CWM} = \sum_{i=1}^n m_i \times \text{Параметр}_i$, где m_i – доля вида i в общем проективном покрытии сообщества, n – число преобладающих видов в сообществе, Параметр $_i$ – значение параметра для вида i в данном сообществе.

Результаты исследований показали большое варьирование значений функциональных параметров среди изученных видов. Основной вклад в варьирование функциональных параметров растений вносили климатические условия и принадлежность к определенному функциональному типу, что соответствует полученным ранее закономерностям для растений Южной Сибири и Монголии (Ivanova et al., 2019). Выявлено, что двудольные и однодольные ксерофитные травы характеризуются большими значениями фотосинтетической способности (A_{max}) и общей поверхности мезофилла в листе (A_{mesA}), чем мезофитные травы, а растения с изопалисадным строением листа имели большие значения этих показателей, чем растения с дорзовентральным типом. Кустарники отличались от трав более низкой скоростью транспорта CO_2 через единицу поверхности мезофилла внутри листа, и наиболее низкие значения этого показателя обнаружены у вечнозеленого хвойного кустарничка *Ephedra monosperma*.

Изученные сообщества существенно различались по надземной фитомассе, проективному покрытию и видовому богатству. Различия в фитомассе не были связаны с видовым богатством травяных сообществ, и имели невысокую корреляцию с суммарным проективным покрытием (рисунок). При этом видовой состав рассматриваемых фитоценозов, несмотря на их пространственную близость, существенно различался. Это подтверждает утверждение некоторых авторов, что свойства сообществ зависят в большей степени от свойств видов, чем от числа видов в сообществе (Garnier et al., 2004; Ivanova et al., 2018).

Наиболее тесную связь с надземной фитомассой травянистого сообщества в наших исследованиях показали функциональные признаки растений, рассчитанные на уровне сообще-

ства с учетом доли видов разных функциональных типов растений в общем проективном покрытии (рисунок). На наш взгляд, именно определение параметров A_{mesA} и A_{max} по соотношению функциональных типов растений в сообществе (PFT) наряду с измерением общего проективного покрытия повышает результативность оценки фотосинтетического потенциала и продуктивности сообщества.

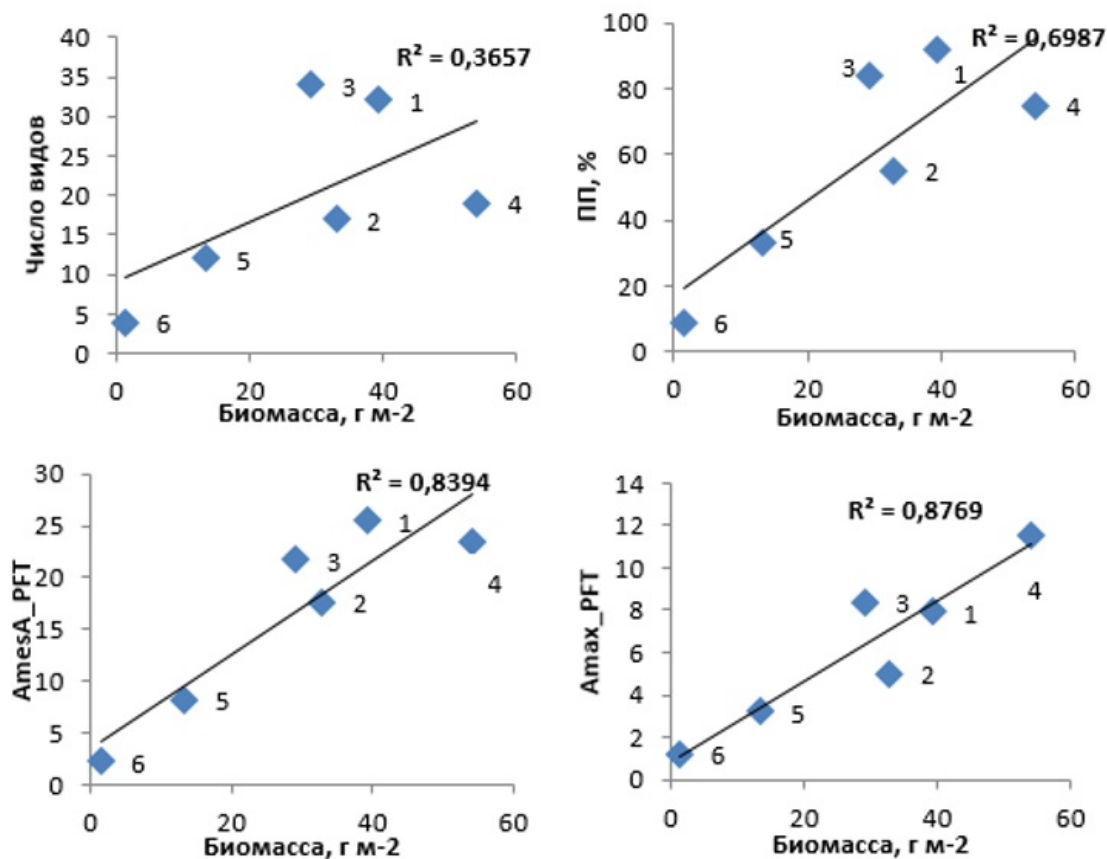


Рис. Связь между продуктивностью и функциональными показателями сообществ. По горизонтальной оси – надземная фитомасса на единицу площади сообщества. Номера сообществ см. табл. ПП – проективное покрытие, A_{mesA_PFT} – суммарная внутрилистовая ассимиляционная поверхность в расчете на единицу площади сообщества, A_{max_PFT} – фотосинтетическая способность листового полога в расчете на единицу площади сообщества

Таким образом, наши исследования показали, что количественная оценка функциональных свойств доминантных видов и геоботанический анализ роли видов с разными функциональными свойствами в сообществе необходимы для определения свойств сообщества. Анализ функциональной структуры сообщества по соотношению функциональных типов растений в общем проективном покрытии позволяет прогнозировать фотосинтетическую способность его листового полога и накопление фитомассы. Применение данного метода позволяет не только улучшить подходы к прогнозированию ответа растительных сообществ на изменения климата, но и обеспечить понимание механизмов изменения поглощения CO_2 листовым пологом и продуктивности сообществ под действием глобальных климатических изменений.

ЛИТЕРАТУРА

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Казанцева Т.И., Мигалина С.В., Микляева И.М., Ронжина Д.А., Ариунболд Э., Хадбаатар С., Цоож Ш., Цэрэнханд Г. Региональные особенности процессов опустынивания экосистем на границе бассейна Байкала и Центральноазиатского бессточного бассейна // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 3 (64). С. 5-22.

Castro-Díez P. Functional traits analyses: Scaling-up from species to community level // *Plant and Soil*. 2012. V. 357. P. 9-12.

Garnier E., Cortez J., Billès G., Navas M.-L., Roumet C., Debussche M., Laurent G., Blanchard A., Aubry D., (...) Toussaint J.-P. 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession // *Ecology* V.85(9). P. 2630–2637.

Ivanova L.A., Ronzhina D.A., Migalina S.V., Ivanov L.A., Zolotareva N.V., Podgaevskaya E.N. Leaf functional traits of abundant species predict productivity in three temperate herbaceous communities along an environmental gradient // *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 2018. V. 239. P. 11-19.

Ivanova L.A., Ivanov L.A., Ronzhina D.A., Yudina P.K., Migalina S.V., Shinehoo T., Tserenkhand G., Voronin P.Yu., Anenkhonov O.A., Bazha S.N., Gunin P.D. Leaf traits of c3- and c4-plants indicating climatic adaptation along a latitudinal gradient in Southern Siberia and Mongolia // *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 2019. V. 254. P. 122-134.

УДК 630.90

К оценке состояния лесов Среднего Поволжья в условиях пирогенной нагрузки

Ильина В.Н.¹, Козловская О.В.²

¹Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия, Siva@mail.ru

²Самарский государственный технический университет, Самара, Россия, savenkoov@mail.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос состояния лесов Среднего Поволжья в условиях антропогенной нагрузки. Уязвимость древостоя при пожарах зависит от ряда факторов: возраста, жизненного состояния, экзогенных факторов среды. Возобновление лесных сообществ характеризуется сменой и обеднением фитоценозов.

To assess of state of the forests at the Middle Volga region in the pyrogenic conditions

Ilyina V.N.¹, Kozlovskaya O.V.²

¹Samara State University of Social Sciences and Education, Samara, Russia, Siva@mail.ru

²Samara state technical university, Samara, Russia, savenkoov@mail.ru

Abstract. The issue of the state of the forests of the Middle Volga region in the conditions of anthropogenic load is considered. The vulnerability of a stand to fire depends on a number of factors: age, living condition, and exogenous environmental factors. The renewal of forest communities is characterized by the change and impoverishment of phytocenoses.

Исследования растительного покрова и оценка его современного состояния на территории Среднего Поволжья (юго-восток европейской части России) позволили выделить в качестве лимитирующего фактора, обуславливающего изменения в структуре и функциональной организации фитоценозов, природные пожары (Родин, 1981; Щеглова, 2013; Илюина et al., 2019). Наиболее критичным в связи с возникающими пожарами в регионе является вопрос сохранения степей и сосновых лесов.

Изучение влияния пожаров на леса Среднего Поволжья проводилось в 2004–2020 гг. В ходе исследований применялись маршрутные, стационарные, полустационарные и лабораторные методы. Исследования осуществлялись на организменном, видовом, популяционном и фитоценотическом уровнях, согласно критериям и методическим рекомендациям, разработанным российскими (советскими) исследователями (Проблемы..., 1980; Родин, 1981; Методы..., 2002).

Различные классы пожарной опасности в лесах обуславливают низкую устойчивость к пожарам именно сосновых лесов. В регионе, особенно в Самарской и Оренбургской областях, *Pinus sylvestris* L. произрастает на южной границе ареала. Во время низовых пожаров отмечена высокая гибель соснового древостоя. У особей с диаметром ствола у основания до 15–16 см, а на уровне 1,5 м от поверхности почвы – 10–12 см, высота которых не превышает 20 м, погибает около 75% особей. Низкая устойчивость к низовым пожарам (преимущественно средней интенсивности) характерна у деревьев *Pinus sylvestris* L. с диаметром стволов у основания менее 7 см, при этом наблюдается гибель 98% особей.

В широколиственных лесах региона от пожаров в значительной степени угнетается *Quercus robur* L. При низовом пожаре средней интенсивности для особей *Quercus robur* L. отмечена высокая гибель у деревьев с диаметром ствола до 20 см у основания, до 15 см на уровне 1,5 м от поверхности почвы, высота которых не превышает 10–12 м. При этом погибает более 60% молодых дубов. Практически полностью уничтожаются особи с диаметром ствола у основания до 10 см, на уровне 1,5 м от поверхности почвы 12–13 см и высотой до

10–12 м (93 % особей). Растения высотой до 5–6 м и диаметром ствола до 5–6 см у основания уничтожаются на 100%.

Наряду с *Quercus robur* L., коренной породой в южной части изучаемой территории (в лесостепной зоне) является *Tilia cordata* Mill. При низовых пожарах в значительной мере повреждаются деревья *Tilia cordata* Mill. с диаметром стволов у основания менее 12 см, на уровне 1,5 м от поверхности почвы менее 8 см, высотой до 7–9 м (более 90 %).

Подрост всех названных древесных видов в возрасте до 2–4 лет при низовых пожарах средней и даже малой интенсивности уничтожается на 99–100 %.

Постпирогенные сукцессии лесных фитоценозов имеют отличительные особенности. Нередко коренные растительные сообщества претерпевают существенные изменения, и на пожарищах не восстанавливаются сообщества исходного типа. Закономерной является смена как сосняков, так и дубово-липовых лесов мелколиственными лесами.

В таблицах 1–2 показан состав возобновления и подроста в сосняках после пожаров.

Таблица 1

Возобновление древесных видов в сосняках на 2 год после пожара (доли в %)

Номер учетной площадки	<i>Populus tremula</i> L.	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	<i>Betula pendula</i> Roth	<i>Acer tataricum</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
1	6,3	3,8	30,2	23,5	36,2
2	0	3,6	13,6	32,6	50,2
3	0	7,9	24,1	22,6	45,4
4	2,8	16,2	6,2	14,9	59,9
5	1,6	14,3	23,9	12,3	47,9
6	5,7	12,5	12,5	22,7	46,6
7	13,6	2,3	16,3	30,2	37,6

Наблюдается постепенное вытеснение *Pinus sylvestris* L. в формирующемся сообществе мелколиственными породами, особенно активно развиваются *Acer tataricum* L. и *Betula pendula* Roth.

Таблица 2

Возобновление древесных видов в сосняках на 5 год после пожара (доли %)

Номер учетной площадки	<i>Populus tremula</i> L.	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	<i>Betula pendula</i> Roth	<i>Acer tataricum</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
1	9,7	9,5	27,8	33,6	19,4
2	0	15,7	24,9	24,7	34,7
3	0	13,8	33,6	16,8	35,8
4	0	19,3	24,1	23,6	33,0
5	13,6	11,6	26,0	21,5	27,3
6	0	15,2	13,8	39,7	31,3
7	16,8	18,4	16,3	14,9	33,6

В таблицах 3–4 приведены данные о составе возобновления и подроста в дубравах. Постпирогенные сукцессии дубово-липовых сообществ направлены в сторону увеличения доли *Ulmus pumila* L. и *Acer tataricum* L.

Сукцессии протекают в сторону замены коренных фитоценозов (сосняков, дубрав, липняков) на мелколиственные леса с участием *Acer tataricum* L., *Betula pendula* Roth и *Ulmus pumila* L. И, хотя этот вариант является предсказуемым, все же мониторинг свидетельствует о дальнейшей трансформации растительного покрова в условиях пирогенной нагрузки.

Учитывая, что практически все пожары в регионе возникают по вине человека, при этом имеют высокую частоту и интенсивность, необходимы более эффективные меры по профилактике и тушению природных пожаров.

Таблица 3

Возобновление древесных видов в дубравах на 2 год после пожара (доли, %)

Номер учетной площадки	<i>Populus tremula</i> L.	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	<i>Ulmus pumila</i> L.	<i>Betula pendula</i> Roth	<i>Acer tataricum</i> L.	<i>Tilia cordata</i> Mill.	<i>Quercus robur</i> L.	<i>Corylus avellana</i> L.
1	0	3,2	13,5	2,6	50,5	11,6	12,3	6,3
2	0	1,6	16,4	12,7	33,1	15,6	15,8	4,8
3	1,3	12,9	13,5	3,7	35,7	12,9	6,5	13,5
4	0	4,5	9,6	13,2	32,7	16,9	11,5	11,6
5	1,6	13,3	21,2	4,9	19,6	12,9	12,4	14,1
6	2,3	6,4	23,5	1,7	32,3	13,6	13,8	6,4
7	0	0	16,3	0	31,8	15,7	19,5	16,7

Таблица 4

Возобновление древесных видов в дубравах на 5 год после пожара (доли, %)

Номер учетной площадки	<i>Populus tremula</i> L.	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	<i>Ulmus pumila</i> L.	<i>Betula pendula</i> Roth	<i>Acer tataricum</i> L.	<i>Tilia cordata</i> Mill.	<i>Quercus robur</i> L.	<i>Corylus avellana</i> L.
1	0	12,8	15,7	6,3	35,5	6,7	9,7	13,3
2	0	3,9	18,6	12,3	42,1	9,5	6,4	7,2
3	2,7	8,7	12,6	5,8	51,7	8,2	4,9	5,4
4	0	6,9	14,4	8,5	59,7	1,9	7,1	1,5
5	6,1	11,5	12,8	3,9	49,9	5,3	7,3	3,2
6	2,3	7,3	18,9	11,9	35,7	9,7	8,4	5,8
7	0	0	32,9	0	38,4	13,2	12,2	3,3

ЛИТЕРАТУРА

Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.

Проблемы лесной биогеоценологии / Отв. Ред. А.С. Исаев. Новосибирск, 1980. 273 с.

Родин Л.Е. Пирогенный фактор и растительность аридной зоны // Ботанический журнал, 1981. – Вып. 66. – С.1673-1684.

Щеглова Е. Г. Влияние пожаров на лесные биоценозы степной зоны (на примере Оренбургской области): автореферат дис. ... канд биол. наук. Оренбург, 2013. 22 с.

Ilyina V.N., Mitroshenkova A.E., Nalivayko I.V., Semenov A.A. The condition of oak forests of the urbanized territories in the southeast of the European part of Russia // Proceedings of the Seventh International Environmental Congress (Ninth International Scientific-Technical Conference) "Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes" ELPIT 2019 25-28 September, 2019, Samara-Togliatti, Russia: Edition ELPIT. Printed in Publishing House of Samara Scientific Centre, 2019. P. 62-68.

УДК 581.9:001.11+502.7

Биоразнообразие флоры старинных кладбищ*Ильминских Н.Г.*

Дирекция особо охраняемых природных территорий регионального значения
Удмуртской Республики, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», Ижевск, Россия,
udm.oopt@yandex.ru

Аннотация. На кладбищах, особенно старинных повышено биоразнообразие флоры, представлены уникальные для фитоценозов крупного ранга виды, они являются *loci classici* первописаний ряда видов. Старинные кладбища необходимо включать как комплексные историко-культурные и природные объекты в систему ООПТ.

Biodiversity of the flora of ancient cemeteries*Ilimskikh N.G.*

Directorate of Specially Protected Natural Territories of Regional Significance of the Udmurt Republic,
Udmurt State University, Izhevsk, Russia, udm.oopt@yandex.ru

Abstract. The cemeteries, especially the ancient ones with increased flora biodiversity, present species unique to large-rank phytocenoses, they are the *loci classici* of the first descriptions of a number of species. Ancient cemeteries should be included as complex historical, cultural and natural objects in the system of protected areas.

В нашей стране в 20–30-х гг. XX в., т. е. в годы бурного развития краеведения, биологи, в том числе и ботаники, определенное внимание уделяли и кладбищам. Особенно интересны были старинные кладбища. В.Ф. Натали призывал изучать флору кладбищ, «которые по обилию материала удовлетворяют самым строгим требованиям» (Натали, 1925, с. 16). По мнению П.Ковальской-Ильиной (1930, с. 24), «кладбищенская растительность...заслуживает детального изучения, так как большею частью она предоставлена своему естественному развитию без особенного вмешательства человека...». С ней солидарен и британский ученый В.Тигл (Teagle, 1978, p.42): кладбища «часто могут иметь значительный потенциал как убежища для дикой жизни, потому что они гораздо менее разрушаются и посещаются публикой, чем муниципальные парки» (перев. наш – Н.И.). Большое внимание изучению кладбищ придавали и зоологи. Б.А. Райков (1925) считал старинные кладбища особо интересным и богатым объектом для орнитологов. Интересны старинные кладбища и в энтомологическом отношении (Якобсон, 1925).

К сожалению, в конце 20-х гг. XX в. краеведение было признано «вредной наукой», против выдающихся отечественных краеведов начались репрессии, городская флористика, развивавшаяся в недрах краеведения, и в целом вся «биология города» (Яхонтов, 1926) заглохли в своем развитии. На полвека кладбища полностью выпали из поля зрения биологов (Ильминских, 2014).

Возрождение интереса к старинным кладбищам в России началось лишь в 1970-е гг. Здесь зоологи, и прежде всего городские орнитологи, опередили урбанофлористов. В городской орнитологии старинные кладбища стали неременной «станцией» при проведении в городах орнитологических исследований (Гаврилюк, 1970; Строков, 1970; и др.). Орнитологи отмечают, что как по видовому богатству, так и по плотности гнездования старинные кладбища превосходят все прочие станции, в т.ч. и пригородные леса.

За рубежом изучение городских кладбищ не имело перерыва в своем развитии. При изучении процессов как урбанизации флоры, так и в целом синантропизации, растительный покров кладбищ, как правило, попадает в поле зрения флористов и геоботаников (Cwiklinski, 1970; Plocek, 1972; Szmajda, 1974, Teagle, 1978; и др.).

Нами была изучена флора кладбищ Казани (1979–1980, 2017 гг.), Елабуги, Сарапула, Ижевска, Глазова, Кирова (1989–1991), Тюмени и Тобольска (2014–2017 гг. По своему флористическому биоразнообразию наиболее богатыми оказались кладбища в окрестностях городов, т.е. самые молодые (30–50 лет), чуть беднее в старых районах городов, самые старинные кладбища (200 и более лет) самые бедные – кладбища в районе новостроек (с возрастом 50–80 лет); в Казани (из 8 кладбищ обследовано 7) выявлено на кладбищах 222 вида сосудистых растений и таксономический аспект биоразнообразия (число видов) следующий: кладбища в окрестностях – 152 вида, в районах новостроек – 112 видов, в старых районах, т.е. на самых старинных кладбищах – 128 видов. Из результатов всех анализов флоры кладбищ во всех городах можно сделать то заключение, что по мере увеличения возраста кладбищ в их флоре постепенно ослабевают зональные (бореальные) черты и усиливаются аazonальные, с возрастом кладбищ возрастает доля адвентивных видов и эргазиофитофитов (т.е. дичающих интродуцентов). В фитоценотическом отношении в этом же направлении уменьшается доля лесных и луговых видов, а роль рудеральных видов возрастает, в эдафотипическом отношении мезотрофные виды замещаются эутрофными, в историко-генетическом спектре доля аборигенных видов уменьшается, а аллохтонных видов возрастает. Лишь два взаимосвязанных показателя обнаруживают обратную картину: в направлении к центру города на кладбищах возрастает доля видов переувлажненных местообитаний (болотная группа фитоценологических типов) и гигрофильной группы гидротипических категорий. Они отражают действительно более влажные условия местообитаний на старинных кладбищах. Это связано с хорошо развитым здесь сильно затеняющим ярусом (сомкнутость крон 0,7–0,9) древесных пород – деривата былых лесов. На новых кладбищах, устроенных на луговых участках, давно освобожденных от покрывавших их ранее лесов, затеняющий полог уже начал создаваться преимущественно путем посадок, но выражен еще слабо (сомкнутость 0,1–0,5) (Ильминских, 1986).

Сопоставление коэффициентов сходства парциальных флор всех 28 типов городских экотопов показало, что кладбища, особенно старинные, наиболее близки по своему флористическому составу к паркам, пристенным местообитаниям, садам и свалкам. Близость к паркам не в последнюю очередь обеспечена, видимо, тем, что на месте старинных кладбищ нередко организуются именно парки.

В старину кладбища обычно устраивались на «неудобьях» т.е. на участках, изрезанных оврагами. Таковы старинные Арское кладбище в Казани и Завальное кладбище в Тобольске. Благодаря лесистым оврагам, здесь сохранялись редкие лесные виды. Так, в Казани *Arctium nemorosum* найден только на кладбище. Старинное Арское кладбище в Казани изобилует такими антропофитами, как *Impatiens parviflora* L. и *Arabis pendula* L., которые в других местах города крайне редки. В Тобольске, на склонах глубокого Страшного лога на Завальном кладбище произрастает большая популяция *Surgipedium guttatum* Sw. В этих и других городах папоротники произрастают почти исключительно на старинных кладбищах. Глубокие лесные лога на старинных кладбищах почти никем не посещаются. Один гласный Казанской городской Думы в начале XX в. на заседании Думы при обсуждении вопроса об Арском кладбище высказался так, что в его логах «ни одна нога горожанина от трусости не бывала».

О своеобразии флоры старинных кладбищ свидетельствуют и находки в них редких краеарейальных видов растений. Таковы *Draba sibirica* (Pall) Thell. – единственная находка в Тюменской области (городское кладбище г.Тобольск, сбор Мамеева 1908 г., det. Б.Н. Городков в губернии БИН.) и *Polygonatum humile* Fisch. ex Maxim. – самое западное местонахождение в ареале этого сибирского вида на старом кладбище с. Омутинское Тюменской области, причем только на могильных холмах, сборы 2011 г. (Кузьмин, 2019).

Особенно значимы находки редких, более того – эндемических, видов манжеток с территорий старинных кладбищ. Так, со старого Военного кладбища Тобольска по сборам Мамеева С.В. Юзепчук описал *Alchemilla circularis* Juz. (Юзепчук, 1954). На старинном Арском кладбище г. Казани («in cgemeterio») по своим сборам 1942 С.В. Юзепчук (1951) описал 4 эндемичных вида манжеток: *Alchemilla cheirochlora* Juz., *A. dasycrater* Juz., *A. devestiens* Juz. и

A. stichotricha Juz. Интересен был набор видов манжеток и на кладбище в Старой Праге (Plocek, 1972).

Таким образом, старинные кладбища, отличающиеся повышенным биоразнообразием, тем более являющиеся *loci classici* ряда видов, представляют особую ценность для сохранения биоразнообразия. Они же представляют собой выдающиеся объекты историко-культурного значения (в Тобольске похоронены декабристы и многие другие знаменитости, в Казани – В.И. Сталин и др.). Старинные кладбища следует включать в систему ООПТ в качестве комплексных особо охраняемых историко-культурных и природных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

Гавриленко Н.И. Позвоночные животные и урбанизация их в условиях города Полтавы. Харьков: Изд. Харьковск. ун-та, 1970, 140 с.

Ильминских Н.Г. Особенности растительного покрова городских кладбищ // Синтаксономия и динамика антропогенной растительности: Межвуз. сб. науч. тр. Уфа, 1986. С. 134-144.

Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014. 470с.

Ковальская-Ильина П. Охрана природы в населенных местах. М.: Изд. Всерос. о-ва охраны природы, 1930, 64 с.

Кузьмин И.В. Материалы к распространению охраняемых растений в Тюменской области // Труды Мордовского природного заповедника. 2019. № 22. С. 73-120.

Натали В.Ф. Биологические экскурсии по г. Москве и ближайшим окрестностям. М.: Новая Москва, 1925, 216 с.

Строков В.В. Орнитофауна некоторых городов Советского Союза и ее динамика // В кн.: Вопросы географии, Сб. 82, М., 1970, с. 146-159.

Юзепчук С.В. Новые менжетки Европейской части СССР // Ботанические материалы Гербария Ботанического института им. В.Л. Комарова. 1951. Т. 14. С. 144-185.

Юзепчук С.В. Новые менжетки востока Европейской части СССР, Сибири и Средней Азии // Ботанические материалы Гербария Ботанического института им. В.Л. Комарова. 1954. Т. 16. С. 133-183.

Якобсон Г.Г. Энтомологические экскурсии на Смоленском кладбище // В кн.: Естественно-исторические экскурсии по Петрограду. Сб. первый. М.-Петроград, 1925. с. 211-227

Ćwikliński E. Flora synantropijna Szczecina. Monogr. Botanicae, 1970, vol. 33, 1. 1-103/

Plocek A. Druhy rodu *Alchemilla* L. ve vnitřní Praze. Zpravy Československé botanické společnosti, 1972, 7, č. s. 54-60.

Szmajda P. Flora synantropija Stargradu Szczecinskiego 1 Pырzyo. Badania fizjograficzne nad Polska zach., 1974, t. 27. ser. B, 1. 227-261.

Teagle W.G. The Endless Village. Shrewsbury: Nat. Conserw. Council. West Midlands Region, Attingham Park, 1978. – 3, 58 p. (pag. var).

УДК 597.0

Разнообразие сообществ рыб левобережных притоков Средней Оби*Интересова Е.А.^{1,2}*¹Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Новосибирск, Россия²Томский государственный университет, г. Томск, Россия, interesovaea@yandex.ru

Аннотация. Представлены данные о видовом разнообразии сообществ рыб левобережных притоков Средней Оби первого и второго порядка. Всего отмечено 10 видов рыб: обыкновенная щука *Esox lucius*, лещ *Abramis brama*, уклейка *Alburnus alburnus*, серебряный карась *Carassius gibelio*, пескарь *Gobio gobio*, язь *Leuciscus idus*, елец *L. leuciscus*, плотва *Rutilus rutilus*, обыкновенный ёрш *Gymnocephalus cernuus* и речной окунь *Perca fluviatilis*. Показано, что видовое богатство имеет положительную статистически значимую связь с длиной и шириной реки, а индекс Шеннона варьирует от 0,01 до 1,80.

Diversity of fish communities in the left tributaries of the Middle Ob*Interesova E.A.^{1,2}*¹ Novosibirsk Branch of VNIRO («ZapSibNIRO»), Novosibirsk, Russia² Tomsk State University, Tomsk, Russia, interesovaea@yandex.ru

Abstract. Data about the diversity of fish communities of the first and second order left-bank tributaries of the Middle Ob are presented. A total of 10 fish species were recorded: Northern pike *Esox lucius*, Common bream *Abramis brama*, Bleak *Alburnus alburnus*, Prussian carp *Carassius gibelio*, Gudgeon *Gobio gobio*, Ide *Leuciscus idus*, Dace *L. leuciscus*, Roach *Rutilus rutilus*, Ruffe *Gymnocephalus cernuus*, European perch *Perca fluviatilis*. It is shown that the number of species of fish has a positive statistically significant relationship with the length and width of the rivers, and the Shannon index varies from 0.01 to 1.80.

Признано, что малые реки не только имеют важное значение для сохранения биоразнообразия в условиях интенсивного антропогенного воздействия на водотоки, часто служа рефугиумами для редких видов реофильных гидробионтов, но и обладают вероятно большим, но до конца не оцененным биоресурсным потенциалом (Экосистема..., 2007). Однако исследователями мало уделяется внимания современному состоянию рыбных сообществ малых рек юга Западной Сибири (Ядренкина, Интересова, 2006; Интересова, Богомолова, 2013; Дорогин и др., 2018). Также они практически не охвачены промыслом в настоящее время (Ростовцев, Интересова, 2015).

Для определения современного рыбохозяйственного потенциала малых и средних рек Томской области и разработки рекомендаций по рациональному использованию их водных биологических ресурсов, Новосибирским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» в августе 2014 года была проведена комплексная экспедиция, в ходе которой обследованы левобережные притоки Средней Оби. Целью настоящей работы является характеристика структуры сообществ рыб данных водотоков.

Проведено обследование десяти рек: р. Васюган и его притоков (Наушка, Кочебиловка, Лозунга); р. Парабель и его притоков (Соч-Ига и Карза); пяти средних и малых притоков Оби 1-го порядка (Чая, Шуделька, Чигас). Отлов рыб осуществляли с помощью набора ставных жаберных сетей (с ячеей 22, 40 и 60 мм и длиной по 30 м каждая), а также раколовков и малькового невода. Общий объем материала составил 3 480 экз. рыб.

Всего в исследованных водотоках отмечено 10 видов рыб: обыкновенная щука *Esox lucius*, лещ *Abramis brama*, уклейка *Alburnus alburnus*, серебряный карась *Carassius gibelio*, пескарь *Gobio gobio*, язь *Leuciscus idus*, елец *L. leuciscus*, плотва *Rutilus rutilus*, обыкновенный ёрш *Gymnocephalus cernuus* и речной окунь *Perca fluviatilis* (рис.).

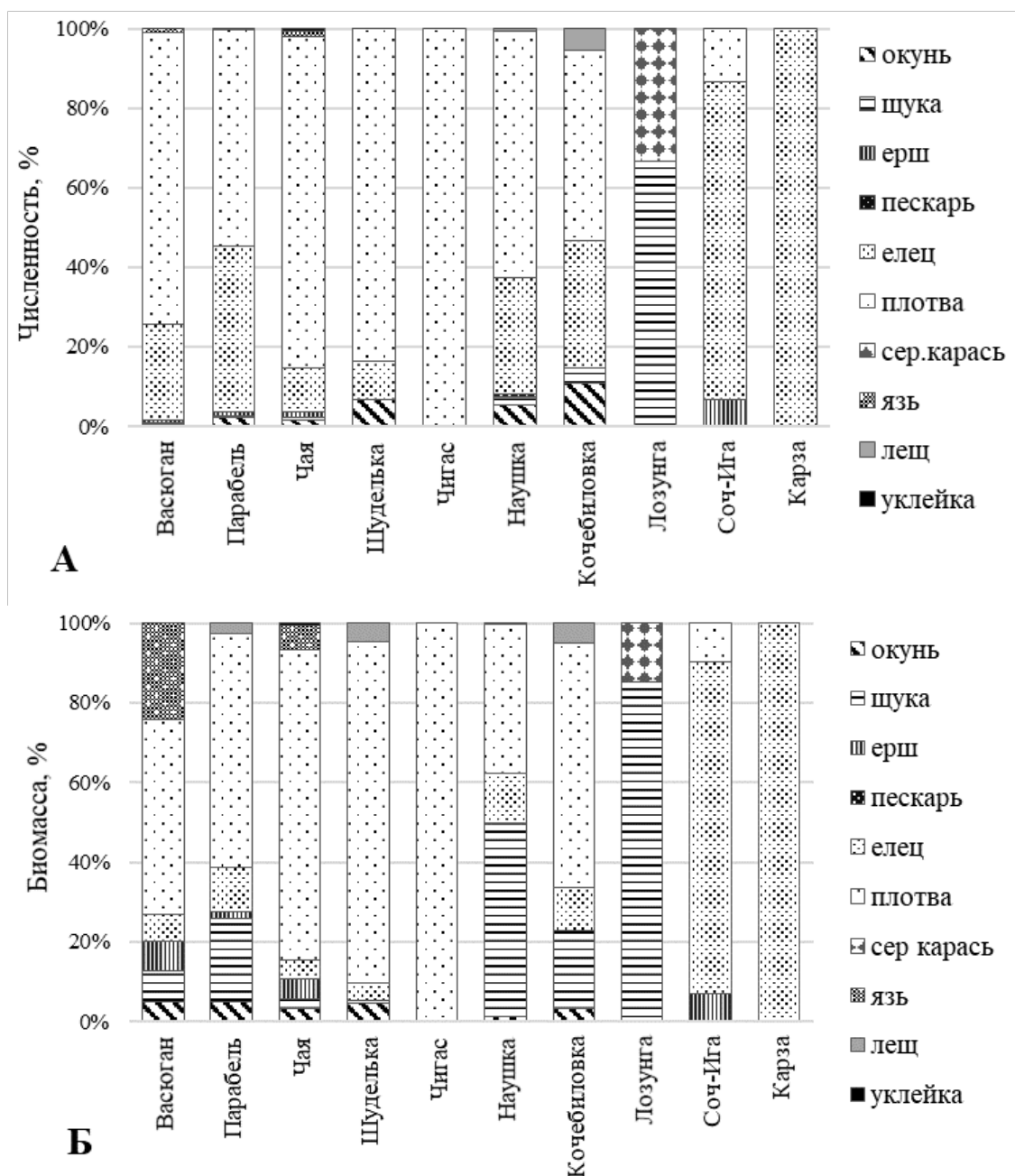


Рис. Структура населения рыб обследованных водотоков: А – по численности; Б – по биомассе

Из отмеченных видов 2 (лещ и уклейка) являются чужеродными, саморасселяющимися в бассейне р. Обь. При этом лещ обитает как в притоках первого, так и второго порядка, а уклейка встречена в единственном, при этом самом южном из обследованных водотоков – р. Чая. Язь отмечен только в наиболее крупных реках – Васюган и Чая, пескарь и серебряный карась – в притоках р. Васюган. Щука выявлена в 7 из 10 обследованных рек, однако нигде не имеет высокой численности. Численность окуня в малых реках ниже (в части из них он не отмечен вовсе). В доминирующий комплекс видов в большинстве рек входят елец и плотва. Эти виды не отмечены в единственном притоке второго порядка – р. Лозунга, характеризующейся в месте обследования малыми глубинами, замедленным течением и сильно заиленным дном. В целом, в отдельных реках отмечено от 1 до 7 видов рыб, разнообразие (индекс Шеннона) варьирует от 0,01 до 1,80 (таблица).

Видовое богатство имеет положительную статистически значимую связь с размером водотока: коэффициент корреляции Спирмена с длиной реки $r_s = 0.654$ ($p = 0.040$); с шириной реки $r_s = 0.655$ ($p = 0.039$).

Таблица

Видовое богатство (N) и разнообразие (H) населения рыб обследованных левобережных притоков Средней Оби

Реки	Васюган	Парабель	Чая	Шуделька	Чигас	Наушка	Кочби-ловка	Лозунга	Соч-Ига	Карза
Число видов (N)	6	6	7	5	1	6	5	2	3	1
Индекс Шеннона (H)	1,015	1,203	0,932	0,806	-	1,373	1,804	0,918	0,009	-

ЛИТЕРАТУРА

Дорогин М.А., Визер А.М., Визер Л.С. Река Нижний Сузун в условиях длительного антропогенного воздействия // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 3 (146). С. 18–27.

Интересова Е.А., Богомолова И.Н. Рыбы притоков Новосибирского водохранилища // Сибирский экологический журнал. 2013. Т. 20. № 6. С. 787–793.

Ростовцев А.А., Интересова Е.А. Рыбные ресурсы Томской области // Рыбное хозяйство. 2015. № 5. С. 48–49.

Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды // под ред. А.В. Крылова, А.А. Боброва. М.: Т-во научн. изданий КМК. 2007. 372 с.

Ядренкина Е.Н., Интересова Е.А. Рыбы непромысловых водоемов юга Западной Сибири. Проблема видовой разнообразия // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2006. №7. С.20–24.

УДК 575.1:581.524

**Изучение устойчивых видов древесных и кустарниковых растений
при влиянии климата
и антропогенных воздействий в условиях Узбекистана**

Ишанкулова Д.У.¹, Хайдаров Х.К.², Очиллов У.А.³

¹Джизакский государственный педагогический институт, Джизак, Узбекистан.
ishonkulova91 @list.ru

²Самаркандский госуниверситет, Самарканд, Узбекистан. haydarov@rambler.ru

³Самаркандский госуниверситет, Самарканд, Узбекистан. ulugbek.abduhamidovich@gmail.com

Аннотация: В этой статье приводится список перспективных деревьев и кустарников, адаптированных к среде обитания Узбекистана, а также представлена научная информация о их родине и значении. Изучена оценка перспективности на основе эколого-биологических свойств и устойчивость к комплексному загрязнению древесно-кустарниковых растений.

**Study of resistant species of woody and shrub plants under the influence of climate
and anthropogenic impacts in the conditions of Uzbekistan**

Ishankulova D.U.¹, Khaydarova Kh.Q.², Ochilov U.A.³

¹ Djizak State University, Uzbekistan, ishonkulova91 @list.ru

² Samarkand State University, Uzbekistan, haydarov@rambler.ru

³ Samarkand State University, Uzbekistan, ulugbek.abduhamidovich@gmail.com

Abstract: This article provides a list of recapitulated trees and shrubs adapted to the habitat of Uzbekistan, as well as scientific information from their homeland and significance. The assessment of the prospects on the basis of ecological and biological properties and resistance to complex pollution of woody and shrub plants has been studied.

В современном градостроительстве проблема озеленения является одной из важнейших. В общей системе благоустройства населенных пунктов, парки, сады, бульвары, скверы, в значительной степени определяют планировочную структуру городов и поселков, являются обязательными элементами их культурного ландшафта, способствуют созданию наилучших санитарно-гигиенических и микроклиматических условий для жизни трудящихся, организации мест отдыха.

Высокие темпы развития промышленности приводят к возрастанию загрязнения окружающей среды, прежде всего воздушного и водного бассейнов, аэрозольными и газообразными выбросами заводов, фабрик, теплоэлектростанций, отопительных систем и автомобилей, отрицательно действующими на здоровье человека, особенно в условиях резко континентального климата Узбекистана. В целях улучшения санитарного состояния городов, пригородных зон, рабочих поселков и сельских населенных пунктов республики, предложено провести целый ряд организационных и технических мероприятий, в том числе обеспечить расширение в городах и пригородных зонах площади зеленых насаждений (создание новых парков, садов, скверов, бульваров, защитных зон и лесопарков).

Для выполнения поставленных задач по исследованию, сбору материала и обработке полученных данных по изучению перспективных видов деревьев и кустарников были использованы различные методы. При выборе древесных и кустарниковых пород была учтена жизнеспособность или перспективность – это способность растения адаптироваться к неблагоприятным условиям среды (заморозки, низкие и высокие температуры воздуха, засуха и т.д.), а так же возможность легко возобновляться и давать потомство. Для оценки декоративности деревьев и кустарников по сезонам года была использована методика Н.В.Котелова, О.Н. Виноградова (1974).

Санитарное состояние деревьев определяли на основе оценки категорий их состояния (Е.Г. Мозолева, 1998; И.О. Боговая, В.С. Теодоронский, 2012). Засухоустойчивость особей определяли при помощи пятибалльной шкалы, разработанной Б.Л. Козловским (2000). Для выявления морфологических и биологических характеристик шкалы декоративности и наиболее ценных форм использовалось подробное изучение морфологических признаков материнских растений на учетных площадках, а также визуальное обследование 500 деревьев в других местах городских насаждений.

В Узбекистане самым неблагоприятным временем для жизни растений является летне-зимний период. Поэтому одним из основных свойств, определяющих в значительной мере возможность приспособления к новым условиям, является жароустойчивость, засухоустойчивость, зимостойкость растений. Особенно это касается кустарниковых пород.

Большинство исследованных видов кустарников жароустойчивы, засухоустойчивы и некоторые зимостойки, повреждений от мороза в период наблюдений не отмечено. Афлатуния вязолистная (*Aflantunia ulmifolia* (Franch.) Vassilcz.), форсиция средняя (*Forsythia intermedia* Zabel.), спирея японская (*Spiraea japonica* L.), вейгела цветущая (*Weigela florida* (Bunge) A. DC.), дрок испанский (*Genista hispanica* L.) повреждаются морозами, но не более, чем на 10 % длины однолетних побегов. У лагерстремии индийской (*Lagerstroemia indica* L.) и у бузины черной (*Sambucus nigra* L.) морозами повреждаются 60 % длины однолетних побегов.

У многих исследованных видов сохраняются жизненные формы присущие им в природе. Кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blyt.), спирея (*Spiraea japonica* L.) и вейгелля (*Weigela florida* (Bunge) A. DC.) летом с высокими температурами воздуха теряют, а затем осенью и в течении вегетационного периода восстанавливают форму роста.

Большинство исследованных видов кустарников цветет и плодоносит, образуют жизнеспособные семена. Гортензия (*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.) и дейция амурская (*Deutzia amurensis* (Regel.) Airy Shaw.) цветут и плодоносят, но семена у них не созревают. В условиях Самарканда, Джизака, Нукуса и Карши некоторые кустарники как керрия японская (*Kerria japonica* DC.), пион древовидный (*Paeonia suffruticosa* Andrews), рододендроны (*Rhododendron caucasicum* Pall.) и вейгела цветущая (*Weigela florida* (Bunge) A. DC.) цветут, но не плодоносят.

Исследуемые виды не имеют самосева и в условиях некоторых городов Узбекистана не размножаются. Для успешного размножения можно применять искусственный посев или искусственное вегетативное размножение.

Кроме того было проведено изучение оценки перспективности на основе эколого-биологических свойств и устойчивости к комплексному загрязнению древесно-кустарниковых растений.

Изучив характеристику экзотов, выбранных для проведения оценки перспективности, мы выяснили, что не все растения хорошо переносят городские условия. Среди выбранных видов наиболее устойчивы к загазованности и пыли форсиция средняя (*Forsythia intermedia* Zabel.), роза собачья (*Rosa canina* L.), айва японская (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.), багряник рожковый или иудино дерево (*Cercis siliquastrum* L.), гибискус сирийский (*Hibiscus syriacus* L.), бумажное дерево (*Brossonnetia papyrifera* L. (Vent)), лагерстремия индийская (*Lagerstroemia indica* L.), лигуструм (бирючина) обыкновенная (*Ligustrum vulgare* L.), катальпа бигнониевидная (*Catalpa bignonioides* Walter.), берёза далекарлийская (*Betula pendula* f. *dalecarlica* (L. fil.) Schneid.), айлант высочайший (*Ailanthus althissima* Mill Swingle.), ива вавилонская (*Salix babilonica* L.), липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos* Scop.), павлония войлочная (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.), шиповник коричный (*Rosa cinnamomea* L.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), спирея японская (*Spiraea japonica* L.), тополь гибридный (P. nigra x P. pyramidalis Rozier.) и тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), маклюра яблоконосная (*Maclura pomifera* (Raf.) C.K. Schneid.).

Лучше всего задерживают пыль деревья с шершавыми, морщинистыми, складчатыми, покрытыми волосками, липкими листьями. Шершавые листья (вяз) и листья, покрытые тон-

чайшими ворсинками (сирень, черемуха, бузина), лучше удерживают пыль, чем гладкие (клен, ясень).

Установлено, что шершавые листья вяза отфильтровывают из воздуха почти в пять раз больше пыли, чем гладкие листья тополя бальзамического. Следует иметь в виду, что листья с шероховатой и морщинистой поверхностью очищаются быстрее и лучше, чем листья с опущением. Клейкие листья и смолистые хвоинки лишь в начале вегетации обладают высокими пылезащитными свойствами, которые со временем снижаются.

Зеленые насаждения нужны не только для защиты от пыли и газа, они так же смягчают летнюю жару и сухость, спасают от палящего солнца и сильных ветров. Примечательно, что в тени посадок, составленных из деревьев с густыми кронами, снижение температуры гораздо значительнее, чем в «неживой» тени высоких зданий. А на орошаемом газоне человек получает тепловой радиации на 40 % меньше, чем на «голой» поверхности

Хорошо известен противошумовой эффект зеленых насаждений, связанный с большой звукоотражательной способностью листвы деревьев, достигающей 75%. По теоретическим расчетам архитекторов, растительность в целом снижает шум в промышленных зонах города в 2–2,3 раза. На озелененных улицах с плотными посадками вдоль тротуаров жители домов ощущают шум примерно в 10 раз слабее, чем на улицах с такой же интенсивностью движения, но неозелененных.

Городская растительность способствует повышению ионизации воздуха – явлению, благоприятному для человека. Так содержание легких ионов в лесном воздухе составляет 2–3 тыс./см³, в городских садах и парках – около 800–1200, а в неозелененных дворах – 500 тыс./см³. Наиболее активные ионизаторы воздуха – различные виды ивы, робиния, тополя черный и пирамидальный, акация, сосна, можжевельник. Кроме того, многие древесные и кустарниковые породы выделяют в воздух летучие органические вещества – фитонциды, губительные для микробов, благодаря чему содержание микроорганизмов снижается в несколько раз. Душистость растений рассматривается как один из важнейших признаков их декоративности и дезодорирования вредных выбросов в атмосферном воздухе.

Как показывают исследования, среди интродуцированных и аборигенных древесных растений Узбекистана имеются многочисленные душистые и фитонцидные растения. Все они проявляют душистость в период цветения, и большинство из них отличаются весьма декоративным и обильным цветением в результате чего используются в качестве красивоцветущих растений исходя из характера и длительности цветения.

Сильным душистым ароматом, как правило, обладают виды лоха, жимолости, можжевельника, розы, сирени, липы, глицинии. Слабо пахнущие растения чаще всего встречаются у родов клена, боярышника, ореха, ясеня и др.

ЛИТЕРАТУРА

- Боговая И.О., Теодоронский В.С. Озеленение населённых мест. // СПб.: Лань. 2012. 237 с.
- Козловский Б.Л. Цветковые древесные растения Ботанического сада Ростовского та //Ростов н/Д, 2000. 144 с.
- Котелова Н.В., Виноградова О.Н. Оценка декоративности деревьев и кустарников по сезонам года //Физиология и селекция растений и озеленение городов. М.: МЛТИ, 1974. С.37-44.
- Мозолевская Е.Г. Методы оценки и прогноза динамики состояния насаждений // Лесное хозяйство. 1998. №3. С.43-45.

УДК 574.24

**Биохимическая адаптация *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica*
к воздействию техногенных выбросов***Калугина О.В.¹, Афанасьева Л.В.²,
Михайлова Т.А.¹, Коба Е.А.³*¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия,
olignat32@inbox.ru²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, afanl@mail.ru³Иркутский государственный университет, Педагогический институт, Иркутск, Россия,
koba.alena2014@yandex.ru

Аннотация. Выявлены особенности биохимической адаптации сосны обыкновенной и лиственницы сибирской к воздействию техногенных выбросов БрАЗа – мощного алюминиевого завода. Выявлено, что по мере приближения к заводу на расстояние 1 км в хвое обеих пород увеличиваются концентрации низкомолекулярных метаболитов, усиливается активность пероксидазы, появляются индуцибельные ее изоформы и увеличивается их экспрессия. В промышленной зоне завода в хвое лиственницы и, в большей степени сосны, наблюдается резкое снижение исследованных показателей, свидетельствующее о подавлении защитных свойств древесных растений.

**Biochemical adaptation of *Pinus sylvestris* and *Larix sibirica*
to the impact of technogenic emissions***Kalugina O.V.¹, Afanasieva L.V.²,
Mikhailova T.A.¹, Koba E.A.³*¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, olignat32@inbox.ru²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, afanl@mail.ru³Irkutsk State University, Pedagogical Institute, Irkutsk, Russia, koba.alena2014@yandex.ru

Abstract. The features of biochemical adaptation of Scots pine and Siberian larch to the impact of technogenic emissions from BrAZ, a powerful aluminum smelter, have been revealed. It was revealed that as one approaches the plant at a distance of 1 km, the concentrations of low-molecular metabolites in the needles of both species increase, the activity of peroxidase increases, its inducible isoforms appear and their expression increases. In the industrial zone of the plant in the needles of larch and, to a greater extent, pine, there is a sharp decrease in the studied indicators, which indicates the suppression of the protective properties of trees.

Байкальский регион – один из крупных лесных регионов страны, лесистость здесь составляет 75–80 %. Леса являются главным фактором, обеспечивающим устойчивость экосистемы уникального оз. Байкал и прилегающих к нему территорий. Они характеризуются высоким ресурсным и экологическим потенциалом, выполняют средообразующие и средозащитные функции. Основными лесообразующими породами, занимающими более 65 % лесопокрыв территории региона, являются светлохвойные виды – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) (Атлас ..., 2004). Структурная целостность и устойчивость лесов во многом зависят от воздействия стрессовых факторов. Одним из значимых антропогенных факторов ослабления хвойных лесов в регионе является техногенное загрязнение. Токсические соединения приводят к изменению питательного статуса и вызывают нарушение метаболизма растений, проявляющееся на биохимическом уровне в развитии окислительного стресса из-за повышенной продукции активных форм кислорода (АФК) (Кузнецова и др., 2008). Увеличение содержания АФК в клетках растений служит сигналом к последующему индуцированию защитных реакций, в том числе активации многоуровневой антиоксидантной системы, включающей низкомолекулярные соединения и ферменты.

Данное исследование посвящено изучению комплекса биохимических защитных реакций деревьев сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, произрастающих на территории, загрязняемой Братским алюминиевым заводом (БрАЗ). В эмиссиях БрАЗа содержатся высокотоксичные поллютанты, в том числе фториды, оксиды серы, аэрозоли тяжелых металлов, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). На загрязняемой территории была создана сеть из 18 пробных площадей (ПП), расположенных в разных направлениях и на разном удалении от завода с учетом преобладающего атмосферного переноса и рельефа местности. Фоновой служила пробная площадь на расстоянии 100 км от завода. Закладку ПП проводили по общепринятым методикам (Manual ..., 2010).

Техногенное загрязнение древостоев светлохвойных пород, как мощный негативный фактор, подтверждается высоким уровнем прямой корреляции между концентрацией поллютантов в выбросах алюминиевого завода и их содержанием в хвое деревьев, коэффициент корреляции варьирует в пределах 0,69-0,86 ($P \leq 0.05$, $n = 36-48$).

Загрязнение ассимиляционных органов деревьев обусловлено органическими и неорганическими компонентами эмиссий БрАЗа, о чем свидетельствуют ряды накопления поллютантов, построенные в порядке убывания их коэффициентов концентраций (Кс). Например, в промышленной зоне заводе ряд накопления для сосны выглядят следующим образом: $\Sigma \text{ПАУ}_{42,9} - \text{S}_{3,6} - \text{Si}_{3,2} - \text{Al}_{5,1} - \text{F}_{42,8} - \text{Fe}_{4,3} - \text{Zn}_{1,5} - \text{Ni}_{3,9} - \text{Cu}_{1,6} - \text{Co}_{3,6} - \text{Pb}_{1,5} - \text{Cd}_{3,1}$; для лиственницы $\Sigma \text{ПАУ}_{91,8} - \text{S}_{3,6} - \text{Si}_{3,4} - \text{Al}_{4,9} - \text{F}_{30,4} - \text{Fe}_{4,8} - \text{Zn}_{2,1} - \text{Ni}_{2,8} - \text{Cu}_{1,3} - \text{Co}_{3,1} - \text{Pb}_{1,5} - \text{Cd}_{2,3}$. Поллютанты инициируют в клетках хвои развитие окислительного стресса и образование избыточного количества свободных радикалов, об этом свидетельствует высокая концентрация пероксида водорода, превышающая фоновый уровень в хвое сосны в 3,0–3,5 раза, в хвое лиственницы в 2,0–2,5 раза.

Снижению уровня свободных радикалов в клетках способствует комплекс соединений, входящих в состав антиоксидантной защиты растений. В хвое деревьев, произрастающих на расстоянии более 6 км от завода, выявлено явное увеличение (у сосны на 110–240 %, у лиственницы на 110–580 % от фонового уровня) их содержания, что свидетельствует о существенной активации биохимической системы защиты (рисунок). У сосны наиболее сильно в хвое возрастает уровень восстановленного глутатиона (рисунок), антиоксидантные свойства которого определяются непосредственным взаимодействием с АФК, а также функционированием ряда ферментов аскорбат-глутатионового цикла, связанного с нейтрализацией пероксида водорода (Колупаев, Ястреб, 2015), в меньшей степени активизируется действие пролина и аскорбиновой кислоты. При этом использование аскорбиновой кислоты в обменных процессах сопровождается накоплением дигетогулоновой кислоты.

Меньше всего в загрязненной хвое изменяется общее содержание фенольных соединений (ОФС), их количество превышает фоновое на 5–20 %. При рассмотрении фракционного состава фенольных соединений в хвое загрязненных деревьев сосны выявлено увеличение уровня флавоноидов на 23–40 %, катехинов – на 25–45 %, при этом концентрация конденсированных таннинов (проантоцианидины), наоборот, снижается по сравнению с фоновым уровнем на 25–47 %, что может быть связано либо с ингибированием их синтеза на уровне конденсации флаван-3-олов (катехинов), либо перераспределением предшественников синтеза. На удалении от 1–5 км от БрАЗа концентрации низкомолекулярных метаболитов еще остаются высокими, достоверное истощение пула низкомолекулярных соединений четко прослеживается в промзоне завода.

Динамика изменения компонентов антиоксидантной системы в хвое лиственницы имеет сходные черты с динамикой этих соединений в хвое сосны (см. рис.). Концентрации пролина, глутатиона, аскорбиновой кислоты, ОФС, в хвое лиственницы увеличиваются по градиенту загрязнения, достигая максимальных значений на удалении 1–5 км, в промзоне БрАЗа пул этих соединений резко сокращается. При этом обращает на себя внимание усиленный синтез пролина в хвое загрязняемых деревьев. Свойства пролина как компонента защиты растений при разных типах стресса хорошо известны, в данном случае повышение содержания этой аминокислоты в хвое более чем в 4,0 раза указывает на его существенную роль в

детоксикации поллютантов. Вместе с тем, увеличение уровня аскорбиновой кислоты, восстановленного глутатиона и суммы фенольных соединений в хвое загрязненных деревьев выражено в меньшей степени, чем в хвое сосны.

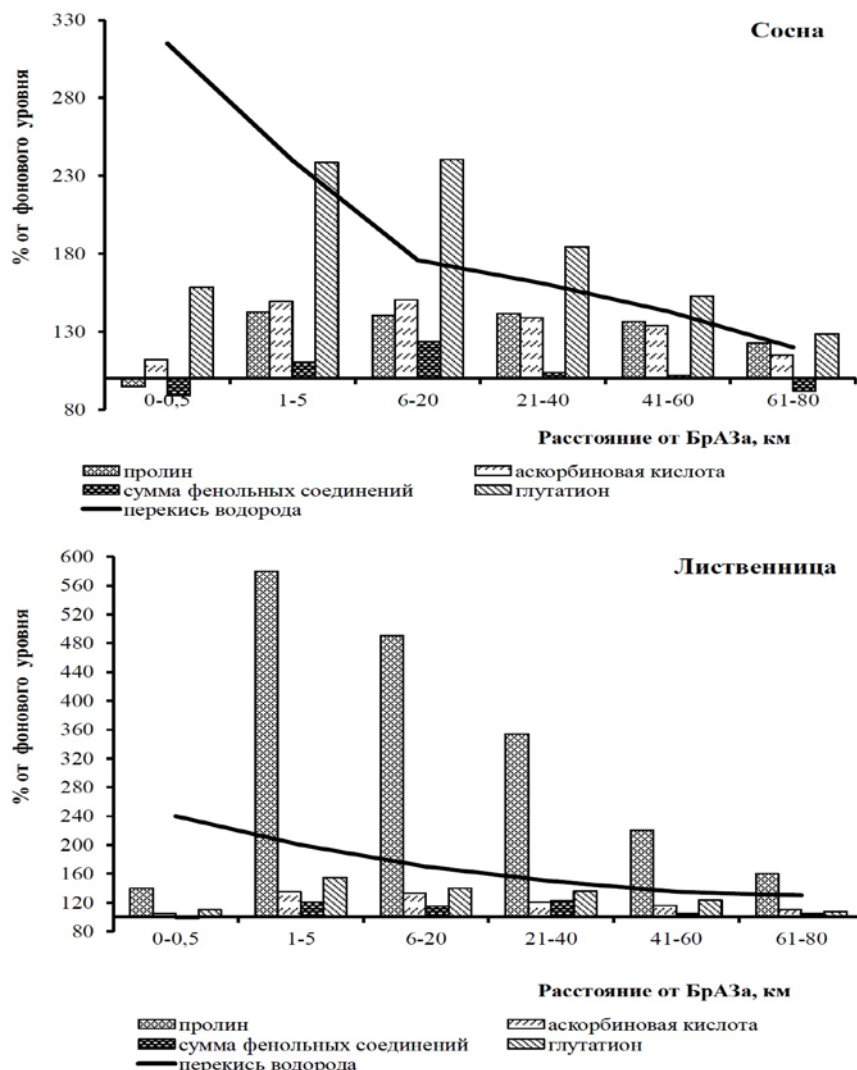


Рис. Изменение содержания компонентов биохимической защиты в хвое сосны и лиственницы в зоне воздействия выбросов алюминиевого завода

Помимо низкомолекулярных метаболитов у растений в стрессовых условиях изменяется активность антиоксидантных ферментов, из которых важнейшим является пероксидаза (РОХ). При определении активности РОХ в хвое деревьев сосны и лиственницы, показана четкая динамика к возрастанию активности фермента по мере приближения к заводу, лишь в промзоне БрАЗа фиксируется снижение активности РОХ в хвое обеих пород. Расчет корреляций между уровнем пероксида водорода в хвое и активностью пероксидазы выявил тесную прямую связь между этими параметрами, коэффициент корреляции варьирует в пределах 0,75-0,86 ($P \leq 0,05$, $n = 45$). Выявлено также появление индуцибельных изоформ и усиление их активности по мере приближения к заводу на расстояние до 1 км, особенно явно это прослеживается в хвое у сосны. Вместе с тем, в промышленной зоне на фоне некоторого снижения общей активности фермента, экспрессия изоформ у сосны сохраняется, у лиственницы – нет.

Таким образом, обнаруживаются видовые особенности биохимической адаптации сосны обыкновенной и лиственницы сибирской к воздействию высокотоксичных техногенных выбросов. Вместе с тем, при сильном стрессовом воздействии общей закономерностью являет-

ся активация антиоксидантной системы защиты хвои обоих видов как за счет низкомолекулярных, так и ферментных компонентов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-44-380009.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас. Иркутская область (экологические условия развития). М.: Иркутск, 2004. 90 с.

Михайлова Т.А., Калугина О.В., Шергина О.В. Динамика состояния сосновых лесов Предбайкалья в условиях воздействия антропогенных факторов // Сибирский лесной журнал. 2017. №1. С. 44-55.

Кузнецова Т.Ю., Титов А.Ф., Ветчинникова Л.В. Влияние кадмия на морфо-физиологические показатели березы *in vitro* // Изв. высш. учеб. завед. Лес. журн. 2008. № 3. С. 1-6.

Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests (2010) UNECE, ICP Forests Programme Coordinating Centre. <http://www.icp-forests.org/Manual.htm/>

Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О. Физиологические функции неэнзиматических антиоксидантов растений // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Серия Биология. 2015. № 2. С. 6-25.

УДК 579.64:633.1

Влияние микробных препаратов на микробиологические процессы в ризосфере зерновых культур

Каменева И.А., Якубовская А.И., Радченко Л.А., Гритчин М.В., Радченко А.Ф.,
Смирнова И.И., Славинская А.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Симферополь, Россия, irina.kameneva.7@mail.ru

Аннотация. Исследовано влияние микробных препаратов на численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп, направленность микробиологических процессов в ризосфере *Triticum aestivum* L. и *Oryza sativa* L. В результате исследований установлено положительное влияние инокуляции на численность diaзотрофов и фосфатмобилизирующих бактерий в ризосфере пшеницы озимой и риса посевного, которое более стабильно проявлялось в фазу цветения растений. Инокуляция преимущественно не вызывала напряженности минерализационных процессов в ризосфере исследуемых культур.

The influence of microbial preparations on microbiological processes in the rhizosphere of grain crops

Kameneva I.A., Yakubovskaya A.I., Radchenko L.A., Gritchin M.V., Radchenko A.F.,
Smirnova I.I., Slavinskaya A.V.

Federal State Budgetary Institution of Science "Research Institute of Agriculture of Crimea",
Simferopol, Russia, irina.kameneva.7@mail.ru

Abstract. The effect of microbial preparations on the number of microorganisms of the main ecological-trophic groups, the direction of microbiological processes in the rhizosphere of *Triticum aestivum* L. and *Oryza sativa* L. stably manifested itself in the flowering phase of plants. Inoculation predominantly did not cause the intensity of mineralization processes in the rhizosphere of the studied cultures.

Экологическим приемом повышения продуктивности агрофитоценозов является применение микробных препаратов на основе активных штаммов микроорганизмов с комплексом полезных для растений свойств (Завалин, 2005). Почвенные микроорганизмы являются посредниками между трофической частью почвы и растением. В ризосфере их численность регулируется экзометаболитами корней, качественный и количественный состав которых зависит от вида, фенотипа растений и других факторов (Иутинская и др., 2010). В связи с этим актуальными являются исследования влияния биопрепаратов, как элемента агротехнологий, на биологические показатели почвы ризосферы растений.

Цель исследований – установить влияние микробных препаратов диазофита, азотобактерина и комплекса биопрепаратов (КМП) на динамику биологической активности в ризосфере озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и риса (*Oryza sativa* L.).

Triticum aestivum L. сорт Ксения выращивали на опытных участках ФГБУН «НИИСХ Крыма» (Красногвардейский р-н, с. Клепинино) по черному пару (2015–2017 гг.), *Oryza sativa* L. сорт Хазар - в рисовых чеках на лугово-каштановых почвах (агропредприятие ООО «Осавиахим», Красноперекоский р-н) в монокультуре риса по (2012–2013 гг.) согласно общепринятых технологий. Семена пшеницы и риса перед посевом обрабатывали водными суспензиями микробных препаратов, разработанных и изготовленных в ФГБУН «НИИСХ Крыма». В контроле использовали семена, увлажненные водой. Образцы почвы ризосферы отбирали в активные фазы развития растений: кущение/выход в трубку (для пшеницы), цветение, созревание зерна. Численность микроорганизмов устанавливали общепринятыми в микробиологии методами и выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) в 1 г абсолютно сухой почвы (Теппер, 2005). Закладку опытов и обработку полученных результатов про-

водили статистическими методами (Доспехов, 2005) и с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2007

В фазу кущения пшеницы озимой азотобактерин положительно влиял на развитие бактерий, использующих минеральный, молекулярный азот и органические формы фосфора (фосфатмобилизаторов) и их численность увеличилась в 1,7, 1,9 и 2,5 раза соответственно в сравнении с контролем (табл. 1, 2). В фазу цветения в вариантах с инокуляцией увеличилась численность бактерий, использующих азот органических и минеральных соединений на 2,7–88 % и 3,1–56,9 % соответственно, фосфатмобилизирующих бактерий на 36,8–51,5% в сравнении с контрольным вариантом. Численность diazotрофов увеличилось в вариантах с КМП и diaзофитом и составляла соответственно 5,2 и 5,9 млн, при 4,0 млн КОЕ/г почвы в контроле. В фазу созревания зерна в вариантах с инокуляцией увеличилась численность бактерий, ассимилирующих азот минеральных соединений в 1,3-1,6 раза в сравнении с контролем. Количество diaзотрофов превышало контроль в 3,3 и 2,1 раза, соответственно в вариантах с КМП и diaзофитом. В варианте с КМП увеличилась численность аммонификаторов и фосфатмобилизаторов на 64,2 и 21,4 % в сравнении с контролем.

Таблица 1

Динамика численности микроорганизмов, использующей органические и минеральные формы азота, в ризосфере *Triticum aestivum* L.

Вариант опыта	Количество микроорганизмов ризосферы по фазам развития растений, млн КОЕ/ г абсолютно сухой почвы					
	выход в трубку		цветение		созревания зерна	
	органические	минеральные	органические	минеральные	органические	минеральные
Контроль	14,8±0,38	11,4±0,72	7,5±0,58	6,5±0,20	8,1±0,58	6,1±0,06
КМП	11,4±0,22	11,3±0,23	14,1±1,41	6,7±0,35	13,3±0,49	9,6±0,20
Диазофит	7,8±0,29	4,2±0,20	9,9±0,15	10,2±0,29	6,7±0,40	9,1±0,29
Азотобактерин	12,3±0,21	18,9±0,66	7,7±0,26	9,1±0,21	8,1±0,32	7,7±0,38

Таблица 2

Динамика численности diaзотрофов (1) и фосфатмобилизаторов (2) в ризосфере *Triticum aestivum* L., млн КОЕ/ г абсолютно сухой почвы

Вариант опыта	Количество микроорганизмов ризосферы по фазам развития растений, млн КОЕ/ г абсолютно сухой почвы					
	выход в трубку		цветение		созревание	
	1	2	1	2	1	2
Контроль	9,8±0,26	4,3±0,41	4,0±0,21	6,8±0,21	3,2±0,52	8,4±0,35
КМП	7,7±0,26	6,3±0,09	5,2±0,03	9,3±0,27	10,7±0,64	10,2±0,26
Диазофит	7,0±0,38	3,7±0,10	5,9±0,23	10,3±0,55	6,8±0,15	8,4±0,32
Азотобактерин	18,8±0,84	10,7±0,22	3,9±0,15	9,8±0,52	3,0±0,09	8,9±0,15

Соотношение численности аммонификаторов и микроорганизмов, использующих минеральный азот (коэффициент минерализации иммобилизации (K_m)), свидетельствует о напряженности минерализационных процессов в почве. В ризосфере пшеницы отмечено равновесие минерализационных процессов, за исключением вариантов с азотобактерином в фазы кущения и цветения и diaзофитом в фазу созревания зерна (K_m равны 1,5 и 1,2; 1,4 соответственно).

Бактеризация семян риса diaзофитом способствовала увеличению численности микроорганизмов, использующих азот органических и минеральных соединений: на 25,5 и 52,9 % в фазу кущения; 51,7 и 44,2 % – в фазу цветения; 16,5 и 62,1 % – в фазу созревания зерна соответственно в сравнении с контролем (табл. 3). Комплекс микробных препаратов стимулировал развитие аммонификаторов на 13 % в фазу кущения, 33,3 % – цветения и 7,1 % – созре-

вания зерна. Численность микроорганизмов, использующих азот минеральных соединений, увеличилась в фазы цветения и созревания зерна на 175,3 и 15,8 % соответственно, а в фазу кущения, их количество на 51,8 % меньше, чем в контроле.

В фазу кущения K_n в ризосфере риса составил 0,1–0,2, что свидетельствует о преобладании процессов минерализации органического вещества над процессами иммобилизации. Минимальный коэффициент зафиксирован в варианте с применением КМП. В последующие фазы роста растений K_m стремится к 1, что свидетельствует о количественном равновесии описанных групп микроорганизмов. Превышение иммобилизации в фазу цветения отмечено в ризосфере риса, инокулированного КМП ($K_n=1,3$).

Таблица 3

Динамика численности микроорганизмов, использующих разные формы азот, в темно-каштановой почве ризосферы риса посевного *Oryza sativa* L., млн КОЕ/ г почвы

Вариант опыта	Количество микроорганизмов ризосферы по фазам развития растений, млн КОЕ/ г абсолютно сухой почвы					
	кущение		цветение		созревания зерна	
	органические	минеральные	органические	минеральные	органические	минеральные
Контроль	42,0±3,00	8,5±0,61	12,0±1,47	7,7±0,09	12,7±0,12	9,5±0,20
Диазофит	54,4±9,64	13,0±1,97	18,2±0,38	11,1±0,32	14,8±0,20	15,4±0,33
КМП	47,5±2,82	5,6±0,150	16,0±0,96	21,2±0,47	13,6±0,43	11,0±0,23

Микробные препараты способствовали увеличению численности фосфатмобилизаторов (в 1,3–3,2 раза) и азотфиксаторов (в 1,2–1,5 раз) в ризосфере риса в исследуемые фазы развития растений, за исключением КМП в фазу кущения (табл. 4).

Таблица 4

Динамика численности микроорганизмов в ризосферы риса посевного *Oryza sativa* L., млн КОЕ/ г почвы

Вариант опыта	Количество микроорганизмов ризосферы по фазам развития растений, млн КОЕ/ г абсолютно сухой почвы					
	Кущения		Цветения		Созревания	
	Диазотрофы	Фосфатмобилизаторы	Диазотрофы	Фосфатмобилизаторы	Диазотрофы	Фосфатмобилизаторы
Контроль	10,8±1,31	4,3±0,18	8,4±0,38	6,0±0,76	5,2±0,10	10,9±0,15
Диазофит	14,5±1,03	13,8±0,50	12,9±0,47	12,5±0,63	10,4±0,23	22,8±0,36
КМП	3,1±0,49	6,2±0,13	13,0±0,43	12,5±0,40	6,0±0,38	14,0±0,38

Таким образом, в результате исследований установлено положительное влияние инокуляции на численность diaзотрофов и фосфатмобилизирующих бактерий в ризосфере *Triticum aestivum* L. и *Oryza sativa* L., которое более стабильно проявилась в фазу цветения растений. Инокуляция преимущественно не вызывала напряженности минерализационных процессов в ризосфере исследуемых культур.

ЛИТЕРАТУРА

- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М.: Колос, 1985. С.416
- Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: Издательство: ВНИИА, 2005. 302 с.
- Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е. И., Антипчук А.Ф., Бабаянц О.В., Белявская Л.А., Бровко И.С., Валагурова Е.В., Галкин А.П., Галкина Л.А. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем. К.: Ничлава, 2010. 464 с.
- Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии / под ред. В.Шильниковой М.: Дрофа, 2005. С.254.

УДК 576.895.122.21

Динамика развития почечной патологии при хронической инфекции описторхоза на экспериментальной модели *M. auratus*

Капушчак Я. К., Запарина О., Пахарукова М.Ю., Мордвинов В.А.

Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, webadmin@bionet.nsc.ru

Аннотация. Описторхоз, вызываемый паразитированием *Opisthorchis felineus*, — это широко распространенное на территории РФ инфекционное заболевание. Известно, что в основе его патологического процесса лежит поражение гепатобилиарной системы, однако патологическое воздействие может распространяться и за ее пределы. Несмотря на длительную историю исследования данного заболевания, вовлеченность почек в патологический процесс ранее не изучалась. В рамках данного исследования нам удалось обнаружить признаки развития патологии почек на экспериментальной модели, с повышением клинически значимых аналитов в сыворотке крови и в моче, которым соответствовали характерные патоморфологические изменения ткани органа. Мы также продемонстрировали усиление патологического процесса в динамике хронической инфекции.

Dynamics of kidney pathology development during chronic opisthorchiasis infection on *M. auratus* animal model

Kapushchak Y. K.¹, Zaparina O.¹, Pakharukova M.Y.¹, Mordvinov V.A.¹

¹Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, webadmin@bionet.nsc.ru

Abstract. Opisthorchiasis, caused by invasion of liver fluke *Opisthorchis felineus* is a wide spread in Russian Federation infection disease. It is known, that hepatobiliary lesions underlying the disease but it can also affect a number of organs outside the biliary system. Despite long history of study this infection, renal involvement have never been investigated. In present study we discovered markers of kidney failure development on experimental model with upregulation of clinically important analytes in urea and blood serum which were accompanied by specific pathomorphological changes of kidney tissue. We have also demonstrated intensification of the pathological process in dynamics of chronic infection.

Описторхоз — это широко распространенное на территории Российской Федерации инфекционное заболевание, вызываемое паразитированием печеночного сосальщика в гепатобилиарной системе человека и других рыбообразных млекопитающих. Описторхоз вызываемый паразитированием *Opisthorchis felineus* широко распространен на территории Западной Сибири. В сельской местности уровень заражения населения может достигать отметки в 60%. Описторхи вызывают длительно текущую дисфункцию печени, которая характеризуется холангиостазом, хроническим воспалением, развитием холангио- и перидуктального фиброза, а также патологическими изменениями эпителия желчных протоков, что, в конечном итоге, может привести к развитию холангиокарциномы. Так как описторхоз является длительно текущим инфекционным заболеванием, он способен оказывать системное воздействие на организм, что подтверждается клиническими данными, однако его участие в развитии почечной недостаточности не изучено.

Цель данного исследования заключалась в выявлении структурно-функциональных изменений ткани почек сирийского хомячка *Mesocricetus auratus* при хроническом экспериментальном описторхозе в динамике развивающейся инфекции на сроках от 1 до 18 месяцев.

Для этого была произведена оценка изменения биохимических маркеров в сыворотке крови и в моче, характерных для развития поражения почек, включая белок в моче и креатинин сыворотки крови. Также, для определения вероятного наличия поражения эпителия канальцев почек была произведена оценка маркера повреждения почечного канальца КИМ — 1 (kidney injury molecule 1).

Уровень белка в моче инфицированных животных был повышен начиная с 1-го месяца инфекции в 15-30 раз по сравнению с контрольной группой, что указывало на наличие выраженных нарушений фильтрующей функции почек. Начиная с 6-го месяца инфекции отмечали увеличение креатинина в сыворотке крови (в 1.37-3 раза), а также КИМ — 1 в моче зараженных животных. Поскольку данные показатели указывают на развитие почечной недостаточности, был проведен анализ структурных изменений ткани этого органа с помощью полуколичественного анализа гистологических срезов, окрашенных гематоксилин-эозином, по Ван – Гизону, а также после импрегнации серебром.

При гистологическом анализе было выявлено расширение пространства капсулы Шумлянского – Боумена начиная с первого месяца инфекции, а также наличие цилиндров в просвете канальцев коркового и мозгового слоев почки. При этом количество цилиндров коррелировало со сроком заболевания, что было подтверждено линейным регрессионным анализом. Импрегнация срезов серебром позволила выявить увеличение количества мезангиального матрикса гломерулы (в 1,6–3,2 раза), которое преимущественно проявлялось отложением волокон соединительной ткани. Данное патологическое изменение наблюдалось более чем в 80 % гломерул и коррелировало с длительностью инфекции. При окраске срезов по Ван – Гизону были обнаружены локусы интерстициального фиброза в которых наблюдались ярко выраженные дистрофические изменения эпителия канальцев. Таким образом, впервые показано, что хронический описторхоз приводит к развитию поражения почек, усиливающегося от длительности инфекции.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-415-543016.

УДК 582.29

Влияние экологических условий на содержание тяжелых металлов в эпифитных лишайниках в хвойных фитоценозах северной и средней тайги*Катаева М.Н., Беляева А.И.*

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, mkmarikat@gmail.com

Аннотация. Выявлены особенности накопления металлов в эпифитном лишайнике *Hypogymnia physodes* фоновых районов. Накопление металлов в лишайниках в зоне средней тайги незначительно из-за низкого уровня загрязнения атмосферы. Уровень Mn определяется влиянием биотических факторов фитоценозов сосны, ели и можжевельника.

Influence of ecological conditions on the concentrations of heavy metals in epiphytic lichens in coniferous phytocoenoses of the northern and middle taiga*Kataeva M.N. Belyaeva A.I.*

Komarov Botanical Institute of the RAS, Sankt-Petersburg, Russia, mkmarikat@gmail.com

Abstract. The features of accumulation of metals in epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* in background areas were revealed. Accumulation of metals in lichens in the middle taiga zone is insignificant due to low level of atmospheric contamination. The Mn level is determined by the influence of biotic factors of pine, spruce and juniper phytocoenoses.

При возрастании современного уровня загрязнения природных экосистем необходимо детальное изучение ненарушенных влиянием промышленного атмосферного загрязнения лесных сообществ. Установление фоновых концентраций металлов в лишайниках и уровня их загрязнения представляет интерес при изучении разнообразия, экологических особенностей лишайников лесов в регионах севера и северо-запада России.

Задачи работы включали: получение регионально-фоновых значений биоаккумуляции тяжелых металлов в эпифитных лишайниках, обычных лесных видов сем. *Parmeliaceae* в северной и средней тайге. Концентрации тяжелых металлов в лишайнике *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. изучали в таежных фитоценозах на северо-западе России в двух точках – на Кольском полуострове и на юге Ладожско-Онежского перешейка, юго-восток побережья Ладожского озера, вне зон влияния прямого атмосферного загрязнения. В средней тайге изучали влияние форофита на накопление тяжелых металлов в лишайниках в болотных и лесных сообществах. Выявляли влияние условий местообитаний на накопление металлов в лишайниках в старовозрастном ельнике Кольского полуострова, возраст 380 лет, на ветвях ели сибирской. Лишайник для химического анализа собирали на высоте 1,3 м в древостое на породах: ель сибирская, ель европейская, сосна обыкновенная, и на можжевельнике обыкновенном. В основных типах местообитаний оценивали природное варьирование. Концентрации определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Квант-АФА.

Выявлены тенденции изменений концентраций в лишайнике на ели (табл. 1). Выявлены изменения концентраций тяжелых металлов в лишайнике в сосновых сообществах и на побережье Ладожского озера на разных видах форофитах (табл. 2).

По сравнению с лесными сообществами, особенности ландшафта и микроклимата сообществ – на болоте, на берегу озера влияют на содержание металлов в лишайнике. В лесных и болотных фитоценозах в лишайнике *H. physodes* на ели европейской, в лесу и на берегу Ладожского озера на сосне и можжевельнике выявлены изменения концентраций.

Древесный ярус болотных фитоценозов из-за специфичности режимов болотных местообитаний образован ослабленными деревьями. Флора лишайников болот имеет ряд отличий от обычной лесной флоры (Толпышева, 2004). На болотах не выражено влияние крон древо-

стоя ели на атмосферные осадки, питающие лишайники, кроме этого, сильная освещенность и влажность. По сравнению с концентрацией под пологом ельника, на окраинах болота в лишайниках на ели европейской в 2,59 раза меньше Mn, в среднем 193 мг/кг. На болоте лишайники накапливают несколько больше Pb и Fe. В лесу древесный ярус задерживает тяжелые металлы из атмосферных выпадений. Крона ели концентрирует осадки больше, чем другие породы. В лишайниках в нижней части крон ели под пологом елового леса накопление больше, в особенности Fe, Mn, и Pb, чем на более сухих стволах сосны.

Таблица 1

Средние концентрации тяжелых металлов в лишайнике *Hypogymnia physodes*

Субстрат местообитания	Ni	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn
Северная тайга, сосново-еловое сообщество, ель сибирская, лес							
живые ветви ели	9,01	15,89	0,231	4,77	272	512	65,1
сухие ветви ели	8,71	14,55	0,180	4,47	294	462	70,3
Средняя тайга, ельник зеленомошный, ель европейская, лес							
нижние сухие ветви ели	1,42	2,90	0,254	5,92	265	500	47,7
Средняя тайга, ельник кустарничково-сфагновый, болото							
живые и сухие ветви ели	1,09	3,26	0,235	6,99	321	193	37,1

Таблица 2

Средние концентрации тяжелых металлов в лишайнике *Hypogymnia physodes* в сосняке зеленомошном и сообществах можжевельника на берегу Ладожского озера

Субстрат местообитания	Ni	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn
Средняя тайга, сосняк кустарничково-зеленомошный, лес							
ствол сосны	0,76	3,17	0,306	2,16	197	210	46,4
ствол можжевельника	2,14	3,43	0,473	5,28	365	485	51,3
Средняя тайга, сообщества можжевельника обыкновенного, берег Ладоги							
ствол сосны	1,08	4,54	0,370	2,00	202	91,3	80,2
живые ветви сосны	2,69	5,51	0,562	5,34	574	114	53,5
ствол можжевельника	2,55	4,48	0,486	4,88	561	49,9	62,9
живые ветви в кроне	1,97	3,45	0,359	4,93	494	97,5	30,8
сухие ветви в кроне	2,46	4,32	0,339	6,24	699	71,3	40,9

В лишайниках в сообществах можжевельника на берегу Ладожского озера, по сравнению с сосновым лесом, концентрации металлов Pb, Cd, Cu, Ni, Fe несколько повышены. На берегу Ладоги в сообществах можжевельника в лишайнике более высокие концентрации Fe, в разных местообитаниях на стволах и ветвях сосны и можжевельника. В сообществах можжевельника на берегу озера влияние осадков крон на лишайник слабое, сильная освещенность. Лишайник на можжевельнике на берегу озера накапливает меньше марганца.

В разных типах фитоценозов средней тайги установлены средние концентрации тяжелых металлов в лишайниках. Более высокое содержание свинца и других металлов в лишайниках средней тайги вблизи берега Ладоги, по-видимому, связано с влиянием западного переноса воздушных масс и влиянием выбросов промышленных районов юга Карелии, Финляндии и г. Санкт-Петербурга. В северной и средней тайге обнаружены более сильные изменения концентраций тяжелых металлов. В северной тайге, в связи с длительным промышленным загрязнением территории Кольского полуострова, в эпифитных лишайниках фонового района более высокая биоаккумуляция металлов, особенно Ni, Cu. Содержание металлов в лишайниках сообществ средней тайги в целом характеризует низкий уровень воздушного загрязнения. Выявлены региональные фоновые концентрации в лишайниках сосновых и еловых лесов в средней и северной тайге.

Исследование выполнено по государственному заданию плановой темы НИР на 2021–2025гг. «Разнообразие, динамика и принципы организации растительных сообществ Европейской России» АААА-А19-119030690058-2.

ЛИТЕРАТУРА

Толпышева Т.Ю. Элементы структуры сообществ эпифитных лишайников олиготрофных болот Среднего Приобья (Западная Сибирь) // Вестник Моск. ун-та. сер. 16. Биол. 2004. №4. С. 42–46.

УДК 549:579.262

Минералообразование в микробных матах и травертинах термального источника Хойто-Гол (Восточные Саяны)*Кашкак Е.С.¹, Данилова Э.В.²*¹Тувинский государственный университет, Кызыл, Россия, klslena@yandex.ru²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, erzhenadaniilova@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований химического состава воды, травертинов и микробных матов минеральных источников Хойто-Гол (Восточные Саяны). Показано, что образование минералов, формирование травертинов и отложений микробных матов связано с активной деятельностью микроорганизмов и геолого-геодинамической обстановкой. Выявлено, что основными минералами в составе микробных матов и травертинов являлись кальцит, кварц и алюмосиликаты.

Chemical component deposits in the microbial mats and travertine in the thermal spring Khoito-Gol (Eastern Sayan)*Kashkak E.S.¹, Danilova E.V.²*¹Tuvan State University, Kyzyl, Russia, klslena@yandex.ru²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, erzhenadaniilova@mail.ru

Abstract. Research results of the chemical composition of water, travertine and microbial mats of the mineral spring Khoito-Gol (Eastern Sayan) is presented. It is shown that the formation of minerals, travertine and microbial mat deposits is connected with the active functioning of microorganisms and geologic-geodynamic conditions. It was revealed that the main minerals in the composition of microbial mats and travertines were calcite, quartz and aluminosilicates.

Сульфидные термальные источники с нейтральными или щелочными значениями pH встречаются относительно редко (Skirnisdottir et al., 2000). Бактерии, которые в них развиваются, часто образуют серные маты, формирование которых определяется многими факторами: температура, pH, освещение, содержание сероводорода, химический состав воды. Расстояние от выхода источника также влияет на сукцессию микроорганизмов (Skirnisdottir et al., 2000; Everroad et al., 2012). В сульфидных источниках важнейшим абиотическим фактором, влияющим на формирование микробного сообщества, является сероводород. К такому типу источников относится мезотермальный источник Хойто-Гол, расположенный в горной системе Восточного Саяна.

Гидрохимический состав и физико-химические условия минерального источника Хойто-Гол оказывают влияние на формирование травертинов и отложения микробных матов. Источник Хойто-Гол имел пять термальных выходов практически с одинаковой температурой на изливе до 33,6 °С, слабощелочными значениями pH, минерализацией выше 500 мг/дм³, за исключением питьевого. На выходе источников отмечены отрицательные и не высокие положительные значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh), что, очевидно, связано с наличием в воде сероводорода, поступающего с вулканическими эксгаляциями, а также из донных осадков в процессе сульфатредукции. Содержание углекислого газа достигало до 57 мг/дм³. По химическому составу минеральные источники являлись гидрокарбонатными, содержание которых превышало 400 мг/дм³, концентрация других анионов на порядок меньше. Среди катионов преобладали ионы натрия (до 150 мг/дм³), концентрация других ионов в десять раз меньше. В водах источника присутствовали кремний, биогенные элементы азотной и фосфорной группы.

Образование минералов связано с активной деятельностью микроорганизмов и геолого-геодинамической обстановкой. Трансформация подземных вод на поверхности земли осуществляется при участии прокариотно-водородослевого комплекса, формирующего в теплом ручье многослойные маты. Проведенные исследования позволяют проследить пространственную эволюцию состава и функциональной активности микробного сообщества матов. В щелочных и окислительных условиях происходит интенсивный процесс литификации микробных матов, который подавляет продукцию органического вещества и формирование бактериальных матов. Тонкие и рыхлые маты цементируются карбонатами, преобразуясь в сплошные травертиновые корки. Эти корки надстраиваются над более древними травертиновыми структурами, образующими многометровые купола в районе выходов термальных вод (Татаринов и др., 2017).

Количественный и качественный состав органического вещества является важным фактором функционирования микробного сообщества, для которого он служит источником углерода. Исследованные микробные маты и травертин содержали от 3,24 до 17,93% органического углерода от сухого веса. Наибольшее содержание органического вещества отмечено в пурпурном мате под слоем зеленого мата, наименьшее – в травертине, отобранном под слоем зеленого мата.

С помощью сканирующего электронного микроскопа SEM TM-1000 (НИТАСНИ, Япония) исследовали элементный состав микробных матов и травертина. Использование сканирующего электронного микроскопа отчетливо показало характерные фрагменты структурных и текстурных особенностей разрезов минералов. В матах наиболее распространены отложения минералов, формирующих местами глобулы и плотные скопления. В глобулах, опутанными нитями цианобактерий, идентифицирован преимущественно кальций (максимально до 82%), кремний, сера и медь. В кристаллах был идентифицирован алюминий (до 44%) и кальций (до 42%), в небольших количествах – никель, железо, медь, кремний, сера, магний.

Рентгенофазовый анализ травертинов и окаменевших матов показал, что основными минералами в их составе являлись кальцит, кристаллы кварца и алюмосиликаты. Травертиновые отложения представляли собой светло-зеленого цвета зернистые кальциевые минералы (до 60% ромбической полиморфной модификации). Также обнаружены были силикаты в виде кварца гексагональной формы SiO_2 и альбита с примесью кальция $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$. В окаменевшем мате основным минералом являлся кальцит, также были обнаружены кристаллы кварца и алюмосиликатов, пик которых идентифицировался как минерал эферит $\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. В пурпурном мате основную массу составляли кальцит CaCO_3 ромбической полиморфной модификации, кварц SiO_2 и альбит с примесью кальция $(\text{Na, Ca})(\text{Si, Al})_4\text{O}_8$.

Работа выполнена в рамках Госзадания № 121030100229-1.

ЛИТЕРАТУРА

Татаринов А.В., Яловик Л.И., Кашкак Е.С., Данилова Э.В., Хромова Е.А., Хахинов В.В., Намсараев Б.Б. Минералого-геохимические особенности бактериальных матов и травертинов термального источника Хойто-Гол (Восточные Саяны) // Геология и геофизика. – 2017. – №1. – С. 60-73. DOI: 10.15372/GiG20170105

Everroad, R.G., Otaki H., Matsuura K., Haruta S. 2012. Diversification of bacterial community composition along a temperature gradient at a thermal spring. *Microbes Environ.* V. 27. № 4: 374–381. DOI: 10.1264/jsme2.me11350

Skirnisdottir, S., Hreggvidsson G.O., Hjørleifsdottir S., Marteinsson V.T., Petursdottir S.K., Holst O., Kristjansson J.K. 2000. Influence of sulfide and temperature on species composition and community structure of hot spring microbial mats. *Appl. Environ. Microbiol.* V. 66. № 7: 2835–2841. DOI: 10.1128/aem.66.7.2835-2841.2000.

УДК 502.57:502.53

Угроза трансформации экосистем Торейской котловины под влиянием плотины на р. Ульдза

Кирилюк В.Е.^{1,3}, Симонов Е.А.¹, Горошко О.А.^{1,3}, Ткачук Т.Е.^{1,2}

¹Государственный природный биосферный заповедник «Даурский», с. Нижний Цасучей, Россия, oleggoroshko@mail.ru ; esimonovster@gmail.com

²Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, tetkachuk@yandex.ru

³Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия, vkiriliuk@bk.ru

Аннотация. Пульсирующие Торейские озера и низовья питающей их р. Ульдза с окружающими степями обеспечивают уникально высокое биоразнообразие, отраженное рядом высоких международных природоохранных статусов. Экосистемы Торейской котловины важны для поддержания разнообразия и численности птиц всей Восточной Сибири. Строительство плотины в среднем течении Ульдзы в Монголии, начатое в 2020 г. по программе «Хух Морь» («Синий конь»), создает ряд экосистемных угроз: нарушение естественной тридцатилетней цикличности водных объектов, удлинение безводного периода, понижение уровня грунтовых вод, снижение численности популяций гнездящихся и мигрирующих птиц, приближает исчезновение нескольких глобально редких видов, нарушает русловые и пойменные процессы, миграции гидробионтов, почвообразования, снижение продуктивности наземных экосистем. Совокупные угрозы от плотины столь велики, что стройка должна быть прекращена.

Threat of ecosystems transformation in the Torey depression under the influence of the dam on the Uldz river

Kirilyuk V.E.^{1,3}, Simonov E.A.¹, Goroshko O.A.^{1,3}, Tkachuk T.E.^{1,2}

¹Daursky State Nature Biosphere Reserve, Nizhny Tsasuchey, Russia, oleggoroshko@mail.ru; esimonovster@gmail.com

²Transbaikal State University, Chita, Russia, tetkachuk@yandex.ru

³Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia, vkiriliuk@bk.ru

Abstract. The pulsating Torey lakes and the lower reaches of the Uldz River feeding them with the surrounding steppes provide a uniquely high biodiversity, which is reflected in high international conservation nominations of this natural complex (World Heritage, Ramsar wetlands, Biosphere reserves). The ecosystems of the Torey depression are important for maintaining the diversity and abundance of birds throughout Eastern Siberia. The construction of a dam in the middle reaches of the Uldz River in Mongolia, which began in 2020 under the "Huh Mor" ("Blue Horse") program, creates a number of ecosystem threats: disruption of the natural thirty-year cycle of water bodies and lengthening its waterless period, lowering of the groundwater level, a decrease in the number of birds populations nesting in the Torey depression, the threat of extinction of several globally rare species, changes in channel and floodplain processes, soil formation, migration of aquatic organisms, and a decrease in the productivity of terrestrial ecosystems. The cumulative threats from the dam are so great that construction must be halted.

Торейские озера имеют ярко выраженную динамику водности – от полного высыхания до заполнения огромной чаши – более 850 км². Наиболее ярко это проявляется в виде циклов околотридцатилетней длительности и имеет высокую согласованность с изменениями стока обводняющих рек и годовой суммы осадков в Юго-Восточном Забайкалье (Обязов, 1994). Цикличность увлажнения – важнейший драйвер экосистем всего региона. Размер Торейских озер и их бассейна, удачное широтное расположение, продуктивность, амплитуда солёности, наличие островов и плавней определяют их особую континентальную значимость. Заболоченная широкая пойма в нижнем течении Ульдзы (Улз-гол), плавни дельты Ульдзы, низовья р. Борзя и другие заболоченные речные долины, Торейские озера и сотни мелких степных озер Торейской котловины образуют уникальную сеть водно-болотных угодий с большим разнообразием биотопов и с обилием корма. Изменчивость водного режима Торейских озер и питающих их рек Ульдзы и Ималки создает условия для поддержания высокого биологи-

ческого разнообразия. Особенно богата фауна птиц Торейской котловины: гнездящихся, летующих и останавливающихся в период миграций, - всего 327 видов, среди них 21 глобально угрожаемый вид МСОП.

Расположенный на Торейских озерах Государственный природный биосферный заповедник «Даурский» входит в состав Международного российско-монгольско-китайского заповедника «Даурия». ФГБУ «Государственный заповедник «Даурский» — единственная в экорегионе научная организация, ведущая комплексный мониторинг процессов в бассейне Торейских озер в рамках специально запущенной в 2010 г. программы «Влияние климатических изменений на экосистемы Даурского экорегиона и природоохранные адаптации к ним» (Проблемы адаптации ..., 2012). Озера и низовья Ульды включены в список водно-болотных угодий международного значения (по Рамсарской конвенции); Торейская котловина является международно значимой орнитологической территорией (ИВА), одним из важнейших участков обитания птиц на глобальном Восточноазиатско-Австралийском пролетном пути и ключевым в масштабах планеты местом обитания таких глобально угрожаемых видов птиц как реликтовая чайка, даурский и черный журавль, стерх, дрофа, сухонос. В России Торейские озера и дельта Ульды – единственное место гнездования реликтовой чайки, важнейшее место обитания сухоноса и восточного подвида дрофы и одно из важнейших мест обитания даурского и черного журавлей. В 2017 году на базе монгольской и российской части международного заповедника «Даурия» создан двусторонний объект Всемирного наследия ЮНЕСКО «Ландшафты Даурии», охватывающий низовья бассейна Торейских озер. Мелководные пульсирующие Торейские озера, расположенные вблизи границы лесного и степного биомов, имеют огромное значение для долговременного сохранения разнообразия и ресурсов водоплавающих и околоводных птиц всей Северо-Восточной Азии. С этой точки зрения они даже более значимы, чем озеро Байкал с дельтой Селенги. В современных условиях роль водно-болотных угодий Торейской котловины возросла после снижения орнитологического значения поймы р. Аргунь из-за строительства на территории Китая канала Хайлар-озеро Хулун и большой сети водохранилищ, утраты ряда иных, близких по значению водно-болотных угодий Восточной Азии. Торейские озера остаются одним из последних в этой части континента важнейших мест остановок водоплавающих и околоводных птиц на глобальных миграционных путях.

Трансграничная река Ульда, – основной источник воды для Торейских озер, – имеет чрезвычайно высокую вариацию годового стока. Общий объем стока в предыдущий влажный период (1984–1999) превысил суммарный сток за сухой период (2000–2019 гг.) примерно в 500 раз.

В окрестностях пос. Баян-Дун аймака Дорнод в Монголии на главном русле Ульды началось возведение плотины для создания водохранилища. Масштабные земляные и строительные работы хорошо видны в динамике на космоснимках, начиная с июля 2020 г. Водохранилище на р. Ульде является частью программы «Хух-Морь» («Синий конь»). Согласно технического задания, размещенного в проектно-сметной документации к тендеру (Улз голын урсцыг ..., 2019), длина плотины должна составить около 700 м, высота – 12 м (на первом этапе – 9 м), площадь водохранилища – 10,2 км², объем – 27 млн м³. Назначение водохранилища неясно; заявленная в документах функция «экологическое восстановление реки путем стабилизации стока» противоречит естественным процессам и приведет к деградации экосистем Ульды-Тореев. В многоводную фазу (предположительно 2021–2035 гг.) сток будет достаточным для обеспечения всех экологических и хозяйственных потребностей в долине реки, а в засушливую фазу дополнительное испарение с площади водохранилища и хозяйственное водопотребление будут забирать от 32 до 90% стока реки, что показали заказанные Даурским заповедником технические расчеты. По этим расчетам, основанным на изучении гидрологии Торейских озер и их бассейна, мы ожидаем крайне опасных последствий. Согласно проектной документации, только на заполнение водохранилища потребуется вода, в объеме половины среднемноголетнего стока, но в маловодный период заполнение потребует много лет, либо просто будет невозможно. Первое время вода будет расходоваться на по-

вышение уровня грунтовых вод в районе водохранилища. Наибольшую непреодолимую угрозу представляет испарение воды с зеркала водохранилища. Если за основу взять суммарное годовое испарение в сухую фазу (1999-2009 гг.), рассчитанное для Торейских озер, с поверхности водохранилища будет испаряться около 0,007 км³/год (7 млн. куб.м). Расход р. Ульда вблизи устья (гидропост в с. Соловьевск) в сухую фазу 2000–2019 гг. составил в среднем 0,57 м³/с или 0,018 км³/год. Таким образом, только на испарение с поверхности водохранилища будет расходоваться до 39% (!) от годового стока реки при впадении в Торейские озера в сухую фазу цикла.

Первая и главная угроза от возводимой плотины состоит в снижении водности и нарушении естественной цикличности гидрорежима Ульды и Торейских озер, и связанное с этим снижение уровня грунтовых вод. Последнее приведет к исчезновению множества мелких озер, коих в Торейской котловине более тысячи. В гидрологическом цикле Тореев и низовий Ульды засушливая фаза удлинится на несколько лет. Засушливые периоды крайне неблагоприятны для водоплавающих и околоводных птиц. Слишком короткий влажный период будет недостаточным для восстановления их популяций. Даурская популяция реликтовой чайки обречена на вымирание. Непоправимый урон будет нанесен и другим ключевым редчайшим видам – даурскому журавлю и сухоносу. Утрата ключевых мест отдыха и кормежки на глобальном Восточноазиатско-Австралийском пути миграции повлечет дальнейшее существенное снижение численности водоплавающих и околоводных птиц на большой территории Северо-Восточной Азии и Австралии (в т. ч. основных объектов охоты в России).

Нарушение водного режима повлечет изменение русловых процессов, эрозии, осадконакопления и переноса взвесей в р. Ульда. Изменения затронут соленость воды и почв, определяемую соотношением растворения, переноса и осаждения солей. Плотина прервет миграционные пути гидробионтов, в т.ч. реколонизацию низовьев Ульды и Торейских озер после засушливого периода, составляющую неотъемлемую часть естественного природного цикла. Одним из проявлений этого будет радикальное уменьшение запасов рыбы в Торейских озерах – кормовой базы целого ряда рыбоядных птиц и важного ресурса для местных жителей в многоводную фазу (ресурсы до 9000 тонн). Нарушение гидрорежима озер и реки Ульды повлечет изменения в процессах почвообразования, пространственном распределении растительности с общим снижением ее продуктивности. В частности, деградируют заросли тростника – одно из важнейших местообитаний как птиц, так и ряда млекопитающих, сократится площадь лугов.

Нельзя оставить без внимания и такую потенциальную опасность любого водохранилища, как аварийный прорыв плотины, грозящий мощным наводнением и разрушением как природных экосистем, так и хозяйственных и жилых строений.

Таким образом, завершение начатого в 2020 г. строительства плотины будет означать неизбежную деградацию ключевых ценностей объекта Всемирного наследия, которая скажется на биоразнообразии громадных территорий Восточного полушария.

ЛИТЕРАТУРА

Обязов В.А. Связь колебаний водности озер степной зоны Забайкалья с многолетними гидрометеорологическими изменениями на примере Торейских озер //Известия РГО. 1994. Вып.5. С.48-54

Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. Сборник научных трудов Государственного природного биосферного заповедника «Даурский». Вып. 5. / под ред. О.К.Кирилук, Е.А.Симонова. – Чита: Экспресс-издательство, 2012. – 180 с.

Улз голын урсцыг нэмэгдүүлэх "Онон-Улз" төсөл /Дорнод, Хэрлэн сум/ URL: <https://www.tender.gov.mn/en/invitation/detail/1570643029346>. Обновление: 2019 г.

УДК 574.64:504.406(28)

Функциональный отклик двустворчатых моллюсков *Sinanodonta shrenkii* (Bivalvia: Unionidae) на антропогенные загрязнения р. Шилка, Забайкалье*Клишко О.К.*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия,
olga-klisko@mail.ru

Аннотация. В последние годы на территории Забайкалья наблюдается интенсивная техногенная трансформация и рост антропогенного загрязнения рек в результате эксплуатации месторождений полезных ископаемых, вызывающих негативные изменения в состоянии водной среды. Двустворчатые моллюски как наиболее чувствительные к загрязнениям организмы, адекватно реагируют на гидрохимические изменения в среде. Исследованием выявлена достоверная зависимость накопления тяжелых металлов (ТМ) в раковинах моллюсков от их содержания в воде. Сделана попытка расчета концентраций ТМ в воде р. Шилка как фоновых 2000-1200 лет назад по уровню их накопления в раковинах фоссильных моллюсков, собранных из археологических раскопов в бассейне р. Шилка. По данным биогеохимических анализов, концентрации ТМ в раковинах фоссильных моллюсков были заметно меньше, чем у современных из тех же мест обитания. По расчетным данным, концентрации ТМ в воде р. Шилка около 2000 лет назад были значительно ниже.

Functional response of bivalve molluscs *Sinanodonta shrenkii* (Bivalvia: Unionidae) to anthropogenic pollutions of Shilka River, Transbaikalia*Klishko O.K.*

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia, olga-klisko@mail.ru

Abstract. Intensive technogenic transformation and increase of anthropogenic pollution of rivers on the territory of Transbaikalia in recent years have led to negative changes in the state of aquatic ecosystems as a result of the exploitation of numerous mineral deposits. Bivalve molluscs, as organisms most sensitive to pollution, adequately respond to hydrochemical changes in environment. The study revealed a reliable relationship between the accumulation of heavy metals (HM) in the molluscs shells and the concentration of HM in water. An attempt was made to calculate the HM concentrations in water of the Shilka River as background about 2000 years ago using the level of HM accumulation in the shells of fossil molluscs, collected from archaeological excavations in the basin Shilka River. According to the data of biogeochemical analyses, the HM concentrations in the shells of fossil molluscs were noticeably lower than in recent molluscs from the same locations. According to calculated data, the HM concentrations in water Shilka River about 2000 years ago were significantly lower.

Двустворчатые моллюски (Bivalvia: Unionidae) представляют с одной стороны экологически значимый компонент водных экосистем (Leppänen et al., 2020), с другой – являются наиболее чувствительными к загрязнениям организмами (Klishko et al., 2007). Их уникальной физиологической и функциональной особенностью является способность фильтровать огромные объемы воды в течение всей своей жизни. Взрослые моллюски ведут малоподвижный образ жизни, обычно наполовину зарываясь в донные отложения и все их жизненные функции (дыхание, питание, рост и размножение) связаны с фильтрацией воды. В процессе фильтрации они накапливают в теле и раковине высокие концентрации химических элементов, в том числе тяжелых металлов (ТМ). Многие исследования были посвящены выявлению токсичности ТМ для водных организмов на основе их концентрации в теле организмов и среде. Это позволяет использовать моллюсков в качестве индикаторов гидрохимических изменений среды в пространстве и времени, а также оценки качества вод (Klishko, 2013). Химический состав тканей моллюсков отражает текущую сезонную ситуацию, а накопление элементов в раковине интегрирует ситуацию во времени, соответствующую возрасту моллюсков (Ravera et al., 2007), поэтому анализ раковин может отражать состояние окружающей среды за период жизни моллюсков (10-50 и более лет).

Главным фактором, определяющим состав и накопление ТМ у моллюсков, являются гидрoхимические условия среды, как в разных бассейнах, так и в разных частях одного бассейна (Klishko, 2013). Накопление металлов в организмах в целом выражается линейной регрессией, в данном случае уравнением зависимости накопления металла в теле от его содержания в воде: $y = ax^b$. Это означает, что биоаккумуляция металла (y) зависит от его концентрации в воде (x) и изменяется по экспоненте (b) равной наклону регрессии (Borgmann et al., 2004). Это наиболее простое эмпирическое отношение между накоплением металла в организме и его содержанием в воде адекватно описывает накопление НМ во многих случаях, в том числе у моллюсков. Целью данного исследования было определение содержания ТМ в водной палео среде р. Шилка (бассейн Верхнего Амура) по их накоплению в раковинах фоссильных беззубок *Sinanodonta shrenkii* в позднем голоцене, без антропогенного загрязнения водной среды. Для этой цели были решены следующие задачи: – определены концентрации ТМ в раковинах моллюсков в диапазоне средовых градиентов в современное время, – выявлена достоверная связь (коэффициент корреляции 0,75-0,98) между концентрацией элементов в водной среде и их накоплением в раковине, – вычислено содержание исследуемых элементов в водной среде в прошлом по их накоплению в раковинах фоссильных моллюсков.

Материал для исследования раковин фоссильных моллюсков *S. shrenkii* был собран за период 1975–2019 гг. из археологических раскопок стоянок, жилищ и поселений древних людей, живших на территории Забайкалья в бассейне Верхнего Амура в период от каменного века до средневековья. Абсолютный возраст раковин по радиоуглеродному датированию составлял 2800–1200 лет назад (Klishko et al., 2020). Для биогеохимического анализа использовали раковины длиной 100–120 мм. Раковины современных беззубок того же вида размером 100-140 мм были собраны в 2010–2019 гг. в местах наиболее приближенных к местам сбора фоссильных моллюсков (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема расположения мест сбора фоссильных и современных моллюсков и пунктов наблюдения УГМС на р. Шилка, Забайкальский край

Анализы по определению концентраций (мкг/г) Fe, Mn, Sr, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, As, Co, Cd, Mo, V и As в раковинах фоссильных и современных моллюсков выполнены в институте тектоники и геофизики (ИТиГ ДВО РАН, г. Хабаровск) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Многолетние данные по сезонным и межгодовым концентрациям ТМ в воде (мкг/л) р. Шилка в точках наблюдения, близких к местам сбора моллюсков, взяты из базы данных УГМС по Забайкальскому краю за 2010–2019 гг. Связь между накоплением

элементов в раковине и их содержанием в воде выявлена с помощью регрессионного анализа. Получены уравнения зависимости накопления металлов раковине современных моллюсков (y) от их содержания в воде (x): $y = ax^b$ ($R^2 = 0,752-0,986$). По этим уравнениям вычислены вероятные концентрации каждого элемента в воде (x) по их накоплению в раковинах (y) фоссильных моллюсков из исследованных мест сбора.

По данным анализов накопление ТМ в раковинах фоссильных моллюсков из р. Шилка в голоцене было заметно ниже, чем у современных особей из тех же мест обитания (рис. 2).

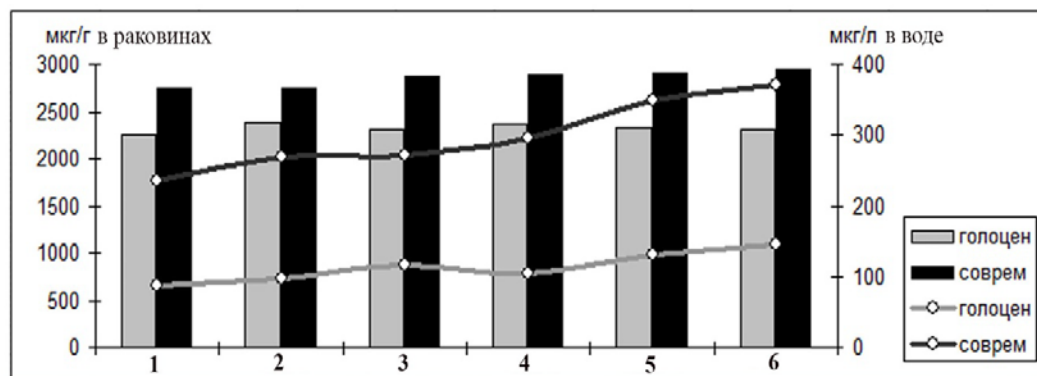


Рис. 2. Накопление ТМ в раковинах фоссильных и современных моллюсков и содержание ТМ в воде р. Шилка в современное время и в голоцене (около 2000 лет назад)

Вероятный гидрохимический фон р. Шилка в позднем голоцене значительно отличался от гидрохимического состояния современного времени. По расчетным данным, суммарные концентрации ТМ в р. Шилка около 2000 лет назад не превышали 87-144 мкг/л. Фактические значения концентраций ТМ за последние 10 лет достигли 234-370 мкг/л. Таким образом, под воздействием антропогенных загрязнений в результате интенсивной эксплуатации месторождений полезных ископаемых в бассейне реки они увеличились втрое.

Повышение накопления ТМ в раковинах моллюсков при повышении их содержания в водной среде можно считать функциональным откликом, что подтверждает имеющиеся в публикациях представления об экологическом «ответе» на усиление антропогенного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

Borgmann U., Norwood W.P., Dixon D.G. Re-evaluation of metal bioaccumulation and chronic toxicity in *Hyalella azteca* using saturation curves and biotic ligand model. //Environmental pollution, 2004. V. 131. P. 469-484.

Клишко О.К., Авдеев Д.В., Голубева Е.М. Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов у моллюсков в аспекте оценки состояния окружающей среды. //Доклады Академии Наук, 2007. Т. 2. С. 132-134.

Klishko O.K. Method of biogeochemical diagnostics of heavy metals accumulation in molluscs (Unionidae) and estimation of their ecological condition (The case of the Amur River, Russia). //Journal of Environmental Science and Engineering, 2013. Vol. 2, No. 2. P. 112-126.

Leppänen J.J., Saarinen T., Jilbert T., Oulasvirta P. The analysis of freshwater pearl mussel shell using μ -XRF (micro-x-ray fluorescence) and the applicability for the environmental reconstruction. //SN Applied Sciences, 2021, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03978-3>

Ravera O., Beone GM, Trincherini P., Riccardi N. Seasonal variation in metal content of two *Unio pictorum* population from two lakes of different trophic. J. Limnologia, 2007. V. 66. No. 1. P. 28-39.

УДК 502.51

Эколого-микробиологическое исследование реки Раздан

Кобелян Р.О., Мкртчян Ж.Г.

Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН РА 0014 Ереван, Армения,
hripsimekobelyan@mail.ru

Аннотация. В 2020г. были проведены микробиологические исследования реки Раздан. Дана сравнительная оценка качества воды на основе микробиологических показателей. Результаты исследования показали, что нижнее течение реки Раздан более загрязнено коммунально-бытовыми сточными водами, чем верхнее и среднее течения.

Assessment of the ecological and sanitary state of the river Hrazdan

Kobelyan H.H., Mkrtchyan Zh.H.

Scientific Center of Zoology and Hydroecology of NAS RA Yerevan, hripsimekobelyan@mail.ru

Abstract. In 2020 microbiological studies of the river Hrazdan were carried out. A comparative assessment of the water quality based on microbiological indicators is given. The results of the study showed that the lower course of the river Hrazdan is more polluted with municipal wastewater than the upper and middle courses of the river.

Левый приток реки Аракс и вторая по величине река Армении - Раздан имеет длину 141 км с площадью бассейна 2650 км². Река берет начало из озера Севан и далее, протекая через территории четырех (Гегаркуникской, Котайкской, Ереван и Араратской) областей Армении, впадает в реку Аракс (Чилингарян, 2002). Воды реки используются в энергетических, ирригационных и рекреационных целях. Сельскохозяйственные, промышленные и бытовые стоки загрязняют воды реки, что отражается на качестве воды и условиях обитания гидробионтов.

Целью работы являлось проведение микробиологического и гидробиологического анализа воды реки Раздан для оценки экологического состояния.

Наиболее резко реагируют на изменение качества водной среды микроорганизмы, поэтому микробная индикация широко используется для контроля состояния водных экосистем.

Важная роль микробиологических исследований в системе комплексной оценки экологического состояния водных объектов обусловлена тем, что микроорганизмы, вследствие своих физиологических особенностей, гораздо быстрее, по сравнению с другими компонентами водных биоценозов реагируют на изменение физико-химических условий в водотоках изменением численности определенных групп. В природных водах микроорганизмы выполняют основную роль в процессах деструкции разнообразных органических веществ, т.е в самоочищении водных экосистем.

Для оценки качества воды были изучены сапрофитные бактерии (инкубация при 37°С в течение 24 часов) и определен индекс E.coli (число кишечной палочки в 1л воды), являющимися индикаторами эколого-санитарной классификации качества воды. Присутствие этих бактерий характеризует микрофлору, поступившую в гидроэкосистему через бытовые и сельскохозяйственные стоки.

Материалы и методы. Образцы воды для микробиологического анализа были отобраны в 2020г посезонно (весна, лето, осень) согласно ГОСТ Р 51592-2000. Нами были выделены следующие станции; № 1 – верхнее течение реки Раздан, малопроточный участок; № 2 – типичные речные участки, с зарослями макрофитов; № 3- нижнее течение реки, после очистительной станции “Аерация”.

Численность сапрофитных бактерий определялась при 37°C в течение 24 часов, на среде сухой питательный агар (СПА). Для выявления количества бактерий группы кишечной палочки воду фильтровали через нитроцеллюлозные стерильные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Коли-индекс был определен методом мембранной фильтрации на среде Эндо. Фильтровали 1мл воды в 3-х повторях (Лабинская, 1978, Рымовская, 2018).

Результаты и обсуждения. Гетеротрофные микроорганизмы играют важную роль в процессах трансформации органических веществ и переноса энергии в водных экосистемах. Они обеспечивают рециркуляцию биогенных элементов в водной среде и играют ведущую роль в процессах естественного очищения вод.

В результате исследований реки Раздан в 2020 г. наблюдалось увеличение количества бактерий от верхнего течения реки к нижнему течению.

Количество сапрофитных бактерий колебалось в пределах 60-38880 КОЕ/мл (КОЕ-колониобразующие единицы). Сравнительно низкое количество зафиксировано в верхнем течении реки (60-800 КОЕ/мл).

В среднем течении реки Раздан (после села Бжни) уровень загрязненности повышается и количество сапрофитных бактерий достигает численности 2100-2400 КОЕ/мл (рис.1).

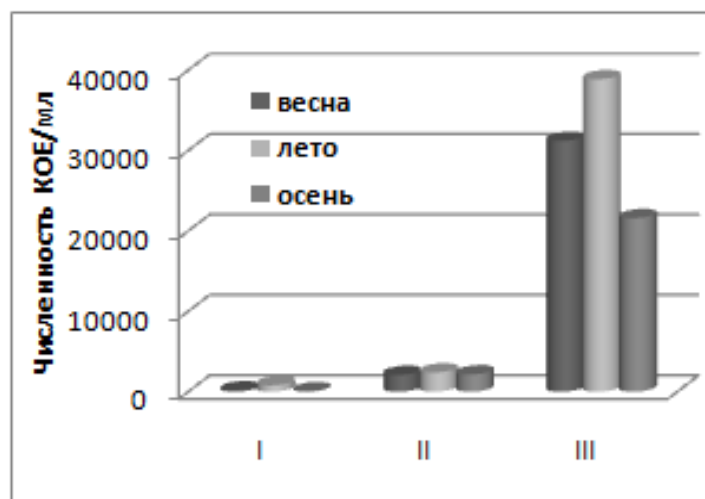


Рис. 1. Численность сапрофитных бактерий (КОЕ/мл) в реке Раздан 2020г. I-верхнее течение, II-среднее течение, III-нижнее течение

Как и предполагалось, максимальная величина численности сапрофитных бактерий достигала в нижнем течении реки (через 500м от очистительной станции «Аерация») и составила 21600-38880 КОЕ/мл. Это объясняется тем, что сточные воды города Ереван непосредственно после механической очистки в очистительной станции «Аерация» впадают в реку Раздан.

Значение коли-индекса колебалось в пределах 4-80 тыс. КОЕ/л. Сравнительно высокий показатель коли-индекса наблюдался в нижнем течении (80 тыс. КОЕ/л.), что свидетельствует о загрязнении коммунально-бытовыми сточными водами (рис.2). В период исследования значение коли-индекса во всех проанализированных образцах превышало ПДК (ПДК-500 КОЕ/100 мл СанПиН 2.1.5.980-00) в среднем и нижнем течении реки.

Летом наблюдалось повышение численности сапрофитных бактерий и показателей коли-индекса, что было связано с повышением температуры воды (табл.).

Таким образом, неравномерное распределение численности сапрофитных бактерий определяется антропогенными факторами и согласно эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод суши (Баринаова, 2006; Романенко, 1990), река Раздан по средней численности сапрофитных бактерий и по показателям коли-индекса в верхнем течении относится к классу «чистый», в среднем течении - «удовлетворительно чистый», а в нижнем течении - «грязная». Большие значения коли-индекса указывают на то, что нижнее течение реки Раздан в основном загрязнено коммунально-бытовыми сточными водами города Ереван.

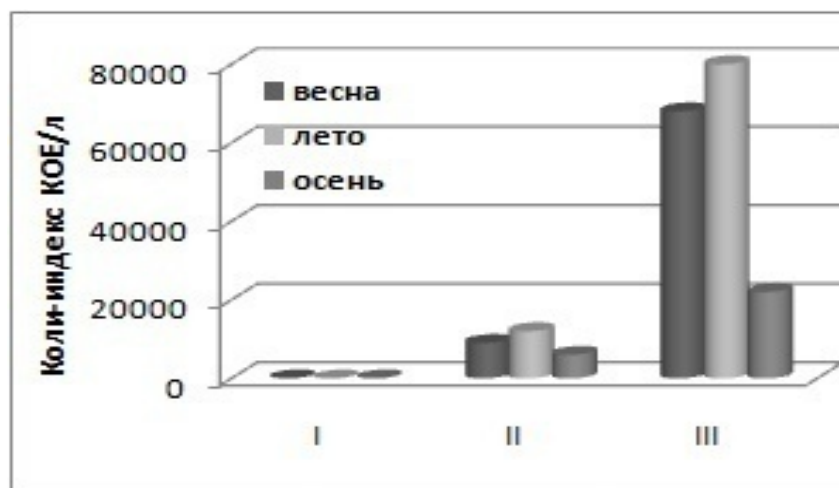


Рис. 2. Значение коли-индекса (КОЕ/л) в реке Раздан 2020г. I-верхнее течение, II-среднее течение, III-нижнее течение

Таблица

Температура воды и GPS координаты в точек отбора проб р. Раздан в 2020 г.

Точка отбора пробы	GPS координаты	Температура воды Т°С		
		весна	лето	осень
Верхнее течение	Широта – 405520 Долгота – 449836	15	20	18
Среднее теченее	Широта – 40.43709 Долгота – 44.6293	11	15	13
Нижнее теченее	Широта – 40.131384 Долгота – 44.418604	20	22	21

ЛИТЕРАТУРА

- Чилингарян Л.М., Мнацаканян Б.П., Агабабян К.А., Токмаджян О.В. Гидрография рек и озер Армении // Ереван 2002. С. 13.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды // Тель-Авив, 2006. С. 478.
- Гост Р 51592-2000. Общие требования к отбору проб. // Введ. 2000-04-21. М., 2008. С. 35.
- Лабинская А.С. Микробиология с техникой микробиологических исследований // 1978. С. 303-314.
- Романенко В.Д., Окснюк О.П. и др. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты // Киев, , 1990. С. 218-221.
- Рымовская М. В. Основы промышленной асептики // Минск 2018. С. 13-18.

УДК. 631.48

Разнообразие строения, свойств почв Южного Предбайкалья, их изменение при агрогенном воздействии

Козлова А.А.

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, allak2008@mail.ru

Аннотация. Самобытное сочетание современных факторов почвообразования на территории Южного Предбайкалья, а именно совместное проявление котловинного эффекта, высотной (вертикальной) поясности, предгорной (аридно-теневой) зональности) и палеогеографических (перигляциальных) условий способствовало развитию резкоконтрастных ландшафтов, широкому разнообразию почв. Почвенному разнообразию в регионе способствовал палеокриогенный позднеплейстоценовый микрорельеф, приведший к формированию криогенной полигональной микроструктуры почвенного покрова, с чередованием почв полигонов-бугров и западин. Агропедогенез способствует усилению сложности, комплексности почвенного покрова в условиях палеокриорельефа, что затрудняет рациональное использование различных типов почв региона, получение высоких урожаев культур

Variety of the Structure and Properties of Soils of the Southern Prebaikalia, Their Change Under Agrogenic Impact

Kozlova A.A.

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, allak2008@mail.ru

Abstract. The original combination of modern factors of soil formation on the territory of the Southern Cisbaikalia, namely, the joint manifestation of the basin effect, altitudinal (vertical) zonality, foothill (arid-shadow) zoning) and paleogeographic (periglacial) conditions contributed to the development of sharply contrasting landscapes, a wide variety of soils. Soil diversity in the region was facilitated by the paleocryogenic Late Pleistocene microrelief, which led to the formation of a cryogenic polygonal microstructure of the soil cover, with alternating soils of polygons - mounds and depressions. Agropedogenesis enhances the complexity and complexity of the soil cover in the conditions of paleocriorelief, which complicates the rational use of various types of soils in the region, obtaining high crop yields.

Почвенное разнообразие является обязательным и необходимым условием сохранения биологического разнообразия и устойчивости экосистем. Усложнение почвенного покрова, как правило, приводит к естественному росту, а упрощение – к резкому снижению биоразнообразия. Комплексное воздействие современных природных условий, реликтовых феноменов и хозяйственной деятельности обуславливает особенности формирования и функционирования почв, их разнообразие и трансформацию при агropедогенезе.

Южное Предбайкалье является частью субконтинента Северной Азии (Михеев, Коновалова, 1998), расположено в центре Азиатского материка и представляет собой равнинную часть Сибирской платформы (52–54 с.ш., 102–105 в.д.), включающую Иркутско-Черемховскую равнину, юг Предбайкальской впадины, Приольхонское плато.

Территория характеризуется неоднородным климатом. Важнейшие факторы почвообразования – климат и рельеф определяют уникальность механизмов локальной циркуляции воздуха, тепла и влаги, влияющих на распределение и организацию почвенного покрова на макро- и мезоуровне. Неоднократные смены потеплений и похолоданий в голоцене привели к периодическому смещению границ ландшафтов подтайги, лесостепи, степи на территории Южного Предбайкалья (Белов, Соколова, 2017). Наблюдаемый котловинный и подгорный эффект при значительном колебании высот способствуют значительной пестроте природно-климатических условий, что приводит к формированию резкоконтрастных ландшафтов и почв. Здесь расположены североазиатские семиаридные ландшафты, включающие светлохвойные сосновые подгорные подтаежные и горнотаежные, а также светлохвойные равнинные разного генезиса (Коновалова, 2017).

Особенности природных условий исследуемых регионов наложили определенный отпечаток на формирование почвенного покрова, который характеризуется большим разнообразием почв. Широко распространены лесостепные и степные ландшафты, имеющие в почвенном покрове наиболее плодородные почвы (серые лесные, черноземы, лугово-черноземные), активно используемые в сельском хозяйстве регионов. Диапазон экосистем соответствует разным субконтинентам Азии, взаимопроникновение которых является уникальным ландшафтно-ситуационным примером сибирской природы в пределах Северной Азии (Михеев, Коновалова, 1998).

Наиболее освоена южная часть региона, где сложились наиболее благоприятные природные условия для проживания человека и ведения сельского хозяйства. Однако резкая континентальность климата, пониженная тепло- и влагообеспеченность способствуют развитию почв с маломощным гумусовым горизонтом, что в условиях интенсивного земледелия значительно снижает их устойчивость к агрогенному воздействию.

Согласно почвенному районированию территории бывшего СССР почвенный покров региона отнесен к почвенному округу суббореального пояса, единственному, находящемуся внутри бореального. По «Почвенному районированию Иркутской области» он включает: предгорный и низкогорный округ (Б4) с каштановыми, петро-, лито-, карбопетро- и карболитоземами, серогумусовыми, светлогумусовыми и серыми почвами и округ равнин (В4) с дерново-подзолистыми, подзолисто-глеевыми, гумусово-гидроморфическими, перегнойно-гидроморфическими, торфяными эутрофными, черноземами, серыми и темногоумусовыми почвами. Региональной особенностью является низкий энергетический уровень почвообразования. Небольшие различия в теплообеспеченности между генетически далекими почвами обуславливают их территориальное соседство (Белозерцева, 2017; Козлова, Белозерцева, Лопатина 2021).

Почвы подтаежных ландшафтов Южного Предбайкалья, представленные дерново-подзолистыми почвами, буроземами оподзоленными и остаточными карбонатными, занимают вершины водоразделов или привершинные части склонов, развиваются под смешанными светло-хвойными (сосновыми) и мелколиственными (березово-осиновыми) лесами с хорошо развитым разнотравным растительным покровом. В связи с сухостью и суровостью климата, основностью пород, процессы выветривания и почвообразования, в них заторможены, а оподзоливание в них слабо развито и имеет реликтовую природу, чем они отличаются от Европейских аналогов. Часто наблюдается несоответствие элювиально-иллювиального профиля их свойствам, которое проявляется в невысокой кислотности, обогащении гумусом и обменными основаниями верхних горизонтов почв. Характерной чертой почв подтаежных ландшафтов региона, связанной с местными особенностями почвообразования является сосредоточенность основных запасов органического вещества в верхнем 0-15(20)-ти см слое профиля. Причина этому – поверхностное распространение корневых систем растений, сосредоточение основной их массы в небольшом по мощности слое почвы, более глубокому их проникновению препятствуют низкие температуры почв.

Спецификой серых почв лесостепи региона можно считать развитие их в средних и нижних частях склонов под пологом светлохвойно-мелколиственных (сосново-березовых), являющихся производными, вторичными. Поэтому, находящиеся под ними почвы также не могут быть первичными образованиями, чем они принципиально отличаются от своих Европейских аналогов, формирующихся под первичными широколиственными лесами. Несоответствие некоторых свойств почв современному растительному покрову вызвано в определенной мере различной скоростью эволюции. Почва, как более консервативное тело, в своей эволюции отстает от развития растительности. На территории, прилегающей к лесостепи и по долинам рек, господствующие прежде моховые и кустарничковые леса (в том числе темнохвойные) под влиянием деятельности человека сменились светлохвойными и мелколиственными с травяным покровом. Уничтожение тайги обусловило необратимое изменение среды в направлении усиления сухости, изменения водного и теплового режимов, а, следовательно, и характера почвообразования. С появлением травянистой растительности в почвах

развился (или усилился) дерновый процесс, что способствовало накоплению органического вещества, в составе которого возросла роль гуминовых кислот, в почвах увеличилось содержание обменных оснований, менее кислой стала их реакция. Характерной чертой лесостепных почв региона, связанной с местными особенностями почвообразования является сосредоточенность основных запасов органического вещества в верхней полуметровой части профиля. В серых почвах более глубокому их проникновению препятствуют низкие температуры почв, в значительном количестве идет образование полуразложившихся остатков, не достигших стадии полной гумификации, так называемого «грубого» гумуса.

Причиной малой мощности гумусового горизонта в черноземах глинисто-иллювиальных служит и несколько иные интенсивность и темпы биохимических процессов в условиях резкоконтинентального климата региона, которые длятся всего 1,5-2 месяца. Разложение органических остатков происходит в значительно более короткий период лета, чем в европейской части России, причем процесс этот концентрируется в небольшом по мощности верхнем слое почвы с оптимальными температурами. Образовавшееся гумусовое вещество быстро подвергается морозной денатурации, более резкой и длительной, чем в черноземах европейской части, и продукты гумификации остаются на месте своего образования. В целом, специфические свойства черноземов региона обусловлены особенностями их развития в определенной физико-географической среде.

Региональные почвы за счет малой мощности гумусового горизонта оказались очень уязвимы к агрогенному воздействию. Распашка почвы лесных ландшафтов на глубину 0-25(30) см неизбежно привела к припахиванию нижележащих малоплодородных горизонтов, что повлекло за собой снижение содержания гумуса, ухудшение их гумусного состояния, заметное подкисление или подщелачивание пахотного горизонта в зависимости от типа обрабатываемых почв. Сведение растительности при освоении почв способствует ужесточению гидротермического, воздушного и питательного режимов. Снижение агрегатов агрономически ценного диапазона, повышению плотности почв приводит к значительному ускорению процессов водной эрозии и дефляции. Поэтому, региональные почвы, при интенсивном распаивании, заметно теряют свое наиболее ценное качество – потенциальное плодородие.

Палеокриогенный позднеплейстоценовый микрорельеф оказал существенное влияние на разнообразие, строение почв региона. В чередующихся полигонах-буграх и западинах формируются почвы с различными параметрами тепло- и влагообеспеченности, морфологией, свойствами и плодородием. На буграх почвы имеют профиль ненарушенного строения, они – автоморфны и автономны, часто деградируются при освоении и обработке, имеют неблагоприятные плодородные свойства – недостаток влаги, гумуса, питательных элементов, неблагоприятные агрофизические свойства.

В западинах почвы обладают более благоприятными гидротермическими условиями для произрастания растений. При этом они могут задействовать свой скрытый резерв – погребенные гумусовые горизонты, что способствует ускорению биологической активности и минерализации органического вещества, увеличению содержанию подвижных форм питательных элементов.

В целом, при интенсивной обработке заметно усиливается пестрота почвенного покрова, свойств почв, недоучет которых является одной из основных причин низкой продуктивности земледелия в регионе. Меры по сохранению и восстановлению плодородия пахотных почв в этих условиях должны быть направлены на минимализацию обработок, внедрение безотвальной обработки, преимущественный посев трав, селективное внесение удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. – М.; Иркутск, 2004. – 90 с.

Белов А.В., Соколова Л.П. Геоботаническое прогнозирование в системе экологической оптимизации природопользования в Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. – 2017. – №1. – С. 45-54.

Белозерцева И.А. Почвенный покров // Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2017. – С. 50-55.

Коновалова Т.И. Ландшафты. Физико-географическое районирование // Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2017. – С. 84-89.

Михеев В.С., Коновалова Т.И. Геосистемы Северной Азии // Региональный экологический атлас. – Новосибирск: Наука, 1998. – С. 169-185.

Козлова А.А., Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Почвы Южного Предбайкалья: разнообразие и закономерности распространения // География и природные ресурсы. – 2021. – № 1. – С. 103-114.

УДК 579.26

Таксономическое разнообразие бактерий цикла серы в содово-соленых озерах Бурятии

Козырева Л.П., Лаврентьева Е.В.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, l-kozyr@mail.ru

Аннотация. В микробных сообществах осадков 5 содово-соленых озер Бурятии, отличающихся по физико-химическим параметрам, проанализировано таксономическое разнообразие бактерий цикла серы. Восстановительная ветвь диссимиляторного серного цикла была представлена в основном δ -Proteobacteria порядков *Desulfovibrionales*, *Desulfobacterales* и *Desulfuromonadales*. Наибольшее разнообразие бактерий, участвующих в восстановлении серы и ее окисленных соединений, выявлено в оз. Сульфатное. Окислительную часть выполняют в основном γ -Proteobacteria порядка *Chromatiales* – представители семейств *Ectothiorhodospiraceae*, *Chromatiaceae*, *Halothiobacillaceae*, а также представители α -Proteobacteria – р. *Rhodobaca*. Выявлены отличия в разнообразии и представленности таксонов в зависимости от условий среды обитания.

Taxonomic diversity of bacteria of the sulfur cycle in soda-salt lakes of Buryatia

Kozyreva L.P., Lavrentyeva E.V.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, l-kozyr@mail.ru

Annotation. The taxonomic diversity of bacteria of the sulfur cycle was analyzed in the microbial communities of sediments of 5 soda-salt lakes of Buryatia, differing in physicochemical parameters. The reducing branch of the dissimilatory sulfur cycle was represented mainly by δ -Proteobacteria of the orders *Desulfovibrionales*, *Desulfobacterales*, and *Desulfuromonadales*. The greatest diversity of bacteria involved in the reduction of sulfur and its oxidized compounds was found in Lake Sulfatnoye. The oxidizing part is performed mainly by γ -Proteobacteria of the order *Chromatiales* - representatives of the families *Ectothiorhodospiraceae*, *Chromatiaceae*, *Halothiobacillaceae*, as well as representatives of α -Proteobacteria - g. *Rhodobaca*. Differences in the diversity and representation of taxa were revealed depending on the conditions of the habitat.

Соленые озёра являются уникальными природными экосистемами, характеризующимися высоким содержанием минеральных солей. Содовые озёра являются специфическим типом солёных водоёмов. Стабильно высокий уровень pH в данных водоёмах создается за счет высоких концентраций карбонатов Na^+ и K^+ . В функционировании микробных сообществ таких экосистем выявлены важная роль бактерий серного цикла (Исаченко, 1951; Горленко и др., 1999; Sorokin et al., 2013 и др.), установлены основные таксоны, ответственные за циклические превращения соединений серы умеренно рассольного содового озера Кулундинской степи (Vavourakis et al., 2019).

Целью данной работы явился анализ таксономического разнообразия бактерий, участвующих в процессах окисления и восстановления неорганических соединений серы в осадках содово-соленых озер Бурятии.

В анализе были использованы данные высокопроизводительного секвенирования ампликонов гена 16 S рРНК из проб озер, относящихся к Селенгинской группе (Нижнее и Верхнее Белое, Соленое, Сульфатное) и озера Гуджирганское из Баргузинской группы озер. Пробы из озер Соленое и Верхнее Белое (2010) представляли поверхностный (0-2 см) слой колонок черного ила, отобранных с глубины 1,7 – 2 м; остальные – пробы прибрежных осадков черного цвета, кроме проб из озера Гуджирганское, представленных серым илом. Характеристика воды представлена в таблице 1.

Восстановительная ветвь диссимиляторного серного цикла была представлена в микробных сообществах осадков бактериями класса δ -Proteobacteria порядков *Desulfovibrionales*, *Desulfobacterales* и *Desulfuromonadales* в разных долях; в окисленном слое осадков оз. Гуджирганское представителей этих семейств не зафиксировано (табл. 2).

Таблица 1

Физико-химическая характеристика воды содовых озер

Озеро (год отбора)	Глубина м	pH	t°C	Содержание, мг/дм ³									
				Σ со- лей	O ₂	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Сульфатное, 2010	4,7	9,2	20,8	12258	5,9	160	280	7035	1777	2520	84	54	348,0
Нижнее Белое, 2010	2,0*	9,8	30,4	4378	9,1	800	610	465	632	1760	28	12	70,8
Нижнее Белое, 2012	н.о.	9,7	21,3	12000	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Соленое, 2011	1,7	10,2	22,9	13419	4,0	2340	2013	165	4778	4000	65	10	48
Верхнее Белое, 2010	2,0	10,2	20,4	12450	3,2	2400	2135	2100	1776	4000	10	8	21,6
Гуджирганское		9,8	12	100000	н.о.	9760	1500	55900	7130*	35400		30	440

(*) – в осадках.

Таблица 2

Представленность порядков кл. δ-Proteobacteria, участвующих в восстановлении соединений серы в осадках

Показатель	Представленность таксона в сообществе (% от общего количества прочтений)		
	<i>Desulfobacterales</i>	<i>Desulfuromonadales</i>	<i>Desulfovibrionales</i>
Сульфатное, 2010	7,83	4,28	0,55
Нижнее Белое, 2010	19,82	0,72	3,6
Нижнее Белое, 2012	6,07	1,87	2,28
Соленое, 2010	2,29	0,19	0,84
Верхнее Белое, 2011	11,62	3,21	0,54

Наибольшим разнообразием бактерий в пор. *Desulfobacterales* отличалась проба оз. Сульфатное, в которой были выявлены сульфатредуцирующие бактерии 12 родов из сем. *Desulforhopalus* (1 род - *Desulforhopalus*), сем. *Desulfobacteraceae* (10 родов: *Desulfobacula*, *Desulfotignum*, *Desulfatitalea*, *Desulfosarcina*, *Desulfatirhabdium*, *Desulfobacter*, *Desulfatiferula*, *Desulfoconvexum*, *Desulfococcus*, *Desulfobotulus*), сем. *Desulfobulbaceae* (1 род - *Desulfobulbus*). Также разнообразно были представлены бактерии пор. *Desulfobacterales* в пробах оз. Нижнее Белое – сем. *Desulfobulbaceae* 4 родами - *Desulfobulbus*, *Desulfocapsa*, *Desulfofustis* и восстанавливающий соединения серы (кроме сульфата) р. *Desulfurivibrio*, доминирующий (17,85%) в сообществе (проба 2010 г.); сем. *Desulfobacteraceae* - 6 родами *Desulfatibacillum*, *Desulfatitalea*, *Desulfosalsimonas*, *Desulfobacterium*, *Desulfotignum*, а также неклассифицированными *Desulfobacteraceae* и *Desulfobulbaceae*.

В пробе озера В. Белое среди 9 родов семейств *Desulfobulbaceae* и *Desulfobacteraceae* в сообществе также преобладали *Desulfurivibrio*. Наименьшее разнообразие представителей родов этого семейства отмечено в оз. Соленое (6 родов). Порядок *Desulfuromonadales* представлен двумя родами *Desulfuromusa* и *Desulfuromonas* (сем. *Desulfuromonadaceae*) – бактериями, восстанавливающими элементную серу, а также неклассифицированными на уровне семейства и родов бактериями. В пор. *Desulfovibrionales* отмечены представители родов *Desulfonatronum* (*Desulfonatronaceae*), *Desulfonatronovibrio* (*Desulfohalobiaceae*) – облигатно анаэробных и алкалофильных сульфатредукторов, *Desulfovibrio* (*Desulfovibrionaceae*), восстанавливающего соединения серы, и сульфатвосстанавливающего р. *Desulfomicrobium* (*Desulfomicrobiaceae*).

В восстановлении неорганических соединений серы также участвуют представители филума *Firmicutes* - восстанавливающие сульфиты *Desulfitibacter* (*Clostridiales*, *Peptococcaceae* 1) (Н.Белое, В. Белое), восстанавливающие тиосульфаты *Dethiosulfatibacter* (*Clostridiales*

_Insertae Sedis XI) (Н.Белое, Соленое) и восстанавливающий соединения серы р. *Dethiobacter* (*Natranaerobiales*, *Natranaerobiaceae*) (Н.Белое, В. Белое, Соленое).

Окислительную часть цикла серы в осадках содовых озер выполняют в основном δ -Proteobacteria порядка *Chromatiales* – представители сем. *Ectothiorhodospiraceae* родов *Thioalkalivibrio*, *Ectothiorhodospira* и *Alkalilimnicola*, сем. *Chromatiaceae* р. *Thiocapsa*; сем. *Halothiobacillaceae*, р. *Thioalkalibacter*, пор. *Thiotrichales*, р. *Thioalkalimicrobium*; *Gamma*proteobacteria_insertae_sedis р. *Thiopropfundum*, а также представители α -Proteobacteria – р. *Rhodobaca*- сероокисляющие бактериохлорофилл-*a* содержащие бактерии, характерные для содовых озер (в т. ч. *Rhodobaca barguzinensis* – выделенный из содового озера Баргузинской долины) (Boldareva et al., 2008).

В озерах выявлены особенности разнообразия и распределения доминирующих таксонов, участвующих в цикле серы. Так, в окисленных осадках оз. Гуджирганское не были выявлены бактерии, участвующие в восстановлении сульфатов и других соединений серы, но присутствовали бактерии, окисляющие серные соединения, в том числе, р. *Thioalkalibacter*, не встречавшийся в осадках других озер. Окисление серы и ее восстановленных соединений в восстановленном осадке из срединной части оз. Соленое осуществляют сероокисляющие бактерии р. *Thioalkalivibrio*. В прибрежных осадках оз. Сульфатное, а также осадках оз. Н. Белое в процессе окисления восстановленных соединений серы участвуют аэробные бактерии р. *Thiobacillus*, не выявленные в других озерах, и выявленные в минорном количестве в оз. Н. Белое. Восстановление сульфатов в осадках озер осуществляется представителями разных родов. При этом типичные алкалофильные и галофильные сульфатредукторы р. *Desulfovibrio*, *Desulfonatronjvibrio*, *Desulfonatronum*, *Desulfohalobium* в пробах либо не выявлены (оз. Сульфатное), либо присутствуют в минорном количестве (оз. Соленое, Верхнее и Нижнее Белое).

ЛИТЕРАТУРА

- Исаченко Б.Л. Хлористые, сульфатные и содовые озера Кулундинской степи и биогенные процессы в них // Б.Л. Исаченко. Избранные труды. М. Л.: Изд-во АН СССР. 1951. С. 143-162.
- Горленко В.М., Намсараев Б.Б., Кулырова А.В., Заварзин Д.Г., Жилина Т.Н. Активность сульфатредуцирующих бактерий в донных осадках содовых озер Юго-Восточного Забайкалья // Микробиология. 1999. Т.68, №5. С.664-670.
- Sorokin D. Y., Banciu H., Robertson L.A., Kuenen J., Muntyan M. S., Muyzer G. Halophilic And Haloalkaliphilic Sulfur-Oxidizing Bacteria //The Prokaryotes: 4th edition: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013 Pp 529-554
- Vavourakis C.D., Mehrshad M., Balkema Ch., Rutger van Hall, Andrei A-S., Ghai R., Sorokin D. Y. Muyzer G. Metagenomes and metatranscriptomes shed new light on the microbial-mediated sulfur cycle in a Siberian soda lake// BMC Biology.2019.17:69
- Boldareva EN, Akimov VN, Boychenko VA, Stadnichuk IN, Moskalenko AA, Makhneva ZK, Gorlenko VM. *Rhodobaca barguzinensis* sp. nov., a new alkaliphilic purple nonsulfur bacterium isolated from a soda lake of the Barguzin Valley (Buryat Republic, Eastern Siberia)// Microbiology (*English translation of Mikrobiologiya*) 2008. V. 77. P. 206-218.

УДК 574.587

Количественные характеристики зообентоса в заливах Провал и Большой Посольский сор озера Байкал в 2019 г.

Колпакова Е.С.¹, Шеффер В.Н.¹, Матафонов Д.В.¹, Базова Н.В.²

¹Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (БайкалНИРО), Улан-Удэ, Россия, el.kolpackowa @yandex.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, selengan@yandex.ru

Аннотация. Представлены количественные характеристики организмов бентоса заливов Провал и Большой Посольский сор озера Байкал, которые являются самыми крупными по площади и имеющими высокое рыбохозяйственное значение из прибрежно-соровой системы озера Байкал. Выявлены доминирующие категории групп донных организмов, приведены данные значений биомассы в различные годы, определен трофический статус заливов.

Quantitative characteristics of zoobenthos in the Proval and Bolshoy Posolsky sor bays of Lake Baikal in 2019

Kolpakova E.S.¹, Schaefer V.N.¹, Matafonov D.V.¹, Bazova N.V.²

¹Baikal branch of VNIRO (BaikalNIRO), Ulan-Ude, Russia, el.kolpackowa@yandex.ru

²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, selengan@yandex.ru

Abstract. The main quantitative characteristics of benthos organisms in the Proval and Bolshoy Posolsky Sor bays of Lake Baikal, which are the largest in area and have a high fishery value from the coastal-sor system of Lake Baikal, are presented. The dominant categories of groups of benthic organisms are revealed, data on biomass values in different years are given, and the trophic status of the bays is determined

Соры Байкала, в частности залив-сор Провал и Большой Посольский, благодаря влиянию широкой зоны мелководий и в целом своеобразному гидрологическому режиму выделяются относительно высоким уровнем развития донных беспозвоночных. Нами в 2019 году были проведены исследования в этих сорах-заливах (по пять мониторинговых точек, три выезда), которые показали, что в целом за сезон основу количественных показателей сообщества донных беспозвоночных формируют четыре систематических группы: амфиподы, олигохеты, моллюски и хирономиды.

В заливе Провал по показателям численности доминирующее положение принадлежало олигохетам, максимальные значения которых в 2019 г. были зафиксированы на песках недалеко от акватории открытого Байкала, где достигали 26427 экз./м². Среднее значение численности этой группы составило – 9851 экз./м² (58 % от общих значений за сезон по всему заливу). Соответствующие показатели амфипод составляли 18427 экз./м² и 5657 экз./м² (33%), моллюсков – 3600 экз./м² и 1446 экз./м² (8 %), хирономид – 440 экз./м² и 127 экз./м² (0,7 %). Максимальные значения биомассы амфипод достигали 50,1 г/м² (в среднем за сезон 14,8 г/м², или 40 %), моллюсков – 42,0 г/м² и 11,3 г/м² (31 %), олигохет – 25,5 г/м² и 10,2 г/м² (28 %), хирономид – 3,2 г/м² и 0,5 г/м² (1 %). В целом количественные показатели макрозообентоса в заливе за сезон составили 19071 экз./м² и 36,9 г/м².

Полученные нами данные о биомассе макрозообентоса в заливе Провал в 2019 году больше значений, определенных предыдущими исследователями: 18,2 г/м² (Бекман, 1971), 9,0–18,5 г/м² (Голышкина, Тарасюк, 1981), 23,9 г/м² (Материалы к государственной ... , 1990).

В Большом Посольском соре в 2019 г. доминировали амфиподы, максимальное значение численности которых составило 10120 экз./м² (на песках с зарослями макрофитов), а среднее за сезон – 2309 экз./м² (43 % от общих значений за сезон). Соответствующие показатели мол-

люсков составляли 1767 экз./м² и 1135 экз./м² (21 %), олигохет – 3240 экз./м² и 957 экз./м² (18 %), хирономид – 1587 экз./м² и 511 экз./м² (10 %). По величинам биомассы в целом за сезон в заливе доминировали амфиподы 10,89 г/м² (36 %), максимальные значения которых достигали 25,5 г/м². Соответствующие показатели моллюсков составляли 6,7 г/м² (22 %) и 18,8 г/м², хирономид – 6,1 г/м² (20 %) и 26,6 г/м², пиявки – 3,4 г/м² (11 %) и 20,7 г/м², олигохет – 2,4 г/м² (8 %) и 8,2 г/м². Общие показатели численности и биомассы бентоса за сезон составили 5296 экз./м² и 30,1 г/м². В целом, в Большом Посольском соре показатели биомассы находятся на стабильно высоких значениях: 19,4–33,24 г/м² (Сорокин, Сорокина 1975), 11,2–32,55 г/м² (Материалы к государственной ... , 1990).

Исходя из полученных в 2019 году данных, можно отметить, что по величинам биомассы в заливах превалирует амфиподно-моллюсковый комплекс организмов. Различия в структуре наблюдаются по численности: в заливе Провал доминируют олигохеты и амфиподы, в заливе же Большой Посольский сор – амфиподы и моллюски.

Согласно шкале трофности, предложенной С. П. Китаевым (2007), по средним величинам биомассы оба залива характеризуются высоким уровнем развития бентоса (в пределах 20–40 г/м², β-евтрофный тип).

ЛИТЕРАТУРА

- Бекман М.Ю. Количественная характеристика бентоса // Тр. Лимнол. ин-та СО РАН СССР. Москва: Изд-во АН СССР. 1971. Т.12(32). 114–127 с.
- Гольшкіна Р.А., Тарасюк Е.В. Характеристика зообентоса залива Провал // Рыбохозяйственное значение прибрежно-соровой зоны оз. Байкал. Иркутск: ИГУ, 1981.18–32 с.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
- Материалы к государственной экологической экспертизе. Прогноз ОДУ рыбы и нерпы в озере Байкал на 2003 г. / Фондовые материалы ФГБНУ «БайкалНИРО». Улан-Удэ: ОАО «Востсибрыб-центр», 2002. 65 с.
- Сорокин В.Н., Сорокина А.А. Биология молоди промысловых рыб Байкала. Новосибирск: Наука, 1988. 156с.

УДК 556:550.424.6

Экологические риски после крупного оползня в зимний период на Дальнем Востоке России

Кондратьева Л.М.¹, Литвиненко З.Н.¹, Голубева Е.М.², Андреева Д.В.¹

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия, kondratevalm@gmail.com

Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, Хабаровск, Россия, evg8302@yandex.ru

Аннотация. В декабре 2018 г. при температуре минус 36 °С произошел гигантский оползень с крутого берега Бурейского водохранилища (Дальний Восток, Россия), нарушив доступ воды к крупной гидроэлектростанции. Оползень сопровождался цунами, уничтожившим лес по берегам водохранилища. Для восстановления гидрологического режима были проведены взрывные работы с использованием тринитротолуола и гексогена. Эти события были сопряжены с природными (оползень, цунами) и антропогенными рисками (взрывные работы). Индикаторами изменения качества воды вокруг оползня выступали летучие органические вещества (ЛОВ) и тяжелые металлы (ТМ). Состав ЛОВ и ТМ изменялся выше и ниже тела оползня, зависел от поверхностного стока с берегов, поступления древесных остатков, дренажа воды сквозь рыхлые породы и после проведения взрывных работ. Качество воды вокруг оползня зависело от биогеохимических процессов и образования продуктов детонации взрывчатых веществ.

Environmental risks after a giant landslide in winter in the Russian Far East

Kondratyeva L.M.¹, Litvinenko Z.N.¹, Golubeva E.M.², Andreeva D.V.¹

¹Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk, Russia kondratevalm@gmail.com

²Institute of Tectonics and Geophysics, FEB RAS, 65, Khabarovsk, Russia evg8302@yandex.ru

Abstract. In December 2018, at a temperature of 36 °C below zero, a giant landslide occurred from the steep bank of the Bureyskoe reservoir (Far East, Russia), disrupting the access of water to a large hydroelectric power station. The landslide was accompanied by a tsunami that destroyed the forest along the banks of the reservoir. To restore the hydrological regime, blasting operations were carried out using trinitrotoluene and RDX. These events were associated with natural (landslide, tsunami) and anthropogenic risks (blasting operations). Volatile organic compounds (VOC) and toxic elements (TE) were indicators of changes in water quality around the landslide. The VOC and TE composition varied above and below the landslide body and depended on the surface runoff from the banks, the influx of wood residues, water drainage through loose rocks and after blasting operations. The water quality around the landslide depended on biogeochemical processes and the formation of detonation products of explosives.

Разнообразные стихийные бедствия связывают с антропогенной трансформацией ландшафтов, которая является следствием экономического развития регионов и интенсивного преобразования подземного пространства. Нестабильность склонов в горной местности, связанная с изменением климата, признана одной из важных причин возникновения оползней в разных частях мира (Badoux et al., 2016). Эта проблема актуальна для районов распространения многолетней мерзлоты. Ее границы наиболее активно смещаются с конца 1990-х гг. Вследствие деградации многолетней мерзлоты, связанной с ростом температуры воздуха, происходит разрушение горных пород на склонах. Обрушения склонов вызывают каскадные опасные явления, которые сопровождаются большими рисками для транспортных магистралей и объектов гидроэнергетики. Криогенные оползни часто происходят на Аляске (США), севере Канады, в центральной части п-ова Ямал (Россия) и других регионах. Разрушительный эффект возрастает в условиях большой амплитуды зимних и летних температур (Leibman et al., 2014). Механизмы разрушения горных склонов в результате замерзания-оттаивания недостаточно изучены и часто являются причиной опасных явлений и экологических рисков, связанных с изменением качества поверхностных вод.

Впервые за историю наблюдений на Дальнем Востоке России в зимний период (11 декабря 2018 г.) при температуре -36°C был зафиксирован крупный оползень, сопровождавшийся перемещением большого объема горных пород непосредственно в Бурейское водохранилище. Объем оползня составил 24,5 млн м³; надводная часть - более 4,5 млн м³, основная часть находится под водой. Подробная информация с описанием местоположения оползня, его морфометрических параметров и обсуждения возможных причин схода горных пород представлена в работах (Зеркаль и др., 2019; Кулаков и др., 2019). В результате водохранилище было полностью перекрыто от берега до берега и сократился доступ воды к Бурейской ГЭС. Оползень стал причиной уникального события – произошел заплеск водных масс на берег, по своему механизму похожий на «речное цунами» (Махинов и др., 2019). Водный поток ломал стволы деревьев, оставляя раздробленные пни высотой до 1 м. Значительная часть деревьев обратным потоком была снесена в водохранилище. Вода перешла на другой берег и поднялась на 3,6 км вверх по его течению. Для восстановления гидрологического режима на участке, где произошел оползень, были проведены крупномасштабные взрывные работы. Для создания проточного канала сквозь тело оползня было использовано около 260 т тротила (тринитротолуола) и подорвано около 520 комплектов кумулятивных зарядов, содержащих гексоген.

Поступившие в воду размельченные горные породы, обугленная в результате многочисленных взрывов древесина и почвенные частицы служили источником поступления органических веществ (ОВ) различного генезиса и строения. Доказательством является анализ состава летучих органических веществ (ЛОВ) в 5-суточных водных вытяжках разных субстратов, отобранных в районе оползня. Высокое разнообразие компонентов было обнаружено в водной вытяжке горных пород, со следами продуктов детонации, в ней доминировали гексан и метанол, присутствовали бутанол и бутилацетат. Максимальное содержание ЛОВ отмечено в водной вытяжке обугленной древесины (табл. 1).

Таблица 1

Содержание ЛОВ в 5-суточных водных вытяжках разных субстратов

Субстрат	Суммарное содержание, мкг/см ³	Состав компонентов
Обугленная древесина	0.342	Ацетон, бензол, метанол, толуол, <i>o</i> -ксилол
Породы после взрыва без следов гари	0.042	Ацетальдегид, ацетон, гексан, бензол, толуол, <i>o</i> -ксилол
Порода со следами гари	0.177	Ацетон, бутанол, бутилацетат, гексан, метанол, этилацетат, толуол, <i>m</i> - и <i>o</i> -ксилолы
Почва с тела оползня	0.090	Ацетальдегид, ацетон, гексан, метанол, толуол, <i>p</i> -, <i>m</i> -, <i>o</i> -ксилолы

В пробах воды вокруг оползня и в проточном канале после проведения взрывных работ также были обнаружены различные ЛОВ. Качественный и количественный состав ЛОВ существенно отличался у разных берегов выше и ниже тела оползня. Во всех пробах воды присутствовал токсичный метанол. Его высокое содержание было обнаружено в пробе воды, отобранной у правого берега ниже тела оползня. Выше оползня у этого же берега, где скопилась размельченная под влияние цунами древесина, в воде обнаружено максимальное содержание ацетона. Высокое суммарное содержание ЛОВ с доминированием толуола было установлено в пробах воды, отобранных из проточного канала сразу после завершения взрывных работ. Известно, что толуол является основным продуктом детонации тринитротолуола и вызывает токсикологические эффекты. В результате увеличения скорости потока и постепенной стабилизации берегов канала, содержание ЛОВ постепенно снизилось.

Формирование биогеохимического барьера в виде массы горных пород оползня существенно повлияло на состав химических элементов, включая тяжелые металлы (ТМ). Древесные остатки после цунами, поверхностный сток с высоким содержанием ОВ различного

генезиса, дренаж тела оползня, седиментация размельченных горных пород, взаимодействие воды с горными породами способствовали интенсификации процессов трансформации минеральных соединений, изменению валентности и миграционной способности элементов.

Элементный состав проб воды, отобранных выше и ниже тела оползня (у левого и правого берега) существенно отличался (табл. 2). Это можно объяснить процессами замедленной фильтрации воды сквозь тело оползня и поступлением их из порового пространства пород.

Таблица 2

Элементный состав воды в акватории водохранилища после крупного оползня

Место и дата отбора	Элементы, мкг/л										
	Fe	Mn	Al	Ca	Mg	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
Выше и ниже тела оползня, 25.01. 2019											
ЛБ, выше	207.8	11.5	164.0	4102.5	1467.9	1.12	5.60	22.38	0.11	0.25	nd
ЛБ, ниже	344.1	9.9	181.8	3874.4	1350.7	0.75	5.67	16.99	0.03	1.32	nd
ПБ, выше	274.2	7.7	165.7	4160.2	1457.8	0.72	3.97	14.19	0.19	0.03	nd
ПБ, ниже	338.4	9.5	185.3	3907.8	1375.5	2.90	5.11	11.27	0.03	1.38	nd
Искусственный канал, после взрывных работ											
14.02.2019	nd	8.7	97.3	2829.4	1027.1	5.24	nd	nd	0.16	nd	0.08
01.03.2019	248,4	4.8	177.3	2635.5	1076.3	0.38	nd	nd	0.02	0.15	0.01
17.04.2019	218,9	9.2	121.5	2130.9	918.9	0.13	0.71	0.62	nd	0.17	nd

Примечание: ЛБ – у левого берега; ПБ - у правого берега, выше и ниже тела оползня; nd – ниже пределов обнаружения.

Были выявлены две группы элементов, отличающиеся своим поведением. В первую группу входили элементы, концентрация которых увеличивалась ниже тела оползня: Al, Fe, W, Cr и Pb; вторую группу составляли элементы, концентрация которых уменьшалась: Mg, Ca, Zn, Se и Cd. Самое существенное увеличение концентраций у обоих берегов ниже тела оползня было характерно для свинца. У правого берега, после эффекта цунами и уничтожения растительного покрова, в воде установлено увеличение концентрации никеля и меди. После проведения взрывных работ было отмечено, увеличение содержания ртути, вероятнее всего, за счет ее поступления из почв и перехода в метилированное состояние. Снижение концентрации железа и его восстановление в марте 2019 г.. можно объяснить присутствием ОВ разного происхождения, включая гексан, ацетальдегид, этилацетат, *m*- и *o*-ксилолы и др. При их окислении железо восстанавливалось, выступая в роли акцептора электронов. Другой причиной снижения концентрации железа могла быть его адсорбция на большом количестве взвешенного материала.

Таким образом, к факторам экологического риска, оказавшим влияние на химический состав воды в Бурейском водохранилище в зоне влияния крупного оползня относятся:

- высвобождение из порового пространства при инфильтрации воды сквозь тело оползня ТМ и ЛОВ, включая токсичный метанол, метилированные производные бензола;
- уничтожение леса на берегах в результате цунами, поступление в воду размельченной древесины, при разложении которой образуются токсичные ароматические соединения;
- взрывные работы, усилившие процессы взаимодействия воды с почвами и породами, поступление обугленной древесины, продуктов разложения и детонации взрывчатых веществ.

ЛИТЕРАТУРА

Зеркаль О.В., Махинов А.Н., Кудымов А.В., Харитонов М.Е., Фоменко И.К., Барыкина О.С. Бурейский оползень 11 декабря 2018 г. Условия формирования и особенности механизма развития // ГеоРиск, 2019. № 4. С. 18-30.

Кулаков В.В., Махинов А.Н., Ким В.И., Остроухов А.В. Катастрофический оползень и цунами в водохранилище Бурейской ГЭС (бассейн Амура). Геоэкология. 2019. № 3. С. 12-20.

Махинов А.Н., Ким В.И., Остроухов А.В., Матвеевко Д.В. Крупный оползень в долине реки Бурей и цунами в водохранилище Бурейской ГЭС // Вестник ДВО РАН. 2019. № 2. С. 35-44.

Badoux A., Andres N., Techel F., Hegg C. Natural hazard fatalities in Switzerland from 1946 to 2015 // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2016. Vol. 16. №. 12. P. 2747-2768.

Leibman M.O., Kizyakov A.I., Plekhanov A.V., Streletskaya I.D. New permafrost feature – deep crater in Central Yamal (West Siberia, Russia) as a response to local climate fluctuations// Geography, Environment, Sustainability. 2014. Vol. 7. №. 4. P. 68-79.

УДК 504.06

**Оценка рекреационного воздействия территории
ГКУ РБ Улан-Удэнского лесничества Республики Бурятия**

Коновалова Е.В., Гладинов А.Н., Содбоева С.Ч.

ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия
имени В.Р. Филиппова», Улан-Удэ, Россия, konovelena@mail.ru

Аннотация. В работе приведены результаты оценки рекреационного воздействия на территорию ГКУ РБ Улан-Удэнского лесничества Республики Бурятия. На состояние территории природных лесов ГКУ РБ Улан-Удэнского лесничества Республики Бурятия оказывает влияние их рекреационное использование. Приведено распределение изучаемой территории по формам инфраструктурной рекреации, степени устойчивости к рекреационной нагрузке, эстетической оценки, показателям санитарно-гигиенической оценки, дигрессии среды.

**Assessment of the recreational impact of the territory
of the GKU RB of the Ulan-Ude Forestry of the Republic of Buryatia**

Konovalova E.V., Gladinov A.N., Sodboeva S.Ch.

Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia,
konovelena@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of assessing the recreational impact on the territory of the GKU RB of the Ulan-Ude forestry of the Republic of Buryatia. The state of the territory of natural forests of the GKU RB of the Ulan-Ude forestry of the Republic of Buryatia is influenced by their recreational use. The distribution of the studied territory by the forms of infrastructure recreation, the degree of resistance to recreational stress, aesthetic assessment, indicators of sanitary and hygienic assessment, and environmental digression is given

Введение. Интенсивное развитие городских и промышленных агломераций, повышение материального благосостояния населения и обеспеченность личными автомобилями, вызвали интенсификацию использования рекреационного потенциала пригородных территорий покрытых лесом, позволяющих жителям почувствовать себя «на лоне природы».

В современной рекреационной деятельности выявляются следующие тенденции – широкое использование лесных ландшафтов для отдыха, увеличение разнообразия рекреационных занятий, усиление роли активных видов деятельности. Важным элементом рекреационной функции зеленой зоны является организация ее структуры (О.В. Mezenina, 2020). До настоящего времени в лесном хозяйстве Российской Федерации существовало две организационных формы управляющих учреждений: лесничество и лесопарк. Однако с начала вступления в действие Лесного кодекса не было разработано ни законодательных, ни подзаконных актов, определяющих лесопарк, как организационную форму управления, правил перевода из одной организационной формы в другую, лесничества в лесопарк и наоборот, в результате лесопарк, как управленческое учреждение лесного хозяйства был отменен (Федеральный закон от 27 декабря 2018 г. N 538-ФЗ...).

Размещение территорий отдыха горожан зачастую привязано к естественным природным объектам. При этом, отсутствие контроля за потоком горожан и регулирования интенсивности использования объектов рекреации приводит к значительному ослаблению участков территории или общей ее деградации на экосистемном уровне.

Цель работы: Оценка рекреационного воздействия территории ГКУ РБ Улан-Удэнского лесничества Республики Бурятия.

Условия и методы. Проведен анализ рекреационного использования лесных насаждений зеленой зоны г. Улан-Удэ, был произведен учет количества арендованных в пригородной зоне участков леса для рекреационного пользования, анализ мероприятий Городского лесни-

чества, управляющего лесами в черте г. Улан-Удэ, направленных на обустройство мест отдыха горожан.

Результат и обсуждение. Общая площадь зеленых насаждений в черте города составляет 6204 га, из них 6045 га – это площадь городских лесов. Данные леса находятся под управлением Городского лесничества (Приказ Минприроды России от 18.08.2014 N 367...). Лесные насаждения представлены сосняками разных типов, приречными елово-лиственничными лесами, березняками.

В Городском лесничестве наиболее активно эксплуатируемым объектом инфраструктуры, расположенном в лесной полосе г. Улан-Удэ, является пешеходная тропа «Здоровье». Для большей привлекательности и с целью равномерного распределения туристической нагрузки, на выделенной для тропы территории, были разработаны и размещены объекты инфраструктуры.

Для наибольшей эффективности использования территории необходимо, чтобы на ней были представлены условия для различных видов рекреации. В соответствии с В.С. Моисеевым (Моисеев В.С., 1977) кратковременный отдых подразделяют на дорожную, бездорожную, добывательскую, бивуачную, транспортно-бездорожную и инфраструктурную рекреации.

Нами были проведены исследования по определению допустимых рекреационных нагрузок методом пробных площадей. В проведенных нами исследованиях, за основу были взяты нормативы рекреационной оценки леса разработанных А.И. Тарасовым. Оценку пригодности леса к рекреации определяют по сумме баллов: более 70 % – превосходный; 50–70 % – хороший; 30–50 % – удовлетворительный и менее 30 % – непригодный.

Ландшафт леса формируется при взаимодействии целого ряда компонентов, таких как тип леса, состояние древостоя, породный состав участков леса, что обусловлено составляющими древесными породами. Компоненты, составляющие структуру пригородных лесов, привязаны к биологическим и экологическим свойствам леса.

Леса зеленых зон – это окружающая город территория, формирование которой подчиняется его интересам, которая выполняет природоохранные и рекреационные функции. При выделении и оценке типов ландшафтов основными единицами является просматриваемость. По просматриваемости лесные пространства делят на закрытые, полуоткрытые и открытые пространства.

Территория пригородных лесов г. Улан-Удэ разнокомпонентна, уникальна и представлена всеми типами просматриваемости пространств. Для использования территории для рекреации предпочтительно разнообразие и отсутствие монотонности ландшафта, что, несомненно, можно достичь если территория составлена всеми типами просматриваемости ландшафта. При оценке просматриваемости лесных пространств, основной упор мы сделали на оценку выделов на которых проложена экологическая тропа. Территория, прилегающая к тропе, также представлена закрытыми и полуоткрытыми типами ландшафта, хотя это не снижает ее рекреационной привлекательности, поскольку пригородные леса г. Улан-Удэ имеют естественное происхождение, что позволяет горожанам без длительных переездов попасть в «настоящий лес».

При оценке привлекательности территории, по которой проложена тропа, нами была оценена гармоничность и сочетание всех компонентов растительности их красочность, хотя такая оценка и носит несколько субъективный характер. Объективность эстетической оценки получается при сочетании относительно субъективного зрительного впечатления и учета ландшафтно-таксационных признаков.

На основании проведенного анализа гармоничности сочетания элементов лесного ландшафта, было выявлено, что 78,4 % территории оценивается, как 2 класс эстетической оценки, 3 класс эстетической оценки – 19,7 %, и лишь 1,9 % площади имеют 1 класс эстетической оценки.

Устойчивость исследованных насаждений характеризует их общее состояние, качество роста и развития, уровень естественного возобновления. Устойчивы 58,0% насаждений,

42,0% с нарушенной устойчивостью, нужно отметить, что на момент изучения не было выявлено насаждений с утраченной устойчивостью.

Проведенные исследования по биологической устойчивости насаждений позволяют оценить способность пригородных лесов противостоять неблагоприятным условиям роста и развития, ведущим к преждевременному распаду древостоев и смене пород. Устойчивость насаждений показывает их общее состояние, качество роста и развития, уровень естественного возобновления.

Оценка стадий рекреационной дигрессии является важным показателем, характеризующим прошлую и современную рекреационную загруженность территории объекта. Изменения, происходящие в экосистеме лесов, достаточно чутко реагируют на изменение потока рекреантов, а также виды использования территории.

При определении размеров лесных участков, выделяемых для осуществления рекреационной деятельности, необходимо руководствоваться оптимальной рекреационной нагрузкой на лесные экосистемы при соблюдении условий не нанесения ущерба лесным насаждениям. К 2 классу рекреационной оценки относится большая часть территории, через которую проходит тропа 60,9%, к 3 классу относится 36,3% территории к 1 классу 2,8%.

При оценке биологической устойчивости древостоя сделали вывод, что насаждения, через которое проходит тропа имеет хорошее состояние – 58,0% насаждений устойчивы, 42,0% с нарушенной устойчивостью, насаждений с утраченной устойчивостью не выявлено.

Выводы

1. Санитарное состояние лесов ГКУ РБ Улан-Удэнского лесничества Республики Бурятия оценивается, как удовлетворительное.

2. Рекреационное пользование пригородных лесов не организовано, осуществляется стихийно.

3. На состояние территории природных лесов ГКУ РБ Улан-Удэнского лесничества Республики Бурятия оказывает влияние их рекреационное использование. Нами отмечено, что в пригородных лесах отдых имеет дорожный, транспортно-бездорожный, добывательский и бивуачный характер. Для оценки рекреационного использования лесов нами были изучены типы леса, которые отличались разной степенью устойчивости к рекреационной нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

Федеральный закон от 27 декабря 2018 г. N 538-ФЗ "О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования отношений, связанных с обеспечением сохранения лесов на землях лесного фонда и землях иных категорий"

Приказ Минприроды России от 18.08.2014 N 367 (ред. от 19.02.2019) Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации

Моисеев, В.С. Ландшафтная таксация и формирование насаждений пригородных зон / В.С. Моисеев, Н.М. Тюльпанов, Л.Н. Яновский. Л.: Стройиздат, 1977. 224 с.

Assessment of the recreational potential of the forest territory of the Sverdlovsk region / O. B. Mezenina, A. Mikhailova, M. V. Kuzmina, P. A. Kokovin // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 157. № 03006.

УДК 595.121.55

Ленточные черви землероек Северной Азии

Корниенко С.А.

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия,
swetlanak66@mail.ru

Аннотация. Представлен видовой список землероек родов *Sorex* и *Crocidura* Северной Азии. Проведено сравнение таксономического разнообразия цестод землероек европейской и азиатской частей Палеарктики, а также Северной Азии и Неварктики.

Tapeworms of Northern Asian shrews

Kornienko S.A.

Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB of RAS, Novosibirsk, Russia,
swetlanak66@mail.ru

Abstract. A species diversity of shrews of the genera *Sorex* and *Crocidura* of Northern Asia is presented. The taxonomic diversity of the cestodes of shrews in the European and Asian parts of the Palaearctic, as well as in North Asia and the Nearctic is compared.

Среди насекомоядных млекопитающих (Soricidae) Северной Азии в настоящее время наиболее изученным является видовое богатство ленточных червей, паразитирующих у бурозубок рода *Sorex* и белозубок рода *Crocidura*. На территории Северной Азии зарегистрировано 14 видов бурозубок рода *Sorex*: крупнозубая (*Sorex daphaenodon* Thomas, 1907), гигантская (*S. mirabilis* Ognev, 1937), обыкновенная (*S. araneus* L., 1758), тундряная (*S. tundrensis* Merriam 1900), когтистая (*S. unguiculatus* Dobson, 1890), равнозубая (*S. isodon* Turov, 1924), бурая (*S. roboratus* HoUister, 1913), средняя (*S. caecutiens* Laxmann, 1788), тонконогая (*S. gracillimus* Thomas, 1907), крошечная (*S. minutissimus* Zimmermann, 1780), малая (*S. minutus* L., 1766), бурозубка Портенко (*S. portenkoi* Stroganov, 1956), камчатская (*S. camtschatica* Yudin, 1972), парамуширская (*S. leucogaster* Kuroda, 1933), и 3 вида белозубок рода *Crocidura*: малая (*Crocidura suaveolens* Pallas, 1811), сибирская (*C. sibirica* Dukelsky, 1930), маньчжурская (*C. lasiura* Dobson, 1890).

Перечисленные землеройки являются дефинитивных хозяевами более 50 видов 15 родов цестод семейства Hymenolepididae и 5 видов двух родов семейства Dilepididae.

Гименолепидиды имеют сложную таксономическую структуру, в которой доминируют цестоды триб Lineolepidini (26 видов) и Ditestolepidini (18 видов). Небольшую долю составляют цестоды из триб Skrjabinacanthini (2 вида) и Staphylocystini (7 видов).

Сравнение таксономического сходства видового богатства цестод бурозубок европейской и азиатской частей Палеарктики с одной стороны, и азиатской части Палеарктики и Неварктики, с другой стороны, выявило их высокое сходство. В европейской и азиатской частях Палеарктики зарегистрировано по 15 родов цестод, общими из них являются 12 (*Ditestolepis*, *Mathevolepis*, *Ecrinolepis*, *Spasskylepis*, *Skrjabinacanthus*, *Lineolepis*, *Staphylocystis*, *Staphylocystoides*, *Neoskrjabinolepis*, *Soricinia*, *Monocercus*, *Urocystis*). В бурозубках азиатской части Палеарктики зарегистрировано 2 эндемичных рода: *Novobrachylepis* (4 вида) и *Diorchilepis* (1 вид). Долгое время роду *Mathevolepis* приписывали только азиатское распространение, однако, в альпийской бурозубке *S. alpinus* был обнаружен вид *M. alpina*, относящийся к этому роду (Binkienė, Kontrimavičius, 2012). Десять из двенадцати родов цестод, зарегистрированных в бурозубках Северной Америки, обнаружены и в Северной Азии (*Mathevolepis*, *Ecrinolepis*, *Spasskylepis*, *Skrjabinacanthus*, *Lineolepis*, *Staphylocystis*, *Staphylocystoides*, *Neoskrjabinolepis*, *Soricinia*, *Monocercus*). До недавнего времени считалось,

что только один вид, *Lineolepis pribilofensis*, имеет общеберингийский ареал (Чукотка, Аляска) (Докучаев, Гуляев, 2007). Последние исследования показали наличие еще двух видов с трансберингийским распространением: *Neoskrjabinolepis fertilis* и *N. hobergi*, что подтверждает наличие тесных фаунистических контактов между ними (Kornienko, Dokuchaev, 2012).

Финансовая поддержка частично была обеспечена грантом РФФИ (№ 19-54-18015 Болг_a).

ЛИТЕРАТУРА

Докучаев Н.Е., Гуляев В.Д. Четвертичная история землероек-бурозубок Северо-Восточной Азии в свете гельминтологических данных // Биология насекомоядных млекопитающих. Материалы III Всерос. науч. конференции по биологии насекомоядных млекопитающих. Новосибирск: ЦЭРИС. 2007. С. 38–40.

Binkienė R., Kontrimavičius L. *Mathevolepis alpina* sp. n. (Cestoda: Hymenolepididae) from an alpine shrew: the first record of the genus in Europe // Folia Parasitologica. 2012. V. 59. № 4. P. 295–300.

Kornienko S.A., Dokuchaev N.E. Two new cestode species of *Neoskrjabinolepis* Spassky, 1947 (Cyclophyllidea: Hymenolepididae) from the tundra shrew *Sorex tundrensis* Merriam (Mammalia: Soricidae) in Alaska and Chukotka // Systematic Parasitology. 2012. V. 83. № 3. P. 179–188.

УДК 615.40

Молочай Фишера как источник биологически активных веществ*Корнопольцева Т.В.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, tv-kornopol@mail.ru

Аннотация. Методом ВЭЖХ провели анализ БАВ корней молочая Фишера. Содержание флавоноидов в пересчете на рутин, составило $1,83 \pm 0,13\%$; установлено наличие антикворина, энт-атизан-3 β ,16 α ,17-триола, энт-16 α ,17-дигидроксиатизан-3-она, каураноевой кислоты, джолкинолида В, джолкинолида А, которые могут являться маркерными компонентами для сырья *Euphorbia Fischeriana* L.

Euphorbia Fischeriana* L. as a source of biologically active substancesKornopoltseva T.V.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, tv-kornopol@mail.ru

Abstract. The HPLC method was used to analyze the biologically active substances of Fisher's milkweed roots. The content of flavonoids in terms of rutin was $1.83 \pm 0.13\%$; the presence of antiquorin, ent-atizan-3 β ,16 α ,17-triol, ent-16 α ,17-dihydroxyatizan-3-one, cauranoic acid, jolkinolide B, jolkinolide A, which can be marker components for raw materials *Euphorbia Fischeriana* L.

В последнее десятилетие вследствие возрастающего эколого-социального прессинга отмечается существенное снижение общей сопротивляемости организма, связанное с депрессией адаптационно-компенсаторных механизмов. Перспективным направлением иммунофармакологии представляется поиск иммуномодуляторов среди средств растительного происхождения, поскольку они имеют ряд преимуществ перед синтетическими: мягкое иммуномодулирующее действие, низкую токсичность, активацию функций не только иммунной, но и нервной и эндокринной систем благодаря наличию комплекса биологически активных веществ.

Объект настоящего исследования – корни молочая Фишера (*Euphorbia Fischeriana* L.). На территории России молочай Фишера произрастает в степях Забайкалья (Забайкальский край) и Восточной Сибири. Молочай Фишера давно и с успехом применяется в народной медицине, эффективность его препаратов объясняется богатым химическим составом: наличием флавоноидов, сапонинов, гликозидов, селена, аскорбатов, лактонов, обеспечивающих бактерицидное, противовоспалительное, противоопухолевое действие. Известно, что настой и отвар из корня молочая Фишера обладают многонаправленным терапевтическим действием и в медицинской практике их применяют для лечения импотенции, аденомы простаты, туберкулеза, анемии, сепсиса, эндометриоза, миомы матки, воспаления (Растительные..., 2009). Исследование иммуномодулирующих свойств экстракта молочая Фишера выявило его эффективность по отношению к реакциям клеточного, гуморального и макрофагального звеньев иммунного ответа при экспериментальном иммунодефиците, вызванном цитостатиком циклофосфаном. Экстракт молочая Фишера в дозе 200 мг/кг способен ослаблять супрессивное действие циклофосфана на клеточно-опосредованную иммунную реакцию, антителогенез и фагоцитоз макрофагов.

Таким образом, по данным народной и научной медицины препараты из корней молочая Фишера обладают выраженным антиоксидантным и противовоспалительным действием, что указывает на целесообразность применения его в качестве иммуномоделирующего средства.

Методом ВЭЖХ в экстракте сухом установлено наличие шести маркерных компонентов, таких как антикворин, энт-атизан-3 β ,16 α ,17-триол, – энт-16 α ,17-дигидроксиатизан-3-он, каураноевая кислота, джолкинолид В, джолкинолид А. Проводили качественный и количе-

ственный анализ фенольных производных (рутин) в сырье. Так, содержание, флавоноидов в пересчете на рутин, в корнях молочая Фишера составило $1,83 \pm 0,13\%$.

Исследования проведены в рамках выполнения темы госзадания № № 0271-2021-0005 (FWSM-2021-0005) «Разработка нейропротективных средств из флоры Байкальского региона».

ЛИТЕРАТУРА

Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. В 6 т. Т.2. Семейства Actinidiaceae –Malvaceae, Euphorbiaceae - Halorogaseae / сост. Беленовская Л.М., Лесиовская Е.Е., Бобылева Н.С. СПб., М, 2009. 513 с.

УДК 574.4

Разнообразие и численность насекомых-хортобионтов на пирогенных участках Торейской впадины (Даурский заповедник)

Корсун О.В.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,
Государственный природный биосферный заповедник «Даурский», Чита, Россия,
olegkorsun@mail.ru

Аннотация. Исследовались особенности обилия населения насекомых-хортобионтов на выжженных и невыжженных участках равнинных степей Торейской впадины Южного Забайкалья. Разнообразие на выжженных площадках в большинстве случаев оказалось заметно более низким. Эта тенденция сохраняется в течение июня и июля, что позволяет предполагать значение сухой ветоши, которая может служить укрытием для беспозвоночных, обеспечивая лучшую защиту от хищников и высоких температур.

Diversity and abundance of hortobiont insects in the pyrogenic areas of the Torey depression (Daursky Nature Reserve)

Korsun O.V.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,
Daursky State Nature Biosphere Reserve, Chita, Russia, olegkorsun@mail.ru

Abstract. The purpose of the research is to study the features of the abundance of Chortobiont Insects population in the burnt and unburned areas of the plain grasslands of the Torey depression in South Transbaikalia. The diversity on the burned-out areas turned out to be noticeably lower in most cases. This tendency remains throughout June and July periods, suggesting the importance of dry dead grass, which serves as a shelter for invertebrates, providing better protection from predators and high temperatures.

Весенние ландшафтные пожары на юге Забайкалья являются одним из важных факторов, способных оказать влияние на структуру фитоценозов (Ткачук и др., 2019; Денисова, Снигирева, 2017). При этом происходит выгорание ветоши и многолетних частей растений и меняется температурный режим пирогенного участка (Степные пожары..., 2015). Можно предполагать, что данные процессы способны оказать влияние на структуру и численность населяющих данные фитоценозы сообществ насекомых-хортобионтов.

Цель настоящей работы – выявить особенности обилия населения ключевых групп насекомых-хортобионтов на выжженных и невыжженных участках равнинных степей Торейской впадины Южного Забайкалья. Исследования проводились в 2014 г. на территории Государственного природного биосферного заповедника «Даурский» на участке между озёрами Зун-Торей и Барун-Торей. Предварительно были подготовлены пять пирогенных площадок размером 10×10 м и столько же контрольных площадок, не подвергавшихся выжиганию. Сбор материала проводился методом кошения энтомологическим сачком (для каждой площадки – 100 взмахов сачком) с последующей выборкой и замариванием собранных насекомых. Учитывались следующие группы: прямокрылые (Orthoptera), полужесткокрылые (Hemiptera), жесткокрылые (Coleoptera), перепончатокрылые (Hymenoptera), сетчатокрылые (Neuroptera). Критерии выбора данных отрядов определялись степенью удобства сбора энтомологического материала вышеуказанным методом. Собранные материалы определялись до семейства. При этом подсчитывалось как количество экземпляров, так и число видов, попавших в сачок.

В течение сезона учёты были проведены в трёх повторностях – 23 июня, 20 июля, 22 августа. Результаты сборов представлены в таблице 1.

Представленные в таблице 1 и на рисунках 1 и 2 данные демонстрируют существенные различия между выборками хортобионтов как по числу видов, так и по общей численности

учтённых насекомых. Для характеристики разнообразия на выжженных и невыжженных участках были рассчитаны значения индекса Шеннона (H) (табл. 2).

Таблица 1

№	Растительные сообщества	Число видов/экз.					
		23.06.14		20.07.14		22.08.14	
		Вы- жжен ный уч.	Невы- жжен ный уч.	Вы- жжен ный уч.	Невы- жжен ный уч.	Вы- жжен ный уч.	Невы- жжен ный уч.
1	Луково-ковыльная степь	4/10	12/60	5/10	8/21	7/13	5/14
2	Разнотравно-полынно-ковыльная степь	4/4	14/27	4/32	13/28	8/20	8/45
3	Разнотравно-злаковая степь	3/5	5/8	7/41	12/48	5/29	11/14
4	Разнотравно-злаковая степь	4/6	14/56	4/39	11/60	3/49	7/20
5	Разнотравно-злаковый остепнённый солончаковый луг	7/52	10/59	7/58	8/39	4/16	7/22

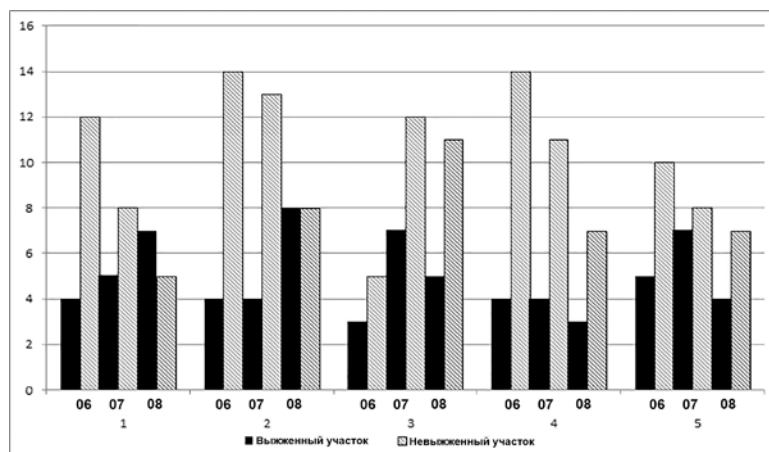


Рис. 1. Число видов хортобионтов на площадках. 1–5 – нумерация площадок (см. табл. 1); 06, 07, 08 – нумерация месяцев

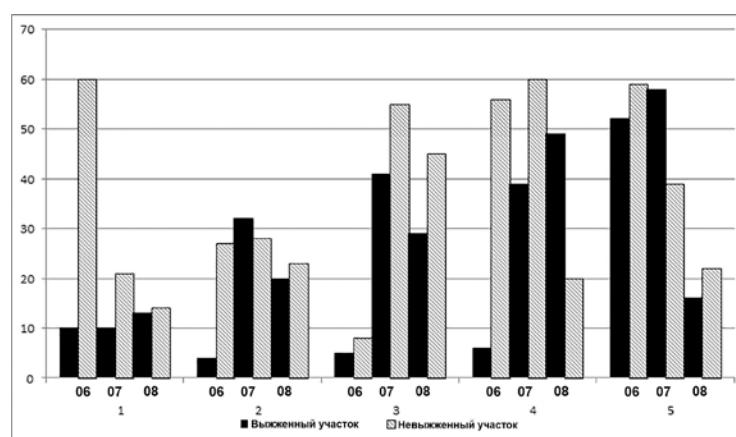


Рис. 2. Число особей хортобионтов на площадках. 1–5 – нумерация площадок (см. табл. 1); 06, 07, 08 – нумерация месяцев

Полученные результаты демонстрируют наличие достоверных различий для части сравниваемых выборок. Разнообразие на выжженных площадках в большинстве случаев заметно ниже. Данный вывод справедлив, в первую очередь, для июньских и июльских сборов, что объясняется менее комфортными условиями, которые возникают в начале лета в результате отжига. Ключевым фактором

здесь следует считать отсутствие сухой ветоши, которая может играть роль укрытий для беспозвоночных, обеспечивая лучшую защиту от хищников и высоких температур. Данная тенденция сохраняется, как минимум, до второй половины июля. В то же время данные, полученные в августе, демонстрируют отсутствие различий между площадками для наиболее сухостепных участков. Следует учесть, что для Южного Забайкалья вторая половина лета характеризуется максимумом осадков, что обеспечивает активную вегетацию. Это позволяет предполагать снижение роли прошлогодней ветоши и обеспечение комфортных условий за счёт восстановившегося травяного покрова.

Таблица 2

№	Значения индекса Шеннона (H)					
	Выжженный участок	Невыжженный участок	Выжженный участок	Невыжженный участок	Выжженный участок	Невыжженный участок
	23.06.14		20.07.14		22.08.14	
1	1,2799	1,7438	1,3592	1,8886	1,5172	1,4377
2	1,386	2,433	0,98543	2,2526	1,6923	1,4086
3	0,95027	1,4942	1,0358	2,0842	1,1856	1,5621
4	1,2425	2,0301	0,85285	2,0055	0,32864	1,7524
5	1,4702	1,8926	0,96	1,7082	0,82227	1,6174

ЛИТЕРАТУРА

Ткачук Т.Е., Денисова Ю.Ю., Снигирева Т.Ф. Влияние степных пожаров в Даурии на альфа-разнообразие фитоценозов // Современные технологии, экономика и образование. Сб. мат. всероссийской научно-методической конференции. 2019. С. 66–68.

Денисова Ю.Ю., Снигирева Т.Ф. Изменения морфометрических признаков растений под влиянием пирогенного фактора в степи Южной Даурии // Молодёжная научная весна. Мат. XLIV научно-практической конференции молодых исследователей Забайкальского государственного университета. 2017. С. 166–172.

Степные пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ: экологические и природоохранные аспекты. Аналитический обзор. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2015. 144 с.

УДК: 631.417

Микробиологическая активность и особенности химической структуры гуминовых кислот почв дельты р. Селенги

Корсунова Ц.Д.-Ц.¹, Балданов Н.Д.²

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, zinakor23@yandex.ru

²ФГБОУ ВО Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия, nimby_bal@mail.ru

Аннотация. Показано, что в составе микробоценозов данных почв увеличивается содержание бактерий и снижается - актиномицетов. Несмотря на разные показатели общей численности микроорганизмов, группового состава и содержания их в гумусе изученных почв, обогащенность их микроорганизмами, по шкале Д.Г.Звягинцева, на органических источниках питания оценивается как средняя, на минеральных источниках питания преимущественно бедная и очень бедная. Устойчивость гумуса в аллювиальных луговых и лугово-болотных почвах дельты реки Селенги обусловлена структурно-функциональными параметрами гуминовых кислот. Выявлено высокое количество ароматических фрагментов в составе молекул.

Microbiological activity and chemical structure of humic acids in soils of the Selenga river delta

Korsunova Ts.D.- Ts.¹, Baldanov N.D.²

¹Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, Russia, zinakor23@yandex.ru

²Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, Ulan-Ude, Russia, nimby_bal@mail.ru

Abstract. It is shown that the content of bacteria and actinomycetes in the microbocenoses of these soils increases and decreases. Despite different indicators of the total number of microorganisms, group composition and their content in the humus of the studied soils, the enrichment of their microorganisms, on the scale of D.G. Zvyagintsev, is estimated as medium on organic sources of nutrition, on mineral sources of nutrition mostly poor and very poor. Stability of humus in alluvial meadow and meadow-bog soils of the Selenga river delta is caused by structural and functional parameters of humic acids. A high amount of aromatic fragments in the composition of the molecules was revealed.

Цель нашего исследования – дать оценку микробиологической активности почв и выявить структурные особенности гуминовых кислот почв дельты р. Селенги, используя современные не деструктивные методы.

Аллювиальные луговые почвы характеризуются средне- и легкосуглинистым гранулометрическим составом, реакция среды слабощелочная. Содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 7,0 %, азота – 0,33, емкость поглощения – 48,1 мг-экв/100г почвы, с глубиной эти показатели существенно снижаются. Тип гумуса гуматный, степень гумификации высокая, в составе гуминовых кислот преобладают фракции, связанные с кальцием.

Лугово-болотные почвы супесчаные, реакция среды слабощелочная, емкость поглощения составляет 25,9 мг-экв/100г почвы. Гумусовый горизонт хорошо развит, содержание гумуса низкое – 4,2 %, азота – 0,36, тип гумуса фульватно-гуматный, степень гумификации высокая. Гуминовые кислоты представлены в основном фракциями ГК-2 и ГК-3.

Общее количество фитомассы, ежегодно поступающей в аллювиальную луговую почву, составляет 66,4 ц/га, а коэффициент минерализации составляет 1,32, что указывает на активную деятельность микроорганизмов (Александрова, 1990). Продуктивность лугово-болотных почв значительно выше – 166 ц/га, причем 90 % приходится на корневую массу, но активность микрофлоры в этих почвах угнетена избыточным увлажнением, что определяет низкие темпы разложения растительных остатков и величину коэффициента минерализации (0,77). Микробиологические и биохимические показатели почв, лежащие в основе их потенциального плодородия, значительно ниже, а параметры их колебаний выше по сравнению с аналогичными типами почв других территорий, что предопределяет нестабильный уровень потен-

циального плодородия. Наряду с общими микробиологическими показателями почв отличия и контрасты параметров почвенного климата отдельных типов почв накладывают специфические особенности на микробиологические процессы, протекающие в этих почвах.

Несмотря на разные показатели общей численности микроорганизмов, группового состава и содержания их в гумусе изученных почв, обогащенность их микроорганизмами, по градации (Звягинцева, 1978), на органических источниках питания оценивается как средняя, на минеральных источниках питания преимущественно бедная и очень бедная, таблица.

Таким образом, микробиологическая трансформация органического вещества в исследуемых почвах протекает с разной интенсивностью, что отражается на составе и структурных особенностях гуминовых кислот.

Таблица

Численность и состав микробсообществ в почвах, слой 0–20 см

Почва	Общее число, КОЕ, $n \cdot 10^n$, 1г почвы	Бактерии	Актиномицеты	Грибы	КАА МПА	Содержание микроорганизмов в гумусе, млн/г
		% от общего числа				
Аллювиальная луговая	8,1	46,6	52,7	0,6	1,1	115,7
Лугово-болотная	6,6	55,8	43,7	0,5	0,8	157,1

При анализе параметров гуминовых кислот на основе данных элементного состава наиболее информативными показателями являются содержание углерода и величина отношения Н:С, по которым можно судить об интенсивности и глубине процесса гумификации и, как следствие, степени конденсированности молекул ГК.

Высокое содержание углерода (в пересчете на атомные проценты) и узкое отношение Н:С (<1) в полученных препаратах свидетельствует о значительной доле ароматических фрагментов ядра в молекулах ГК исследуемых почв. Это отношение уменьшается с усилением степени гумификации. Расчетная величина степени бензоидности средняя и составляет 37 и 28 % в ГК аллювиальных луговых и лугово-болотных почв соответственно. Более низкие значения этого показателя в последних объясняется тем, что при неустойчивом гидротермическом режиме и низких темпах минерализации легкогидролизуемые компоненты, составляющие периферические алифатические цепи, накапливаются в большей степени, что приводит к относительному снижению доли углерода в составе ГК.

В исследуемых препаратах доля атомов азота незначительная – 2,2-2,5%, как и в растительных остатках (Чимитдоржиева, 1990). По содержанию кислорода четких особенностей не выявлено. Таким образом, гуминовые кислоты исследуемых почв по элементному составу сходны с ГК аналогичных почв Западной Сибири (Кленов, 2000).

Количество кислых функциональных групп отражает степень реакционной способности и адсорбционных свойств ГК. Гуминовые кислоты аллювиальной луговой и лугово-болотной почв характеризуются высоким общим содержанием этих групп. Значительная часть приходится на карбоксильные группы что, по данным (Л.Н. Александровой, 1980) характерно для наиболее зрелых ГК черноземов (375-530 мг-экв/100г).

Работа выполнена по теме госзадания № 121030100228-4

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. // Л.: Наука, 1980. 286с.
- Кленов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 380 с.
- Звягинцев Д.Г. Биология почв и их диагностика // Проблемы и методы биологической диагностики почвы. М.: Наука, 1978. С.175-190.
- Чимитдоржиева Г.Д. Гумус холодных почв: Экологические аспекты// Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 145с.

УДК 631.417.1+528.02

Микробиологическая активность в почвах с расчлененным рельефом юга Витимского плоскогорья*Корсунова Ц.Д.-Ц., Чимитдоржиева Г.Д., Чимитдоржиева Э.О.,
Гаранкина В.П., Цыбенков Ю.Б.*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
zinakor23@yan-dex.ru

Аннотация. Получены данные, характеризующие направленность и интенсивность микробиологических процессов по горизонтам профилей бугров пучений и термокарстовых понижений. Отдельно представлены численность микроорганизмов и доминирующие группы бактериальных сообществ криогенных почв (бугров и понижений), сформированных в условиях ультраконтинентального климата Бурятии и относительно близко залегающих многолетнемерзлых пород, а также почв, сформированных на них. Изученная биологическая активность почв существенно различаются по численности микроорганизмов и их профильному распределению, накоплению биомассы и долевого участию углерода микробной биомассы в формировании запасов органического углерода в почвах, интенсивности биологической активности.

Microbiological activity of cryogenic soils of Vitim Plateau*Korsunova Ts.D-Ts., Chimitdorzhieva G.D., Chimitdorzhieva E.O.,
Garankina V. P., Tsybenov Yu.B.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, zinakor23@yandex.ru

Abstract. The data characterizing the direction and intensity of microbiological processes along the profile horizons of frost heaps and thermokarst depressions have been obtained. The number of microorganisms and dominant groups of bacterial communities of cryogenic soils (knolls and depressions) formed under the conditions of ultracontinental climate of Buryatia and relatively close lying permafrost as well as the soils formed on them are presented separately. The studied biological activity of soils differ significantly in the number of microorganisms and their profile distribution, biomass accumulation and the fractional participation of microbial biomass carbon in the formation of organic carbon stocks in soils, and the intensity of biological activity.

Глобальное потепление климата привело к сильно расчлененному рельефу в виде бугров пучений и многочисленных трещин, где первой реакцией ландшафтов на изменение экологических условий является отклик биоты. Целью работы было исследование микробного сообщества в почвах с расчлененным рельефом юга Витимского плоскогорья.

Объектами исследования послужили почвы бугров пучения и термокарстовых понижений. В ходе исследования выбраны экспериментальные площадки с ярко выраженными криогенными явлениями. Были заложены разрезы на всю мощность сезонно-талого слоя и отобраны пробы с шагом 10 см с термокарстовых понижений до глубины 50 см и бугров пучения до 50см, подробное морфологическое описание почв дано (Чимитдоржиева, 2018).

Определялась интенсивность микробиологической деятельности по горизонтам профилей почвы по содержанию углерода микробной биомассы, численности микроорганизмов по доминирующим группам микробных сообществ.

Определение численности микроорганизмов в почвах проводился методом прямого микроскопирования, который дает возможность проводить более уверенный подсчет бактерий в почве с учетом адсорбированных клеток (Звягинцев, 1991). Предварительно десорбировали клетки на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-1. При количественном учете клеток почвенных бактерий и мицелия актиномицетов препараты окрашивали водным раствором акридина оранжевого, а для окраски мицелия и спор грибов применяли калькофлуор белый. Работа выполнена в лаборатории биохимии почв ИОЭБ СО РАН на люминесцентном микроскопе «Микромед 3 ЛЮМ», углерод микробной биомассы- регидратационным методом (Благодатский, 1997).

Выявлено, что в почвах с бугров пучения и термокарстов преобладает бактериальная микрофлора. Внутривертикальная неоднородность в распределении почвенных микроорганизмов свидетельствует о том, что почва как среда обитания сильно дифференцирована по различным макро и микроразнообразиям, создающимся в определенный промежуток времени. Отражением этой дифференциации по вертикали бугров пучения и термокарстовых понижений явились экологические ниши. Таким образом, микробиота служит индикатором происходящих процессов во время морозобойных пучений и просадок.

Следует отметить, что своеобразие гидротермического режима почв и обеспеченность питательными веществами обуславливают пульсацию, иногда заторможенность деятельности или активизацию микробиоценоза. Изученная микробиологическая активность почв существенно различаются по численности микроорганизмов и их профилному распределению, накоплению биомассы и долевого участию углерода микробной биомассы в формировании запасов органического углерода в почвах, интенсивности биологической активности.

Работа выполнена по теме госзадания № 121030100228-4; аналитические работы при финансовой поддержке в рамках гранта РФФИ №16-04-01297

ЛИТЕРАТУРА

Благодатский С.А., Благодатский Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.С. Регидратационный метод определения микробной биомассы в почве // Почвоведение. 1987. № 4. С. 64-71.

Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии // Москва, Изд-во МГУ, 1991. - 304 с.

Чимитдоржиева Г.Д., Чимитдоржиева Э.О., Мильхеев Е.Ю., Цыбенков Ю.Б., Дмитриев А.В., Чимитдоржиев Т.Н., Егорова Р.А., Солдатова З.А., Андреева Д.Б., Корсунова Ц.Д.Ц., Давыдова Т.В. Почвы криогенных форм рельефа на юге Витимского плоскогорья: распространение и роль в распределении пулов почвенного углерода // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1029-1038.

УДК 504.54

**Экологическая тропа «В дебрях Хамар-Дабана» –
ботанические исследования, рекомендации**

Краснопевцева А.С.¹, Суткин А.В.²

¹ ФГБУ «Байкальский государственный природный биосферный заповедник»,
пос. Танхой, Россия, krasaleksa@gmail.com

² ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия,
sutkin_a@mail.ru

Аннотация. Приведены данные о ботанических исследованиях экологической тропы, проходящей по северному макросклону хребта Хамар-Дабан (Байкальский заповедник). Также даны сведения о рекомендациях по использованию тропы для посетителей заповедника.

**Ecological trail "In the wilds of Hamar-Daban" –
botanical research, recommendations**

Krasnopevtseva A.S.¹, Sutkin A.V.²

¹Baikal State Nature Biosphere Reserve, Republic of Buryatia, vil. Tankhoy, Russia,
krasaleksa@gmail.com

²Institute of General and experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, Russia, sutkin_a@mail.ru

Abstract. The data on botanical studies of the ecological trail passing along the northern macroslope of the Khamar-Daban ridge (Baikal Nature Reserve) are presented. It also provides information on recommendations for using the trail for visitors to the reserve.

Основная часть территории Байкальского государственного биосферного заповедника занимает центральный участок горного хребта Хамар-Дабан, протянувшегося в широтном направлении вдоль южного побережья оз. Байкал, самого большого и глубокого озера Земли, уникального по своей красоте и очарованию, одного из наиболее популярных туристских направлений в сибирской части России. Главный водораздел Хамар-Дабана условно разделяет территорию заповедника на две неравные части: большую – северную, захватывающую кроме северного макросклона хребта полосу байкальского побережья, и малую – южную.

В целом Хамар-Дабан характеризуется как горно-таежная область. Особенность флоры Хамар-Дабана – наличие в ее составе растений-реликтов третичного периода истории Земли. Отсутствие сплошного ледникового покрова на Хамар-Дабане сыграло решительную роль в сохранении во флоре некоторых видов высших сосудистых растений, свойственных широколиственным лесам. Небольшие речные долины, свободные от ледников, послужили для этих видов убежищами, в которых они пережили ледниковый период. Своеобразие растительных сообществ Хамар-Дабана несёт в себе эстетическое, образовательное и научное значение. Богата и разнообразна флора высших сосудистых растений заповедника, насчитывающая в настоящее время 1131 вид. В том числе 30 – реликты широколиственных лесов. 45 видов флоры относятся к редким и занесены в Красную книгу Бурятии (2013), 12 видов – в Красную книгу России (2008).

Хребет Хамар-Дабан, в пределах которого находится заповедник «Байкальский», давно увлекает неорганизованных туристов. Многие виды туризма стихийно развивались на его территории ещё до образования заповедника. Хребет на всём протяжении опоясан автотрассой и железной дорогой. Доступность и возможность отдыха в выходные дни, сбор дикоросов, привлекает сюда огромное количество людей из Иркутской области и Бурятии. Познакомить человека с законами существования и развития растительного и животного мира, научить жить в гармонии с ними и использовать в потребительских целях без причинения им

ущерба – основные задачи проведения эколого-воспитательных работ. В связи с огромной рекреационной нагрузкой, которую испытывает район заповедника, остро необходимым становится проведение в заповеднике эколого-воспитательных работ на базе создания научно-познавательных экологических троп, которые, наряду с решением задач обучения, воспитания и отдыха, при умелой их организации, способствуют и охране природы. Они являются своего рода регулятором потока отдыхающих, распределяя их в относительно безопасных для природы направлениях.

Для проведения эколого-познавательных экскурсий в заповеднике существуют экскурсионные тропы, в том числе тропа «В дебрях Хамар-Дабана», где посетителей знакомят с реликтовой и эндемичной флорой хребта.

Экологическая тропа «В дебрях Хамар-Дабана» проходит по р. Осиновка на северном макросклоне хребта, для которого характерны альпийские формы рельефа с обрывистыми склонами, острыми гребнями. В растительном покрове преобладает темнохвойная тайга из пихты, кедра и ели, с участием березняков на пологих участках предгорий. Подгольцовый пояс представлен пихтарниками паркового типа, зарослями кедрового стланика, субальпийскими лугами.

Маршрут экологической тропы пролегает на основе уже существующей тропы, проложенной для осуществления охраны заповедной территории и к постоянным пробным площадям научного отдела. Это позволяет с одной стороны оградить от излишней нагрузки другие участки заповедника, с другой – показать красоту уникального участка Южного Прибайкалья, интересные объекты живой природы, в том числе и реликты широколиственных лесов, к которым относится одна из наиболее интересных в Прибайкалье группа весенних эфемероидов: *Eranthis tanhoensis* Erst, *Anemonoides altaica* (С.А. Мей.) Holub и *Corydalis bracteata* (Stephan) Pers. На территории экологической тропы выявлено более 200 видов сосудистых растений. Из них 16 видов, относящихся к категории редкие и исчезающие, в том числе реликтовые виды – исчезающая разновидность голубой ели – *Picea obovata* Ledeb. var. *Coerulea* Malysch, *Arsenjevia baicalensis* (Turcz. ex Ledeb.) Holub и *Daphne mezereum* L., а также узкоэндемичный вид Хамар-Дабана *Swertia baicalensis* М. Поп. Ex Pissjauk. (Краснопевцева, 2001). Потрясают высокотравные луга, на которых растения достигают более 2 м в высоту.

Протяженность тропы в настоящее время составляет 15 км (в том числе 2,5 км в охранной зоне). Тропа оборудована местами стоянок и отдыха, зимовьями.

Полевые работы по сбору информации о растительном покрове проводились на пробных площадях (трансектах) и маршрутными методами по экологической тропе в летний период с использованием стандартных методов измерений основных характеристик компонентов природных комплексов.

Рекреационные нагрузки на территории заповедника и прилегающей к ней охранной зоне оказывают существенное влияние на изменение состава различных растительных сообществ. На основании индекса синантропизации был определен уровень деградации комплекса растительных сообществ заповедника.

Основываясь на общих подходах с учетом обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах, по определению уровня антропогенной трансформации растительного покрова с вычислением коэффициента антропогенной трансформации (Кат), с учетом публикаций по другим заповедным территориям проведено заложение трансекты вдоль изменения напряженности антропогенного фактора топологически привязанной к экологической тропе.

В результате изучения растительного покрова экологической тропы «В дебрях Хамар-Дабана» выявлено следующее:

– на современном этапе для растительных сообществ трансекты экологической тропы «В дебрях Хамар-Дабана» характерно 3 стадии антропогенной трансформации.

1. Наиболее трансформированные растительные сообщества локализируются в начале тропы и представлены злаково-разнотравными вариантами, а также березняками разнотравными.

ми. Здесь отмечено произрастание адвентивных (*Centaurea jacea* L., *Veronica officinalis* L. и др.), в том числе и инвазионных (*Impatiens glandulifera* Royle) видов.

2. Кедровники, а также пихтовые сообщества на тропе, в настоящее время, находятся на I–II стадии антропогенной трансформации. Необходимо уделить внимание кедровникам черничным, которые локализуются на склонах в долине р. Осиновка, так как они являются объектом сбора дикороса – черники, в связи, с чем они являются уязвимыми для вытаптывания и проникновения синантропных и адвентивных видов.

3. Занос и распространение синантропных видов наблюдается непосредственно по тропе и найденные адвентивные и синантропные виды на современном этапе не представляют опасность для аборигенных растительных сообществ.

Рекреация – один из важнейших факторов воздействия человека на лесные биогеоценозы. Для того, чтобы природные комплексы можно было использовать в рекреационных целях достаточно долго, необходим правильный режим их эксплуатации, с учётом предельно допустимых рекреационных нагрузок для конкретных биогеоценозов.

Мы рекомендуем следующее:

– В целях восстановления окружающих тропу ландшафтов:

- а) туристические группы водить только непосредственно по тропе;
- б) для прохождения по территории заповедника формировать туристические группы в количестве не более 5 - 10 человек;
- в) предусмотреть максимальную пропускную нагрузку на тропу, проходящую по территории заповедника не более 10-15 групп в месяц;
- г) допустимо проводить плановую уборку тропы силами сотрудников отдела охраны.

– В целях недопущения дальнейшей деградации ландшафта:

- а) закрыть для многодневного размещения туристических групп объект «Два зимовья»;
- б) ограничить посещение объекта «Водопад» для многочисленных туристических групп;
- в) чтобы минимизировать антропогенную нагрузку в районе водопада, предлагаем положить деревянные настилы, оформить смотровые площадки.

В рамках данных работ, возможно, оценить степень воздействия рекреационных нагрузок на территорию в разные месяцы года. Для этого необходимо вести достоверный учет посетителей на тропе, отдельно для каждого маршрута (Кедровая аллея, до границы заповедника, до 1-го зимовья, до водопада, до зимовья «Медвежий угол», в альпийской зоне). Данная работа требует отдельного подхода с описанием методики сбора материала по посещениям различных экотуристических маршрутов. Результатом данной работы должна быть таблица, где ежемесячно расписано число групп с количеством человек в каждой на каждом из маршрутов.

Процесс развития экологического туризма в заповеднике - одна из приоритетных задач, и обратного пути нет.

ЛИТЕРАТУРА

Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. Н.М. Пронин. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 688с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М: Товарищество КМК, 2008. 855 с.

Краснопевцева В.М. Интересные ботанические объекты экологической тропы заповедника «Байкальский» // Проблемы ООПТ и роль особо охраняемых территорий в экологическом образовании и воспитании населения. Иркутск, 2001. С. 16-21.

УДК 631.48

Почвы высокогорных и подгольцово-таежных ландшафтов Центрального Хангая в Монголии

Краснощечков Ю.Н.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – Обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,
Красноярск, Россия, kyn47@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены географические особенности почвообразования и специфика почвенного покрова высокогорного и верхнего лесного пояса в Центральном Хангае. Установлено, что в пределах тундрово-альпийского и подгольцово-таежного поясов основной фон почвенного покрова образуют литоземы, перегнойно-темногумусовые и криоземы. Дана морфологическая, физико-химическая и химическая характеристика наиболее широко распространенных почв.

Soils of high-altitude and sub-Holtz-taiga landscapes the Central Khangai of Mongolia

Krasnoshchekov Yu. N.

V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS- Separate division of the FIC KSC SB RAS, Krasnoyarsk,
Russia, kyn47@mail.ru

Abstract: The geographical features of soil formation and the specifics of the soil cover of the high-mountain and upper forest belt in the Central Hangai are considered. It is established that within the tundra-Alpine and subholtz-taiga belts, the main background of the soil cover is formed by lithozems, humus-dark humus and cryozems. Morphological, physic-chemical and chemical characteristics of the most widespread soils are given.

Высокогорная часть Центрального Хангая представлена тундрово-альпийскими (выше 2100–2600 м над ур. моря) и подгольцово-таежными (2000–2500 м над ур. моря) ландшафтами, которые располагаются в пределах сплошного и прерывистого распространения многолетнемерзлых горных пород.

Проведенными исследованиями (Почвенный покров..., 1984) показано, что почвенный покров этих ландшафтов очень сложен, своеобразен, формирующиеся почвы отличаются как по степени увлажнения, проявления криогенных явлений, так и по строению и составу органических горизонтов. На поверхности широко развиты курумы, скальные выходы. Плоские поверхности разбиты каменными многоугольниками, между которыми имеется мелкозем преимущественно супесчаного и легкосуглинистого состава.

Характерной особенностью структуры почвенного покрова высокогорного пояса является резко выраженная его микрокомплексность, связанная с хорошо развитым криогенным мезо- и микрорельефом, неоднородностью растительного покрова. Наибольшие пространства заняты литоземами и криоземами. Под высокогорными кобрезиевыми лугами – перегнойно-темногумусовые почвы (Классификация..., 2004).

Литоземы в пределах высокогорного пояса имеют широкое распространение и приурочены к выпуклым водоразделам и к крутым склонам, где встречаются выходы скальных пород и каменистые россыпи. В этих условиях формируются слабо развитые почвы, мощность мелкоземистой толщи, в которой происходит почвообразование, не превышает 20-30 см. В классификационной схеме почв Прибайкалья и Забайкалья они выделены как тундровые органо-щебнистые примитивные (арктические) почвы (Мартынов, Цыбжитов, 1980).

В профиле рассматриваемых почв присутствуют органо-гумусово-аккумулятивные горизонты, общей мощностью до 30 см. В этих горизонтах сконцентрирована основная масса корней растений, много также включений хряща и щебня разной степе-

ни выветрелости. Гумусово-аккумулятивные горизонты залегают непосредственно на плотной коренной породе разного минералогического и петрографического состава.

Среди литоземов выделены следующие типы и подтипы: грубогумусовые типичные – О-АО-(С)-М, перегнойно-грубогумусовые – О-АOh- М и перегнойные – О-Н-(С)-М.

По гранулометрическому составу почвы преимущественно легкосуглинистые. Характерна высокая щебнистость и хрящеватость профиля. В составе мелкозема преобладают песчаные и крупнопылеватые фракции.

Почвы обладают высоким содержанием органического вещества в органогенном и грубогумусном горизонтах. Величина потери при прокаливании здесь изменяется от 86,8% до 38,4%. В нижних минеральных содержание гумуса низкое и не превышает 1,2%. Почвы характеризуются кислой реакцией среды органогенных и грубогумусных горизонтов и слабокислой в минеральных, высокой гидролитической кислотностью. В составе обменных оснований преобладает кальций.

Перегнойно-темногумусовые (высокогорные луговые) почвы распространены под высокогорными кобрезиевыми, осоково-кобрезиевыми лугами. Следует отметить, что в горных сооружениях Монголии с гумидным и субгумидным типом поясности эти почвы самостоятельного пояса не образуют. В Центральном Хангае в пределах тундрово-альпийского ВПК они принимают непосредственное участие в структуре почвенного покрова на склонах южной экспозиции.

В первые эти почвы в Хангае были описаны Н.Д. Беспаловым (1951), позднее С.В. Максимовичем (1974). Формируются они на продуктах выветривания кислых и основных пород, супесчаного и суглинистого гранулометрического состава с высоким содержанием щебня в нижних минеральных горизонтах. Профиль типа АН-АНС-С.

По гранулометрическому составу почвы супесчаные и легкосуглинистые. Они хорошо гумусированы, верхние горизонты относительно обогащены азотом. Почвы имеют кислую реакцию среды. Гидролитическая кислотность наиболее высокая в поверхностных горизонтах. Среди обменных катионов преобладает кальций.

В Северной Монголии подгольцово-таежные лиственничные (реже кедровые) леса образуют верхнюю границу леса и находятся в непосредственном контакте с горными тундрами и психрофильными лугами. Они характеризуются разреженностью и низкой производительностью. В напочвенном покрове широко представлены тундрово-альпийские кустарники, кустарнички и травы, а также гигропсихрофильные кустарнички и мхи.

Основной фон в структуре почвенного покрова образуют *криоземы*. В пределах подгольцово-таежного пояса криоземы формируются в автоморфных и полугидроморфных условиях. Почвообразующими породами являются элювиальные, элювиально-делювиальные и делювиальные продукты выветривания кислых и основных горных пород.

В тундрово-альпийском поясе криоземы распространены под кустарничково-моховой и кустарничково-лишайниково-моховой тундрой, в автоморфных условиях на выположенных водоразделах, пологих и покатых склонах, преимущественно северных румбов, где мощность рыхлой толщи более 30 см. Среди криоземов здесь встречаются и глееватые подтипы, формирующиеся на породах тяжелого гранулометрического состава, в пониженных элементах рельефа.

В подгольцово-таежных лесах, под низкобонитетными лиственничниками, реже кедровниками кустарничково-зеленомошными и лишайниково-моховыми, в почвенном покрове доминируют криоземы грубогумусированные О-Оао-СR-С с мощностью органогенного горизонта менее 10 см. Под лиственничниками и кедровниками кустарничково-аулакомниевыми, голубично-аулакомниевыми и кустарничково-моховыми формируются криоземы грубогумусовые типичные (О-АО-СR-С) с мощностью грубогумусового горизонта более 10 см. В пониженных элементах микрорельефа и западинах распространены торфяно-криоземы криогомогенные – О-Т-СRocr-С и криоземы глееватые – О-Оао-СRg-Сg. Сезонное оттаивание мерзлоты в почвах в зависимости от полноты насаждений, проективного покрытия живого напочвенного покрова и геоморфологических условий варьирует от 30 до 90 см.

По гранулометрическому составу почвы относятся к супесчаным и тяжелосуглинистым разновидностям. Содержание физической глины и ила максимально в верхнем органо-минеральном или минеральном горизонте. Обращает на себя внимание наличие в гор. CR, практически всех изученных почв, хорошо отмытых прослоек щебня и дресвы, полное отсутствие в них мелкозема и наличие пустот, по которым осуществляется внутripочвенный сток. Ниже, в гор. С наблюдается отложение щебня, промежутки которого заполнены тиксотропной супесью или легким суглинком.

Почвы характеризуются высоким содержанием органического вещества в органогенных и грубогумусированных горизонтах. Наблюдается его аккумулятивное перераспределение по почвенному профилю. Органическое вещество в криоземах грубогумусированных и криогомогенных относительно насыщено азотом. Очень широким молекулярным отношением C:N отличаются криоземы грубогумусовые перегнойные.

Почвы имеют кислую реакцию по всему профилю. Наибольшая кислотность характерна для органогенных горизонтов. Содержание обменных катионов достигает относительно высоких значений в органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтах. В минеральных горизонтах их содержание четко коррелирует с содержанием гумуса. Среди обменных катионов преобладает кальций, затем следует магний либо водород. Наибольшие величины гидролитической кислотности характерны для органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов. Эти же горизонты отличаются и ненасыщенностью почвенного поглощающего комплекса основаниями.

Валовой химический состав не выявил четкой дифференциации по профилю полуторных оксидов. Наблюдается либо относительно равномерное распределение, либо некоторое увеличение их содержания в верхней части почвенного профиля. Такая же зависимость наблюдается и в перераспределении по профилю CaO и MgO. В общем можно говорить об отсутствии в рассматриваемых почвах элювиально-иллювиального процесса и слабовыраженной миграции продуктов почвообразования по профилю.

ЛИТЕРАТУРА

- Беспалов Н.Д. Почвы Монгольской Народной Республики. М.: Изд-во АН СССР. 1951. 319 с.
Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
Максимович С.В. Особенности почвообразования на Хангае и прилегающих территориях (Монгольская Народная Республика) // Структура и динамика степных и пустынных экосистем МНР. Л.: Наука. 1974. С. 163-165.
Мартынов В.П., Цыбжитов Ц.Х. Почвенный покров Бурятской АССР (карта, м-б 1:1000000). Иркутск: 1980.
Почвенный покров и почвы Монголии. М.: Наука. 1984. 190 с.

УДК 597.552.21:574.1:577.21+639.3+502.171

**К проблеме восстановления численности муксуна (*Coregonus muksun*)
в Западной Сибири***Крохалева М.А., Ялковская Л.Э., Богданов В.Д., Бородин А.В.*Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия,
krohaleva_ma @ipae.uran.ru

Аннотация. В связи с проблемой восстановления численности муксуна (*Coregonus muksun*) в Западной Сибири путем искусственного воспроизводства проведен анализ генетической дифференциации природных популяций и маточно-ремонтных стад рыбозаводов "Форват" и "Собский" по данным 84 последовательностей мтДНК (3006 пн), включающих высокополиморфные гены *ND1* и *ND2*. Выявлены различия между природными популяциями Западной и Восточной Сибири, которые необходимо учитывать в ходе мероприятий по восстановлению численности вида в каждом конкретном регионе. Генетическая близость муксуна рыбозаводов к популяции Обь-Тазовского бассейна дает основание для использования данных маточных стад при зарыблении рек Оби и Таза.

**To the problem of restoring *Coregonus muksun*
population in Western Siberia***Krokhaleva M.A., Yalkovskaya L.E., Bogdanov V.D., Borodin A.V.*

Institute of Plant and Animal Ecology UrB RAS, Ekaterinburg, Russia, krohaleva_ma@ipae.uran.ru

Abstract. In connection with the problem of restoring the muksun (*Coregonus muksun*) population in Western Siberia by means of artificial regeneration, the genetic differentiation of natural populations and broodstocks of fish rearing stations "Forvat" and "Sobskii" was studied. In total 84 sequences of mtDNA (3006 bp) containing the highly polymorphic genes *ND1* and *ND2* were analyzed. The differences between the populations of Western and Eastern Siberia were revealed. This fact must be taken into account in the course of measures to restore the species population in each particular region. The genetic closeness of the muksun from fish rearing stations "Forvat" and "Sobskii" with muksun from the Ob-Taz basin gives grounds for using these broodstocks for seeding the Ob and Taz rivers.

Сохранение биологического разнообразия и восстановления численности ценных промысловых видов рыб, имеет важное экосистемное и социально-экономическое значение. К таким видам относится муксун (*Coregonus muksun*) - эндемик сибирских водоемов, широко распространенный от р. Кара на западе до р. Колымы на востоке. Начиная с конца XX века, наблюдается повсеместное сокращение численности муксуна, обусловленное, главным образом, увеличением антропогенного воздействия. Почти полное уничтожение муксуна Оби и Таза и возрастающая антропогенная нагрузка на экосистемы Обской губы определяют необходимость срочного внедрения в Западной Сибири рыбоводных мероприятий, в том числе, искусственного воспроизводства. Однако для сохранения отдельных популяций и вида в целом необходимы знания о внутривидовом генетическом разнообразии муксуна и оценка генетической идентичности природных популяций и маточных стад рыбозаводов.

Цель работы: анализ генетической дифференциации природных популяций муксуна и ремонтно-маточных стад рыбоводческих предприятий ООО "Форват" и "Собский".

Генетический анализ проведен на основе данных последовательностей мтДНК (3006 пн), включающих высокополиморфные гены *ND1* и *ND2*, 84 муксунов из природных популяций Западной и Восточной Сибири и маточных стад рыбозаводов ООО "Форват" и "Собский". ДНК выделена методом СТАБ. Для ПЦР использованы три пары разработанных нами праймеров. Секвенирование проводили с набором "BrilliantDye Terminator Cycle Sequencing". Для обработки результатов использовали Mega 5.10, BioEdit, Arlequin v 3.1, DnaSP v.5.10, MrBayes v3.2.2, MrModeltest 2.3, PAUP v. 4.0.

Для 84 секвенированных последовательностей, включающих гены *ND1* и *ND2*, а также полные последовательности *tRNA-Leu*, *tRNA-Ile*, *tRNA-Gln*, *tRNA-Met*, *tRNA-Trp*, *tRNA-Ala*, *tRNA-Asn*, *tRNA-Cys*, *tRNA-Tyr* и частичную последовательность *COI*, описано 56 гаплотипов. Большинство гаплотипов уникальны. Два гаплотипа – общие для популяции Оби и маточных стад, один – для муксуна двух рыбоводов. Показатели генетического разнообразия, рассчитанные для наиболее репрезентативных выборок, в целом были выше в природных популяциях, по сравнению с маточными стадами (табл. 1). Наибольшие значения показателей характерны для рек Восточной Сибири, а уровень генетической изменчивости муксуна из Обь-Тазовского речного бассейна сопоставим с наблюдаемым в маточных стадах рыбоводов.

Таблица 1

Полиморфизм генов *ND1* и *ND2* мтДНК (фрагмент длиной 3006 пн) муксуна в природных и искусственных популяциях

Выборки	n	Число полиморфных сайтов	nH	$h \pm SD$	$\pi (x100) \pm SD$	k
Природные популяции	46	97	38	0.988 ± 0.008	0.306 ± 0.031	9.19
Обь–Таз	19	21	13	0.942 ± 0.014	0.127 ± 0.012	3.81
Лена	9	34	8	0.972 ± 0.064	0.336 ± 0.076	10.11
Индигирка	14	49	13	0.989 ± 0.031	0.397 ± 0.038	11.92
Искусственные популяции	38	31	20	0.933 ± 0.025	0.167 ± 0.011	5.02
СРЗ–1	8	10	5	0.857 ± 0.108	0.121 ± 0.019	3.64
СРЗ–2	8	13	5	0.857 ± 0.108	0.154 ± 0.036	4.64
ФРЗ	22	19	12	0.861 ± 0.065	0.149 ± 0.016	4.49

Примечание: n – число особей; nH – число гаплотипов; h – гаплотипическое разнообразие; π – нуклеотидное разнообразие; k – среднее число парных различий между гаплотипами; SD – стандартное отклонение; СРЗ-1 и СРЗ-2 – маточные стада рыбовода "Собский"; ФРЗ – маточное стадо ООО «Форват».

Согласно данным филогенетической реконструкции (рисунок), внутривидовая генетическая дифференциация обусловлена различиями муксунов Западной и Восточной Сибири. Различия между популяциями внутри регионов выражены слабо. Гаплотипы особей из маточных стад не формируют отдельных статистически поддержанных групп и наиболее близки к муксуну из Обь-Тазовского бассейна.

Анализ генетических дистанций подтверждает результаты филогенетической реконструкции (табл. 2). Различия между популяциями прослеживаются при сопоставлении рек Западной и Восточной Сибири, наиболее дифференцирован муксун из р. Индигирка. Маточные стада демонстрируют относительную близость друг с другом и с популяцией из Обь-Тазовского речного бассейна.

Таким образом, анализ внутривидовой генетической дифференциации муксуна с использованием последовательности мтДНК длиной 3006 пн, включающей высокополиморфные гены *ND1* и *ND2*, выявил различия между популяциями Западной и Восточной Сибири. Возможное существование межпопуляционных различий было отмечено и при использовании других генетических маркеров (Балдина и др., 2008; Politov, 2017). Этот факт необходимо учитывать в ходе мероприятий по восстановлению численности вида в каждом конкретном регионе. Результаты филогенетических реконструкций, анализ показателей генетического разнообразия и генетических дистанций указывают на близость муксуна рыбоводов «Форват!» и «Собский» к популяции Обь-Тазовского бассейна. Таким образом, маточные стада этих предприятий могут быть рекомендованы для зарыбления данных речных систем

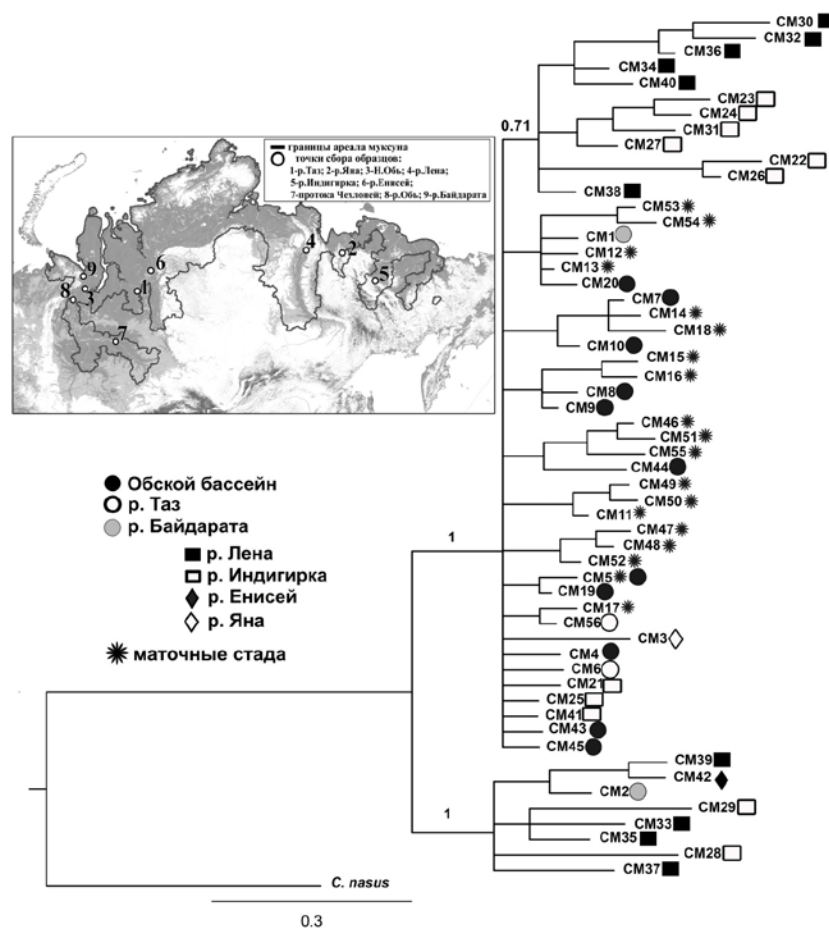


Рис. Арел муксуна, точки отбора проб и филогенетическое дерево, реконструированное методом Байесова анализа для 56 гаплотипов фрагмента мтДНК (3006 пн), включающего гены *ND1* и *ND2*

Таблица 2

Значение генетических дистанций (d) между популяциями муксуна по генам *ND1* и *ND2* мтДНК (фрагмент длиной 3006 пн)

	Обь-Таз	Лена	Инди-гирка	Байдара-та	Яна	Енисей	СРЗ-1	СРЗ-2	ФРЗ
Обь-Таз		0.274	0.312	0.257	0.231	0.490	0.132	0.184	0.182
Лена	0.044		0.413	0.380	0.377	0.573	0.283	0.344	0.319
Инди-гирка	0.049	0.061		0.344	0.419	0.469	0.320	0.378	0.360
Байдарата	0.061	0.072	0.063		0.369	0.319	0.252	0.319	0.312
Яна	0.079	0.097	0.093	0.102		0.607	0.242	0.301	0.287
Енисей	0.122	0.120	0.098	0.089	0.152		0.497	0.540	0.546
СРЗ-1	0.032	0.048	0.054	0.059	0.082	0.122		0.188	0.180
СРЗ-2	0.044	0.057	0.056	0.068	0.091	0.122	0.046		0.247
ФРЗ	0.035	0.050	0.056	0.068	0.085	0.128	0.042	0.050	

Примечание: над диагональю – значения $d \times 100$; под диагональю – значения SD (X100).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Центра освоения Арктики и ООО "Форват".

ЛИТЕРАТУРА

Балдина С.Н., Гордон Н.Ю., Политов Д.В. Генетическая дифференциация муксуна *Coregonus muksun* (Pallas) и родственных видов сиговых рыб (*Coregonidae*, *Salmoniformes*) Сибири по мтДНК // Генетика. 2008. Т. 44. №. 7. С. 896–905.

Politov V.D. Coregonids of Russia: Evolutionary genetic approach in assessment of the current state of biodiversity // Fundam. Appl. Limnol. 2017. Vol. 189/3. P. 181–192.

УДК 631.4

Постдренажная эволюция почв и растительности котловин осушенных термокарстовых озёр южной тундры Западной Сибири

Кузьмина Д.М.¹, Климова Н.В.², Лойко С.В.¹

¹Томский государственный университет, Томск, Россия, s.loyko@yandex.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия, ninmilk@yandex.ru

Аннотация. В условиях потепления климата и активизации термокарстовых процессов актуально изучение экосистем, что формируются после естественного дренажа термокарстовых озёр. На начальном этапе после осушения в котловинах складываются благоприятные условия для произрастания луговой растительности, продуктивность которой в разы выше, чем у фоновой растительности тундр. Однако со временем происходит довольно быстрое падение первичной продуктивности, параллельно с формированием пушицево-моховых и кустарничково-моховых сообществ. Это вызвано тем, что значительная биомасса не успевает разлагаться и происходит нарастание слоя травяного торфа, изолирующего богатые нутриентами озерные отложения от корневых систем трав, на который вселяются сфагновые мхи. Поверх новообразованного торфа поселяются сфагновые мхи, после снижения проективного покрытия травяного яруса. Максимальное число видов высших растений встречено в хасыреях средней стадии, сочетающие как мегатрофные, так и олиготрофные растительные сообщества. Растительность хасыреев различается в зависимости от свойств донных отложений и микротопографии дна. Это выражается в различном видовом составе, экологической структуре и продуктивности растительных сообществ. Направление постаквального почвообразования в молодых и средних хасыреях связано с пространственными особенностями строения озерных седиментов, временем постаквальной эволюции почв и скоростью агрегации многолетней мерзлоты.

Post-drainage evolution of soils and vegetation in basins of drained thermokarst lakes in the southern tundra of Western Siberia

Kuzmina D.M.¹, Klimova N.V.², Loiko S.V.¹

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, s.loyko@yandex.ru

²Institute of monitoring of climatic and ecological system SB RAS, Russia, ninmilk@yandex.ru

Abstract. In conditions of climate warming and activation of thermokarst processes, it is important to study ecosystems that form after natural drainage of thermokarst lakes. At the initial stage, after drainage in the basins, favorable conditions are formed for the growth of meadow vegetation, the productivity of which is several times higher than that of the background vegetation of the tundra. However, over time, there is a rather rapid decline in primary productivity, in parallel with the formation of cotton grass-moss and dwarf shrub-moss communities. This is due to the fact that a significant biomass does not have time to decompose and a layer of grass peat grows, isolating nutrient-rich lacustrine sediments from the root systems of grasses, which are invaded by sphagnum mosses. Sphagnum mosses settle on top of the newly formed peat, after the projective cover of the grass layer has decreased. The maximum number of higher plant species was found in the middle stage khasyreys, combining both megatrophic and oligotrophic plant communities. The vegetation of the Khasyreys differs depending on the properties of bottom sediments and the microtopography of the bottom. This is reflected in the different species composition, ecological structure and productivity of plant communities. The direction of post-aquatic soil formation in young and middle khasyreys is associated with the spatial features of the structure of lacustrine sediments, the time of post-aquatic soil evolution, and the rate of permafrost aggradation.

Потепление климата активизирует термокарстовые процессы в криолитозоне, такие как усиление береговой абразии в озерах тундры, увеличение частоты осушения озёр. Донные отложения дренированных озёр быстро колонизируются растениями, формирующими луга с иными продуктивностью и видовым составом, по сравнению с фоновыми зональными и интразональными сообществами. Формирование высокопродуктивных сообществ происходит не во всех осушенных озерах, а лишь в тех, что имеют крупные размеры и донные отложения, сложенные как переотложенным торфом, так и минеральными отложениями. Подобные

осушенные озёра были изучены на примере Пур-Тазовского междуречья, неподалеку от посёлка Тазовский, Ямало-Ненецкого автономного округа.

Все изученные экосистемы котловин осушенных озёр отнесены к трем группам, на основе их приуроченности к стадиям постдренажной сукцессии. Первую группу составляют экосистемы, формирующиеся в первые десятки лет после обнажения донных отложений. Это высокопродуктивные сообщества из арктофилы, осок или ив. При этом микрорельеф ещё развит слабо. Хасыреи с преобладанием подобных сообществ отнесены к стадии молодых. В дальнейшем происходит агрегация многолетней мерзлоты на дне озерной котловины, что приводит к формированию микрорельефа, вдоль которого образуются микроградиенты влажности, а со временем и трофности. В соответствие с микроградиентами распределяются растительные сообщества. На вершинах находятся вейниковые луга или ивняки. В понижениях распространены осоковые или мохово-осоковые сообщества. В частях котловин, где такой ярко выраженный микрорельеф не формируется, сообщества распределяются контурами, плавно перетекающими один в другой. Осушенные котловины с выраженным криогенным микрорельефом, распространением вейниковых лугов и заметным снижением участия арктофилы в фитоценозах отнесены к хасыреям средней стадии развития. Далее происходит выщелачивание нутриентов из почв, накапливается травяно-подстилочный горизонт и поселяются олиготрофные виды мхов и сосудистых растений из тундровых или болотных фоновых сообществ. Средние хасыреи всё сильнее по облику тяготеют к фоновым экосистемам, формируются хасыреи поздних стадий развития. В наиболее часто распространенном варианте происходит далеко не полное осушение озерной котловины, сохраняется её избыточная увлажненность, в результате формируются олиготрофные топи, схожие с таковыми в массивах полигональных болот. Реже встречается вариант, когда хасырей был осушен полностью, тогда большая его часть покрывается сообществами, которые аналогичны фоновой тундре.

Озерные отложения часто рассматривают как подводную почву (почвоподобное тело), поэтому можно считать, что хасырейные почвы являются озерными отложениями, испытавшими аллогенную эволюцию. Поэтому название новой почвы должно включать и особенности почвы, сформированной на дне озера. Это связано с тем, что эти особенности диктуют современные тренды почвообразования. Более того, они определяют и формирование микрорельефа – так там, где есть торфяные прослойки, будут формироваться с большей вероятностью мерзлые бугры. Но по причине отсутствия номенклатуры и классификации для подводных почв северных территорий, можно на данном этапе называть почвы пелоземами на аллювиальных озерных отложениях. В почвах молодых и средних хасыреев в профиле встречаются торфяные прослойки, связанные с отложениями обломков торфа, переносимых по поверхности озера со льдом. В центральных областях озёр оседает торфяная взвесь, генерируемая при абразии берегов. Там формируются торфяные мерзлотные почвы. В старых хасыреях распространены в основном 4 компонента почвенного покрова: торфяно-глееземы, торфяно-глееземы мерзлотные, торфяные олиготрофные мелкие и торфяно-криоземы.

Растительность хасыреев Пур-Тазовского междуречья различается в зависимости от свойств донных отложений и микротопографии дна. Это выражается в различном видовом составе, экологической структуре и продуктивности растительных сообществ. После осушения озер в котловинах преобладают экотопы с влажными мезотрофными условиями. Эти экотопы занимают осоковые луга с преобладанием *Carex rostrata* или *C. aquatilis* и участием других гидрофильных трав, требовательных к почвенному плодородию. В самых влажных и наиболее богатых питательными веществами экотопах образуются фитоценозы с преобладанием *Arctophila fulva*. *Equisetum fluviatile* образует заросли на бедных питательными веществами, переувлажненных экотопах. На возвышенных участках бывшего дна и на прибрежных склонах доминирует *Calamagrostis langsdorfii*, часто с ивой. На склонах бугров пучения вейник образует луга с хвощем обыкновенным. Растительность хасыреев со временем испытывает усиливающуюся пространственную дифференцированность, по мере оформления микрорельефа. На средней стадии зарастания (примерно 50 лет и более) образуются травяни-

стые фитоценозы, в которых также развивается слой мха. Первоначально моховой слой состоит из гидрофильных бурых мхов (*Bryales*); со временем сфагновые мхи попадают в растительные сообщества. На более поздней стадии зарастания хасыреев (несколько сотен лет с момента осушения озера) накапливается толстый слой торфа и развиваются влажные мезоолиготрофные условия. Эти экотопы заняты сообществами сфагновых болот, состоящими из видов, которые менее требовательны к трофности почв. Это *Carex limosa*, *C. rotundata*, *C. chordorrhiza* и *Eriophorum russeolum*. *Sphagnum balticum*, *S. jensenii* или *S. majus* доминируют в стоячих болотах, а *Sphagnum obtusum* доминирует в проточных. Кустарниково-мохово-лишайниковые сообщества образуются на вершинах бугров пучения. Накопление органоматричных горизонтов на поверхности почвы является основной движущей силой сукцессии растительности.

Формирование высокопродуктивных травянистых сообществ на ранней стадии зарастания дна озера в значительной степени контролируется увеличением мощности сезонного слоя, что позволяет растениям получать дополнительное количество питательных веществ. Богатые питательными веществами почвы ранней и средней стадии сукцессии в хасыреев позволяют развиваться растительным сообществам с высокой продуктивностью, которая в несколько раз превышает продуктивность фоновых тундровых сообществ. Однако процессы разложения органического вещества протекают медленно, и ежегодно накапливающийся опад разлагается не полностью. При утолщении новообразованных органоматричных горизонтов и одновременном истощении элементами питания почв наблюдается снижение продуктивности фитоценозов, что уже заметно на средней стадии. Фитоценозы поздней стадии зарастания характеризуются минимальной продуктивностью, поскольку торф не позволяет растениям поглощать питательные вещества из донных отложений озера, в которых уже агрегирует мерзлота. Накопление травяной подстилки и превращение ее в торф являются основными процессами, контролирующими растительную сукцессию в хасыреев. Фитоценозы поздней стадии зарастания характеризуются очень низкой продуктивностью, схожей с полигональными болотами по видовому составу и экологической структуре. Как на ранних, так и на более поздних стадиях зарастания хасыреев имеют высокую экологическую и экономическую ценность как пастбища, охотничьи угодья и места для сбора диких растений.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-77-10045) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-44-890013-р_а).

УДК 595.121

Иммунологические аспекты взаимоотношений в паразито-хозяинных системах «цестоды – рыбы» на клеточном и молекулярном уровнях*Кутырев И.А.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, ikutyrev@yandex.ru

Аннотация. Нашим коллективом начато комплексное исследование морфофункциональных и биохимических аспектов адаптации плероцеркоидов цестод к воздействию иммунной системы их хозяев – рыб. Изучены микроморфологические и биохимические особенности реакций плероцеркоидов в ответ на воздействие сыворотки крови хозяев. Установлена регуляторная роль в отношении иммунной системы рыб выявленных в организме плероцеркоидов веществ: простагландина E₂, серотонина и ГАМК. Произведена сборка и аннотация транскриптомов трех видов цестод, а также органов иммунной системы рыб – промежуточных хозяев цестод. Проведен анализ дифференциальной экспрессии генов плероцеркоидов и взрослой стадии *D. dendriticus* и головного отдела почки байкальского омуля, зараженного и незараженного плероцеркоидами *D. dendriticus*.

Immunological aspects of relations in parasite-host systems “cestodes-fishes” on the cellular and molecular levels*Kutyrev I.A.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, ikutyrev@yandex.ru

Abstract. Our team has begun a comprehensive study of morphofunctional and biochemical aspects of the adaptation of cestode plerocercoids to the effects of the immune system of their hosts - fish. The micromorphological and biochemical characteristics of plerocercoid reactions in response to the effects of the host blood serum were studied. The regulatory role of the substances prostaglandin E₂, serotonin and GABA identified in the body of plerocercoids in relation to the immune system of fish has been established. The assembly and annotation of transcriptomes of three types of cestodes, as well as organs of the immune system of fish - intermediate hosts of cestodes, were performed. The analysis of differential expression of genes of plerocercoids and the adult stage of *D. dendriticus* and the head part of the kidney of the Baikal omul infected and uninfected with plerocercoids *D. dendriticus* was carried out.

Исследование молекулярных и биохимических механизмов, используемых паразитами для регуляции иммунной системы хозяев, является новым и интенсивно развивающимся в последнее десятилетие направлением паразитологии. Актуальность исследования иммунорегуляторов в организме цестод также основана на том, что в некоторых эндемичных регионах цестодозы по своему эпидемиологическому и эпизоотическому значению выходят на первый план среди остальных гельминтозов. Важность исследования паразитарных иммунорегуляторных молекул объясняется также усилившимся интересом к терапевтическому использованию секреторно-эксcretорных продуктов гельминтов. Начаты клинические исследования положительного эффекта терапии гельминтами и их секреторно-секреторными продуктами аутоиммунных заболеваний от аллергий до хронических воспалений. Кроме того, углубление фундаментальных знаний о паразитарной иммунорегуляции и молекулярно-генетических основах иммунологического ответа в системах «паразиты - рыбы» весьма актуально в области аквакультуры.

Нашим коллективом начато комплексное исследование морфофункциональных и биохимических аспектов адаптации плероцеркоидов цестод к воздействию иммунной системы их хозяев – рыб.

Изучены микроморфологические и биохимические особенности реакций плероцеркоидов в ответ на воздействие сыворотки крови хозяев. Установлено, что при таком воздействии усиливается секреторная активность тегумента. Обнаружены две разновидности вывода секрета на поверхность тела плероцеркоидов: оформленные и неоформленные секреторные продукты. В тегументе выявлены апокриновый и мерокриновый типы секреции, а также экс-

креция везикул с поверхности свободных нервных окончаний в поры тегумента. Показано, что плероцеркоиды способны секретировать широкий спектр мембранно-ограниченных продуктов. Впервые установлена важная роль органоидов дистальной цитоплазмы тегумента – палочковидных гранул, дисковидных тел, везикул и вакуолей – в защитных реакциях цестод. Доказана секреция цестодами простагландинов (PG) E_2 и D_2 в ответ на стимуляцию сывороткой крови хозяев (Kutyrev et al., 2017).

Впервые для плероцеркоидов доказана выработка иммунорегуляторных молекул – простагландинов E_2 и D_2 и установлена их концентрация в организме плероцеркоидов. Установлена локализация этих простагландинов в организме плероцеркоидов: $PG E_2$ – впервые для паразитических плоских червей; $PG D_2$ – для группы паразитических червей в целом. Показана возможность секреции этих простагландинов в ткани хозяина с поверхности свободных нервных окончаний в тегументе, через протоки фронтальных желез и выделительную систему. Исследованы микроморфологические особенности локализации нейроактивных субстанций, потенциальных нейро- и иммунорегуляторов в организме плероцеркоидов: серотонина, ГАМК и FMRFамида – для *Ligula interrupta* и ГАМК – для *Diphyllobothrium dendriticum*. Исследованы особенности ко-локализации этих веществ в организме плероцеркоидов *D. dendriticum* и *L. interrupta* (Biserova et al., 2014).

Установлена регуляторная роль в отношении иммунной системы рыб выявленных в организме плероцеркоидов веществ: простагландина E_2 , серотонина и ГАМК (Kutyrev et al., 2019). Показано, что при воздействии этих веществ изменяются жизнеспособность и продукция реактивных форм кислорода лейкоцитами рыб. Доказано регуляторное влияние плероцеркоидов цестод на иммунную систему хозяев – рыб. Впервые установлены изменения лейкоцитарного состава органов иммунной системы рыб при заражении плероцеркоидами. Показано, что инвазия плероцеркоидами цестод *D. dendriticum* и *L. interrupta* у рыб, наряду с активацией гуморального звена адаптивного иммунитета, вызывает угнетение пролиферации бластных форм лейкоцитов и супрессию клеточного звена иммунитета. Установлено, что при инвазии *D. dendriticum* у окончательного хозяина – сирийского хомячка – в иммунокомпетентных органах и тканях также наблюдаются противоположные процессы: активация неспецифических и специфических звеньев иммунного ответа и супрессивное влияние паразита на иммунологические реакции хозяев.

Было проведено полнотранскриптомное парноконцевое секвенирование мРНК плероцеркоидов и взрослых лентецов *D. dendriticum*, плероцеркоидов *D. latus*, *L. interrupta*. На основе полученных данных секвенирования РНК произведена сборка транскриптома de-novo. Аннотирование полученных транскриптов позволило определить их распределение по категориям: биологические процессы, молекулярные функции, клеточные компоненты. Для оценки уровня экспрессии транскриптов взрослой стадии и плероцеркоида *D. dendriticum* мы провели единую сборку транскриптома из чтений обоих образцов. Полученная сборка общего транскриптома была подвергнута анализу идентификации дифференциально экспрессированных транскриптов, что дало возможность выявить искомые транскрипты. Всего было выявлено 8022 дифференциально экспрессируемых транскриптов, среди которых 4637 транскриптов с повышенной дифференциальной экспрессией взрослой стадии, 3385 транскриптов с пониженной дифференциальной экспрессией плероцеркоида). Проведенная аннотация дифференциальной экспрессии транскриптов показала наличие разницы по содержанию некоторых выявленных GO терминов. Мы отобрали 10 лучших транскриптов с повышенной регуляцией между обоими жизненными стадиями *D. dendriticum*. У плероцеркоидов наибольшую экспрессию проявляют гены, связанные с регуляцией иммунитета хозяина, поскольку они обитают в тканях хозяина и постоянно подвергаются воздействию противопаразитарного иммунного ответа. У взрослых же особей наибольшую экспрессию проявляют гены, связанные с синтезом пищеварительных ферментов, поскольку на имагинальной стадии паразиты обитают в просвете кишечника хозяина и им необходимо переваривать и поглощать содержимое кишечника. Также экспрессию проявляет ген ингибитора пищеваритель-

ных ферментов, возможно для предотвращения переваривания паразитов пищеварительными ферментами хозяина (Сидорова и др., 2019).

Было проведено полнотранскриптомное парноконцевое секвенирование мРНК органов и тканей иммунной системы промежуточных хозяев *D. dendriticus* – байкальского омуля и обыкновенного сига. На основе полученных данных секвенирования РНК произведена сборка транскриптома de-novo. Аннотирование полученных транскриптов позволило определить их распределение по категориям: биологические процессы, молекулярные функции, клеточные компоненты. Для оценки уровня экспрессии транскриптов почек здоровой и зараженной особей омуля, мы провели единую сборку транскриптома из чтений обоих образцов. Полученная сборка общего транскриптома была подвергнута анализу идентификации дифференциально экспрессированных транскриптов с применением метода DESeq2, что дало возможность выявить искомые транскрипты. Всего было выявлено 273 дифференциально экспрессируемых транскриптов, среди которых 138 дифференциально экспрессируемых транскриптов с повышенной экспрессией зараженной почки, 135 дифференциально экспрессируемых транскриптов с повышенной экспрессией здоровой. Проведенная аннотация дифференциально экспрессируемых транскриптов показала наличие разницы по содержанию некоторых выявленных GO терминов. Мы отобрали 10 лучших транскриптов с повышенной регуляцией между образцами головного отдела почек здоровых и зараженной особей байкальского омуля. У незараженных особей байкальского омуля выражена работа генов, связанных с синтезом стероидных гормонов. Вероятно, это обусловлено тем, что исследования проводились в нерестовый период омуля. У особей же, зараженных дифиллоботриозом, наблюдается активизация иммунокомпетентных генов, связанных с ответом на паразитарные инфекции. В первую очередь, это гены, связанные с главным комплексом гистосовместимости и белками, участвующими в презентации антигена, а также антиоксидантными системами (Sidorova et al., 2020).

Основываясь на результатах собственных исследований и привлекая данные литературы, построена рабочая модель иммунологических аспектов взаимоотношений в паразито-хозяинных системах «цестоды – рыбы». Защитные реакции плероцеркоидов и рыб являются взаимными, в филогенетически древних системах выработаны в процессе длительной коэволюции и реализуются посредством тонких механизмов на клеточном и биохимическом уровне. При проникновении плероцеркоидов в организм рыб активизируются защитные механизмы, как у хозяев, так и паразитов. У плероцеркоидов включаются механизмы по уклонению от иммунного ответа рыб или регуляции иммунитета. Характеристики иммунной системы рыб при заражении цестодами являются интегральным показателем, складывающимся, с одной стороны, из антипаразитарного иммунного ответа хозяина, с другой стороны – из регуляторного воздействия паразитов на иммунную систему хозяев.

Работа выполнена в рамках программы № 121030900141-8 и при финансовой поддержке РФФИ (грант 19-04-00666).

ЛИТЕРАТУРА

- Сидорова Т.В. Транскриптомный анализ плероцеркоидов лентеца чаечного *Diphyllbothrium dendriticum* (Cestoda) / Т.В. Сидорова, И.А. Кутырев, К.В. Хабудаев, Л.В. Суханова, О.Е. Мазур // Acta Nature. Спец вып. II Объед. науч. форум: VI Съезд физиологов СНГ, VI Съезд биохимиков России, IX Росс. симп. «Белки и пептиды». – Науч. тр. – Т. 2. – М.: Изд-во «Перо», 2019. – С. 176.
- Biserova N.M. GABA in the nervous system of the Cestodes *Diphyllbothrium dendriticum* (Diphyllbothriidea) and *Caryophyllaeus laticeps* (Caryophylliidea), with comparative analysis of muscle innervation / N.M. Biserova, I.A. Kutyrev, K. Jensen // Journal of Parasitology – 2014. – V. 100, №4. – P. 411-421.
- Kutyrev I.A. In vitro effects of the neuroactive substances serotonin and γ -aminobutyric acid on leucocytes from sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) / I.A. Kutyrev, F. Franke, J. Kurtz, J.P. Scharsack // Fish and Shellfish immunology. – 2019. – V. 87. – P. 286-296.
- Kutyrev I.A. Prostaglandins E₂ and D₂ – regulators of host immunity in the model parasite *Diphyllbothrium dendriticum*: an immunocytochemical and biochemical study / I.A. Kutyrev, N.M. Biserova, D.N.

Olennikov, Z.V. Korneva, O.E. Mazur // Molecular and Biochemical Parasitology – 2017. – V. 212. – P. 33-45.

Sidorova T.V. Transcriptome analysis of the Baikal whitefish head kidney (*Coregonus* sp., Coregonidae) / T.V. Sidorova, I.A. Kutyrev, L.V. Sukhanova, K.V. Khabudaev, O.E. Mazur // Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2020): The Twelfth International Multiconference (06-10 July 2020, Novosibirsk, Russia); Abstracts / Novosibirsk State University. Novosibirsk, 2020. P. 118-119.

УДК 582.28+631.466.1

Изучение видового состава микромицетов в лесных почвах Кунгей Алатау (Казахстан)

Кызметова Л.А., Асылбек А.М.,
Рахимова Е.В., Урманов Г.А., Джунусканова Б.Е.

Институт ботаники и фитоинтродукции КЛХЖМ МЭГПР РК, Алматы, Казахстан,
lyzka79@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению видового состава микромицетов в лесных почвах хребта Кунгей Алатау (Казахстан). Образцы были отобраны в почвенном горизонте 5-20 см, в ризосфере *Picea schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey., *Betula pendula* Roth и *B. tianschanica* Rupr., *Sorbus tianschanica* Rupr., *Malus sieversii* (Ledeb.) Roem., *Salix* spp., *Rosa* spp., *Spiraea hypericifolia* L., *Artemisia* spp., *Juniperus* spp., *Crataegus* spp., *Ribes meyeri* Maxim., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Berberis sphaerocarpa* Kar. & Kir., *Hippophae rhamnoides* L., *Populus* sp., *P. tremula* L., *Caragana* spp., *Ephedra* sp. и *Lonicera* spp. Идентифицирован 71 вид почвенных микромицетов, относящихся к двум отделам, 6 порядкам, 8 семействам и 21 роду. Из аскомицетов наиболее широко представлены виды семейств *Trichocomaceae* и *Nectriaceae*. При этом наибольшее количество видов отмечено в родах *Penicillium* (35 видов), *Trichoderma* (7), *Aspergillus* (6) и *Talaromyces* (5 видов), тогда как остальные роды немногочисленны и представлены 1-3 видами. Представители мукоровых грибов насчитывают всего 5 видов.

Study of the species composition of micromycetes in forest soils of Kungey Alatau (Kazakhstan)

Kyzmetova L.A., Assylbek A.M.,
Rakhimova Y.V., Urmanov G.A., Dzhunuskanova B.Y.

Institute of Botany and Phytointroduction CFW MEGNR RK, Almaty, Kazakhstan, lyzka79@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the species composition of micromycetes in forest soils of the Kungey Alatau ridge (Kazakhstan). The samples were collected in the 5-20 cm soil horizon, in the rhizosphere of *Picea schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey., *Betula pendula* Roth and *B. tianschanica* Rupr., *Sorbus tianschanica* Rupr., *Malus sieversii* (Ledeb.) Roem., *Salix* spp., *Rosa* spp., *Spiraea hypericifolia* L., *Artemisia* spp., *Juniperus* spp., *Crataegus* spp., *Ribes meyeri* Maxim., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Berberis sphaerocarpa* Kar. & Kir., *Hippophae rhamnoides* L., *Populus* sp., *P. tremula* L., *Caragana* spp., *Ephedra* sp. and *Lonicera* spp. Identified 71 species of soil micromycetes belonging to two divisions, 6 orders, 8 families and 21 genera. Of the ascomycetes, the most widely represented species of the families *Trichocomaceae* and *Nectriaceae*. At the same time, the largest number of species was noted in the genera *Penicillium* (35 species), *Trichoderma* (7), *Aspergillus* (6), and *Talaromyces* (5 species), while the rest of the genera are few and represented by 1-3 species. There are only 5 species of mucorous fungi.

Почвенные микромицеты осуществляют многообразные процессы в почве и в круговороте веществ в природе. Однако, почти повсеместно, сообщества почвенных грибов – относительно малоизученные компоненты экосистем, всестороннее исследование которых имеет важное научное и практическое значение. В Казахстане по почвенным грибам имелись только незначительные данные, и только в последнее время появились работы, посвященные изучению как видового состава микромицетов, так и отдельных микокомплексов в ризосфере различных растений (Rakhimova et al., 2020).

Целью наших исследований было изучение видового состава микромицетов в лесных почвах Кунгей Алатау, горного хребта Северного Тянь-Шаня, расположенного в юго-восточной части Казахстана, на границе с Киргизией. Длина хребта составляет около 280 км, высота – до 4771 м (г. Чоктал). Рельеф резко расчлененный, в гребневой части альпийский. Господствуют горно-луговые и лугово-степные ландшафты, ниже их на южном склоне – горностепные, на северных склонах и в ущельях – еловые леса. В основной части хребта преобладает континентальный климат (Акиянова и др., 2006).

Пробы почв взяты на территории исследований в следующих ущельях: Талды, Саты, Ботамойнак, Кудурга, Кольсай, Курметы, Кокжазык, Сарыбастау и Танбалы. Образцы были

отобраны в почвенном горизонте 5-20 см, в ризосфере ели (*Picea schrenkiana* Fisch. & С.А. Мей.), березы (*Betula pendula* Roth и *B. tianschanica* Rupr.), рябины (*Sorbus tianschanica* Rupr.), облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.), яблони (*Malus sieversii* (Ledeb.) Roem.), ивы (*Salix* spp.), шиповника (*Rosa* spp.), спиреи (*Spiraea hypericifolia* L.), полыни (*Artemisia* spp.), можжевельника (*Juniperus* spp.), боярышника (*Crataegus* spp.), смородины (*Ribes meyeri* Maxim.), абрикоса (*Armeniaca vulgaris* Lam.), барбариса (*Berberis sphaerocarpa* Kar. & Kir.), тополя (*Populus* sp.), осины (*Populus tremula* L.), караганы (*Caragana* spp.), эфедры (*Ephedra* sp.) и жимолости (*Lonicera* spp.).

Для выделения почвенных микромицетов использовали метод разведения Ваксмана. Все образцы культивировались на картофельно-глюкозном агаре при температуре +25-27°C (Поликсенова, 2004). Идентификацию видов проводили на основании морфологических и культуральных особенностей выделенных изолятов. Названия видов грибов и авторы приведены в соответствии с базой данных Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org>).

При изучении почвенной микобиоты ризосферы растений хребта Кунгей Алатау идентифицирован 71 вид почвенных микромицетов, относящихся к двум отделам, 6 порядкам, 8 семействам и 21 роду.

Ascomycota Caval.-Sm.

Insertae sedis

Spicaria cephalospora Kamyschko.

Dothideomycetes O.E. Erikss. & Winka

Pleosporales Luttr. ex M.E. Barr

Pleosporaceae Nitschke

Alternaria sp.

Eurotiomycetes O.E. Erikss. & Winka

Eurotiales G.W. Martin ex Benny & Kimbr.

Trichocomaceae E. Fisch.

Aspergillus neoniveus Samson, SW Peterson, Frisvad & Varga, *A. niger* Tiegh., *A. flavipes* (Bainier & R. Sartory) Thom & Church, *A. sulphureus* Desm., *A. ustus* (Bainier) Thom & Church, *A. wentii* Wehmer.

Penicillium atramentosum Thom, *P. aurantiogriseum* Dierckx, *P. brevicompactum* Dierckx, *P. camemberti* Thom, *P. canescens* Sopp, *P. citreonigrum* Dierckx, *P. citrinum* Thom, *P. commune* Thom, *P. concavorugulosum* S. Abe, *P. decumbens* Thom, *P. expansum* Link, *p. glabrum* (Wehmer) Westling, *P. griseofulvum* Dierckx, *P. jensenii* K.W. Zaleski, *P. implatum* Biourge, *P. italicum* Wehmer, *P. melinii* Thom, *P. nalgiovense* Laxa, *P. oxalicum* Currie & Thom, *P. parvum* Raper & Fennell, *P. raperi* G. Sm., *P. resticulosum* Birkinshaw, Raistrick & G. Sm., *P. roqueforti* Thom, *P. solitum* Westling, *P. thomii* Maire, *P. velutinum* J.FH Beyma, *Penicillium* sp. 1–9.

Talaromyces duclauxii (Delacr.) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert, *T. ruber* (Stoll) N. Yilmaz, Houbraken, Frisvad & Samson, *T. rugulosus* (Thom) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert, *T. variabilis* (Sopp) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert, *T. varians* (G. Sm.) Samson, N. Yilmaz & Frisvad.

Leotiomycetes O.E. Erikss. & Winka

Helotiales Nannf.

Insertae sedis

Cadophora fastigiata Lagerb. & Melin

Sordariomycetes O.E. Erikss. & Winka

Hydrocales Lindau

Insertae sedis

Cephalosporium terricola Kamyschko

Geosmithia putterillii (Thom) Pitt

Clavicipitaceae Rogerson

Metarhizium carneum (Duché & R. Heim) Kepler, S.A. Rehner & Humber

Nectriaceae Tul. & C. Tul.

Fusarium sp., *Fusarium* sp. 1.

Monilia sp.

Pachybasium terricola Kamyschko

Trichoderma aureoviride Rifai, *T. harzianum* Rifai, *T. koningii* Oudem., *T. polysporum* (Link)

Rifai, *T. viride* Pers., *Trichoderma* sp., *Trichoderma* sp. 1.

Ophiocordycipitaceae G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora

Purpureocillium lilacinum (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson

Stachybotryaceae L. Lombard & Crous

Stachybotrys chartarum (Ehrenb.) S. Hughes

Sordariales Chadeff. ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.

Chaetomiaceae G. Winter

Humicola nigrescens Omvik

Zygomycota Moreau

Mucorales Dumort.

Mucoraceae Fr.

Absidia spinosa Lendn.

Cunninghamella echinulata (Thaxt.) Thaxt. ex Blakeslee

Lichtheimia corymbifera (Cohn) Vuill.

Mucor mucedo Fresen.

Piptocephalis cylindrospora Bainier

Из аскомицетов наиболее широко представлены виды семейств *Trichocomaceae* и *Nectriaceae*. При этом наибольшее количество видов отмечено в родах *Penicillium* (35 видов), *Trichoderma* (7), *Aspergillus* (6) и *Talaromyces* (5 видов), тогда как остальные роды немногочисленны и представлены 1-3 видами. Некоторые исследователи (Taylor, Sinsabaugh, 2015) оценивают род *Penicillium* как космополитный, кроме того, он может встречаться в экстремальных местообитаниях в виде неактивных спор, что объясняет его значительное распространение в почвах умеренных широт. Представители муконовых грибов насчитывают всего 5 видов, из которых наиболее часто отмечены *Absidia spinosa* и *Mucor mucedo*. Максимальное количество видов почвенных грибов изолировано из ризосферы представителей родов *Rosa* и *Artemisia* (23 и 22 вида, соответственно). В ризосфере *Sorbus tianschanica*, *Picea schrenkiana*, *Juniperus* spp., *Salix* spp., *Betula pendula* и *B. tianschanica*, *Populus* sp. и *Spiraea hypericifolia* отмечено от 18 до 10 видов почвенных грибов. Для ризосферы *Hippophae rhamnoides*, *Populus tremula*, *Crataegus* spp., *Ephedra* sp., *Lonicera* spp., *Ribes meyeri*, *Caragana* spp., *Berberis sphaerocarpa*, *Malus sieversii*, *Armeniacas vulgaris* характерно от 6 до 1 вида грибов.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта №AP08052881 «Получение отечественных штаммов грибов рода *Trichoderma* для улучшения почв в агробиоценозах».

ЛИТЕРАТУРА

Акиянова Ф.Ж., Медеу А.Р., Нурмамбетов Э.И., Потапова Г.М., Сарсекова А.С. Геоморфология Республики Казахстан // Природные условия и ресурсы. Алматы, 2006. Том 1. С. 205–206.

База данных Index Fungorum URL: <http://www.indexfungorum.org> (Дата обращения 12. 02.2021).

Поликсенова В.Д., Храмцов А.К., Пискун С.Г. Методические указания к занятиям спецпрактикума по разделу «Микология. Методы экспериментального изучения микроскопических грибов». Мн.: БГУ, 2004. 36 с.

Rakhimova Y.V., Assylbek A.M., Yermekova B.D., Kyzmetova L.A., Jetigenova U.K. – Structure of soil fungi complexes associated with rhizosphere of woody plants of the Zailisky Alatau (Kazakhstan). // Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology). 2020, Vol. 10 (1). P. 206–223.

Taylor D.L., Sinsabaugh R.L. The Soil Fungi: Occurrence, Phylogeny, and Ecology. In: Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry. New York: Elsevier Inc., 2015. P. 77–109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-415955-6.00004-9>.

УДК 579.26

Таксономическое разнообразие микробных сообществ в содовом озере Нухэ-Нур (Баргузинская котловина, Бурятия)

Лаврентьева Е.В.^{1, 2}, Банзаракцаева Т.Г.¹, Дамбаев В.Б.¹,
Раднагуреева А.А.¹, Козырева Л.П.¹

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, lena_1@mail.ru

²Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Впервые на основании данных секвенирования ампликона гена 16S рРНК изучено разнообразие прокариот в донных осадках содового озера Нухэ-Нур, расположенного в Баргузинской котловине Бурятии (Байкальская рифтовая зона). Филогенетический анализ показал, что наибольшую долю в сообществе донных осадков составили представители филумов *Proteobacteria*: классы *Gammaproteobacteria* и *Alphaproteobacteria*, а также *Bacteroidetes*, *Chloroflexi* и *Firmicutes*.

Taxonomic diversity of microbial communities in the soda lake Nukhe-Nur (Barguzin depression, Buryatia)

Lavrentyeva E.V.^{1, 2}, Banzaraktsaeva T.G.¹,
Dambaev V. B.¹, Radnagurueva A.A.¹, Kozyreva L.P.¹

¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, lena_1@mail.ru

²Buryat State University, Ulan-Ude, Russia

Abstract. The first time on the basis of sequencing data of the 16S rRNA gene amplicon was studied the diversity of prokaryotes in bottom sediments of the soda lake Nukhe-Nur, located in the Barguzin Basin of Buryatia (Baikal Rift Zone). Phylogenetic analysis showed that representatives of the phyla *Proteobacteria*: the classes *Gammaproteobacteria* and *Alphaproteobacteria*, and *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes* were dominant in bottom sediments.

Баргузинская котловина расположена между Баргузинским и Икатским хребтами у северо-восточного побережья Байкала в Бурятии и характеризуется высокими показателями континентальности климата. Соленые озера разнообразны по происхождению и морфологии, гидрохимическому и гидрологическому режимам (Намсараев др., 2007). Резкие сезонные и суточные перепады температуры, характерные для криоаридного климата, нестабильный водный режим, полное промерзание в зимний период, значительные колебания солености и температуры воды, в свою очередь, влечёт изменение структурных и функциональных характеристик микробных сообществ в озере. Таксономическая структура и микробное разнообразие содового озера Нухэ-Нур ранее никогда не изучалась с использованием молекулярных методов.

Основная цель исследования – оценить структуру и разнообразие прокариот в содовом озере Нухэ-Нур.

Озеро Нухэ-Нур (53°38'781" с.ш. 109°56'807" в.д., высота 479 м над уровнем моря), площадью около 2-2.5 км² располагается в надпойменном понижении на степном участке долины, по правому берегу реки Баргузин. Определение физико-химических параметров воды и отбор проб проводили в южной части озера. Станции отбора определены в местах развития различных типов микробных матов.

Температура воды в момент отбора проб (август 2019) составила +21,6 °С, рН – 9.62 и минерализация - 9,8 г/ дм³. Окислительно-восстановительный потенциал был в пределах – 0,75 мВ, что объясняется образованием восстановленных соединений за счет продуктов анаэробного распада органического вещества и низкими значениями растворенного кислорода. Доминирующий катион в воде озера Нухэ-Нур Na⁺ - 2940,86 мг/дм³ (рис. 1). Щелочная рН воды озера создана за счет высоких концентраций ионов HCO₃⁻ и CO₃²⁻, содержание кото-

рых достигало 5186 мг/дм³ и 780 мг/дм³. Концентрация сульфатов в воде была незначительной и составила 157 мг/дм³, содержание ионов хлора составило 613,0 мг/дм³. Также в воде озера обнаружены фториды, бромиды и ионы кремния.

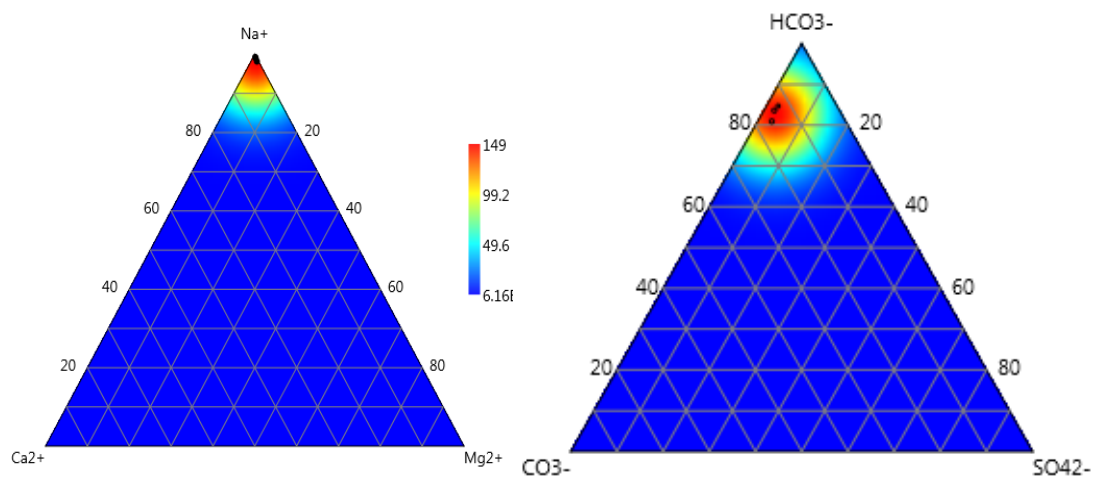


Рис. 1. Трехкомпонентная диаграмма процентного вклада катионов (а) и анионов (б) в исследуемых станциях отбора

Таксономический состав микробного сообщества в донных осадках озера Нухэ-Нур

Изучено разнообразие прокариот в донных осадках содового озера Нухэ-Нур, с использованием высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК. Во всех изученных образцах донных осадков доминировали бактерии, представители архей составляли незначительную долю 0.05–2%. Наибольшую долю в сообществе донных осадков озера Нухэ-Нур составили представители филумов *Gamma*proteobacteria (10–27%), *Alpha*proteobacteria (5–11%), *Bacteroidetes* (14–43%), *Chloroflexi* (5–12%) и *Firmicutes* (9–14%), но их соотношение существенно варьировало на разных станциях (рис. 2).

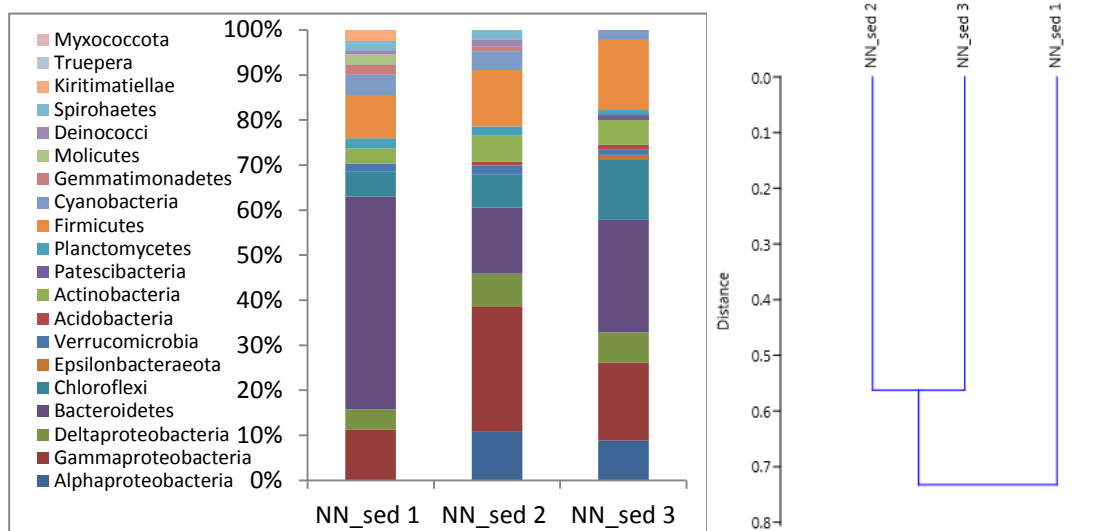


Рис. 2. Таксономическое разнообразие прокариот в донных осадках озера Нухэ-Нур.

Наибольшее количество прочтений было получено на станции 3 (NN_sed 3). Анализ индексов таксономического разнообразия показал, что наибольшее видовое разнообразие, оцененное с помощью индексов Симпсона и Шеннона выявлено в донных осадках NN_sed 2. Для донных осадков NN_sed 1 рассчитаны наименьшие индексы разнообразия (таблица).

Таблица

Индексы таксономического разнообразия в донных осадках озера Нухэ-Нур

Станция отбора	Количество прочтений	Simpson_1-D	Shannon_H
NN_sed 1	13905	0.7595	1.97
NN_sed 2	13271	0.8644	2.30
NN_sed 3	13668	0.8569	2.18

Особенностью таксономического состава микробного сообщества донных осадков Нухэ-Нур являлось доминирование ОТЕ, отнесенных к некультивируемым клонам принадлежащим к таксонам разного ранга.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-44-030021 р_а и частично в рамках госзадания № 121030100229-1.

ЛИТЕРАТУРА

Намсараев Б.Б., Зайцева С.В., Хахинов В.В., Иметхенов А.Б., Ринчино С.Х., Максанова Л.Б.-Ж. Минеральные источники и озера Баргузинской долины. Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2007. 98 с.

УДК 574.45:631.45

**Соподчиненность почвенных условий и биопродуктивности
в леймусовых сообществах (*Leymus Chinensis* (Trin.) Tzvel.) Восточного Забайкалья***Лаврентьева И.Н.^{1,2}, Болонева Л.Н.¹,
Меркушева М.Г.¹, Бадмаева Н.К.¹*¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, lira1973@mail.ru²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова,
Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Изучены биологическая продуктивность леймусовых сообществ (*Leymus Chinensis* (Trin.) Tzvel.) и почвенные условия их произрастания. Выявлены взаимосвязи компонентов биопродуктивности с расчетными интегральными показателями плодородия почвы.

**Subordination of soil conditions and bioproductivity
in leymus-chinensis cenoses of East Trans-Baikal***Lavrentieva I.N.^{1,2}, Boloneva L.N.¹,
Merkusheva M.G.¹, Badmaeva N.K.¹*¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, lira1973@mail.ru²Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, Ulan-Ude, Russia

Abstract. The biological productivity of leymus-chinensis cenoses and the soil conditions of their growth were studied. The interrelationships of the components of bio-productivity with the calculated integral indicators of soil fertility are revealed.

Leymus Chinensis (Trin.) Tzvel. является экономически ценным сенокосным и нажировочным пастбищным растением, широко распространенным на степной территории Восточного Забайкалья, где образует практически моновидовые сообщества. Он имеет большое значение не только как компонент продуктивных пастбищ и сенокосов, но используется для восстановления деградированных угодий и закрепления нарушенных территорий. Это обуславливает необходимость изучения почвенных условий произрастания леймусовых сообществ и их взаимосвязь с продукционными процессами.

Цель работы – выявить взаимосвязь между показателями плодородия почв и биологической продуктивностью в монодоминантных леймусовых сообществах Восточного Забайкалья.

Исследования проводили в 2019 г в Забайкальском крае. Объектом исследования являлись монодоминантные леймусовые сообщества, произрастающие на разных типах почв. Было выделено пять стационарных площадок: по две в Оловянинском (условное обозначение площадки – Т-1, Т-2) и Агинском районах (Т-4, Т-5), одна – в Дульдургинском (Т-6). На каждой площадке закладывался почвенный разрез и определялась биопродуктивность сообщества.

Классификация и диагностика почв проводилась согласно положениям «Классификации и диагностики почв России» [42]. При изучении физических, физико-химических и химических свойств почв руководствовались общепринятыми методами исследований [Практикум ..., 1987].

Определение проективного покрытия и обилия видов в сообществах проводили по Браун-Бланке на площади 100 м². Запасы надземной и подземной фитомасс определяли в 2-ю декаду июля. Травостой срезали у самой поверхности почвы с площадок 50x50 см в пятикратной повторности. Растительность каждого укоса разбиралась на три составляющие: зеленая фитомасса леймуса, других видов растений и ветошь. Запасы подземной массы изу-

чали методом монолитов. В каждом сообществе почвенные монолиты отбирали с трех площадок размером 25x25 см до глубины 20 см.

Для проведения статистической обработки полученных результатов использовали пакет «STATISTICA» версии 10.0 для Windows. Проверка соответствия выборочных распределений нормальному определялась по критерию Шапиро-Уилка. Оценка зависимости между двумя переменными проводилась с применением коэффициента корреляции Спирмена. Для выявления различий между несколькими независимыми группами на первом этапе применялся дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса, а при статистически значимых результатах в дальнейшем использовался метод Манна-Уитни с учетом поправки Бонферрони.

Интегральный показатель плодородия почвы (*СПБ*) рассчитывался на основе относительных баллов ее свойств по формуле:

$СПБ = mB_1 * B_2 * \dots * B_m * D_c$, где *СПБ* – совокупный почвенный балл, *m* – число показателей, используемых при расчете, *D_c* – поправочные коэффициенты на дополнительно учитываемые свойства почв.

Относительный балл рассчитывался только для таких свойств почвы, как мощность плодородного слоя, содержание гумуса, емкость катионного обмена по формуле:

$B_i = 50 + 10X_i - X_{cp}S_x$, где *X_i* – фактическое средневзвешенное или абсолютное значение показателя, *X_{cp}* – среднее значение показателя по выборке, *S_x* – стандартное отклонение в выборке. К дополнительно учитываемым свойствам почвы были отнесены: содержание физической глины, реакция среды, подвижные формы фосфора и калия, засоление, гидроморфизм, солонцеватость.

Видовой состав изученных леймусовых сообществ представлен 62 видами, принадлежащими 21 семейству. Леймус доминирует во всех сообществах по удельному проективному покрытию и фитомассе. По градации Р. Уиттекера (1980), биологическая продуктивность сообществ оценивается как высокая, 2105-3189 г/м²·год, что обусловлено достаточным количеством выпадающих осадков за период май – сентябрь в год исследования. Сообщества достоверно различаются между собой по следующим компонентам биопродуктивности: надземная фитомасса леймуса (H=18,5, p=0,01), надземная фитомасса других видов (H=15,6, p=0,0036), общая надземная фитомасса (H=17,9, p=0,013), ветошь (H=21,9 p=0,0002), первичная продукция (H=9,7, p=0,0467).

Изученные леймусовые сообщества произрастают на следующих типах (подтипах) почв – Т-1 – светлогумусовая квазиглеевая засоленная солонцеватая турбированная; Т-2 – литозем; Т-4 – аллювиальная светогумусовая квазиглеевая; Т-5 – светлогумусовая; Т-6 – слоисто-аллювиальная гумусовая. Диапазон варьирования некоторых их свойств довольно широкий. Гранулометрический состав изменяется от песчаного до легкоглинистого, содержание гумуса – от очень малого до ниже среднего, реакция среды – от нейтральной до сильнощелочной, емкость катионного обмена (ЕКО) – от низкой до умеренно низкой, степень солонцеватости – от несолонцеватых до слабосолонцеватых, содержание подвижного фосфора – от низкого до повышенного, содержание обменного калия – от низкого до среднего, степень засоления – от незасоленных до сильно засоленных, содержание карбонатов – от некарбонатных до среднекарбонатных.

Анализ взаимосвязей интегральных почвенных показателей с компонентами биопродуктивности показал, что статистически значимая связь выявлена между *СПБ* рассчитанного по всем свойствам почвы (*СПБ_{общ}*) и первичной продукцией (r=0,90, p=0,037). По массе первичной продукции выделились две группы сообществ: 1) Т-1, Т-5, Т-6; 2) Т-2, Т-4. Для первой группы *СПБ_{общ}* составил 54-55 балла, а для второй 30-50 балла.

В связи с тем, что на подземную фитомассу приходится основная доля первичной продукции (88-94%), наблюдается корреляция данного показателя биопродуктивности с *СПБ_{общ}*. Следует отметить, что по подземной фитомассе изученные сообщества не различаются.

Зеленая масса леймуса китайского коррелирует с интегральным показателем, рассчитанным по мощности плодородного слоя и содержанию физической глины (r=0,96, p<0,05), надземная фитомасса других видов – с *СПБ*, рассчитанным по мощности плодородного слоя,

реакции среды и содержанию подвижного фосфора ($r=0,70$, $p<0,05$), ветошь – с СПБ, рассчитанным по мощности плодородного слоя и содержанию гумуса ($r=0,71$, $p<0,05$).

Таким образом, леймусовые сообщества имеют высокую степень адаптации к различным почвенным условиям степи в Восточном Забайкалье. Выявленные взаимосвязи компонентов биопродуктивности с почвенными свойствами раскрывают особенности функционирования леймусовых сообществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-416-03-0028 и частично в рамках госзадания № 121030100228-4 для ФГБУН ИОЭБ СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Практикум по агрохимии / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 326 с.

Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России/ Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. - Изд-во Ойкумена Смоленск, 2004. - 341 с.

УДК 599.325.2(571.5)

Запасание пищи у туруханской пищухи (*Ochotona turuchanensis* Naumov, 1934): предварительный анализ

Ленхобоева С.Ю.¹, Чепинога В.В.², Чимитов Д.Г.¹, Белова В.А.³,
Скорнякова А.М.³, Никулин А.А.¹, Никулина Н.А.⁴, Борисова Н.Г.¹, Ильченко О.Г.⁵

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, sekalana91@mail.ru

²Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

³Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

⁴Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутск

⁵Московский зоопарк, Москва, Россия

Аннотация. Проведен анализ видового состава и обилия растений в стожках и в растительных сообществах, доступных для сбора корма туруханской пищухой вокруг каменистой осыпи на юге Иркутской области (окрестности пос. Нижний Кочергат). Основную массу стожка составляли 4 вида с высоким обилием в растительных сообществах (*Rubus matsumuranus*, *Sambucus sibirica*, *Populus tremula*, *Spiraea media*) и 2 вида, редкие в районе осыпи (*Veratrum nigrum*, *Urtica dioica*). С помощью индекса Ивлева установлено, что пищуха избирательно запасает только *V. nigrum* и *U. dioica*, остальные растения собирались пропорционально их обилию. При этом, многие другие обильные растения полностью игнорировались пищухой.

Food storage in the Turuchan pika (*Ochotona turuchanensis* Naumov, 1934): a preliminary analysis

Lenkhoboeva S.Y.¹, Chepinoga V.V.², Chimitov D.G.¹, Belova V.A.³,
Skornyakova A.M.³, Nikulin A.A.¹, Nikulina N.A.⁴, Borisova N.G.¹, Ilchenko O.G.⁵

¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, sekalana91@mail.ru

²Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

³Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

⁴Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

⁵Moscow Zoo, Moscow, Russia

Abstract. The species composition and abundance of plants in the Turuchan pika habitat and in its haypiles were studied in the talus surrounded by taiga on the Primorsky ridge. With the Ivlev's Electivity Index, it was found that the pika was selective in collecting food: *Veratrum nigrum* and *Urtica dioica*, being relatively rare in the habitat, were highly preferred and abundant in the haypiles. The bulk of the haypiles also consisted of 4 species (*Rubus matsumuranus*, *Sambucus sibirica*, *Populus tremula*, *Spiraea media*) with a high abundance in the habitat and collected proportionally with their abundance. Many plant species being abundant in the habitat were rejected.

Успешность существования популяции животных зависит от обилия пищи в среде обитания. Текущие изменения климата могут привести к изменениям таких факторов, как обилие пищи, ее питательная ценность, период времени, доступный для сбора пищи. Считается, что менее уязвимы для изменений климата виды, являющиеся генералистами, в том числе в отношении питания. В данном сообщении представлены результаты предварительного анализа запасания пищи у туруханской пищухи. Данный вид недавно был выделен как самостоятельный в группе *alpina-hypreborea*. Сведений по его питанию практически нет. Доступные данные собраны в зоне контакта туруханской и северной пищух, поэтому дифференцировать, к какому виду они имеют отношение, не представляется возможным.

Исследования проведены в Иркутской области, в 2 км южнее пос. Нижний Кочергат, на каменистой осыпи в основании правого борта долины одноименной реки. В августе 2020 г. по периметру осыпи были выполнены геоботанические описания на 19 пробных площадках размером 3×3 м. Поскольку осыпь небольшая, примерно 50×100 м, площадки почти равномерно охватили ее по периметру. Кроме того, 6 площадок заложено в кустарниковых зарос-

лях в пределах самой осыпи. Определено проективное покрытие растений, доступных для срезки пищухами на высоте до 25 см (высота вставшего на задние лапки зверька), сбрасывающих листья или хвою деревьев, и кустов бузины, по стеблям которой пищухи залезают до самых верхушек. Учет видового состава и относительного обилия провели в полевых условиях в 18 стожках, принадлежавших 5 пищухам. Поскольку растения в стожках были разной степени сухости, мы разделяли в конкретном стожке все фрагменты растений на три категории сухости. Обилие вида в стожке рассчитывали по средней сухости, используя переводные коэффициенты для двух других категорий. Для анализа сходства состава стожков и растительных сообществ на площадках применили иерархический кластерный анализ в программе STATISTICA 13.2. В течение 3 недель, предшествующих анализу стожков, вели наблюдения за индивидуально мечеными зверьками. В конце сентября состав стожков был проверен повторно. Селективность запасаения оценивали только для двух зверьков, у которых были прослежены маршруты походов за растениями. Для оценки использовали индекс избирательности Ивлева (Ивлев, 1955).

В сообществах растений на осыпи и прилегающей территории отмечено 103 вида сосудистых растений, мхов и лишайников. Площадки распадаются на 2 группы: каменистые – практически однотипные по составу и обилию видов охватывают осыпь сверху и по бокам и мелкоземистые – примыкают к осыпи снизу, в основании склона. В стожках обнаружено 33 вида сосудистых растений, относящихся к 20 семействам, а также грибы (Basidiomycota), лишайники (Cladoniaceae) и мхи (Hypnaceae). Таким образом, из 103 видов, произрастающих на осыпи и в непосредственной близости от нее, пищухи не запасали 71 вид: 19 видов покрытосеменных однодольных растений, 47 видов двудольных, 1 вид голосеменных хвойных, 3 вида папоротников и 1 вид лишайников.

По сходству состава и относительному обилию видов, стожки можно условно разделить на 3 группы. (1) Пять стожков, состоящих из 4–11 (совокупный список – 16) видов растений, из которых на долю доминанта приходится более 50%. Общие виды: *Galium verum* и *Rubus matsumuranus*. В большей части стожков встречаются: *Populus tremula*, *Padus avium*. Доминанты: *Spiraea flexuosa*, *Veratrum nigrum*, *Rubus matsumuranus*. В 2 стожках обнаружены два содоминанта (*Rubus matsumuranus*, *Populus tremula*), которые имели равное обилие, в совокупности составляющее более половины стожка. Стожки собраны разными особями. (2) Восемь стожков, состоящих из 2–8 видов растений, из которых на долю доминанта приходится около 60%; общее разнообразие – 16 видов растений. Общих видов нет. Встречаются в большей части стожков: *Populus tremula*, *Rubus matsumuranus*, *Sambucus sibirica*. Доминанты: *Populus tremula*, *Sambucus sibirica*, *Veratrum nigrum*. Стожки принадлежат разным особям. (3) Пять стожков, состоящих из 14–19 видов растений; на долю доминанта приходится более 50%, общее разнообразие – 31 вид. Общие виды: *Galium verum*, *Spiraea flexuosa*, *Vicia unijuga*. В большинстве стожков встречаются: *Populus tremula*, *Padus avium*. Доминанты: *Spiraea flexuosa*, *Sambucus sibirica*, *Veratrum nigrum*, *Rubus matsumuranus*. В одном стожке доминировали 3 вида (*Veratrum nigrum*, *Cirsium setosum*, *Populus tremula*) с равным обилием, в совокупности составляющем 60%. Стожки принадлежат самцу №7.

В Таблице приведены значения индекса Ивлева, отражающего избирательность зверьков в тех или иных запасаемых растениях. По обилию в стожках доминируют всего 6 видов (*Veratrum nigrum*, *Rubus matsumuranus*, *Sambucus sibirica*, *Populus tremula*, *Spiraea media*, *Urtica dioica*) – на каждый приходится более 8% проективного покрытия; на долю остальных приходится по 1% и менее. Интересно, что особо предпочитаемыми среди доминантов являются чемерица черная (*Veratrum nigrum*) и крапива двудомная (*Urtica dioica*), которые в растительности по периметру осыпи не обильны. В то же время пищухи не запасали такие обильные виды, как *Carex pediformis*, *C. korshinskyi*, *Poa krylovii*. Покрытие этих видов составляло на пробных площадках от 4,1% до 10,4%. Таким образом, туруханская пищуха проявляет избирательность при запасаении корма: ряд малообильных растений охотно собирает ее, тогда как многие обильные растения вовсе не привлекательны для зверьков в пищевом отношении.

Установленный паттерн избирательности при запасании совпадает с обнаруженным у других видов пищух подрода *Pika*: северной (*O. hyperborea* Pallas, 1811) (Gliwicz и др, 2006) и американской (*O. princeps* Richardson, 1828) (Dearing, 1996, 1997). Выявленная избирательность у всех видов проявляется скорее не в предпочтении, а в отказе от определенных видов растений: прежде всего, злаковых. Что касается северной и американской пищух, то для них установлено предпочтение двудольных растений, растений с большими листовыми пластинками и высоким содержанием вторичных метаболитов. Предполагается, что первые два критерия выбора диктуются питательной ценностью и эффективностью транспортировки растений до стожков, а выбор видов, богатых вторичными метаболитами, – их антибактериальными и противогрибковыми свойствами, способствующими сохранности растений в стожках.

Таблица

Оценка избирательности питания туруханской пищухи

Вид	Обилие		Индекс Ивлева	Вид	Обилие		Индекс Ивлева
	стож-ки	площад-ки			стож-ки	площадки	
<i>Veratrum nigrum</i>	21,61	0,71	0,94	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	0,5	0,22	0,4
<i>Rubus matsumuranus</i>	18,89	10,08	0,3	<i>Hemerocallis minor</i>	0,48	0,5	-0,02
<i>Sambucus sibirica</i>	18	8	0,38	<i>Polygonatum odoratum</i>	0,38	0,4	-0,03
<i>Populus tremula</i>	15,86	4,58	0,55	<i>Vicia nervata</i>	0,27	1,74	-0,7
<i>Spiraea media</i>	9,04	16,73	-0,29	<i>Cotoneaster melanocarpus</i>	0,21	5,43	-0,93
<i>Urtica dioica</i>	8,26	0,5	0,89	<i>Phlomis tuberosa</i>	0,21	0,7	-0,54
<i>Lathyrus humilis</i>	1,08	3,77	-0,55	<i>Artemisia sericea</i>	0,19	4,22	-0,91
<i>Betula platyphylla</i>	1,69	0,82	0,34	<i>Thalictrum appendiculatum</i>	0,15	0,89	-0,72
<i>Campanula glomerata</i>	0,17	1,04	-0,72	<i>Sedum aizoon</i>	0,15	0,35	-0,42
<i>Larix sibirica</i>	0,72	0,22	0,53	<i>Rosa acicularis</i>	0,13	1,02	-0,77
<i>Galium verum</i>	0,64	1,41	-0,38	<i>Poa botryoides</i>	0,13	0,15	-0,06
<i>Vicia unijuga</i>	0,59	1,2	-0,34	<i>Padus avium</i>	0,08	2	-0,93
<i>Cirsium serratuloides</i>	0,51	0,55	-0,04	<i>Galium boreale</i>	0,06	0,7	-0,84

Примечание. Полужирным шрифтом выделены: виды с высоким значением обилия в стожках и на учетных площадках; индексы, указывающие на предпочтение (от 0,4 до 1); курсивом – индексы, указывающие на выбор растения пропорционально его обилию в окружающей среде (-0,4 до +0,4).

Собранные нами данные охватывают небольшой временной промежуток периода запасаения у туруханской пищухи. Однако уже сейчас очевидно, что: высохшие растения перемещаются пищухами из открытых ниш в более глубокие (при повторном обследовании в конце сентября мы не нашли растения из стожков, разобранных нами в августе); существует сезонная изменчивость в выборе растений (по видовому составу стожки, проанализированные на этой же осыпи в июле 2014 г. (Зацепина, Никулин, 2014), отличаются от изученных нами); для более корректной оценки селективности необходимо разработать методику учета обилия растений, доступных для пищух.

Исследование профинансировано в рамках выполнения государственного задания ИОЭБ СО РАН, проект 0271-2021-0001, и грантом РФФИ и Правительства Иркутской области № 20-45-380009.

ЛИТЕРАТУРА

Ивлев В.С. Экспериментальная экология питания рыб. М.: Пищепромиздат, 1955. С. 255.

Зацепина О.С., Никулин А.А. Видовой состав стожков северной пищухи (*Ochotona hyperborea* Pall., 1881) в одном из районов Прибайкалья//Вестник КрасГАУ. 2014. №12. С. 106-109.

Dearing M. Disparate determinants of summer and winter diet selection of generalist herbivore, (*Ochotona princeps*)//Oecologia. 1996. Vol. 108, P. 467-478.

Dearing M. The function of haupiles of pikas (*Ochotona princeps*)//Journal of Mammalogy. 1997. Vol. 78, P. 1156-1163.

Gliwicz J., Pagacz S., Witzuk J. Strategy of Food Plant Selection in the Siberian Northern Pika, *Ochotona hyperborea*//Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2006. Vol. 38, P. 54-59.

УДК 599. (571)

Прогноз распространения климатической ниши даурской пищухи (*Ochotona dauurica* Pall., 1776)

Лизунова А.В., Борисова Н.Г., Старков А.И., Насникова Т.Н.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, kapusto4ka@mail.ru

Аннотация. Выявлены смещения зон, различающихся по степени пригодности климатических условий для обитания даурской пищухи, при контрастных сценариях развития климата RCP 2.6 и 8.5 в 2070 г. Установлено, что, согласно прогнозу, произойдет существенное перераспределение участков по степени пригодности климатических условий внутри современного ареала. Появится ряд территорий с пригодными климатическими условиями вне современного ареала пищухи.

Prediction of the Daurian pika climatic niche distribution

Lizunova A.V., Borisova N.G., Starkov A.I., Nasnikova T.N.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, kapusto4ka@mail.ru

Abstract. The shifts of areas with different suitability of climatic conditions for the Daurian pika are predicted for the contrasting climate development scenarios RCP 2.6 and 8.5 in 2070. There will be a significant redistribution of areas differing in climatic suitability within the modern species range. A number of climatically suitable territories will appear outside the modern range of the pika.

Одним из последствий текущих изменений климата для животных может быть географическое смещение подходящих для их обитания климатических условий. Чтобы оценить уязвимость видов для изменений климата, необходимо уметь прогнозировать географические смещения климатических условий. Есть три варианта пространственного расположения климатических условий: 1) новая территория с приемлемыми климатическими условиями отделена от территории обитания вида; 2) на территории обитания практически повсеместно сохраняются подходящие климатические условия; 3) климатические условия сохраняются на части исходной территории. Риски для существования вида несут варианты 1 и 3, когда неизвестно, подходит ли новая территория по другим параметрам окружающей среды. Наихудший вариант – 1, поскольку территория с пригодными климатическими условиями может быть физически недоступна для животных.

Прогноз распространения климатических условий, пригодных для обитания видов, в настоящее время чаще всего выполняется посредством корреляционного моделирования, состоящего в сопоставлении климатических характеристик и точек присутствия вида.

Мы провели такое моделирование для даурской пищухи, являющейся, по нашему мнению, биотическим мультипликатором для степных экосистем Юго-Западного Забайкалья. С помощью программы MaxEnt версии 3.4.1 была построена модель с биоклиматическими переменными BIO1, BIO3, BIO10, BIO11, BIO15 и BIO18, выполнены прогнозы распространения климатических условий даурской пищухи в 2070 г. при 2 наиболее контрастных сценариях развития климата: RCP 2.6 и RCP 8.5 (Борисова и др., 2020). В полученных картах мы классифицировали диапазоны вероятности присутствия пищухи следующим образом: неподходящие климатические условия для обитания – от 0 до 0,47; слабо подходящие – от 0,47 до 0,67; подходящие – от 0,67 до 0,83; оптимальные – от 0,83 до 1,0, хотя, безусловно, данные интервалы требуют валидации для даурской пищухи. Чтобы определить смещения климатических условий вида при 2 сценариях развития климата мы провели вычитание растров соответствующих карт в программе QGIS 2.6 (QGIS Development Team..., 2021). Поскольку нас интересовало снижение приемлемости климатических условий от пригодных до непригодных, и наоборот, то изменили значения всех пикселей конкретного диапазона до значения

его нижней границы. В результате такой обработки при визуализации в DIVA-GIS 7.4.0.1 (DIVA-GIS..., 2017) полученных результатов вычитания растров наглядно видно, до какого диапазона приемлемости изменяются условия.

Проведенный анализ выявил следующие изменения:

1. При значении вероятности присутствия 0,83 на современной территории оптимальных условий для обитания при сценарии RCP 2.6 существенных изменений не прогнозируется, за исключением отдельных мест, где условия ухудшатся: котловин Тувы (до неподходящих), ряда участков Убсу-Нурской котловины (до слабо подходящих) в Монголии, центральных частей провинций Шэньси и Хэбэй (до неподходящих) и отдельных районов на востоке Внутренней Монголии (до слабоподходящих). При сценарии RCP 8.5 в Западном Забайкалье и на большей части Монголии существенных изменений не произойдет. В Тувинской и Убсу-Нурской котловинах условия ухудшатся до неподходящих или слабо подходящих, соответственно. Сильное ухудшение ожидается в Китае, где практически вся территория Лессового плато на юге Внутренней Монголии, весь север провинции Шэньси (в большой излучине р. Хуанхэ), север и частично центр провинции Шаньси, частично юг провинции Ганьсу и восточные части пустыни Гоби во Внутренней Монголии станут климатически непригодными для обитания вида.

2. При значении вероятности присутствия 0,67 на современной территории подходящих климатических условий при сценарии RCP 2.6 в Западном и Восточном Забайкалье и в Монголии, вплоть до севера Гоби, существенных ухудшений не прогнозируется. В некоторых местах – на юге бассейна р. Селенги, на юге Хэнтейского и Сухэ-Баторского аймаков в Монголии, севере и в центр аймака Шилин-Гол в Китае – условия улучшатся. Ухудшение до неподходящих условий прогнозируется для Тувинской и Хемчикской котловин, до слабоподходящих – в низовьях р. Тес-Хем на юге Тувы. В Китае ожидается ухудшение климатических условий до неподходящих в отдельных местах провинций Ганьсу и Шэньси, на восточной границе пустыни Гоби на востоке Внутренней Монголии (округа Чифэн, Тунляо и восток аймака Шилин-Гол, у г. Маньчжурия). При сценарии RCP 8.5 улучшатся до оптимальных климатические условия по рр. Уда и Итанца в Бурятии, расширится зона оптимальных условий на юге монгольской части бассейна р. Селенга и на ряде склонов южной экспозиции хребтов на западе Монголии. На востоке Монголии и в смежных частях Внутренней Монголии Китая площадь оптимальных местообитаний прогнозируется меньшей, чем при более мягком развитии климата. Оптимальные климатические условия прогнозируются для котловины оз. Куку-Нор (Цайдам). Существенно ухудшатся (до неподходящих) условия в Тувинской, Хемчикской и Убсу-Нурской котловинах, по склонам гор в среднем течении р. Хуанхэ в Нинся-Хуэйском автономном районе, по южной окраине Лессового плато (провинция Шэньси), в ряде мест провинций Ганьсу, Шаньси, Хэбэй и на востоке Внутренней Монголии в тех же округах и аймаках, что и при сценарии RCP 2.6.

3. При значении вероятности присутствия 0,47 на современной территории слабо подходящих климатических условий при сценарии RCP 2.6 существенного ухудшения не произойдет. В ряде мест прогнозируется улучшение условий до подходящих: вне современного ареала в Бурятии на восток по р. Уде в направлении Витимского плоскогорья, в Баргузинской и Тункинской котловинах, по склонам хребтов, обрамляющих южную часть бассейна р. Селенги и западнее (почти до Алтая), в Забайкальском крае – в верхней части течения р. Ингода, по склонам хребтов Южного Забайкалья, в Акшинском районе и в районе г. Борзя. Наиболее отчетливое улучшение условий в Монголии будет на северо-западе Восточного аймака, там, где р. Онон подходит к границам России. В Китае единственным местом, где будет проявляться тенденция к улучшению, будет восток Внутренней Монголии вокруг г. Хайлар. Появятся пятна пригодных климатических условий в Тувинской котловине, в Хутаг-Ундэрсоме сомоне Булганского аймака Монголии, на востоке Внутренней Монголии и в наиболее засушливых участках на юго-западе Внутренней Монголии, на границе с провинцией Ганьсу. При сценарии RCP 8.5 тенденция к улучшению климатических условий в Бурятии вне ареала усилится по всей долине Уды, на востоке Баргузинской, но особенно в от-

дельных частях Тункинской котловины (Монды, район Турана), в Туве – в горах Сенгилен, местами на Восточном Саяне, в Забайкальском крае – в Верхне-Ингодинской долине, в Монголии – во многих горных областях, особенно к югу от р. Тес-Хем, в сомонах Баян-Агт и Сайхан Булганского аймака, в районе г. Улан-Батор, на северо-западе Восточного аймака, в Китае – в отдельных местах в Тибете и на склонах Тянь-Шаня.

Таким образом, проведенный анализ говорит о том, что для даурской пищухи прогнозируется существенное перераспределение участков по степени пригодности климатических условий внутри современного ареала. В то же время появится ряд территорий с пригодными климатическими условиями вне современного ареала.

Результаты говорят о том, что для того, чтобы оценить уязвимость даурской пищухи к прогнозируемым климатическим изменениям, необходимо на следующем шаге выполнить оценку пригодности новых участков на пригодность для обитания даурской пищухи по другим параметрам окружающей среды, при перераспределении качества пригодности внутри территории современного распространения проверить, не заняты ли участки с высоким качеством поселениями или сельхозугодьями.

Исследование профинансировано в рамках выполнения государственного задания ИОЭБ СО РАН, проект 0271-2021-0001.

ЛИТЕРАТУРА

Борисова Н.Г., Старков А.И., Лизунова А.В., Попов С.В., Ербаева М.А. Пространственная оценка климатической ниши даурской пищухи // Сибирский экологический журнал. 2020. Vol. 27. № 5. С. 568-586.

DIVA-GIS: Free Spatial Data by Country (authors: Hijmans R.J., Rojas E., Cruz M., O'Brien R., Barrantes I., Jarvis A., Guarino L.). 2017. URL: <http://www.diva-gis.org/gdata>

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2021. URL: <http://qgis.osgeo.org>

УДК 631.4

**Конус выноса балки с высокопродуктивной экосистемой сформировался
благодаря активизации эоловых процессов на водосборе
(Уренгойская лесотундра, Западная Сибирь)**

Лойко С.В., Кузьмина Д.М., Истигечев Г.И.

Томский государственный университет, Томск, Россия, s.loyko@yandex.ru

Аннотация. Экосистемы криолитозоны с повышенной биологической продуктивностью приучены к участкам, где интенсивно протекают геоморфологические процессы, обновляющие субстрат. В данной работе изучен конус выноса балки в месте её выхода со второй надпойменной террасы реки Пур на первую, где она превращается в топь с невыраженными берегами. Растительность – березо-ельник вейниковый с рябиной в подлеске на стратозёмах грубогумусовых. Биопродуктивность выше, чем у окружающих фоновых экосистем. Конус выноса начал образовываться не позднее, чем 1800–1900 BP, после ландшафтного пожара, приведшего к формированию по берегам балки песчаных раздувов. Весной с них поступало большое количество песка, отлагавшегося в пределах конуса. В настоящее время рост конуса остановился, наступил период стабилизации. Данная экосистема и почвы наиболее близки почвам прирусловой поймы притоков реки Пур.

**The alluvial cone of a gully with a highly productive ecosystem was formed
due to the activation of aeolian processes in the catchment
(Urengoi forest-tundra, Western Siberia)**

Loiko S.V., Kuzmina D.M., Istigichev G.I.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, s.loyko@yandex.ru

Abstract. Ecosystems of the permafrost zone with high biological productivity are accustomed to sites where geomorphological processes are intensively occurring and rejuvenate the mineral substrate. We have studied the alluvial cone of the gully at the point of its exit from the second above-floodplain terrace of the Pur River to the first terrace, where it turns into a fen with unexpressed banks. Vegetation – reed birch-spruce forest with mountain ash in the undergrowth on Fluvisols. Bioproductivity is higher than that of the surrounding background ecosystems. The alluvial cone began to form no later than 1800-1900 BP, after a landscape fire that led to the formation of sand swells along the banks of the ravine. In the spring, a large amount of sand came from them, deposited within the cone. At present, the growth of the cone has stopped, and a period of stabilization has begun. This ecosystem and soils are closest to the soils of the riverbed floodplain of the Pur River tributaries.

Изменение климата, ландшафтные пожары приводят к активизации геоморфологических процессов в криолитозоне Западной Сибири, а именно термоэрозии, эоловой аккумуляции и денудации, термокарста, солифлюкции и т.д. Эти процессы приводят к появлению незатронутых современным почвообразованием свежих субстратов без поверхностных органо-генных горизонтов, что приводит к запуску на них первичной сукцессии. Благодаря этому в местах активизации геоморфологических процессов часто формируются экосистемы с флористическим составом сильно отличным от окружающего фона, а также зачастую и с повышенной первичной продуктивностью надземной фитомассы.

В данной работе рассмотрен один из примеров подобных экосистем, характеризующийся сочетанием двух обозначенных выше признаков. Это березо-ельник вейниковый с рябиной в подлеске, что формируется на конусе выноса лесотундровой балки, в месте её выхода на первую надпойменную террасу реки Пур (рис. 1). Конус выноса расположен среди плоскобугристо-топяного комплекса первой террасы (рис. 2). Выше по течению от конуса выноса балка расчленяет краевую область второй надпойменной террасы реки Пур. Её днище занято проточной сфагновой топью. А русло представлено цепочкой вытянутых озерков, между которыми нет оформленного русла. Летом сток диффузный, через торфяной залежь. Весной сток осуществляется по снежно-ледяной основе, что не позволяет вырабатываться руслу.

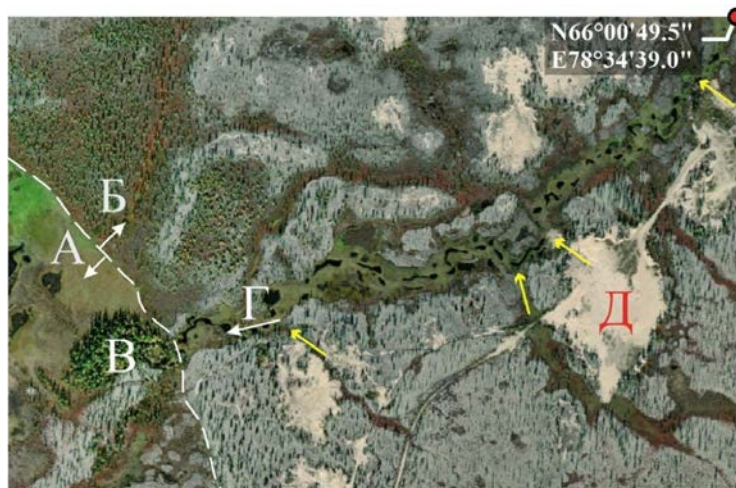


Рис. 1. Ландшафтный контекст конуса выноса: А – первая и Б – вторая надпойменные террасы р. Пур; В – конус выноса балки; Г – балка и направление течения; Д – песчаные раздувы. Желтыми стрелками показаны участки размыва песчаных отложений



Рис. 2. Конус выноса на первой надпойменной террасе реки Пур. А – общий вид на конус выноса; Б – плоскобугристо-топяной комплекс 1-й надпойменной террасы; В – сухое русло на конусе выноса; Г – березо-ельник вейниковый с рябиной в подлеске

Высота древостоя существенно выше, чем в лиственничниках ерниковых и кедрово-лиственнично-лишайниковых редколесьях, что распространены на второй террасе и её склоне к первой. В подлеске произрастает рябина. Бонитет древостоя в этой экосистеме выше на 2 балла, чем в ближайших редколесьях. В мохово-травяном ярусе произрастает вейник, в центральной части формирующий монодоминантное сообщество, а по периферии конуса проективное покрытие вейника уменьшается, появляются сфагновые мхи. В пределах всего биогеоценоза имеется сухоторфяный горизонт (торфяно-подстилочный), мощностью 12–16 см. Описанные сообщества наиболее схожи с растительностью прирусловых пойм притоков р. Пур (например, р. Малая Хадырьяха).

Конус выноса сложен пролювиальными отложениями, состоящими из переслаивающихся песков и опесчаненных грубогумусовых горизонтов (рис. 3). Мощность пачки пролювия закономерно уменьшается от центра к окраинам конуса выноса. В пределах конуса выноса имеются сухие русла (рис. 2В). По ним в весенний период осуществляется сброс вод, что поступают из балки. В центре конуса выноса распространен стратозём грубогумусовый торфя-

но-подстилочный, сменяемый по периферии, по мере уменьшения мощности пролювия, стратозёмом грубогумусовым торфяно-подстилочным. Анализ космических снимков показывает, что для близрасположенных аналогичных балок не характерно формирование таких зон накопления пролювиальных отложений в месте выхода на первую террасу. Отмеченная особенность рассматриваемой нами балки связана с наличием нескольких песчаных раздувов, что примыкают к балке (рис. 1Д). Весной с них осуществляется смыв песков, что транспортируются в балке весенним потоком по снегу и льду до конуса выноса, где песок оседает. В самой же ложбине остающийся песок быстро поглощается нарастающим сфагновым торфом. Судя по радиоуглеродным датам (рис. 3) рост конуса выноса, а, следовательно, появление раздувов произошло не позже, чем 1800–1900 кал. л.н., после крупного ландшафтного пожара, о чём свидетельствует слой углей между пролювием и подзолом. В дальнейшем периодически песчаные раздувы активизировались и затухали. В последнее время началась как раз фаза затухания поступления песчаного материала.



Рис. 3. Почвы конуса выноса: А – стратозём грубогумусовый торфяно-подстилочный центральной части конуса выноса; Б – стратозём грубогумусовый торфяно-подстилочный периферии на подзоле криотурбированном конуса выноса. Стрелками указаны точки отбора материала для радиоуглеродного датирования

Таким образом, участвовавшие ландшафтные пожары могут приводить к появлению песчаных раздувов, усилению переноса потоками песков, что в свою очередь может приводить к появлению в пролювиальных и пойменных местообитаниях экосистем с повышенной продуктивностью.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-44-890013-р_а).

УДК 633.88 (571.54) +615.32:615.89

Нефармакопейные растения Бурятии как лекарственное сырье традиционной тибетской медицины

Лубсандоржиева П.Б., Бадмаева Н.К.

ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
bpunsic@mail.ru

Аннотация. Проведен статистический анализ ассортимента нефармакопейных в России видов лекарственного сырья бурятской ветви традиционной тибетской медицины на основе литературных сведений. 42 вида, произрастающих на территории Бурятии являются фармакопейными растениями в сопредельных странах – Китае и Монголии и, согласно статистическим данным по публикациям в базе данных Scopus, интенсивно изучаются их химический состав и биологические свойства. Для 13 видов нефармакопейных видов флоры Бурятии отсутствуют или мало публикации по их изучению. Установлено, что из 86 видов флоры Бурятии, только 2 вида можно заготавливать в промышленных масштабах, 53 вида, имеющих большой ареал, можно заготавливать в небольших объемах. Нефармакопейные растения флоры Бурятии, используемые в современной практике бурятской ветви тибетской медицины с известными биологическими свойствами и химическим составом, обеспеченные сырьевыми ресурсами, могут быть источником новых современных лекарственных растительных средств.

Non-pharmacopeial plants of the Buryatia as a medicinal raw material of traditional tibetian medicine

Lubsandorzhieva P.B., Badmaeva N.K.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, bpunsic@mail.ru

Abstract. A statistical analysis of the assortment of non-pharmacopeial medicinal plants in the Buryatia used in traditional Tibetan medicine was carried out on the basis of literature data. 43 species growing on the territory of Buryatia are pharmacopeial plants in neighboring countries - China and Mongolia, and their chemical composition and biological properties are being studied intensively according to statistical data on publications in the Scopus database. There are no or few publications on the study of 13 species of non-pharmacopeial species of the flora of Buryatia. It has been established that out of 86 species of the flora of Buryatia, 2 species can be harvested on an industrial scale only, 53 species with a large area can be harvested in small volumes. Non-pharmacopeial plants of the flora of Buryatia used in the modern practice of the Buryat branch of Tibetan medicine with known biological properties and chemical composition, provided with raw materials, can be a source of new modern medicinal herbal remedies.

В настоящее время традиционную тибетскую медицину (ТТМ) в англоязычной литературе обозначают как традицию Sowa Rigpa, интегрированную в национальные системы здравоохранения Китая, Индии, Монголии, Бутана (Kloos, 2020). ТТМ распространена неофициально в буддийских регионах России – Бурятии, Калмыкии, Туве. В разных регионах распространения ТТМ сложилась практика многовариантности использования растений под одним тибетским названием, что позволяет различать по ассортименту сырья бурятскую ветвь ТТМ (БВ ТТМ). Практикующие лекари БВ ТТМ в настоящее время пользуются готовыми лекарствами производства фармацевтических фирм из Монголии, Китая и Индии. Местное сырье используется для приготовления наиболее простых и популярных лекарств, в состав которых не входят местные пищевые виды в качестве заменителей тибетского сырья и растения субтропического пояса. Цель данной работы – оценить степень изученности химического состава, фармакологических свойств нефармакопейных растений БВ ТТМ, произрастающих на территории Бурятии, для оценки возможности их внедрения в практику.

Для анализа изученности химического состава, фармакологических свойств и биологии растительного сырья БВ ТТМ, произрастающих на территории республики Бурятия, и не входящих в Государственную фармакопею РФ, взяты списки сырья ТТМ из работы Г.Л. Ленхобоева (1980), как наиболее известной практика БВ ТТМ во второй половине XX в., и

из работы (Сыбденова и др., 2012), где обобщены списки сырья из разных русскоязычных литературных источников. Для анализа отобраны 86 растений. Поиск публикаций в базе данных Scopus за все годы охвата до 17.03.2021 г. проводился по разделам: медицина, фармакология, токсикология и фармацевтика, химия, сельскохозяйственные и биологические исследования (табл).

Таблица

Статистические данные об изученности нефармакопейных растений флоры Бурятии

Названия растений, произрастающих на территории Бурятии и применяющихся в практике тибетской медицины	Сырьевая обеспеченность	Количество публикаций в базе данных Scopus (на дату 17. 03. 2021 г.) по разделам					
		Общее количество публикаций	Agricultural and biological sciences	Medicine	Pharmacology, toxicology and pharmaceuticals	Immunology and microbiology	Chemistry
Растения, входящие в Фармакопеи сопредельных стран (КНР, Монголия)							
Aconitum leucostomum Worosch. *	-	13	2	3	6	3	3
Aconitum kuznezoffii Reichenb. *	-	131	14	52	76	2	34
Angelica dahurica (Fisch.) Benth. Et Hook	-	437	78	186	231	19	94
Artemisia annua L.	сорн	2056	695	625	696	255	356
Artemisia scoparia Waldst. Et Kit	+	275	117	70	95	10	29
Aster alpines L. (A. tataricus)	+	145	18	35	81	3	47
Astragalus membranaceus (Fischer) Bunge	+++	1973	222	1015	788	119	223
Astragalus adsurgens Pallas	+	98	76	0	2	17	2
Berberis sibirica Pallas *	-	10	4	2	1	0	1
Bupleurum scorzonerifolium Willd.	+	78	27	22	32	2	16
Clematis hexapetala Pallas *	-	12	2	3	6	0	4
Cynanchum vincetoxicum Pers *	-	77	61	4	12	1	5
Dryopteris fragrans (L.) Schott	+	54	13	4	27	0	13
Ephedra monosperma C.A.Mey *	+	12	4	4	5	0	1
Gentianella acuta (Mich.)	-	21	5	8	15	2	7
Gentianella amarelle L/	-	20	16	4	6	0	3
Gentiana macrophylla (Pallas) Zuev	+	104	23	40	60	4	18
Gentiana decumbens L.	+	9	1	4	6	0	2
Gentianopsis barbata (Froehl.) Ma	вр	12	4	4	7	0	1
Hemerocallis minor Miller	K(1)	23	16	3	3	0	3
Heteropappus altaicus Novopokt	+	13	7	0	2	0	4
Inula britannica L.	вр	115	30	27	50	8	30
Iris humilis Georgi	+	8	6	1	2	0	1
Lomatogonium carinthiacum	-	8	5	2	2	0	3
Malus baccata (L.)	+++	205	177	6	4	5	9
Lomatogonium rotatum (L.) Fies fern.	-	10	4	2	3	1	4

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ И БИОТЫ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Malva mohileviensis Downar	<i>сорн</i>	3	2	0	1	0	2
Menispermum dauricum DC *	3(NT)	84	20	27	41	4	29
Odontites vulgaris Moench.	+	14	13	4	3	0	2
Parasenecio hastatus	+++	4	3	1	1	0	2
Phlomis tuberosa L.	-	15	3	1	5	0	3
Physochlaina phy- saloides (L.) G. Don fil.	3(NT)	5	2	2	0	0	0
Polygonatum odoratum (Miller) Druce *	+	167	63	44	60	12	31
Polygonatum sibirica Delaroche *	+	128	30	48	64	7	24
Rhododendron adamsii Rehder *	3(NT)	3	1	1	2	0	1
Rhododendron dauricum L. *	<i>вр</i>	48	22	10	13	0	11
Saposhnikovia divaricata (Turcz.) Schischk.	-	157	23	63	78	0	41
Saussurea salicifolia (DC)	+	7	4	1	3	1	1
Scabiosa comosa Fischer ex Roemer et Schultes	+	14	8	2	2	0	1
Stellera chamaejasme L. *	+	227	93	54	74	15	54
Thlaspi arvensis L.	<i>сорн</i>	52	44	1	3	2	0
Tribulus terrestris L.	-	1027	173	382	455	29	96
Растения, не входящие в Фармакопеи сопредельных стран (КНР, Монголия)							
Aconitum barbatum Pers. *	<i>вр</i>	8	2	1	4	0	2
Aquilegia sibirica Lam. *	+	7	5	0	1	0	2
Armeniaca sibirica (L.) Lam.	3(NT)	103	75	2	4	1	6
Artemisia frigida Willd.	+	204	162	1	5	5	12
Artemisia sieversiana Willd.	+	49	22	6	17	4	11
Artemisia rupestris L.	+	56	13	4	2	6	19
Artemisia Gmelinii We- ber ex Stechm.	+	131	76	9	13	7	14
Asparagus buryaticus Peschkova	-	0	0	0	0	0	0
Atragene speciosa Weinm. *	+	2	1	0	1	0	1
Caragana jubata (Pallas) Poiret	2(VU)	43	5	6	13	1	9
Caragana pygmaea (L.) DC	+	2	2	0	0	0	0
Caragana spinosa (L.) DC	+++	4	1	0	1	0	1
Chenopodium aristatum *	<i>сорн</i>	21	15	2	0	2	1
Cynoglossum divaricatum Steph.	-	0	0	0	0	0	0
Dasystephana algida (Pallas) Borkh (Gentiana algida)	-	19	6	5	8	1	5
Delphinium grandiflorum	+	20	16	0	2	0	0

L. *							
Dondostemon integrifolius (L.) C.A. Meyer	+	1	1	0	0	0	0
Dracocephalum nutans L.	сорн	1	0	1	1	0	1
D. ruyschiana L.	+	10	7	2	2	0	2
Echinops latifolius Tausch. *	+	10	1	3	7	0	5
Halenia corniculata (L.) Cornaz.	+++	19	7	1	5	0	4
Hypocoum erectum L.	+	7	2	3	3	1	0
Juniperus pseudosabina Fisher et Meyer	-	0	0	0	0	0	0
Leonurus sibiricus L.	сорн	92	27	26	45	5	18
Malva mauritiana L.	сорн	5	2	2	4	1	1
Myricaria longifolia (Willd.) Ehrenb. *	-	1	0	0	1	0	0
Orchis militaris L.	3(NT)	31	26	1	0	1	3
Oxytropis filiformis DC *	-	1	1	0	0	0	0
Panzerina lanata (L.) Sojak	+++	5	4	0	1	0	2
Phlojodicarpus sibiricus (Fischer ex Sprengel)	+++	3	1	0	1	1	1
Pedicularis verticillata L.	+	12	9	0	1	0	3
Pentaphylloides fruticosa (L.) O.Schwarz.	+++	12	1	0	2	1	1
Polygonum scabrum Moench.	вр	3	2	0	1	0	0
Potentilla anseriana L.	вр	1	1	0	0	0	0
Potentilla multifida L.	+	19	14	2	1	1	2
Potentilla tanacetifolia Willd. ex Schlecht.	+	0	0	0	0	0	0
Potentilla longifolia Willd. Ex Schlecht.	+	13	5	2	7	0	1
Rhamnus erythroxylon Pall.	K(II)	1	1	0	0	0	0
Rhododendron aureum Georgi. *	+	34	24	1	4	0	2
Rumex Gmelini Turcz. ex Ledeb	вр	10	1	5	7	3	1
Sambucus sibirica Nakai	+	1	0	1	0	0	0
Saussurea alata DC	-	3	3	0	0	0	1
S. amara (L.) DC	+	10	5	1	2	1	3
S. parviflora (Poir.)DC	+	10	3	3	4	0	3

Примечание. * - виды, запрещенные для использования в составе БАД в России (СанПин 2.3.2.1078-01); знак минус означает, что вид имеет ограниченный ареал на территории Бурятии; знак плюс означает, что вид имеет достаточно большой ареал; *вр* – виды, распространенные во всех районах Бурятии; *сорн* – сорное растение (Определитель растений Бурятии, 2001); знак «+++» – означает, что вид имеет сырьевые ресурсы по данным (Шишмарев, Шишмарева 2017); K(I), K(II) – виды, включенные в Красную книгу Бурятии I и II издания, соответственно; категории статуса видов, включенных в Красную книгу республики Бурятия (2013): 3(NT) – редкие виды, близкие к угрозе вымирания; 2(VU) – уязвимые виды, сокращающиеся в численности.

22 вида, относящиеся к истинному тибетскому сырью произрастают на территории Бурятии (Определитель растений Бурятии, 2001) и используются в БВ ТТМ под тибетскими названиями в соответствии с описанием в трактатах, при этом только 3 вида – фармакопейные в России. В список сырья БВ ТТМ входят растения, которые являются единственными видами из своего рода, произрастающими на территории Бурятии (Определитель растений Бурятии, 2001): *Armeniaca sibirica*, *Asparagus buryaticus*, *Berberis sibirica*, *Parasenecio*

hastatus, *Hemerocallis minor*, *Menspernum dauricum*, *Myricaria longifolia*, *Phlomis tuberosa*, *Stellera chamaejasme*, *Tribulus terrestris*, *Cynanchum vincetoxicum*, *Odontites vulgaris*, что подразумевает постоянную эксплуатацию одного вида на одной и той же территории, пусть и в малых количествах. Шесть видов сырья БВ ТТМ включены в III издание Красной книги Республики Бурятия, а 2 вида входили в I и II издание Красной книги Бурятии (Табл. 1), что также указывает на уязвимость этих видов с экологической точки зрения (Красная книга Республики Бурятия, 2013).

На территории Бурятии в промышленных масштабах можно вести заготовку сырья *Caragana spinosa*, *Astragalus membranaceus*, в небольших масштабах для реализации в местной аптечной сети – *Parasenecio hastatus*, *Panzerina lanata*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Halenia corniculata*, *Malus baccata* (Шишмарев, Шишмарева, 2017). По остальным видам данные об изучении сырьевых ресурсов отсутствуют в доступной литературе. Исходя из данных, представленных в таблице (Табл.), можно условно принять, что 7 видов, произрастающие на территории Бурятии как сорные растения, а также 7 видов, распространенные во всех районах республики, 39 видов, имеющие достаточно большой ареал, обеспечены сырьевыми ресурсами, достаточными для небольших заготовок для местной аптечной сети. 23 вида, имеющие ограниченный ареал, а также высокогорные труднодоступные растения (Определитель растений Бурятии, 2001) объективно имеют ограниченные сырьевые ресурсы и не подлежат эксплуатации. Таким образом, сырьевыми ресурсами для заготовок в небольших объемах на территории Бурятии обеспечены 53 вида, из них 23 - фармакопейные растения в сопредельных государствах - МНР и КНР.

В России нефармакопейные растения используются как пищевые виды в составе чайных напитков (первый уровень внедрения растения в практику), в составе биологически активных добавок - БАД (второй уровень), но в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС) для получения фитопрепаратов (третий уровень внедрения) применяются только фармакопейные виды. В РФ сложилось недвусмысленное положение с чайными напитками и БАД, с одной стороны, и лекарственными сборами, разрешенными в медицинской практике в качестве лекарственных средств, с другой стороны. По составу чайные напитки и БАД, составленные только из растений, в действительности представляют собой лекарственные сборы, но официально ими не являются, так как не прошли клинические испытания на эффективность и безопасность, и не разрешены к применению для лечения заболеваний. 21 вид сырья БВ ТТМ (Табл.) запрещены к применению в составе БАД в России (СанПин 2.3.2.1078-01), и эти виды можно внедрить только как ЛРС для получения фитопрепаратов медицинского назначения. Это означает, что понадобятся дорогостоящие научные исследования химического состава, поиска активных компонентов, предклинические и клинические испытания лекарственных препаратов из нефармакопейных растений.

Большая часть списка сырья ТТМ интенсивно изучается в КНР, где научными исследованиями ТТМ занимаются 225 научных коллективов (Kloos, 2020). Из 86 растений, произрастающих на территории Бурятии, 42 вида являются фармакопейными в КНР и МНР, интенсивно изучаются, о чем свидетельствует наличие публикации по медицинским, биологическим и химическим разделам (Табл.). Для 13 видов нефармакопейных видов (в КНР И МНР) публикации либо отсутствуют, либо их единицы, для 25 видов имеются по 1-2 публикации по изучению фармакологических свойств; химический состав не изучен у 17 видов, для 28 видов обнаружено по 1–2 публикации по химическому составу (Табл.). Таким образом, для более 30 % из 86 нефармакопейных видов флоры Бурятии не изучены химический состав и фармакологические свойства.

В настоящее время на мировой арене Китай активно продвигает китайскую традиционную медицину (КТМ) наряду с традиционными медицинами национальных меньшинств, к которым относится и *Sowa Rigpa*, согласно плану стратегического планирования развития КТМ на период 2016-2030. Следует ожидать, что в будущем БВ ТТМ будет составной частью глобальной *Sowa Rigpa*, наряду с монгольским вариантом ТТМ, распространенном во Внутренней Монголии КНР, и в самой МНР, которые отличаются только ассортиментом сы-

рья. При таком развитии традиционных систем бурятские виды сырья ТТМ будут рассматриваться как варианты расширения сырьевых ресурсов Sowa Rigpa, если исследователи БВ ТТМ смогут подтвердить безопасность и эффективность ЛРС БВ ТТМ, отличных от китайских и монгольских вариантов сырья. За почти полвека исследований бурятскими учеными проделана большая работа по внедрению ЛРС Бурятии в практику, в основном – на первом (чайные напитки) и втором уровне (БАД). При существующих российских реалиях и требованиях к внедрению в медицину растительных средств, внесение нового растения в Фармакопею России сопряжено с огромными трудностями и финансовыми затратами. Вектор развития традиционных медий задается государством, и без признания ТТМ на государственном уровне, перспективы изучения сырья БВ ТТМ в России будут неопределенными, научные исследования - фрагментарными.

Развитие международной индустрии Sowa Rigpa с ее глобализацией, расширение исследований ТТМ для ее модернизации привели к увеличению фармацевтических инноваций в переформулировании существующих традиционных лекарств, разработки новых формул и лекарственных форм на основе рецептуры ТТМ. Это перспективное направление исследований ТТМ более отвечает современным рыночным реалиям. В этом аспекте богатство ассортимента сырья БВ ТТМ, особенно нефармакопейных видов, подкрепленное эмпирическим опытом их применения, наличием сырьевых ресурсов имеет свою ценность, как платформа для разработки новых растительных средств.

ЛИТЕРАТУРА

Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Улан-Удэ: изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 688 с.

Ленхобоев Г.Л., Жамбалдагбаев Н.Ц. О теплых и холодных свойствах пищевых продуктов и лекарственных средств. Новосибирск, 1980. 55 с.

Определитель растений Бурятии. Улан-Удэ, 2001. 672 с.

Сыбденова Л.П., Баяндуров С.Э., Саканян Е.И., Томкевич М.С. Номенклатура лекарственного сырья, применяемого в тибетской медицине. М.: РАНМ, 2012. 100 с.

Шишмарев В.М., Шишмарева Т.М. Ресурсы лекарственных растений Забайкалья. Улан-Удэ: изд-во БНЦ СО РАН, 2017. 200 с.

Kloos S., Madhavan H., Tidwell T., Blaikie C., Guomu M. The transnational Sowa Rigpa industry in Asia: new perspectives on an emerging economy // *Social Science & Medicine*. 2020. V. 245. 112617.

УДК 576.893.16: 597.5+ 612.112

Лейкоцитарный состав пронефроса *Leocottus kesslerii*, зараженной гемофлаггелятами рода *Trypanosoma* (Kinetoplastea: Trypanosomatida)

Мазур О.Е.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, olmaz33@yandex.ru

Аннотация. Исследован лейкоцитарный состав иммунокомпетентного органа пронефроса (передний отдел почки) песчаной широколобки *Leocottus kesslerii* (оз. Гусиное, бассейн оз. Байкал, Восточная Сибирь), зараженных и не зараженных гемофлаггелятами рода *Trypanosoma*. Трипаносомы оказывали модулирующее воздействие на развитие иммунного ответа своего хозяина (угнетение гуморального (В-лимфоцитарного) звена иммунитета и гранулоцитарных реакций, активация лейкопоэза). Селективное подавление трипаносомами иммунного ответа хозяина *Leocottus kesslerii* способствует выживанию и развитию паразитов.

Leukocyte composition of pronephros *Leocottus kesslerii* infected with hemoflagellates of the genus *Trypanosoma* (Kinetoplastea: Trypanosomatida)

Mazur O.E.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, olmaz33@yandex.ru

Abstract. The leukocyte composition of the pronephros (head kidney, immunocompetent organ) of sand sculpin *Leocottus kesslerii* (Lake Gusinoe, Lake Baikal basin, East Siberia), infected and not infected with hemoflagellates of the genus *Trypanosoma*. Trypanosomes had a modulating effect on the development of the immune response of their host (suppression of the humoral (B lymphocytic) link of immunity and granulocytic reactions, activation of leukopoiesis). Selective suppression by trypanosomes of the immune response of the host *Leocottus kesslerii* promotes the survival and development of parasites.

Кровепаразиты сем. Trypanosomatidae (класс Kinetoplastea Honigberg, 1963) – жгутиковые простейшие многих беспозвоночных и позвоночных животных. У позвоночных животных, в том числе рыбах, часть жизненного цикла проходит в кровеносном русле. Циркуляция *Trypanosoma* sp. в крови рыб, обусловлена экологическими особенностями этой паразитарной системы: включением кровососущих пиявок – хозяев кинетопластид. У рыб трипаносомы вызывают различные патологические эффекты: анемию, гематологические и иммунологические трансформации (Sitja-Bobadilla, 2008; Lapirova, Zobotkina, 2018). Особый интерес представляет изменение популяции лейкоцитов, потому что такие изменения указывают на развитие иммунного ответа хозяина на заражение, инициированного паразитом (Sitja-Bobadilla, 2008). Передний отдел почки (пронефрос) у костистых рыб является главным органом гемо- и иммунопоэза (Rombout et al., 2005). Поэтому исследование клеточного состава этого органа является важным в изучении иммунологических аспектов взаимоотношений в системе паразит-хозяин.

Песчаная широколобка *Leocottus kesslerii* (Sideleva, 2001) семейства Cottidae (Bonaparte, 1832) – подкаменщик, эндемичный вид в водоемах бассейна оз. Байкал, является пелагиально-бентосным видом. Заражение трипаносомами происходит во время горизонтальных миграций рыб относительно недалеко от берега. Изучение этой паразитарной системы ограничивается только данными по зараженности, которые весьма малочисленны. Зараженность *L. kesslerii* достигает 9.1-31% при средней интенсивности инвазии в 7.6-40.7 экз. (Хамнуева, 2001; оригинальные данные). Вместе с тем, до сих пор не изучена патогенная связь трипаносом с физиологическими параметрами *L. kesslerii*. Поэтому, цель нашей работы – анализ изменений лейкоцитарного состава пронефроса у песчаной широколобки *L. kesslerii*, зараженной *Trypanosoma* sp. в условиях нативного ареала.

Материалы и методы. Биологический материал был получен в июле 2014-2017г.г. из оз. Гусиное (Байкальский бассейн, координаты 51°17'351"с.ш. 106°28'889"в.д.). Длина и масса

рыб составила 80-111 мм и 3.5-8.5 г. соответственно. Выявление кровепаразитов проводили в период зрелого состояния рыб (+3—+6), когда они характеризуются наибольшим числом видов и особей кинетопластид. Морфобиологические и паразитологические исследования были проведены по общепринятым в ихтиологии методикам. Жгутиконосцев выявляли микроскопией (объектив 20), путем подсчета в 300 полях зрения микроскопа на окрашенных мазках крови. Для количественной оценки зараженности рыб использовали показатели: интенсивность инвазии (ИИ) (лимиты, среднее значение). Паразиты не были идентифицированы до вида. Выборка рыб (по 10 экз.) состояла из не зараженных и зараженных *Trypanosoma sp.* особей (ИИ составила 12–190 экз. (среднее значение ИИ 54.7)). Кровь для приготовления мазков отбирали сразу после вылова рыб из кровеносного сосуда после каудозектомии, затем делали отпечатки пронефроса. Для морфологических анализов воздушно-сухие мазки крови и отпечатки пронефроса фиксировали в растворе Мая-Грюнвальда и окрашивали азур-эозином. На каждом стекле с отпечатками (три стекла от каждой рыбы) было подсчитано 1000 клеток. Данные анализировали с помощью пакета программ Statistica 6.0. Нормальность распределения данных определялась с помощью теста Шапиро – Уилка и визуального просмотра гистограмм. Группы данных, не распределенные нормально, сравнивались с использованием критерия Манна – Уитни.

Результаты и обсуждение. Впервые у *L. kesslerii* был идентифицирован лейкоцитарный состав переднего отдела почки – пронефроса. Лейкоциты формировали три группы клеток: бластные формы, гранулоциты и агранулоциты (рис.). У зараженных широколобок в пронефросе возрастает число бластов 1.5 раза ($p < 0.009$), что свидетельствует о компенсаторной активации пролиферации молодых форм лейкоцитов, очевидно, в ответ на инвазию. Клеточные элементы разных линий (миелобласты, монобласты, лимфобласты) у широколобки в пронефросе не имели четких морфологических критериев, поэтому были отнесены в одну группу. У всех особей широколобки превалировали клетки лимфоидной линии (Рис.). В почке взрослых рыб продуцируются в основном В-лимфоциты (Rombout, 1997). В-лимфоциты участвуют в реакциях гуморального специфического иммунитета, из которых образуются плазматические клетки, продуцирующие специфические антитела – иммуноглобулины. Иммуноглобулины, связываясь с антигеном, нейтрализуют его, либо инициируют привлечение других иммуноцитов для элиминации патогена. Анализ полученных результатов лимфопоэза свидетельствует об ингибировании В-клеточного иммунного ответа в группе зараженных рыб, что подтверждается низким содержанием молодых форм лимфоцитов – пролимфоцитов и зрелых клеток (в 1.3 ($p < 0.01$) и 1.2 ($p < 0.009$) раза соответственно) по сравнению с незараженными рыбами.

Неспецифический иммунитет является врожденным свойством организма. Его клеточную форму обеспечивают гранулоциты, моноциты/макрофаги. Гранулоцитопоэз у исследованных особей рыб характеризовался присутствием только нейтрофильных лейкоцитов на разных стадиях пролиферации и дифференцировки (промиелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы) (рисунок). При этом значимых отличий между группами рыб не наблюдалось, что свидетельствовало, вероятно, о несостоятельности этих элементов в развитие иммунного ответа против трипаносом. Кроме того, не обнаружены эозинофилы и базофилы, обладающие паразитоцидными свойствами (Roitt et al., 2000). Систему мононуклеарных фагоцитов представляли пролиферирующие (промоноциты), созревающие и функционально зрелые клетки (моноцитами/макрофагами) (рис.). Их число у зараженных рыб превышало таковой незараженных особей в 3 раза ($p < 0.04$). Есть данные об активации функций макрофагов при трипаносомозах (Oladiran, Belosevic, 2009), вероятно, эти иммуноциты принимают прямое и опосредованное участие в противопрозоидном иммунитете.

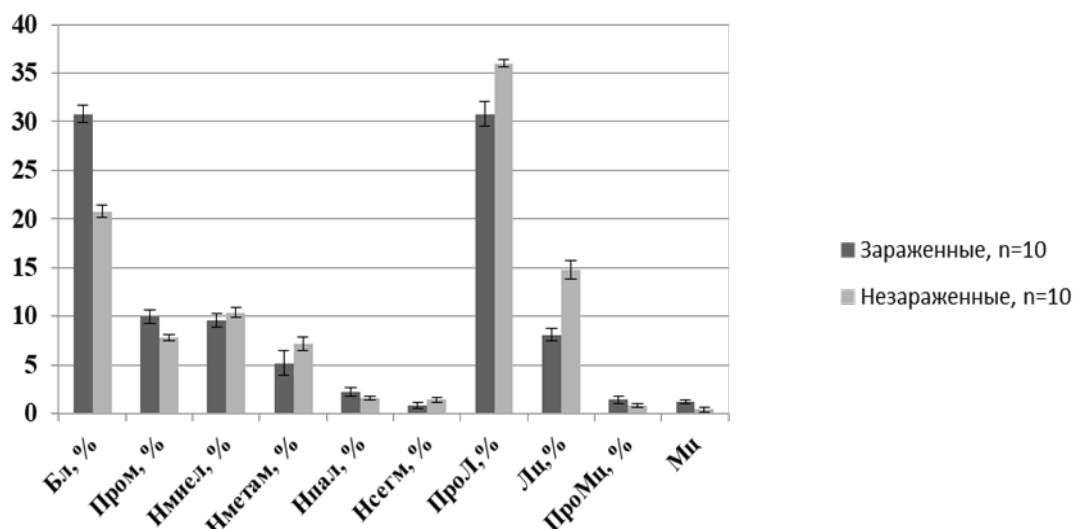


Рис. Лейкоцитарный состав пронефроса песчаной широколобки, зараженной кровепаразитами рода *Trypanosoma* (Бл – бласты, Пром – промиелоциты, Нмиел – нейтрофильные миелоциты, Нметал – нейтрофильные метамиелоциты, Нпал – палочкоядерные нейтрофилы, Нсегм – сегментоядерные нейтрофилы, ПроЛ – пролимфоциты, Лц – лимфоциты, ПроМц – промоноциты, Мц – моноциты/макрофаги)

Заключение. Гемофлагеллята *Trypanosoma sp.* оказывали модулирующее воздействие на развитие иммунного ответа своего хозяина – песчаной широколобки. Отмечены следующие направления иммуномодуляции: – интенсификация процессов лейкопоза с нарушениями пролиферации и дифференцировки иммунокомпетентных элементов (по линии лимфоидного, моноцитарного рядов); – подавление гуморального (В-лимфоцитарного) звена иммунитета; – подавление гранулоцитарных реакций; – активация моноцитарно-фагоцитарной системы. Селективное подавление трипаносомами иммунного ответа хозяина *L. kesslerii* способствует выживанию и развитию паразитов.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 121030900141-8.

Автор глубоко признателна Базовой Н.В. (ИОЭБ СО РАН) и Базову А.В. (ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Улан-Удэ), Мазуру Г.А. за помощь в сборе ихтиологического материала.

ЛИТЕРАТУРА

- Хамнуева Т.Г. Разнообразие и экология кинетопластид (Kinetoplastida: Kinetoplastidea) – паразитов рыб озера Байкал: автореф. на соиск. ученой степ. канд. биол. наук: 03.00.19 – паразитология М., 2001. 19 с.
- Lapirova T. B., Zobotkina E. A. Effect of trypanosomiasis on hematologic characteristics of bream (*Abramis brama*) // Regul. Mech. Biosyst. 2018. Vol. 9(3). P. 309–304.
- Oladiran A, Belosevic M. *Trypanosoma carassii* hsp70 increases expression of inflammatory cytokines and chemokines in macrophages of the goldfish (*Carassius auratus L.*) // Develop. Comp. Immunol. 2009. Vol. 33. P. 1128–1136.
- Sitja-Bobadilla A. Living off a fish: a trade-off between parasites and the immune system // Fish Shellfish Immunol. 2008. Vol. 25. P. 358–372.
- Rombout J.H.W.M., Huttenhuis H.B.T., Picchiotti S. Phylogeny and ontogeny of fish leukocytes // Fish Shellfish Immunol. 2005. Vol. 19. P. 441–455.

УДК 576.89:597.552.51:612.112

Лейкоцитарный состав селезенки байкальского омуля *Coregonus migratorius* зараженного *Dibothriocephallus dendriticus*

Мазур О.Е., Кутырев И.А.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, olmaz33@yandex.ru

Аннотация. Исследован лейкоцитарный состав селезенки байкальского омуля *Coregonus migratorius*, основного органа, в котором происходит презентация антигена и инициация адаптивного иммунного ответа у костистых рыб. Выборка рыб состояла из не зараженных и зараженных *Dibothriocephallus dendriticus* особей, обитающих в естественных условиях среды (оз. Байкал, Восточная Сибирь). В результате проведенных исследований установлено усиление лимфопролиферативных процессов в органе, и снижение уровня зрелых лимфоцитов и нейтрофилов на всех стадиях дифференцировки и пролиферации.

Leukocyte composition of the spleen in *Coregonus migratorius* infected with *Dibothriocephallus dendriticus*

Mazur O.E., Kutyrev I.A.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, olmaz33@yandex.ru

Abstract. The leukocyte composition of the spleen of Baikal omul *Coregonus migratorius*, the main organ in which the antigen is presented and the adaptive immune response is initiated in teleost fish, has been studied. The fish sample consisted of non-infected and infected with *Dibothriocephallus dendriticus* individuals living in natural environmental conditions (Baikal Lake, Eastern Siberia). As a result of the studies carried out, an increase in lymphoproliferative processes in the organ was established, and a decrease in the level of mature lymphocytes and neutrophils at all stages of differentiation and proliferation.

Dibothriocephallus dendriticus Nitsch, 1824 (син. *Diphyllobothrium dendriticum*) (Cestoda: Diphyllbothriidea) – паразитическая цестода беспозвоночных и позвоночных, является возбудителем дифиллоботриоза (биогельминтоз). Развитие *D. dendriticus* связано со сменой хозяев. Во время их плероцеркоидной стадии паразитируют на пресноводных лососевых рыбах, являющиеся вторыми промежуточными хозяевами цестоды.

Байкальский омуль (*Coregonus migratorius* (Georgi, 1775)) (Salmoniformes: Coregonidae) – эндемик оз. Байкал (Восточная Сибирь, Россия), значительно определяет структуру ихтиофауны озера. Омуль, включаясь в сложный жизненный цикл *D. dendriticus* обуславливает поддержание цикла развития цестоды. У рыб мигрирующие плероцеркоиды *D. dendriticus* инкапсулируются в желудочно-кишечном тракте (на пищеводе, в стенке желудка, кишечника, печени), провоцируя кровотечения, эрозии, язвы, хроническое воспаление пораженных органов (Sharp et al., 1989; Dezfuli et al., 2007), модулируют иммунный ответ хозяина, таким образом, предотвращая свою гибель (Sharp et al., 1989; Kutyrev et al., 2017). Как врожденные, так и адаптивные иммунные реакции активизируются рыбами для борьбы с паразитарными инфекциями (Souza et al., 2019). Селезенка рыб – орган адаптивного иммунитета. Лейкоциты, входящие в состав этого органа, играют главную роль в защитных функциях иммунной системы рыб. Предполагается, что в селезенке присутствуют как Т-, так и В-лимфоциты. Имеется ограниченное число исследований адаптивного иммунитета хозяина при инвазии дифиллоботридами (Sharp et al., 1992; Kutyrev, 2017).

В данном исследовании мы представляем анализ изменений лейкоцитарного состава селезенки *C. migratorius*, естественно инфицированных *D. dendriticus*.

Материалы и методы. Исследуемый биологический материал был получен от особей байкальского омуля придонного глубоководного морфотипа в октябре 2012 г. (оз. Байкал). Для всех рыб был проведен морфобиологический анализ, в том числе измерение длины тела

по Смиуту, измерение массы тела и определение возраста. Выборка рыб состояла из зараженных *D. dendriticus* ($n=10$) и незараженных ($n=10$) особей одного размерно-возрастного состава (длиной 325-383 мм, весом 450-594, возраст +10-+11). У каждой рыбы, сразу же после помимки, были взяты образцы ткани селезенки. Полость тела и желудочно-кишечный тракт исследовали на наличие капсул с плероцеркоидами. Плероцеркоиды цестод были выделены и перенесены в 0,65% физиологический раствор для хладнокровных животных и удалены из окружающих цист с помощью острых игл. Морфологическая идентификация плероцеркоидов основана на форме и размере сколекса и шейки стробилы. В группе омуля, инфицированного *D. dendriticus*, интенсивность заражения составляла 11–33 плероцеркоида (в среднем 18 ± 2.47).

Образцы селезенки использовали для изготовления отпечатков. Для морфологического анализа воздушно-сухие отпечатки селезенки фиксировали в растворе-красителе Мая-Грюнвальда и окрашивали азур-эозином. На каждом стекле с отпечатками (три стекла от каждой рыбы) было подсчитано 1000 клеток.

Данные анализировали с помощью пакета программ Statistica 6.0. Нормальность распределения данных определялась с помощью теста Шапиро – Уилка и визуального просмотра гистограмм. Группы данных, не распределенные нормально, сравнивались с использованием критерия Манна – Уитни.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что у всех особей байкальского омуля лейкоцитарный состав селезенки – основного места презентации антигена и инициации адаптивного иммунного ответа рыб, представлен тремя группами клеток: бластные формы, гранулоциты и агранулоциты (табл.). Гранулоциты (нейтрофилы) находились на разных стадиях дифференцировки: миелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные, сегментоядерные. Агранулоциты представлены только лимфоидной линией: пролимфоцитами и лимфоцитами.

Таблица

Лейкоцитарный состав селезенки байкальского омуля *Coregonus migratorius* зараженного *Dibothriocephallus dendriticus* (среднее значение показателя и его ошибка ($M \pm m_x$), в процентах (%))

Показатель	Незараженные	Зараженные
Бласты	13.3 ± 2.70	12.0 ± 2.23
Гранулоциты:	12.1 ± 1.68	$4.9 \pm 1.17^{**}$
Нейтрофилы:	12.1 ± 1.68	$4.9 \pm 1.17^{**}$
Миелоциты	4.1 ± 0.85	$1.4 \pm 0.45^{**}$
Метамиелоциты	5.5 ± 1.9	$2.5 \pm 0.79^*$
Палочкоядерные	0.8 ± 0.29	0.3 ± 0.22
Сегментоядерные	1.7 ± 0.71	0.8 ± 0.35
Агранулоциты:	74.6 ± 2.10	$82.9 \pm 2.32^{**}$
Лимфоциты:	74.6 ± 2.10	$82.9 \pm 2.32^{**}$
Пролимфоциты	56.5 ± 2.95	$73.8 \pm 2.52^{***}$
Лимфоциты	18.1 ± 2.49	$9.1 \pm 1.63^{**}$

* значимые различия между группами: $p < 0.05$; ** - $p < 0.01$; *** - $p < 0.001$.

В селезенке омуля, зараженного *D. dendriticus*, по сравнению с незараженными особями наблюдались отличия в лейкоцитарном составе (табл.). Отмечено значимое уменьшение числа нейтрофилов (в 2.5 раза), в основном за счет малодифференцированных форм – миелоцитов (в 2.9 раза) и метамиелоцитов (в 2.2 раза), однако и зрелые нейтрофилы показали отрицательный тренд в своем уровне. Напротив, в селезенке зараженных рыб наблюдалось усиление лимфопролиферативных процессов. Так, увеличилось общее число лимфоцитов (в 1.1 раза) ($p < 0.01$) в основном по линии незрелых форм – пролимфоцитов (в 1.3 раза) ($p < 0.001$), а доля зрелых лимфоцитов, наоборот, снизилась в 2 раза ($p < 0.01$). Полученные нами данные свидетельствовали, вероятно, как об активации защитных иммунных процессов, так и об им-

мунорегуляторной роли цестоды. Есть данные, что в селезенке после антигенной стимуляции происходит увеличение лимфоидной ткани (Kum & Sekkin, 2011). При этом снижение числа функционально зрелых лимфоцитов свидетельствовало, очевидно, о миграции лимфоцитов в места локализации цестод, для участия в капсулообразовании, инициируемого цестодой. Так, лимфоциты были обнаружены в тканевых капсулах у *Salmo gairdneri*, инфицированного *D. dendriticus* (Sharp et al., 1989), и у атлантического лосося после заражения *D. ditremus* (Rodger, 1991). Снижение числа нейтрофилов, отвечающих за неспецифические защитные реакции, также говорит об активном перемещении микрофагов к месту образования капсул и в очаги воспаления, возникающие в результате миграции плероцеркоидов. Вероятно, воздействие цестоды, направлено и на подавление острого воспаления для предотвращения массового повреждения тканей, о чем говорит, в том числе, не высокий уровень зрелых нейтрофилов.

При этом на основании ранее полученных нами данных об отсутствии значимых изменений в числе В-лимфоцитов крови, низком уровне Т-лимфоцитов крови, ингибировании темпа созревания В-лимфоцитов в пронефросе – первичном органе иммунопоэза у рыб, можно предполагать иммуномодулирующую роль *D. dendriticus* в развитие иммунитета, направленного на сохранение стабильного функционирования этой паразитарной системы.

Заключение. Заражение *D. dendriticus* вызывало изменения в неспецифических, адаптивных иммунологических процессах в организме хозяина – байкальского омуля, в результате которых плероцеркоиды были инкапсулированы, что предотвратило чрезмерное разрушение тканей в организме хозяина.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 19-04-00666 и № 121030900141-8.

Авторы глубоко признательны Базову А.В. (ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Улан-Удэ) за помощь в сборе ихтиологического материала.

ЛИТЕРАТУРА

Dezfuli B.S., Pironi F., Simoni E., Shinn A.P., Giari L. Selected pathological, immunohistochemical and ultrastructural changes associated with an infection by *Diphyllbothrium dendriticum* (Nitzsch, 1824) (Cestoda) plerocercoids in *Coregonus lavaretus* (L.) (Coregonidae) // *Diseases of Aquatic Organisms*. 2007. Vol. 30. P. 471–482.

Kum C., Sekkin S. The immune system drugs in fish: immune function, immunoassay, drugs. in Aral F., Dogu Z., (Eds). *Recent Advances in Fish Farms*. In Tech, Rijeka, Croatia. 2011. P. 169–216.

Kutyrev I.A., Biserova N.M., Olennikov D.N., Korneva J.V., Mazur O.E. Prostaglandins E 2 and D 2–regulators of host immunity in the model parasite *Diphyllbothrium dendriticum*: An immunocytochemical and biochemical study // *Molecular Biochemical Parasitology*. 2017. 212, 33–452.

Rodger H.D. (1991) *Diphyllbothrium sp.* infections in freshwater-reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) // *Aquaculture*. Vol. 95. № 1–2. P. 7–14.

Sharp G.J.E., Pike A.W., Secombes C.J. The immune response of wild rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to naturally acquired plerocercoid infections of *Diphyllbothrium dendriticum* (Nitzsch, 1824) and *Diphyllbothrium ditremum* (Creplin, 1825) // *Journal of Fish Biology*. 1989. Vol. 35. P. 781–93.

УДК 576.895.121

Первые сведения о ленточных червях грызунов нижнего течения реки Анабар и обзор видового разнообразия цестод Якутии

Макариков А.А.¹, Докучаев Н.Е.²

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, e-mail: makarikov@mail.ru

²Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, e-mail: dokuchaev@ibpn.ru

Аннотация. Приводятся первые данные о фауне цестод у грызунов бассейна нижнего течения реки Анабар, расположенного на крайнем северо-западе Якутии. На основе обзора предыдущих публикаций и материала, полученного в настоящем исследовании, проведена ревизия видового разнообразия цестод грызунов, охватывающий все районы Якутии, и составлен полный список этих гельминтов.

The first data on tape worms from rodents in the Low Anabar River Basin with a review of species diversity of cestodes in Yakutia

Makarikov A.A.¹, Dokuchaev N.E.²

¹Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk, e-mail: makarikov@mail.ru

²Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, Magadan, e-mail: dokuchaev@ibpn.ru

Abstract. The first data on the fauna of cestodes from rodents in the Low Anabar River Basin, located in the extreme northwest of Yakutia is presented. Based on previous publications and the material obtained in this study a review of the species diversity of tape worms from rodents in across Yakutia was carried and a checklist of these helminths has been compiled.

Нижнее течение реки Анабар, расположено на крайнем северо-западе Якутии, на стыке двух природных зон: южной субарктической тундры и предтундровых лиственничных лесов. До настоящего времени исследования гельминтов грызунов в данном районе не проводились. У Arvicolinae обнаружены экземпляры цестод шести видов из четырех родов и трех семейств: Anoplocephalidae – *Douthittia nordenskiöldi*; Hymenolepididae – *Arostrilepis beringiensis*, *A. macrocirrosa*, *A. microtis*; Taeniidae – *Echinococcus multilocularis*, *Taenia crassiceps* (larva). Столь небольшое видовое разнообразие цестод грызунов на северо-западе Якутии можно охарактеризовать как обедненную фауну. При этом показатели общей экстенсивности инвазии млекопитающих ленточными червями имели довольно высокие значения (до 82,5%). На территории Якутии у полевок *Lasiopodomys gregalis* впервые зарегистрированы виды *Arostrilepis microtis* и *Douthittia nordenskiöldi* (новая ассоциация с хозяином и новая географическая находка). Зоонозный паразит *Echinococcus multilocularis* обнаружен в печени *L. gregalis*.

В связи с тем, что за последние 20 лет систематика ленточных червей от грызунов претерпела значительные изменения, связанные с идентификацией криптических видов и описанием новых таксонов из северной Палеарктики, мы провели ревизию видового разнообразия цестод Якутии на основе опубликованных данных. Анализ литературы и материала, полученного в настоящем исследовании, показал, что полный список цестод грызунов, охватывающий все районы Якутии, включает 24 вида из 16 родов и пяти семейств. Из них 17 видов паразитируют на грызунах на взрослой стадии и семь на стадии личинок. Установлено, что видовое богатство ленточных червей в этом регионе распределено неравномерно; фауна ленточных червей грызунов из южной субарктической тундры и лесотундровых лиственничных редколесий северо-западной Якутии характеризуется относительно бедным видовым разнообразием по сравнению с фауной цестод из таежной зоны Центральной Якутии. Однако, уменьшение видового разнообразия ленточных червей на севере Якутии не влияет на общую экстенсивность инвазии окончательных хозяев, которая в этой части региона относительно высока.

Поддержано грантами РФФИ (18-04-00579; 19-54-18015).

УДК 615.322

Перспективы использования лекарственных растений Байкальского региона в лечении заболеваний нервной системы

Маркова К.В.¹, Баяндуева Е.А.¹, Степанов Ц.Б.²,
Халтагарова Е.Д.¹, Торопова А.А.², Разуваева Я.Г.²

¹ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова», Улан-Удэ,
kristen_kartland@mail.ru

²ФГБУН "Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН, Улан-Удэ, *stepanovbc@gmail.com*

Аннотация. Исследовано влияние экстрактов сухих *Fornicium uniflorum*, *Serratula centauroides*, *Lophanthus chinensis* и *Orostachys spinose* на поведение белых крыс в тесте «открытое поле» при холинергическом дефиците. Установлено, что исследуемые лекарственные средства в дозе 100 мг/кг снижают у животных уровень эмоциональности и тревожности, а также повышают их ориентировочно-исследовательскую активность на фоне холинергического дефицита, индуцированного скополамином.

Prospects of the Baikal region medicinal plants in the treatment of the nervous system diseases

Markova K.V.¹, Bayandueva E.A.¹, Stepanov C.B.²,
Khaltagarova E.D.¹, Toropova A.A.², Razuvaeva Ya.G.²

¹Banzarov Buryat state University, Ulan-Ude, *kristen_kartland@mail.ru*

²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, *stepanovbc@gmail.com*

Annotation. The effect of dry extracts of *Fornicium uniflorum*, *Serratula centauroides*, *Lophanthus chinensis* and *Orostachys spinose* on the white rats behavior in the open field test with cholinergic deficiency was studied. It was found that the investigational drugs at a dose of 100 mg / kg reduce the level of emotionality and anxiety in animals, and also increase their orientation and research activity.

Перспективными для лечения заболеваний нервной системы являются лекарственные растения, произрастающие в Байкальском регионе, такие как *Fornicium uniflorum* (левзея одноцветковая), *Serratula centauroides* (серпуха васильковая), *Lophanthus chinensis* (лофант китайский) и *Orostachys spinose* (горноколосник колючий). Данные виды широко применяются в традиционной китайской, тибетской и монгольской медицине в качестве лекарственных средств, способствующих повышению физической и психической выносливости человека (Баторова и др., 2013; Николаева, 2014; Улеева и др. 2017). Также известно, что отвар *L. chinensis* обладает общеукрепляющим действием, регулирует обмен веществ, используется при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, а также при разных видах параличах (Улеева и др., 2017). По данным исследований, *O. spinose* оказывает ранозаживляющее, противовоспалительное действие, отвары из листьев данного растения применяется в традиционной медицине при нарушениях сна и при эпилепсии (Одинец, 2012). В составе этих растений содержатся флавоноиды, полисахариды, аминокислоты, дубильные вещества, кумарины, витамины группы В, аскорбиновая кислота и другие биологически активные вещества (Оленников, 2012). Кроме того, *F. uniflorum* и *S. centauroides* являются экистероидосодержащими растениями, в их составе присутствуют 20-гидроксиэкизон (экистерон) и 2-дезоксид-20-гидроксиэкизон, интегристерон (Николаева, 2014).

Целью работы явилось определение влияния экстрактов сухих *F. uniflorum*, *S. centauroides*, *L. chinensis* и *O. spinose* на поведение белых крыс в тесте «открытое поле» на фоне холинергического дефицита.

Исследования выполнены на 140 белых крысах линии *Wistar* обоего пола, с исходной массой 160–180 г. Содержание животных соответствовало Правилам надлежащей лабораторной практики (GLP) и Приказу МЗ РФ № 199Н от 01.04.2016 г. «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики». Экспериментальную работу осуществляли в соответствии с Правилами, принятыми в Европейской конвенции по защите позвоночных животных (Страсбург, 1986 г.). Перед началом исследования животных, соответствующих критериям для проведения эксперимента, разделяли на 7 групп с учетом принципа рандомизации: контрольная, интактная и пять опытных. Всем группам, за исключением интактной, на протяжении 21-го дня внутрибрюшинно вводили скополамин в дозе 1 мг/кг. Затем ежедневно в течение 10 дней животным опытных групп внутривенно вводили исследуемые экстракты в дозе 100 мг/кг. Животные опытной группы I получали экстракт сухой *L. chinensis*, опытной группы II – экстракт сухой *O. spinosa*, опытной группы III – экстракт сухой *F. uniflorum*, опытной группы IV – экстракт сухой *S. centauroides* и опытной группы V группа – танакан (препарат сравнения). Животные контрольной группы получали эквивалентный объем воды очищенной. Последнее введение осуществляли за 30 минут до тестирования.

В тесте «открытое поле» оценивали у животных уровень тревожности и эмоциональности. Животных помещали в большую квадратную установку (100 x100 см) со стенками высотой 40 см, пол которой расчерчен на 25 равных квадратов. После помещения животного в установку, в течение 5 минут фиксировали следующие показатели: горизонтальную активность (число пройденных периферических и центральных квадратов), вертикальную активность (подъем на задние лапы с опорой и без опоры), количество норковых рефлексов, число грумингов (коротких, длинных), число актов дефекаций и болюсов.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью пакета программ Statistica for Windows 6.0. Статистические различия оценивали с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни (U-тест). Различия считались достоверными при достижении уровня значимости $p < 0,05$.

Результаты, представленные на рисунке, свидетельствуют, что у животных, получавших исследуемые экстракты, уровень тревоги и эмоциональности значительно ниже в сравнении с контрольной группой. Во время тестирования, в опытных группах, отмечалась высокая вертикальная ($p \leq 0,05$) и горизонтальная активность ($p \leq 0,05$), минимальное количество актов груминга и дефекации. Полученные результаты были схожи с данными группы, получавшей препарат сравнения.

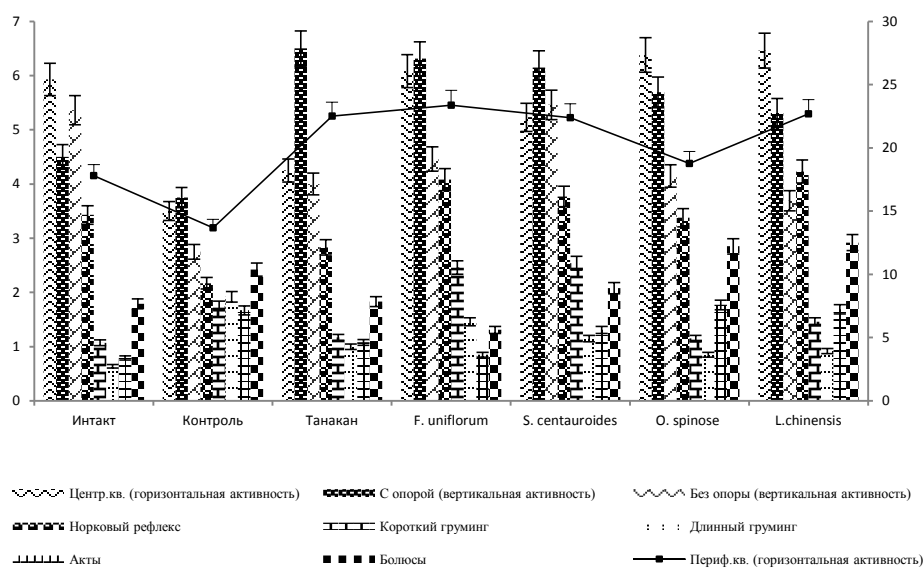


Рис. Влияние экстрактов сухих *F. uniflorum*, *S. centauroides*, *L. chinensis* и *O. spinosa* на поведение белых крыс в тесте «открытое поле» при холинергическом дефиците

Таким образом, экстракты сухие *F. uniflorum*, *S. centauroides*, *L. chinensis* и *O. spinose* в дозе 100 мг/кг снижают у животных уровень эмоциональности и тревожности, а также повышают их ориентировочно-исследовательскую активность в тесте «открытое поле» при экспериментальном холинергическом дефиците.

ЛИТЕРАТУРА

Баторова С.М., Яковлев Г.П., Асеева Т.А. Справочник лекарственных растений традиционной тибетской медицины. Новосибирск: Наука, 2013. 292с.

Николаева Г.Г., Шантанова Л.Л., Николаева И.Г., Раднаева Л.Д., Гармаева Л.Л., Цыбиктарова Л.П. Левзея одноцветковая и серпуха васильковая - перспективные экистероидные растения // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2014. №3 (97). С. 93-95.

Одинец А.Д. Фармакологическое исследование экстракта горноколосника колючего, произрастающего в Восточной Сибири: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Томск, 2012. 21 с.

Оленников Д. Н. Структурно-функциональное исследование биополимеров растительного и грибного происхождения и совершенствование методов их анализа: автореф. дис. ... д. фарм. наук. Улан-Удэ, 2012. 40 с.

Убеева И.П., Верлан Н.В., Николаев С.М. Применение лекарственных растений, обладающих седативным действием в лечении заболеваний нервной системы // Вестник Бурятского Государственного университета. Серия: Медицина и фармация. 2017. №3. С. 15-21.

УДК 631.4+911.3:338.483

Эколого-географические особенности формирования педосферы и биоразнообразия фосфоритных экосистем Прихубсугулья Монголии БРЗ*Мартынова Н.А.*

Иркутский государственный университет, Иркутск, tnatamart-irk@yandex.ru

Аннотация. Проведено комплексное изучение морфогенетических и экологических особенностей функционирования почв котловины озера Хубсугул юго-западной ветви Байкальской рифтовой зоны, развитых на выходах на дневную поверхность пород фосфоритных пластов Онголигнурского месторождения Хубсугульского фосфоритноносного бассейна Монголии, простирающегося в пределах всех высотных поясов Прихубсугулья (тундрового, лесного, степного). Получен новый фактический материал о слабо изученных фосфоритных почвах и биоценозах, процессах почвообразования и миграции фосфора на фосфатно-карбонатных породах. Установлено наибольшее влияние на почвообразование, педохимию, гумусное состояние почв и биологическую продуктивность биоценозов литогенной матричности, интразональных факторов и криогенеза. Фосфатно-карбонатная литогенная матрица фосфоритовых почв, образующая прочный органо-минеральный каркас гуматного состава влияет на биотическое разнообразие экосистем и способствует поддержанию достаточно высокого уровня почвенно-экологического потенциала исследуемой территории.

Structure and ecological-geographical features of pedosphere' and biodiversity' formation of the phosphoritic ecosystems of Prekhuvsgul area of Mongolia of Baikal rift zone*Martynova N.A.*

Irkutsk State University, Irkutsk, tnatamart-irk@yandex.ru

Abstract. A comprehensive study of the morphogenetic and ecological features of the functioning of the soils of the Khovsgol lake' depression of the southwestern branch of Baikal rift zone (BRZ) was conducted. which have been formed at original outcrops of phosphorites rocks' layers of the Ongolignur deposit of the Khuvsugul phosphorite basin (KPB) of Mongolia. The new actual information about weakly studied phosphorites' soils and biocenoses, processes of soil formation, soil-ecological potential and migration of phosphorus in mountain soils, developed on phosphatic-carbonate rocks of the deposit, extending across all high-altitude zones of the Prekhuvsgul area (tundra, forest, steppe). It was found that the soil formation, soil chemistry, the humus state of soils and biological productivity of biocenoses, are strongly determins by the influence of lithogenic soil' matrix, intrazonal factors and cryogenesis. The phosphate-carbonate lithogenic matrix of phosphoritic soils, forming a strong organo-mineral framework of humate composition, determines the biotic diversity of ecosystems and contributes to maintaining a sufficiently high level of soil-ecological potential of the studied area.

Полевые исследования почв и биоценозов, направленные на изучение особенностей и значимости экосистем для рационального природопользования Монголии в рамках изучения возможностей промышленной разработки крупного месторождения фосфоритов в районе оз. Хубсугул и необходимости охраны водных ресурсов озера, были проведены в рамках работ Хубсугульской советско-(российско)-монгольской комплексной экспедиции Иркутского и Монгольского государственных университетов. Непосредственный интерес представляло изучение почв уникальных природных экосистем, сформированных на продуктах выветривания фосфоритов хемогенного генезиса (карбонатных (известково-доломитовых), кремнисто-карбонатных и кремнистых) рифейско-кембрийского и вендско-кембрийского возраста и фосфатоносных доломитизированных и известняковых отложений (с мергелем и прослоями хлоритовых, филлитовых и углеродисто-кремнистых сланцев) Хубсугульского фосфоритноносного бассейна (ХФБ) БРЗ с мощностью пластов - до 2500 м, протяженностью около 300 км при максимальной ширине около 120 км с запасами недр всего ХФБ в $100 \cdot 10^9$ тон [Яншин, 1986]. Общее число месторождений и проявлений на территории ХФБ равно 30. Своеобразие природных условий, почв, биоценозов и ландшафтов исследуемой территории, сформировавшихся в Байкало-Хубсугульском бассейне БРЗ, подлежащих охране в составе объекта Всемирного наследия, предопределяет актуальность данного исследования.

Район исследования сформировался в рамках каледонского Байкало-Саяно-Монгольского складчатого пояса на юго-западе Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) на стыке Сибирской платформы и Центрально-Азиатского пояса (представленного Восточно-Тувинской, Джидинской и Тувино-Монгольской террейнами) и разделённых протерозойским главным разломом Восточного Саяна. Тувино-Монгольский массив, охватывающий Восточную Туву, юго-восточную часть Восточного Саяна, хр. Хамар-Дабан и Прихубсугулье – отнесен к областям ранней (рифейско-кембрийской) геосинклинальной консолидации в системе палеозойских складчатых сооружений Южной Сибири—Северной Монголии. Сложная геологическая история региона способствовала формированию разнообразных и специфичных горно-озерно-котловинных экосистем БРЗ, которым свойственны эффекты, нарушающие проявления зонально-климатических факторов субконтинента Северной Азии. Байкало-Хубсугульский регион представляет собой своеобразную сложную географическую систему в зоне контакта крупных планетарных природно-биогеографических областей Азии (бореально-таежного и бореально-степного типов), где проходят флористические и фитоценотические рубежи разных рангов.

Возрастной рубеж древней эпохи основного фосфатонакопления Юго-Восточной Тувы, Прихубсугулья и Западного Прибайкалья приурочен к венду и верхнему рифею. В это время здесь существовал морской бассейн, покрывавший южную окраину Сибирской платформы и северную часть складчатого пояса и ограниченный с запада, юга и востока цепью Енисейско-Саянских и Байкальских поднятий. Фосфатное вещество, представленное фтор-карбонат-апатитом, густо пропитано органическим веществом, в большинстве случаев бесструктурно и изотропно. Содержание P_2O_5 в полосчатых афанитовых разновидностях фосфоритов составляет в среднем 26–30 %, иногда повышаясь до 35–37 % [Ильин, 1973].

В горных условиях Прихубсугулья Монголии матрица, как литогенная структура, сообщая свои свойства почве, определяет направления и результаты процессов почвообразования в силу своей биоклиматической рефлекторности. На породах разной степени карбонатности и фосфатности формируется литогенный спектр почв (определяемый стратиграфической и фациальной изменчивостью почвообразующих пород): карболитоземов, темно-серых, черноземов с аномально высоким содержанием валового фосфора, с выносом их фосфатной и карбонатной составляющих и относительным накоплением кремниевого компонента, с остаточной аккумуляцией глинистых минералов и илистого органического вещества и формированием прочных карбонатно-фосфорно-гумусовых скоагулированных комплексов.

Сложность топогенных морфоструктур экзогенного рельефа исследуемой территории способствует формированию комплексности и неоднородности почвенного покрова, представленного различными сочетаниями (контрастными почвенными комбинациями - при смене литологии и рельефа) и вариациями (со слабой контрастностью между компонентами пологих склоновых поверхностей). На формирование экосистем, кроме разнообразия пород влияет также эрозионно-денудационная морфоструктура с элементами гляциального рельефа, осложненная влиянием мерзлоты, криогенных и криосолифлюкционных процессов. Все это способствует увеличению биоразнообразия региона и создает сложный и мозаичный характер растительного покрова Прихубсугулья, включающего более 800 видов и состоящего из 3 основных комплексов: высокогорного (24 % видов), лугово-лесного (22 % видов), и степного (22 % видов), содержит большое количество эндемичных видов (до 75 %).

Высокогорная растительность мезоксерофитных и криофитных овсяницево-кобрезиево-дриадовых тундр и луготундр Прихубсугулья занимает подгольцовый пояс в пределах 1800-2800 м н.у.м. в сочетании с пятнистыми щебнистыми тундровыми ценозами, осочниками и высокогорными степями. Продуктивность кобрезиево-дриадовых тундр варьирует в пределах от 185 до 263 г/м² воздушно-сухой фитомассы (в.с.ф.). Для щебнистых овсяницево-дриадовых тундр эти показатели несколько ниже: от 148 до 170 г/м² в.с.ф.

Таежный пояс в районе месторождения фосфоритов, верхняя граница которого находится несколько выше 2500 м н.у.м., характеризуется высотно-экспозиционно-островным расположением лесных ландшафтов (бореально-лесных, травяных и остепененных) преимущественно по склонам северо-восточной экспозиции с невысоким фаутизмом (100%) древостоем разновозраст-

ных (170-220 лет) лиственничников (*Larix sibirica*) V класса бонитета с единичными включениями *Betula microphylla* и *Salix sajanensis*, с изреженным кустарничковым ярусом (*Vaccinium vitis-idaea*, *Arctous alpina*), но однородным злаково-разнотравно-бобовым травостоем (22 вида растений) с невыраженной ярусностью, включая злаковые (*Trisetum sibirica*, *Poa sibirica*, *Festuca brachyphylla*), бобовые (*Vicia multicaulis*), осоковые (*Carex globularis*, *Kobresia sibirica*, *K. Bellardii*), разнотравье (*Anemone sylvestris*, *A. sibirica*, *Aegopodium alpestre* и др.), лианы, эпифиты, водоросли. Моховой покров (до 80 % площади) представлен *Rhytidium rugosum* с пятнами лишайника *Cladonia sylvatica*. Продуктивность фитомассы лесной эталонной площадки составила 1152 г/м² в.с.ф., в том числе: 530,0 г/м² (46 %) – разложившийся опад; 249,6 г/м² (21,6 %) – веточный опад; 50,0 г/м² (4,3 %) – зеленая фитомасса; 283,4 г/м² (24,5 %) – мхи и лишайники; 40,4 г/м² (3,5 %) – ветошь.

В верхних частях юго-западных склонов территории проявления фосфоритов распространены полидоминантные мелкодерновинные злаковые степи с разнотравьем, (фронтально сочетаясь с участками лесов), на выравненных участках – ковыльные. Среди злаков доминируют *Festuca linensis*, *Poa attenuate*, *Koeleria cristata*, встречаются *Helictotrichon schellianum*, *Agropyron cristatus*, *Festuca sibirica*. Большой процент составляют полыни (*Artemisia borealis*, *A. frigida*, *A. gmelinii*, *A. Mongolica*). Отмечено значительное участие бобовых (*Astragalus membranaceus*, *A. mongolicus*, *Oxytropis filiformis*, *Vicia multucaulis*). Встречается *Carex pediformis*. Из разнотравья – наиболее обильны: *Euphorbia discolor*, *Gypsophila patrinii*, *Thymus serpyllum*, *Joungia tenuifolia*, *Chamaerhodos erecta* и др. Общее количество видов - 64, в том числе: злаковых – 10, осоковых – 5, бобовых – 3, разнотравья – 46. Продуктивность степных фитоценозов варьирует по рельефу (6,8–11,5 ц/га), достигая на приводораздельных участках выхода фосфоритов на дневную поверхность - максимума. Основной вклад в повышение продуктивности вносят, по видимому, бобовые, которые, являясь кальцефилами, выделяя фосфорную кислоту через корневую систему, могут растворять фосфатно-карбонатные минералы (штаффелит, франколит), обогащая почву, таким образом, доступной формой фосфора.

Луговые ландшафты изучаемой территории Прихубсугулья также характеризуются большим биоразнообразием (более 50 видов различных растений) и представлены тремя основными формациями: 1) ячменно-короткоостистой (*Hordeum brevisubulatum*) с присутствием *Aconitum barbatum*, *Thalictrum pentaloideum*, *Oxytropis strobilacea*, *Festuca rubra*, и др; 2) мечелистно-осоковой - с доминированием *Carex ensifolia*, *Cobresia sibirica* и *Polygonum viviparum*, включением *Juncus triceps*, *Thalictrum alpina*, *Angelica tenuifolia* и др.; 3) белларди-кобрезиевой (*Cobresia beliardii* с *Ptylagrostis mongolica*, *Vicia cracca* и др.).

Таким образом, на фосфатопроявлениях развиваются фитоценозы, отличные по структуре и сложению – лиственничные леса, степи, тундровые ценозы с исключительно богатым травянистым ярусом из злаков и бобовых. Биологическая продуктивность ценозов и биогеохимический круговорот химических элементов определяют направленность и интенсивность процессов почвообразования и вещественно-энергетического обмена изучаемых экосистем. Биогенная составляющая и фосфатно-карбонатность изучаемых каскадных экосистем является мощным биосферным и биогеохимическим барьером для многих химических элементов, что способствует сохранению биоразнообразия региона, замедляет и предотвращает зафосфачивание акватории оз. Хубсугул.

ЛИТЕРАТУРА

- Ильин Л.В. Хубсугульский фосфоритоносный бассейн. // Труды совместной Советско-Монгольской экспедиции, вып. 6.- М.: Издательство «Наука», 1973 г. 167 с.
- Яншин А.А. Фосфор и калий в природе. – Новосибирск: Наука, 1986. 190 с.

УДК 595.373.31 (1-925.16)

**Современное состояние популяции водяного ослика
Asellus epimeralis (Isopoda: Crustacea) в озере Баунт и рекомендации по его сохранению**

Матафонов Д.В.¹, Юрьев А.Л.²

¹Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Улан-Удэ, Россия, dv.matafonov@gmail.com

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия, yuriev@bk.ru

Аннотация. В работе констатируется слабая изученность популяции эндемичного водяного ослика *Asellus epimeralis* из оз. Баунт, который считается реликтом широко распространенного в Сибири в доледниковое время *Asellus* s. str. Представлены сведения о количественных характеристиках его популяции в озере и значении в питании рыб, включая результаты собственных исследований. На основе имеющихся сведений предложены рекомендации по сохранению вида.

**Current status of water lice *Asellus epimeralis* (Isopoda: Crustacea)
in Lake Baunt and recommendations for its conservation**

Matafonov D.V.¹, Yuriev A.L.²

¹Baikalian Branch of FSBSI "Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography", Russia,
Ulan-Ude, dv.matafonov@gmail.com

²Irkutsk State University, Russia, Irkutsk, yuriev@bk.ru

Abstract. The population of the endemic water lice *Asellus epimeralis* from Lake Baunt is poorly studied. This species is considered as relic of the genus *Asellus* s. str. which was widespread in Siberia in the Pre-Glacial period. The article presents information on the quantitative characteristics of *A. epimeralis* population in the lake and its importance in the fish diet, including the results of our own research. Based on the available information, recommendations for the conservation of the species are proposed.

Водяной ослик *Asellus epimeralis* Birstein, 1947 из озера Баунт остается зоологической загадкой ни родственные связи с другими, географически близкими представителями Isopoda которого на данный момент надежно не установлены, ни его экологические предпочтения. Имеющаяся информация о виде очень скудная, что возможно связать с труднодоступностью водоема его обитания (оз. Баунт) и традиционно недостаточным вниманием к такой группе организмов как водяные ослики. Хотя еще Я. А. Бирштейн, автор описания вида, опираясь на наличие примитивных признаков в строении *A. epimeralis*, отмечал (Бирштейн, 1951) реликтовый характер его ареала как остатка широко распространенного в Сибири в доледниковое время *Asellus* s. str. Древность *A. epimeralis* разными исследователями указывалась по отношению к байкальским эндемичным, дальневосточным и европейским видам осликов (Бирштейн, 1951; Henry, Magniez, 1996; Натяганова, 2001).

Относительно недавно была получена некоторая информация о генетических связях *A. epimeralis* с использованием митохондриального гена CO1 (Сидоров и др., 2011), согласно которой вид имеет отдаленное родство с североамериканскими родами *Lirceolus* и *Caecidotea*, также как с распространенным на Ближнем Востоке *Proasellus coxalis* Dollfus и байкальским родом *Baicaloasellus*. Однако необходимость более подробной и надежной информации проливающей свет на его генетические связи по-прежнему остается актуальной.

Усугубляет ситуацию скудность информации об экологических предпочтениях данного вида, в частности надежная информация о его биотопической приуроченности и количественные характеристики. Загадочным остается упоминание М. М. Кожовым (Кожов, 1950) об обнаружении ослика в оз. Бусани без каких-либо других подтверждающих дополнительных сведений. Не меньшего внимания заслуживает информация (уст. сообщ. к.б.н. В. П. Самусенка) об осликах, обнаруженных в больших количествах на сетях в ходе ихтиологического обследования в 2006 г. труднодоступного озера Горбыляк в верховьях одноименной реки

(Е 56°59'228" N 112°39'498"; бассейн р. Мама, приток р. Витим; безрыбное). К сожалению, данная информация не имеет своего документального подтверждения ни в форме фиксированных образцов, ни в виде фото- или видеоматериалов. Фактически, на данный момент времени документально подтвержденной является информация о нахождении ослика лишь в оз. Баунт.

При описании характера распределения ослика в оз. Баунт имеется возможность опираться на данные М. М. Кожова за 1939 г. (Кожов, 1950), А. Н. Быстровой и Г. И. Рюминой за 1983–1984 гг. (Быстрова, Рюмина, 1987) и результаты собственных исследований, выполненных в 2010–2017 годах.

Из полученных данных следует, что в оз. Баунт ослик не входит в состав доминирующих групп организмов. Например, в 1939 г. (Кожов, 1950) величины его средней биомассы по биотопам варьировали в пределах 0,002–0,013 г/м² (0,1–1,4 % от общей биомассы бентоса). Он был отмечен в литорали с водной растительностью, где был наиболее обилен, на илах и заиленных песках сублиторали, а также на глинистых грунтах зоны профундали, где его величины биомассы оказались наименьшими.

В 1983–1984 гг. были проведены детальные мониторинговые исследования оз. Баунт (Быстрова, Рюмина, 1987), в результате которых в том числе были определены значения средней за период численности ослика на песчаных, глинистых и илистых грунтах, которые фактически не отличались – 5–6 экз./м², а биомассы – 0,01 г/м². Максимальные значения численности были отмечены в 1983 г. на илистых грунтах – 20 экз./м² и 0,04–0,02 г/м²; на глинистых грунтах (глубины 3,5–23 м) его обилие в 1984 г. без учета пустых проб было ниже – 7–13 экз./м² и 0,013–0,029 г/м²; на песчаных (литораль) в 1984 г. значения варьировали в пределах 5–15 экз./м² и 0,02 г/м². Ослик не был обнаружен в 1983 г. в пробах, собранных на песчаных и глинистых грунтах, а в 1984 г. – на илистых грунтах.

В марте 2010 г. пробы бентоса были собраны нами с использованием дночерпателя в северной оконечности озера, устье р. Ципикан и в зоне максимальных глубин озера (4 станции), но *A. epimeralis* в пробах не обнаружили. Единично он был отмечен на губках, захваченных рыболовными сетями, которые были установлены в северной оконечности озера на глубинах около 4 метров. В августе того же года несколько экземпляров было собрано с помощью драги в центральной части озера (глубина 29,3 м) и в дальнейшем использовано для вышеуказанного генетического исследования.

В мае 2017 г. была выполнена площадная съемка зообентоса, составившая 41 пробу (Матафонов, Базова, 2018), из которых ослики были обнаружены лишь в двух, собранных в западной части озера, на глубинах 16,5 и 20 метров. Численность их здесь составила (станции 508 и 518) 40–80 экз./м², биомасса – 0,08–0,6 г/м².

С данными о низкой встречаемости *A. epimeralis* в бентоценозах оз. Баунт согласуются сведения о значении ослика в питании рыб в весенний и летний сезоны 2009–2016 гг. на участках нижней части озера (по центральной части озера между устьем р. Ципикан и мысом Каменный) и верхней части (южная сторона между левым и правым руслами реки р. Верхняя Ципа), когда он единично отмечался в пищевых комках сига-пыжьяна, налима, ерша и окуня.

Наиболее часто водяной ослик отмечался в питании ерша. В весенний период единично ослик отмечался только в нижней части озера: в апреле 2009 г. его доля составляла 0,13 % массы съеденной пищи при встречаемости 2,7 %; в марте 2010 г. – 2,11 % и 9,73 % соответственно; в этот же период 2012 г. – 0,09 % и 1,37 %. В верхнем конце озера ослик присутствовал в питании ерша только в летний период: в середине августа 2010 г. он занимал 1,6 % массы съеденной пищи при встречаемости 9,52 %, а в конце августа 2016 г. соответственно 4,1 и 13,2 %.

В питании налима в марте 2010 г. ослик занимал 0,12 % массы съеденной пищи при частоте встречаемости 20 % (нижняя часть озера), а в августе 2010 г. соответственно 3,72 и 30 % (верхняя часть озера).

В питании окуня в конце марта 2012 г. ослик составлял 5,53 % массы съеденной пищи, а его встречаемость в желудках достигала 17,78 % (нижняя часть озера). В марте 2013 г. его значение в питании было меньше – 0,12 и 6,06 % соответственно (верхняя часть озера).

В питании сига-пыжьяна в марте 2012–2013 гг. ослик был отмечен в 0,93 и 2,06 % исследованных желудков с массовой долей 0,01 и 0,03 % (участки нижней и верхней части озера соответственно).

Таким образом, популяция *A. epimeralis* эндемичного для оз. Баунт характеризуется очень низкой численностью и значением в питании рыб, и, возможно, находится на пределе своего существования. В связи со значимостью этого вида в познании биогеографических связей организмов из оз. Баунт, реконструкции палеособытий на территории Сибири и, принимая во внимание, наблюдающийся рост хозяйственной нагрузки на водосборные территории водоемов, а также тенденции климатических изменений в регионе, данный вид предлагается к внесению в ближайшее издание Красной книги Республики Бурятия и Российской Федерации по категории 3 – редкие виды (подвиды), которым в настоящее время еще не грозит исчезновение, но численность их мала и они встречаются на таких ограниченных территориях, что могут исчезнуть при неблагоприятном изменении среды обитания, под воздействием природных или антропогенных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

Бирштейн Я.А. Пресноводные ослики (*Asellota*) / Фауна СССР. Ракообразные. Том VII, Вып. 5. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1951.

Быстрова А.Н., Рюмшина Г.И. Продуктивность зообентоса озера Баунт // Сб. тр. ГосНИОРХ. 1987. Вып. 272. С. 31–43.

Кожов М.М. Пресные воды Восточной Сибири: (бассейн Байкала, Ангары, Витима, верхнего течения Лены и Нижней Тунгуски). Иркутск: Иркут. обл. гос. изд-во, 1950. 368 с.

Матафонов Д.В., Базова Н.В. Новый подход к организации сети станций для мониторинга озерных водоёмов Бурятии по организмам макрозообентоса: первые результаты применения и анализ пространственного распределения амфипод в озёрах Еравнинской системы как пример его реализации // Известия Иркутского государственного университета Серия «Биология. Экология». 2018. Т. 24. С. 86–109.

Натяганова А.В. Равноногие раки (*Malacostraca*, *Isopoda*) / Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. В 2 т. Новосибирск: Наука, 2001. Т. I, Кн. 1. С. 558–571.

Сидоров Д.А., Матафонов Д.В., Гончаров А.А. Филогенетическое положение *Asellus epimeralis* Birstein (*Isopoda*, *Asellidae*) по морфологическим и молекулярно-генетическим данным: предварительные результаты // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: Мат-лы II междунар. науч. конф. Улан-Удэ (Россия), 20-25 июня 2011 г. В 3-х т., Т. 2. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. С. 231–232.

Henry J.P., Magniez G. *Asellus (Asellus) monticola* en Iran (Crustacea, Isopoda, Asellota, Asellidae) // Bulletin Zoologisch Museum. 1996. Т. 15. №. 7. С. 49–52.

УДК 574.587

Таксономический состав и разнообразие зообентоса литоральной зоны озера Арахлей в экстремально маловодный период

Матафонов П.В.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия,
e-mail: benthos @yandex.ru

Аннотация. Выполнены исследования таксономического состава и разнообразия зообентоса литоральной зоны озера Арахлей в период экстремально низкой водности. В составе зообентоса обнаружено 42 таксона, Хирономиды составили 43% таксономического разнообразия. Таксономическое обилие зообентоса в пробах из зоны глубин до 4,5 м составило $7,7 \pm 3,7$ таксона в пробе.

The taxonomic composition and diversity of zoobenthos in the littoral zone of Lake Arakhley in the extremely low-water period

Matafonov P.V.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia, e-mail: benthos@yandex.ru

Abstract. The studies of the taxonomic composition and diversity of zoobenthos in the littoral zone of Lake Arakhley were carried out during the extremely low-water period. 42 taxa were found in the zoobenthos. Chironomids accounted for 43% of the taxonomic diversity. The taxonomic abundance of zoobenthos in the samples was 7.7 ± 3.7 taxa in the sample from the zone of depths up to 4.5 m.

Изменения климата сопровождаются колебаниями уровня воды в озерах, что в свою очередь оказывает влияние на их водные экосистемы, сообщества и популяции (Leira, Cantonati, 2008). Аридизация климата привела к снижению уровня Арахлейских озер до минимального уровня за 50-летний период. Сведения о таксономическом составе зообентоса и пространственном распределении видов в Арахлейских озерах малочисленны, а при столь низком уровне воды отсутствуют.

Исследования выполнены в 2017 г. на озере Арахлей (Матафонов, 2018) – одном из крупнейших озер Арахлейской системы озер и лесостепной зоны Забайкальского края.

Распределение литорального зообентоса в озере Арахлей в 2017 г. было ограничено изобатой 4,5 метра. В материалах исследования зообентос представлен 45 таксонами, в литоральной зоне – 42 таксонами. Chironomidae составляют 43% таксономического разнообразия зообентоса литоральной зоны, 21% – Molluska, 14% – Hirudinea, 12% – Oligochaeta. 36% от общего разнообразия зообентоса составляют Chironominae.

Размах колебаний уровня воды в озере Арахлей в многоводные и маловодные годы превышает два метра. Снижение уровня воды на два метра могло привести к сокращению глубины обитания литорального зообентоса с семи метров в многоводные годы до 4,5 м в экстремально маловодном 2017 г. При снижении уровня воды произошло сокращение песчаных и зарослевых мест обитания литорального зообентоса, большее значение приобрели илистые места обитания. Полученные результаты показывают пространственное распределение литорального зообентоса, его таксономический состав и разнообразие при значительных изменениях соотношений разнородных мест обитания в литоральной зоне. Они характеризуют состояние зообентоса литоральной зоны и экосистемы озера Арахлей в период экстремально низкой водности.

ЛИТЕРАТУРА

Матафонов П. В. Пространственное распределение литорального зообентоса в озере Арахлей в маловодный период // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5. С. 180-184.

Leira M., Cantonati M. Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography. Hydrobiologia, 2008, V. 613, pp. 171-184.

УДК 575.27: 595.143

Генетическое разнообразие рыбьих пияво (Hirudinea: Piscicolidae) Байкальского региона

Матвеевко Е. Ю^{1*}, Кайгородова И. А.¹

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, matveenko@lin.irk.ru

Аннотация. Применение биоинформационного анализа на основе молекулярно-генетических данных позволило уточнить видовой состав и на 72 % увеличить фаунистический список рыбьих пиявок Байкальского региона, зарегистрировав филогенетический сигнал о наличии 12 видов рыбьих пиявок, в том числе 9 байкальских эндемиков, 1 хубсугульский эндемик и 2 новых вида широко распространённых в регионе. Анализ совокупных доказательств, включающих морфологические и молекулярно-генетические данные, повышает достоверность результатов по разграничению таксонов, элиминируя фактор субъективности таксономической идентификации, что важно для оценки реального уровня биоразнообразия.

Genetic diversity of fish leeches (Hirudinea: Piscicolidae) of the Baikal region

Matveenko E.Yu.^{1*}, Kaygorodova I.A.¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, matveenko@lin.irk.ru

Abstract. The bioinformatic analysis based on molecular genetic data clarified the species composition and increased the faunistic list of fish leeches in the Baikal region by 72% by recording a phylogenetic signal about the presence of 12 species, nine of which are endemic to Lake Baikal, one is endemic to Lake Hovsgol and two species are widespread in the region. The total-evidence analysis increases the reliability of the results for the differentiation of taxa, eliminating the factor of subjectivity in taxonomic identification, which simplifies the identification of species and, therefore, is important for assessing the real level of biodiversity in the region.

Пиявки являются группой кольчатых червей, мировая фауна которой насчитывает порядка 720 видов (Kaygorodova et al. 2020). В Байкальском регионе выявлено 34 вида паразитических и непаразитических пиявок, уровень видового эндемизма фауны достигает 50%. Семейство рыбьих пиявок Piscicolidae представлено в регионе 5 родами: *Acipencerobdella* (Epstein, 1969), *Baicalobdella* (Dogiel, 1957), *Codonobdella* (Grube, 1873), *Cystobranchus* (Malm, 1863) и *Piscicola* (de Blainville, 1818). Писциколиды являются эктопаразитами и паразитируют преимущественно на рыбах (в водоемах Иркутской области и Бурятии обитает 71 вид рыб), однако байкальские пиявки эндемичных родов *Baicalobdella* и *Codonobdella* приспособились питаться за счет ракообразных, разнообразие и обилие которых в Байкале значительны (348 видов с высокой плотностью популяций). Широкий спектр потенциальных хозяев позволяет предполагать более высокий уровень видового разнообразия паразитов, чем сегодня известно.

Пиявки являются важным элементом экологических сетей межвидовых взаимодействий, выполняя роль регулятора численности популяции хозяина. Они оказывают негативное воздействие на здоровье хозяина, вызывая бделлез, что приводит к поражениям покровных тканей, жабр, истощению, благоприятным условиям для развития инфекций (Kaygorodova, Sorokovikova 2014). Кроме того, кровососущие пиявки являются промежуточными хозяевами для различных паразитарных организмов (нематод, цестод, флаголлит и трематод) и служат механическим вектором не только их переноса, но и бактериальных инфекций и вирусов (Faisal 2009).

Целью этой работы является исследование филогенетического разнообразия рыбьих пиявок, для решения которой был применен комплексный подход, объединяющий классические морфологические методы и комплекс методов молекулярной экологии.

В анализ включен фиксированный 80% этанолом биологический материал, собранный в 2005–2020 гг. в озерах Байкал, Хубсугул, Гусиное, Капылюши, в реках Ангара, Селенга, Бар-

гузин, Лена и их притоках. Виды определялись по системе Эпштейна (1987). Техника ДНК-штрихкодирования (Hebert et al. 2003), основанная на достоверных различиях в частотах распределения внутривидовых и межвидовых вариаций фрагмента гена COI (658 п.н.), использована для молекулярной делимитации видов. Биформационный анализ выполнен с использованием пакетов компьютерных программ BioEdit, BLAST и MEGA X.

В результате проведенного анализа получены сведения по генетическому разнообразию рыбных пиявок Байкальского региона. Установлено, что байкальские виды *B. torquata*, *B. cottidarum* и *C. truncata* обладают высоким генетическим полиморфизмом. Выявленный уровень генетических различий внутри каждого из этих видов позволяет сделать вывод о существовании в Байкале трех криптических комплексов, состоящих из двух и более морфологически слабо выраженных, но генетически различных видов.

Изучение обширного по географии и количеству образцов материала палеарктических писцикоид не выявило в обследованных водоемах присутствия *P. geometra*, вида признаваемого типичным транспалеарктом и указываемого во всех фаунистических списках по Восточной Сибири. Генетический анализ показал, что восточносибирские представители рода *Piscicola* формируют три филогенетические ветви: *Piscicola* sp.1, паразитирующая на хубсугульском хариусе, *Piscicola* sp.2, паразитирующая на байкальском омуле и хариусе и *Piscicola* sp.3, паразитирующая на окуне и сороге. Штрихкодовый разрыв между тремя линиями писцикол превышает 5%, что соответствует уровню межвидовых генетических дистанций. Такой же уровень генетических отличий наблюдается между линиями восточносибирских писцикол и европейских *P. geometra*. Если *Piscicola* sp.1 и *Piscicola* sp.2 имеют ограниченный ареал в пределах оз. Хубсугул и оз. Байкал, соответственно, то география распространения *Piscicola* sp.3 довольно широка. Этот вид был найден нами в оз. Байкал (Посольский Сор, Чивыркуйский залив), р. Ангара, оз. Гусиное и р. Ина (приток Баргузина). Возможно, именно *Piscicola* sp.3 ранее ошибочно принималась за *P. geometra* из-за некоторого сходства внешней морфологии.

Применение биоинформационного анализа на основе молекулярно-генетических данных позволило значительно расширить видовой состав фауны рыбных пиявок Байкальского региона (+72%), зарегистрировав филогенетический сигнал о наличии 12 видов рыбных пиявок, из них 9 байкальских эндемиков, 1 хубсугульский эндемик и 2 вида широко распространенных в регионе. Анализ совокупных доказательств, включающих морфологические и молекулярно-генетические данные, повышает достоверность результатов по разграничению таксонов, элиминируя фактор субъективности таксономической идентификации, что упрощает определение видовой принадлежности и, следовательно, важно для представления о реальном уровне био-разнообразия в регионе.

Работа выполнена в рамках Гос. задания № 121032300198-2 и финансирования РФФИ грант № 20-34-90043.

ЛИТЕРАТУРА

- Эпштейн В. М. Annelida // Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР / под ред. О. Н. Бауер. 1987. Т. 3 (2). С. 340-372.
- Faisal M., Schulz C.A. Detection of Viral Hemorrhagic Septicemia virus (VHSV) from the leech *Myzobdella lugubris* Leidy // Parasite & Vectors. 2009. Vol. 2. P. 45.
- Hebert P., Cywinska A., Ball S. Biological identifications through DNA barcodes // Proc R Soc. 2003. Vol. 270. P. 313–321.
- Kaygorodova I., Bolbat N., Bolbat A. Species delimitation through DNA barcoding of freshwater leeches of the *Glossiphonia* genus (Hirudinea: Glossiphoniidae) from Eastern Siberia, Russia // J Zool Syst Evol Res. 2020. Vol. 58. P. 1437–1446.
- Kaygorodova I., Sorokovikova N. Mass leech infestation of sculpin fish in Lake Baikal, with clarification of disease-prone species and parasite taxonomy // Parasitology International. 2014. Vol. 63. P. 754–757.

УДК 579.26:574

**Смена доминанта в микробном сообществе хемоклина
меромиктического содового озера Доронинское (Забайкалье, Россия)
как адаптивная стратегия биогеохимических систем территории**

Матюгина Е.Б.¹, Белькова Н.Л.²

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, evgenia48@mail.ru

²Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, Иркутск, nlbelkova@gmail.com

Аннотация. Исследованы особенности филогенетического разнообразия микробного сообщества хемоклина меромиктического содового озера Доронинское (Забайкалье, Россия). В межсезонном аспекте установлена смена доминанта в составе сообщества. Выявлено, что в подледный период в озере доминируют метаболически гибкие, анаэробные, фотогетеротрофные несерные пурпурные бактерии Rhodospirillaceae и Rhodobacteraceae (класс Alphaproteobacteria), которые имеют возможность переключаться с анаэробного фотосинтеза на аэробный хемотрофный обмен. В период открытой воды преобладают бактерии семейств Enterobacteriaceae (класс Gammaproteobacteria) и Alcaligenaceae (класс Betaproteobacteria). Исследование взаимосвязи между параметрами окружающей среды и микробным разнообразием зоны хемоклина озер может стать перспективным направлением исследований как для создания прогнозных моделей изменения экологических условий природных экосистем, так и для выявления эффективных ландшафтных индикаторов.

**Change of the dominant in the microbial community of chemocline
meromictic soda lake Doroninskoe (Transbaikalia, Russia)
as an adaptive strategy of biogeochemical systems of the territory**

Matyugina E.B.¹, Belkova N.L.²

¹Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, evgenia48@mail.ru

²Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk,
nlbelkova@gmail.com

Abstract. The phylogenetic features of the diversity of the microbial community were studied in the chemocline of the meromictic soda lake Doroninskoe (Transbaikalia, Russia). The change of the dominant is established in the composition of the community in the off-season aspect. The metabolically flexible anoxygenic photoheterotrophic non-sulfuric purple bacteria Rhodospirillaceae and Rhodobacteraceae (class Alphaproteobacteria) dominate the lake during the ice period. These bacteria can switch from anoxic photosynthesis to aerobic chemotrophic metabolism. Bacteria of the families Enterobacteriaceae (class Gammaproteobacteria) and Alcaligenaceae (class Betaproteobacteria) dominate during the ice-free period. The microbial diversity of the chemocline zone of lakes can become a promising research area for creating predictive models of changes in the ecological conditions of natural ecosystems and for identifying effective landscape indicators.

Адаптивные стратегии живых организмов являются важной частью эволюции биогеохимических систем и могут являться важным критерием коротко- и длиннопериодных природных флюктуаций.

Современные изменения климата требуют разработки эффективных индикаторов для прогноза этих флюктуаций. Методы ландшафтной индикации с помощью биологических систем успешно использовались для детализации гидрологической, гидромерзлотной и гидрогеологической обстановки в некоторых районах Забайкалья (Еникеев, 2015).

В работе исследована межсезонная динамика филогенетического разнообразия микробного сообщества меромиктического содового озера Доронинское (Забайкалье) и показана возможность использования этих изменений в качестве природных модельных систем для создания эффективных ландшафтных индикаторов.

Меромиктическое содовое озеро Доронинское является одним из трех известных меромиктических водоемов Сибири. Микроорганизмы в озере активны в особых условиях окружающей среды (Matyugina and Belkova, 2015). Озеро расположено на территории с резко

континентальным климатом, в зоне многолетнемерзлых пород и имеет специфические физические и химические условия, такие как щелочной pH, относительно высокая соленость воды и донных отложений до 35,0 г/л (Borzenko et al., 2015). Озеро отличается от других меромиктических водоемов мира определенными параметрами, а именно низким уровнем освещенности хемоклина (0,001 %) (Matyugina and Belkova, 2015) и редким типом щелочных вод, сформированных в условиях испарительного концентрирования осадочных пород (Borzenko et al., 2015).

Стабильные в пространстве и времени меромиктические условия в озере характеризуются высоким микробным разнообразием с максимумом в зоне хемоклина. Индекс Шеннона здесь выше чем в миксо- и монимолимнионе (Matyugina and Belkova, 2015; Matyugina et al., 2018).

Хемоклин меромиктических озер является особой зоной, где ключевые биогеохимические превращения осуществляются доминирующими бактериями серного цикла. Преобладание в зоне хемоклина бактерий с определенными метаболическими стратегиями может быть связано, как с сочетанием функциональных характеристик и физиологии этих организмов, так и благоприятных условий окружающей среды для реализации их основной экологической роли.

Для понимания этих важных позиций, мы провели исследования доминирующего состава микроорганизмов хемоклина меромиктического содового озера Доронинское в зимний подледный (март) и осенний (сентябрь) периоды с использованием высокопроизводительного секвенирования.

Метасеквенирование ампликонов гена 16S рНК выявило высокое филогенетическое разнообразие исследуемой зоны в межсезонном аспекте. Нами установлено, что микробное сообщество зоны хемоклина озера в период исследований характеризовалось высоким таксономическим разнообразием. Идентифицированы представители 11 фил эубактерий: Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Deinococcus-Thermus, Firmicutes, Planctomycetes, Proteobacteria, Spirochaetes, Tenericutes, Verrucomicrobia, пяти кандидатных групп: Candidatus Saccharibacteria (TM7), Candidatus Absconditabacteria (SR1), Candidatus Sumerlaeota (BRC1), Candidatus Latescibacteria (WS3), Parcubacteria group (OD1) и одной филы архей: Euryarchaeota – в марте и 12 фил эубактерий: Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Chloroflexi, Cyanobacteria, Firmicutes, Fusobacteria, Gemmatimonadetes, Proteobacteria, Spirochaetes, Tenericutes, Verrucomicrobia, трех кандидатных групп эубактерий: Candidatus Absconditabacteria (SR1), Candidatus Cloacimonetes (WWE1), Parcubacteria group (OD1), одной филы архей: Euryarchaeota и двух кандидатных групп архей: Candidatus Rasearchaeota и Candidatus Woesearchaeota – в сентябре. Во все периоды исследований доминирующими оставались бактерии фил: Acidobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes и Proteobacteria (Matyugina and Belkova, 2015; Matyugina et al., 2018).

Метаанализ ампликонов гена 16S рНК установил, что в зоне хемоклина в подледный период преобладали метаболически гибкие, аноксигенные, фотогетеротрофные несерные пурпурные бактерии Rhodospirillaceae и Rhodobacteraceae (класс Alphaproteobacteria), которые имеют возможность переключаться с аноксигенного фотосинтеза на аэробный хемотрофный обмен.

В осенний период была выявлена смена доминирующих бактерий этой зоны. Было обнаружено, что бактерии семейств Enterobacteriaceae (класс Gammaproteobacteria) и Alcaligenaceae (класс Betaproteobacteria) доминировали в зоне хемоклина оз. Доронинское. Эти бактерии известны как факультативные аэробные бактерии, которые переключаются на денитрификацию в отсутствие кислорода.

Межсезонные исследования показывают, что изменение экологических условий озера Доронинское приводит не только к смене доминирующих бактерий зоны хемоклина озера, но и к увеличению доли хемоорганотрофных бактерий.

Следует отметить, что анализ доминирующего состава микроорганизмов меромиктических озер мира (Matyugina and Belkova, 2015), как правила показывает временную стабиль-

ность этого параметра. Смена доминирующих микроорганизмов для меромиктических озер мира известна лишь для озера Каданьо в период изменения лимнического статуса озера на голомиктический (Tonolla et al., 2005).

В связи, с чем выявленная особенность требует дальнейшего изучения. Исследование взаимосвязи между параметрами окружающей среды и микробным разнообразием зоны хемоклина озер могут стать перспективными для создания прогнозных моделей изменения экологических условий природных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

Еникеев Ф.И. Гидробиологические методы картирования гидромерзлотной обстановки в горных районах Восточного Забайкалья // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2015. № 1. С. 81-90.

Matyugina E., Belkova N. Distribution and diversity of microbial communities in meromictic soda Lake Doroninskoe (Transbaikalia, Russia) during winter // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 33, №. 5. P. 1378-1390.

Борзенко С.В., Замана Л.В., Носкова Е.В. Меромиксия озера Доронинское (Восточное Забайкалье) // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-3. С. 420-425.

Matyugina E., Belkova N., Borzenko S., Lukyanov P., Kabilov M., Baturina O., Martynova-Van Kley A., Nalian A., Ptitsyn A. Structure and diversity dynamics of microbial communities at day and night: investigation of meromictic Lake Doroninskoe, Transbaikalia, Russia // Journal of oceanology and limnology. 2018. Vol.36, №. 6. P. 1978-1992.

Tonolla M, Peduzzi R, Hahn D. Long-term population dynamics of phototrophic sulfur bacteria in the chemocline of Lake Cadagno, Switzerland // Applied and Environmental Microbiology. 2005. Vol.71(7). P. 3544-3550.

УДК 598.2:591.9(571.5)

Динамика населения птиц лесных экосистем в условиях современных изменений климата*Мельников Ю.И.*Байкальский музей Иркутского научного центра, пос. Листвянка, Иркутская обл., Россия,
yumel48@mail.ru

Аннотация. На основе многолетних исследований (2010-2020 гг.) показана изменчивость основных показателей населения птиц – плотности населения и видового богатства, в период сильного потепления климата Восточной Сибири. Совершенно очевидно, что реакция птиц на потепление в летний и зимний периоды различна. В первом случае эти показатели определяются характером выселений птиц из Центральной Азии, а во втором конкретными климатическими факторами, сложившимися в местах обитаний. В соответствии с этим, в летний период связь между изучаемыми параметрами является циклической, а в зимний период линейной.

The dynamics of the bird population of forest ecosystems in the context of modern climate changes*Mel'nikov Yu.I*Baikal Museum of the Irkutsk Scientific Center, settl. Listvyanka, Irkutsk region, Russia,
yumel48@mail.ru

Annotation. Based on long-term studies (2010-2020), the variability of the main indicators of the bird population - population density and species richness - is shown during the period of strong warming of the climate in Eastern Siberia. It is clear that the response of birds to warming in summer and winter is different. In the first case, these indicators are determined by the nature of the migration of birds from Central Asia, and in the second, by specific climatic factors prevailing in the habitats. In accordance with this, in the summer period the relationship between the studied parameters is cyclical, and in the winter it is linear.

Современный период в Восточной Сибири, в частности, в котловине оз. Байкал, характеризуется очень сильным потеплением климата. В среднем по Северному полушарию Земли потепление составило 0,7/100 лет, но в Восточной Сибири оно превысило 1,9°/100 лет (за период 1968–2007 гг.), т.е. больше в 2,7 раза (Шимараев, Старыгина, 2010). Потепление более характерно для позднелетнего и ранневесеннего периодов. Исследование птиц лесных экосистем (2010–2020 гг.) низкогорий правобережья истока р. Ангары позволило выявить общую динамику основных показателей их населения – плотности и видового богатства (Равкин, Челинцев, 1991), как в летний, так и зимний периоды. Прямолинейная связь плотности населения птиц с временным периодом исследований в летнее время отсутствует. Однако для данного времени выявлена циклическая связь (полиномиальная регрессия 6-ой степени) среднего уровня - коэффициент детерминации выбирает 44,0 % общей изменчивости признаков (рис. 1). Пики плотности населения птиц приходятся на периоды, отличающиеся высокими приземными температурами воздуха. Возможно, такая связь обусловлена переходным периодом от потепления к похолоданию климата.

Связь видового богатства птиц с общей тенденцией к потеплению климата в летний период более существенная (коэффициент детерминации выбирает 65,0 % общей изменчивости признаков), но прямолинейная связь также отсутствует (рис. 2). Это понятно, поскольку видовое богатство должно быть связано и с плотностью населения птиц – связь обычно повышается по мере увеличения количества зарегистрированных видов. Однако, такая связь не вполне очевидна. В период резкого снижения плотности населения птиц (2015-2016 гг.) (рис. 1) связь оставалась на достаточно высоком уровне, хотя общая тенденция к понижению видового богатства птиц все же улавливается довольно хорошо (рис. 2). Вероятнее всего, это общая тенденция динамики видового состава птиц на большой территории, обусловленная

основным направлением изменения условий их существования за пределами основной части гнездовых ареалов.

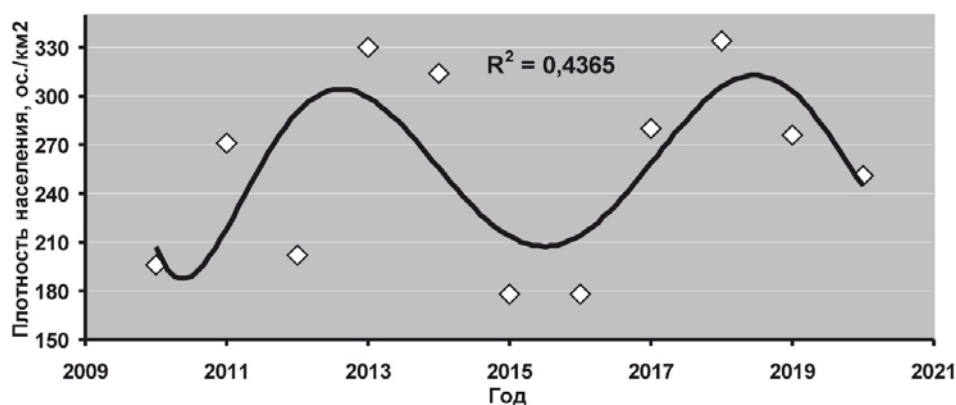


Рис. 1. Динамика плотности населения птиц низкогорий правобережья истока р. Ангары в летний период (2010–2020 гг.)

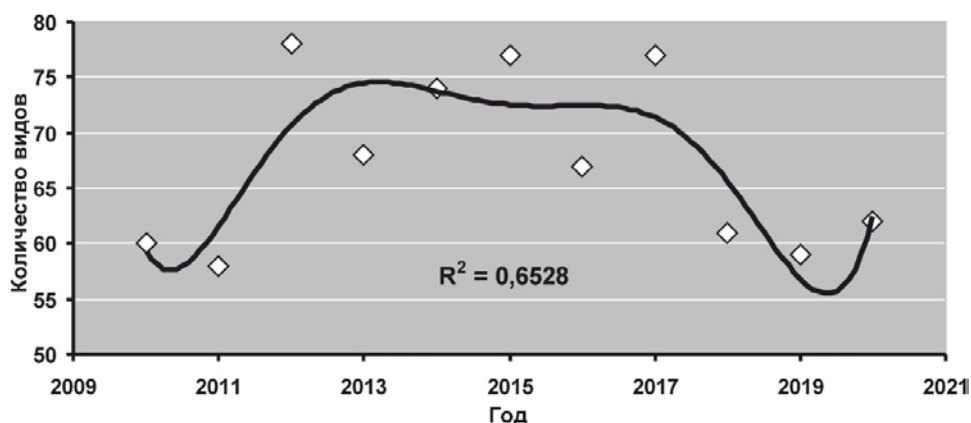


Рис. 2. Динамика количества видов птиц низкогорий правобережья истока р. Ангар в летний период (2010–2020 гг.)

Парный коэффициент корреляции плотности населения птиц и видового богатства в летний период является низким, но достоверным и имеет отрицательное направление – $r = -0,21$, $t = 0,643 > 0,602 = t_0$, $P < 0,05$ (Закс, 1976). Явно, с увеличением плотности населения птиц, количество зарегистрированных видов может увеличиваться только до определенного предела. Снижение видового богатства в конце периода наблюдений, сопровождаемое уменьшением общей плотности населения птиц, вполне очевидно обусловлены тем, что данная тенденция в настоящее время очевидно заканчивается (отрицательный коэффициент достоверной корреляции).

В зимний период проявляется четкая линейная связь уменьшения плотности населения птиц лесных экосистем по мере потепления климата. Коэффициент детерминации выбирает $R^2 = 55,0\%$ общей изменчивости данных признаков (рис.3). Пики плотности населения птиц приходятся на годы с более суровыми зимними условиями. Причина этого пока не ясна, однако надо иметь в виду, что зимнее население птиц формируется, преимущественно, оседлыми видами птиц (Мельников, 2016). Очевидно, существует определенный температурный оптимум, которого придерживаются зимующие птицы. На это указывает и процесс их расселения по гнездовым станциям в ранневесенний период. Подлет птиц на гнездовые территории наблюдается с северных направлений.

Связь видового богатства птиц с общей тенденцией к потеплению климата в зимний период, также является линейной, но выражена существенно слабее летнего периода. Коэффициент детерминации признаков выбирает только $39,0\%$ их общей изменчивости (рис. 4). Вероятно, это связано с тем, что видовое богатство птиц в зимнее время значительно меньше

чем в летний период (рис. 2 и 4), а их реакция на температуру приземного слоя воздуха менее определенная. Необходимо отметить, что увеличение видового богатства птиц в этот период идет, преимущественно, за счет случайно зимующих птиц, задержавшихся с отлетом в очень теплые осени.

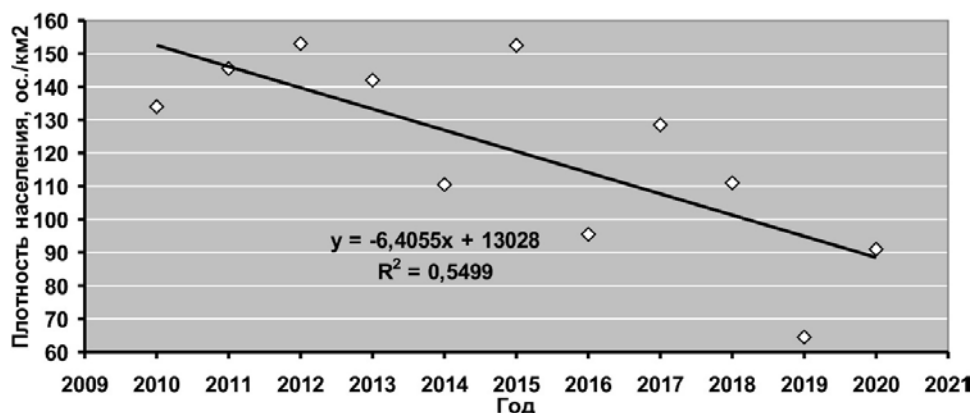


Рис. 3. Динамика плотности населения птиц низкогорий правобережья истока р. Ангары в зимний период (2010–2020 гг.)

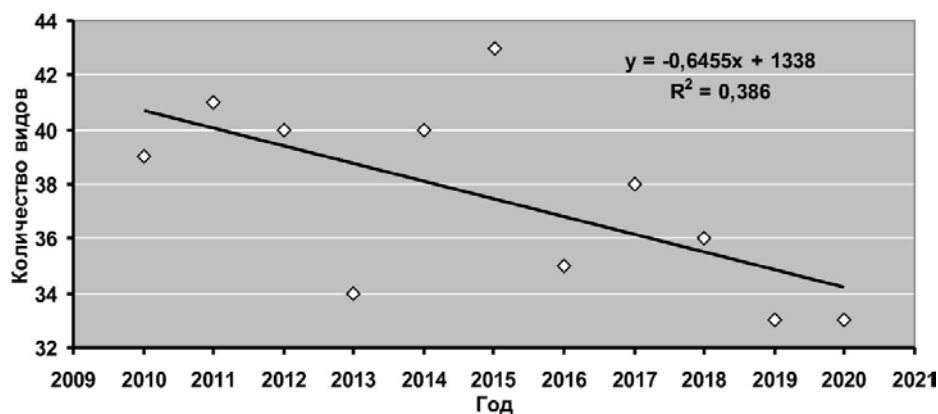


Рис. 4. Динамика количества видов птиц низкогорий правобережья истока р. Ангары в зимний период (2010–2020 гг.)

Парный коэффициент корреляции плотности населения и видового богатства птиц в зимний период является высоким, положительным и достоверным - $r = 0,74$, $t = 3,29 > 3,25 = t_9$, $P < 0,01$. Несомненно, связь плотности населения и видового богатства в зимний период является очень высокой, что хорошо видно и на рисунках 3-4. Именно заметное увеличение видового богатства птиц связано с более высокой плотностью их населения. Подобная тенденция определяется низкой зимней плотностью населения птиц. Даже относительно невысокая численность новых видов птиц, заметно повышает общую плотность их населения.

Текущее десятилетие в Восточной Сибири было самым теплым за весь период инструментального изучения климата. В настоящее время потепление выражено еще сильнее, но эти данные еще не обработаны метеорологами. Многие исследователи считают такие изменения климата глобальными. Однако специальный анализ имеющихся материалов показывает, что его флуктуации еще не привели к существенному изменению границ природных зон. Ареалы исконно степных и пустынных птиц, наиболее мобильной группы животных, не претерпели существенных изменений, хотя участились их залеты в смежные природные зоны и наблюдаются заметные перераспределения по территории. Значительные изменения ареалов отмечены у прибрежных птиц – они ушли к северу на 500-1000 км и более. Однако данная группа птиц осваивает интразональные местообитания, встречающиеся во всех природных зонах и горных поясах и отличается чрезвычайной динамичностью своих ареалов. Следовательно, это крайне редкие относительно продолжительности жизни человека ситуации,

находящиеся в пределах естественных и неоднократно происходивших флуктуаций, связанных с многовековыми циклами климата (Кривенко, Виноградов, 2008).

Основными причинами различной реакции птиц на происходящие изменения в летний и зимний периоды, несомненно, являются исходные факторы, действующие в оптимумах их ареалов. Качественная динамика структуры летнего населения птиц в Восточной Сибири определяется процессами их выселений из Центральной Азии в результате сильных засух и долговременных (несколько десятилетий) засушливых периодов (Мельников, 2016). В зимнее время структура населения птиц в этом регионе определяется конкретными факторами среды, действующими в их зимовочном ареале. Следовательно, именно эти факторы и определяют различия в реакциях птиц на происходящие изменения в летний и зимний периоды.

ЛИТЕРАТУРА

- Кривенко В.Г., Виноградов В.Г. Птицы водной среды и ритмы климата Северной Евразии. М.: Наука. 2008. 588с.
- Мельников Ю.И. Современная фауна птиц котловины озера Байкал и особенности ее формирования // Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2016. Т. 16. С. 62–83.
- Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика. 1976. 598 с.
- Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. Репринт. М.: Изд-во Госкомприроды СССР. 1990. 33 с.
- Шимараев М.Н., Старыгина Л.Н. Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968–2007) // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 62–68.

УДК 582.751.2:581.461

Структурная адаптация листьев у видов *Betula* к аридности климатаМигалина С.В.^{1,2}, Иванов Л.А.^{1,2}, Ронжина Д.А.^{1,2}, Иванова Л.А.^{1,2}¹Ботанический сад Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия. Fterry@mail.ru²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия. Fterry@mail.ru

Аннотация. Функциональные параметры листьев изучены в популяциях *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., *Betula platyphylla* Sukacz. из таежных, лесостепных и степных районов Южного Урала, Южной Сибири и Монголии. Показано, что при усилении аридности климата увеличиваются толщина и плотность листовых пластинок, а также значительно уменьшаются размеры клеток мезофилла. Данные изменения направлены на облегчение диффузии CO₂ внутри листа в условиях водного дефицита и отражают структурную адаптацию листьев к аридности климата. Толщину и плотность листа, а также размеры клеток мезофилла можно рассматривать в качестве индикаторов функционального отклика древесных растений на изменение климатических условий произрастания.

Structural adaptation of leaves in *Betula* species to climate aridityMigalina S.V.^{1,2}, Ivanov L. A.^{1,2}, Ronzhina D.A.^{1,2}, Ivanova L. A.^{1,2}¹Institute Botanical garden, Ural branch, Russian Academy of Sciences. Fterry@mail.ru²Tyumen State University. Fterry@mail.ru

Abstract. Functional leaf parameters were studied in the populations of *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., *Betula platyphylla* Sukacz. from taiga, forest-steppe and steppe regions of South Urals, South Siberia, and Mongolia. It was shown that with an increase in the aridity of the climate, the thickness and density of the leaf blade increase, and mesophyll cells size also significantly decreased. These changes aimed at facilitation the CO₂ diffusion inside a leaf under water deficit and reflected the structural adaptation of leaves to the climate aridity. We propose to consider these parameters as indicators of *Betula* species functional response to climate changes.

В связи с глобальными изменениями климата, в том числе аридизацией территорий Центральной Азии, вызывающей глубокие сукцессионные процессы, все более значимым становится изучение адаптации видов, доминирующих в растительных сообществах. Одним из основных откликов растений на воздействие среды является изменение функциональных параметров листьев, отражающее адаптацию фотосинтетической функции (Ivanova et al., 2018). В данной работе были определены направления структурно-функциональных изменений в листьях трех видов *Betula* при усилении аридности климата.

Исследования проводили в популяциях *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., *Betula platyphylla* Sukacz. из таежных, лесостепных и степных районов Южного Урала, Южной Сибири и Монголии (таблица).

Для анализа листовых параметров в каждой популяции с 5 деревьев отбирали полностью сформированные листья в нижней, хорошо освещенной части кроны. Определяли площадь, толщину, удельную поверхностную плотность листа, а также размеры клеток мезофилла. Толщину листа измеряли электронным цифровым микрометром РК-1012E (Mitutoyo, Япония). Удельную поверхностную плотность листа определяли взвешиванием листьев, предварительно высушенных при $t = 75^{\circ}\text{C}$. Определение размеров листовой пластинки и мезофильных клеток проводили на основе метода мезоструктуры фотосинтетического аппарата (Иванова, Пьянков, 2002). Статистический анализ данных проводили с использованием t-теста. Климат районов исследования характеризовали на основе среднесезонных значений количества осадков и температуры воздуха.

Полученные результаты показали, что вдоль градиента аридности в популяциях берез происходили изменения функциональных параметров листьев. При анализе генеральной совокупности данных установлено, что площадь листовой пластинки уменьшалась с 17,7 см² в

таежных популяциях до 17,0 см² – в лесостепных и 12,5 см² – в степных ($r = 0,63$, $p < 0.5$). Вместе с тем при сравнении видов обнаружено, что характер изменения размеров листа был связан с их экологическими и функциональными особенностями. Для *Betula platyphylla* и *Betula pubescens* в более засушливых местообитаниях отмечено уменьшение площади листа, в то время как у *Betula pendula* максимальные величины данного параметра зафиксированы на южном пределе распространения, в степной зоне. Минимальная средняя площадь листа установлена для популяций *Betula pubescens* (11,2–12,7 см²).

Таблица

Местоположение и климат районов исследования

Географическая точка, координаты (с.ш., в.д.)	P , мм	T , °С
Южный Урал, п. Бреды, 52°25', 60°21'	303	2,3
Южный Урал, г. Троицк, 54°06', 61°35'	378	2,9
Бурятия, п. Курумкан, 54°24', 110°23'	295	-3,8
Бурятия, п. Ина, 53°77', 110°26'	378	-2,3
Бурятия, г. Улан-Удэ, 52°10', 107°42'	276	-0,6
Монголия, сомон Шамар, 49°55', 106°00'	308	-0,5
Монголия, сомон Сумбэр, 49°09', 106°02'	242	-0,1
Монголия, сомон Баянчандмань, 48°07', 106°25'	193	-0,9

Примечание. P – среднееголетнее количество осадков, T – среднееголетняя температура воздуха.

Толщина листа увеличивалась с усилением аридности от 181 мкм у берез в таежных местообитаниях до 193 мкм в лесостепи и 201 мкм в степной зоне ($r = 0.65$, $p < 0.5$). При сравнении видов наиболее высокие величины данного параметра отмечены в степных популяциях *Betula pubescens* (212 мкм, $t = 0.01$, $p < 0.5$). Известно, что данный показатель тесно связан с фотосинтетической активностью растения (Pyankov et al., 1998) и может меняться под воздействием факторов среды. Утолщение листовой пластинки способствует увеличению сопротивления диффузии CO₂ в межклеточном пространстве, но приводит к увеличению числа центров карбоксилирования в единице площади листа, что в целом обеспечивает более высокую скорость фотосинтеза в расчете на единицу листовой поверхности (Niinemets, 2001). В этой связи увеличение толщины листа в популяциях берез из более засушливых местообитаний можно рассматривать как общую для видов *Betula* адаптацию к аридности климата.

Удельная поверхностная плотность листа (УППЛ) увеличивалась с широтой произрастания с 502 мг/дм² в крайней северной точке до 578 мг/дм² в южной части трансекты ($r = 0.76$, $p < 0.5$). При этом мы не обнаружили межвидовых различий по средним значениям данного параметра. Поскольку УППЛ относится к основным механизмам формирования жизненной стратегии растений (Пьянков, Иванов, 2000) и тесно связана с важнейшими функциональными показателями растений, увеличение плотности листьев в более засушливых условиях является адаптивной реакцией исследованных видов на водный стресс.

Анализ параметров мезофилла показал, что с усилением аридности происходили структурные изменения листа, которые проявлялись в значительном уменьшении (на 46,9%) объемов фотосинтетических клеток с 4,7 мкм³ в популяциях *Betula platyphylla* из таежной зоны до 3,2 мкм³ у берез из лесостепных и степных местообитаний ($r = 0.85$, $p < 0.5$). Ранее было показано, что изменение объема клеток в градиенте климатических условий происходит сопряженно с изменением их поверхностно-объемного соотношения (Иванова, Пьянков, 2002; Migalina et al., 2014), что имеет большое значение в регуляции газообмена. Более мелкие клетки имеют большую поверхность в расчете на единицу объема, что увеличивает скорость диффузии CO₂ (Ivanova et al., 2008). Следовательно, уменьшение размеров мезофилльных клеток, обеспечивающее увеличение скорости внутрилиственной диффузии CO₂, является основным направлением структурной адаптации мезофилла листьев берез к дефициту влаги.

Таким образом, полученные результаты показали, что с усилением аридности климата в листьях *Betula* происходят структурно-функциональные изменения, которые направлены на поддержание определенного уровня фотосинтеза в условиях водного дефицита и проявляются в редукации листовой пластинки, увеличении толщины и плотности листа, а также в значительном уменьшении размеров фотосинтетических клеток. Мы считаем, что толщина и плотность листа, а также размеры клеток мезофилла могут считаться индикаторными признаками, отражающими функциональный отклик видов *Betula* к изменению климатических условий произрастания.

Работа выполнена в рамках темы Ботанического сада УрО РАН, поддержанной Российским федеральным бюджетом, и государственного задания FEWZ-2020-0009 Министерства науки и высшего образования РФ.

ЛИТЕРАТУРА

Иванова Л.А., Пьянков В.И. Влияние экологических факторов на структурные показатели мезофилла листа // Ботанический журнал. 2002. Т. 87. № 12. С. 17–28.

Пьянков В.И., Иванов Л.А. Структура биомассы у растений бореальной зоны с разными типами экологических стратегий. Экология. 2000. №1. С.3–10.

Ivanova L.A., Yudina P.K., Ronzhina D.A., Ivanov L.A., Holzel N. Quantitative mesophyll parameters rather than whole-leaf traits predict response of C₃ steppe plants to aridity // New Phytologist. 2018. Vol. 217. Issue 2. P. 558–570.

Ivanova, L.A., Ivanov, L.A., Ronzhina, D.A., P'yankov, V.I. // Plant physiology. 2008. Vol. 55. №. 2. P. 230–239.

Migalina S.V., Ivanova L.A., Makhnev A.K. Genetically determined volume of mesophyll cells of birch leaves as an adaptation of the photosynthetic apparatus to climate // Doklady Akademii Nauk. 2014. Vol. 459. №. 6. P. 765–768.

Niinemets, U. Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs // Ecology, 2001. Vol. 82. № 2. P. 453–469.

P'yankov V.I., Ivanova L.A., Lambers H. Quantitative anatomy of photosynthetic tissues of plant species of different functional types in boreal vegetation // Inherent variation in plant growth. Physiological mechanisms and ecological consequences / Eds. H. Lambers, H. Poorter, M.M.I. Vuuren. Leiden: Backhuys. 1998. P. 71–87.

УДК 543.429.23:631.417.2

Строение гуминовых кислот почв термокарстовых понижений и бугров пучения по данным спектроскопии ЯМР ^{13}C *Мильхеев Е.Ю.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, evg-milh@rambler.ru

Аннотация. Сравнительный анализ молекулярного состава гуминовых кислот (ГК) исследованных почв показал, что при переходе от бугров пучений к термокарстовым понижениям происходит трансформация структурно-функциональных параметров ГК, которая выражается в уменьшении доли ароматических фрагментов и увеличении лабильных углеводных, аминокислотных и метоксильных остатков.

Structure of humic acids in soils of thermokarst depressions and numerous heaving mounds from ^{13}C NMR data*Milkheev E.Y.*

Institute of general and experimental biology of SB RAS, Ulan-Ude, evg-milh@rambler.ru

Abstract. A comparative analysis of the molecular composition of the humic acids (HAs) of the studied soils showed that the transition from numerous heaving mounds to thermokarst depressions transforms the structural and functional parameters of HAs. This is reflected in a decrease in the proportion of aromatic fragments and an increase in labile carbohydrate, amino acid and methoxyl residues.

Гуминовые кислоты – природные высокомолекулярные системы нерегулярного строения, являются одним из главных компонентов органического вещества почв, торфов, природных вод, морских и озерных донных отложений. Большой интерес к этим веществам, как органическим соединениям природного происхождения, вызван специфическими свойствами ГК, играющими важную роль в циклах макро- и микроэлементов, участвуя в мобилизации и миграции их в природной среде. Они накапливают элементы минерального питания, обеспечивая их постепенное поступление в живые организмы, отвечают за структурообразование почв и их благоприятные водно-физические свойства, снижают негативное действие токсичных веществ (Орлов, 1990). Существовая в почвах тысячи лет, ГК придают им стабильность, своеобразную буферность, определенный биохимический фон (Дергачева, 2007).

Район исследования расположен в Еравнинской котловине юга Витимского плоскогорья, где многолетняя мерзлота достигает максимальной мощности 120–130 м, в среднем составляя 80–85 м. Верхняя границы мерзлоты залегает на глубине 1.5–3.0 м от дневной поверхности, местами – на глубине <1 м. Объектами исследования послужили образцы ГК, полученные из верхних генетических горизонтов почв бугров пучения и термокарстовых понижений. Гуминовые кислоты были выделены по стандартной методике (Орлов, Гришина, 1981).

Для изучения особенностей структурно-функциональных параметров органического вещества почв бугров и понижений были сняты ^{13}C ЯМР-спектры препаратов гуминовых кислот. Все полученные спектры ГК характеризовались широкими полосами поглощения, обусловленными перекрытием нескольких сигналов (рис. 1).

По характеру спектров ЯМР ^{13}C видно, что в химическом строении углеродного скелета ГК бугров и понижений в сопоставимых количествах содержатся как ароматические, так и алифатические компоненты. Относительно острый пик, сосредоточенный в области 30 м.д., может быть отнесен к метиленовым атомам углерода в положениях α , β , δ и ϵ от концевых метильных групп (15 м.д.) в алкильных цепочках. Также все спектры имели сигнал в диапазоне 47–60 м.д., который некоторые авторы связывают с метоксильными группами, обусловленными присутствием лигниновых фрагментов – сирингил- и гваяцилпропановых единиц. Однако в этой области химических сдвигов можно также наблюдать и сигналы от атомов уг-

лерода в α положении в полипептидах $(-C(O)-C^*(R)H-NH-)_n$. Высокий коэффициент корреляции между интенсивностью сигнала в диапазоне 47–60 м.д. и массовой долей азота в составе исследованных гуминовых веществ косвенно подтверждал последнее предположение. Количественная оценка их ядерных сигналов показала, что содержание $C_{\text{лигн}}$ в препаратах, выделенных из бугра, больше, чем в понижении. На состав ГК, возможно, повлияла высокая лигнинофицированность первичных источников гумуса, различия в видовом составе травянистой растительности.

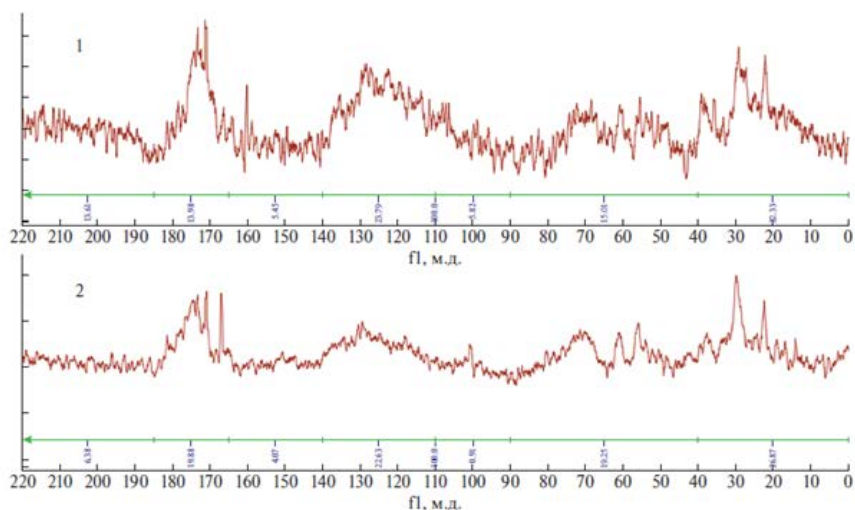


Рис. Спектры ^{13}C -ЯМР гуминовых кислот: 1 – бугор пучения, 2 – термокарстовое понижение

Интенсивный пик при 71 м.д. в ^{13}C -ЯМР-спектрах характерен для $CN(O)$ -групп кольцевых атомов углерода в углеводах. Сигнал в этой области спектра распространяется от 64 до 90 м.д., который, вероятно, происходит от различных $HC-OH$ -групп целлюлозных или других углеводных фрагментов [14]. Слабый сигнал ≈ 62 м.д. типичен для CN_2O -групп гексоз из полисахаридных фрагментов. Наличие слабо интенсивного сигнала при 101 м.д., который является представительным для аномерных (полуацетальных) атомов углерода, также подтверждал присутствие углеводных фрагментов в структуре ГК. В области ароматических фрагментов сигнал в пределах 90–165 м.д. могут давать незамещенные и/или алкилзамещенные ароматические атомы углерода. Пик при 147–149 м.д. типичен в спектрах структурных блоков лигнина, и его приписывают к кислородзамещенным атомам углерода ароматических колец – сирингил- и гваяцилпропановых единиц. ЯМР спектры ГК бугра пучения имели более интенсивные сигналы в этой области по сравнению с термокарстовым понижением.

Многие свойства ГК определяются типом и количеством функциональных групп в их составе. В области карбоксильной группы (165–185 м.д.) наблюдали максимум при 171–173 м.д., в значительной степени относимый к углероду карбоксильных групп, но также он может принадлежать и карбонильной группе амидов и полипептидов. Преобладание карбоксильных групп $(-CO-OH)$ служит основанием для причисления гуминовых веществ к кислотам, в частности к высокомолекулярным ароматическим оксикарбоновым кислотам. Атомы углерода хинонных фрагментов и карбонильных групп альдегидов и кетонов вносили свой вклад в слабые сигналы в области 185–220 м.д., и невысокое их содержание (6.4–13.6), вероятно, связано с понижением биохимической активности почв понижений.

Кроме рассмотренных соотношений важным свойством ГК является соотношение в их составе гидрофильных и гидрофобных компонентов. К гидрофильным компонентам относим активные функциональные кислородсодержащие группы ($C=O$, $COOH$, $Салк-O$ -фрагменты), а гидрофобную часть представляют C - и H -замещенные ароматические и алкильные фрагменты ($СарСН$ и $Салк$) гуминовых кислот. Доля гидрофильных фрагментов в исследованных препаратах, которая отвечает за реакционную способность ГК, составляла 42.6–45.6%.

Таким образом, в спектрах ¹³C-ЯМР гуминовых кислот (ГК) бугров пучений доминирует сигнал углерода ароматического ряда, в ГК термокарстовых понижений – алифатического. Эти данные полностью совпадают с результатами элементного состава, величинами отношения Н:С. Выявленные различия в содержании атомов углерода, входящих в состав структурных фрагментов в составе макромолекул ГК, свидетельствуют о разных условиях почвообразования и гумификации.

ЛИТЕРАТУРА

- Дергачева М.И. Методы почвоведения в археологических исследованиях. Новосибирск: Новосибирск. гос. ун-т, 2007. 96 с.
- Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 324 с.
- Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.

УДК 639.312

Моделирование паразитарной инвазии сазана *Carpinus carpio* Linnaeus при пастбищной аквакультуре

Морозко А.В., Наумкина Д.И., Ростовцев А.А.,
Абрамов А.Л., Зайцев В.Ф., Дорогин М.А., Поздняк И.В.

Новосибирский филиал «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Новосибирск, Россия, sibribniiproekt@mail.ru

Аннотация: В статье дается краткая характеристика гидробионтов озера Коневское Краснозерского района Новосибирской области, включая местную ихтиофауну, кормовую базу, паразитофауну. Авторами описываются исследования паразитарной инвазии сазана при пастбищном выращивании в течение одного сезона от годовичков до двухлетков. В статье предлагается динамическая модель паразитарной инвазии паразитом рода *Bothriocephalus*, построенная в программе MAEcoS. Рассматриваемый паразит рода *Bothriocephalus* в модели учитывается количеством зараженной рыбы, и рассматривая переход незараженной рыбы в зараженную, учитывая при этом смертность и влияние хищников. Данное исследование проводилось впервые.

Modeling the parasitic invasion of the common carp *Carpinus carpio* Linnaeus in pasture aquaculture

Morozko A.V., Naumkina D.I., Rostovtsev A.A.,
Abramov A.L., Zaytsev V.F., Dorogin M.A., Pozdnyak I.V

Novosibirsk Branch of “Research Institute of Fisheries and Oceanography”, Novosibirsk region, Russia, sibribniiproekt@mail.ru

Abstract: The article gives a brief description of the hydrobionts of Lake Konevskoye, Krasnozersk District, Novosibirsk Region, including the local ichthyofauna, food base, fauna of parasites. The authors describe studies of the parasitic invasion of carp in pasture cultivation during one season from one year old to two years old. The article proposes a dynamic model of parasitic invasion by a parasite of the genus *Bothriocephalus*, built in the MAEcoS program. The considered parasite of the genus *Bothriocephalus* is taken into account in the model by the number of infected fish, and considering the transition of uninfected fish to infected, taking into account mortality and the influence of predators. This study was conducted for the first time.

При моделировании в программе MAEcoS (Modelling and Analysis of Ecological Systems), принципы работы которой описаны в ранее опубликованной статье (Наумкина, Наумкин, 2018), предварительно обозначаются все задействованные в модели элементы и факторы, влияющие в виде сценария модели.

Основной темой настоящего исследования является моделирование паразитарной инвазии сазана паразитами рода *Bothriocephalus* и сценарий модели предельно упрощается. Более сложные модели водных экосистем с учетом биотических и абиотических факторов рассмотрены в (Наумкина, 2019; Наумкина, Ростовцев, Абрамов, 2020).

Рассматриваются:

$N_1(t)$ – количество незараженных цестодами годовиков сазана.

$N_2(t)$ – количество зараженных цестодами годовиков сазана.

Время действия равно 133 сут.=1 о.е.

Величина $N_1(t)$ со временем только убывает за счёт:

1. Перехода из незараженного в зараженное состояние.

Моделирование убывания производится в виде следующего выражения:

$$-[a_1 + b \cdot N_2(t-T)] N_1, \quad (1)$$

где параметр a_1 учитывает, что заражение сазана начинается с момента помещения его в озеро и продолжается на всем рассматриваемом промежутке времени вследствие наличия зараженных рачков от аборигенной рыбы; параметр b учитывает перезаражение от выделенных

сазанами яиц цестод; $N_2(t-T)$ – функция с запаздывающим аргументом, где T – время выделения яиц паразита зараженным сазаном. В общем случае учитывается, что $T = T_1, T_2, T_3$; при цикле метаморфоза 45 сут. $T_1 = 33$ сут. = 0,248 о.е.; $T_2 = (33+45)$ сут. = 78 сут. = 0,586 о.е.; $T_3 = (78+45)$ сут. = 123 сут. = 0,925 о.е. Поскольку $T_3 = 0,925$ о.е. близко к 1 о.е., то достаточно учитывать перезаражение сазана только один раз.

2. Естественной смертности.

Моделирование смертности учитывается выражением:

$$-a_2 N_1 \tag{2}$$

3. Влияния хищника.

Моделирование влияния хищника учитывается выражением:

$$-a_3 N_1 \tag{3}$$

Динамика изменения $N_2(t)$ определяется также тремя составляющими:

1. Увеличение числа зараженных сазанов равно числу перешедших из состояния незараженных в состояние зараженных:

$$+[a_1 + b \cdot N_2(t-T)] N_1, \tag{4}$$

2. Естественной смертности, повышенной по сравнению со смертностью незараженных рыб.

Моделирование смертности учитывается выражением:

$$-a_4 N_2. \tag{5}$$

3. Влияние хищников.

Учитывается влияние рыб-хищников (взрослые ротаны) на количество годовиков сазана, как незараженных, так и зараженных цестодами. Следует отметить, что хищники питаются годовалым сазаном только первые 30 суток = 0,2256 о.е.

Моделирование влияния хищника учитывается выражением:

$$-a_3 N_2. \tag{6}$$

Предполагается что биомассы зоопланктона, изменяющейся в пределах от 0,071 до 1,595 г/м³, в среднем - 0,760 г/м³, хватает на всех рыб (сазан, серебряный карась и молодь ротана).

Дефицита зообентоса, биомасса которого изменяется в пределах от 0,345 до 0,551 г/м², в среднем - 0,448 г/м², также нет.

Поскольку пищи хватает всем рыбам-конкурентам (сазан, серебряный карась и молодь ротана), то конкуренция за пищу отсутствует.

В соответствии с описанным сценарием модель паразитарной инвазии сазана представляется системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dN_1}{dt} = -[a_1 + bN_2(t-T)]N_1 - a_2N_1 - a_3N_1; \tag{7}$$

$$\frac{dN_2}{dt} = +[a_1 + bN_2(t-T)]N_1 - a_4N_2 - a_3N_2$$

На рисунке представлены графики для сравнения изменения $N_1(t)$ и $N_2(t)$ при учете паразитарной инвазии сазана и развитии сазана без заражения.

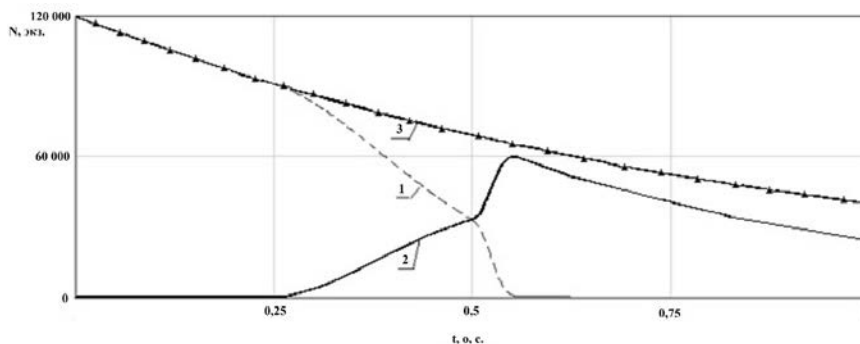


Рис. Графики для сравнения изменения $N_1(t)$ и $N_2(t)$ при учете паразитарной инвазии сазана (1, 2) и развитии сазана без заражения (3)

Из рисунка 1 видно, что на момент вылова сазана ($t = 1$ о.е.) количество сазана, развивающегося без заражения $N_I(t) = 40\ 000$ экз., а при учете процесса заражения паразитом количество сазана на момент вылова ($t = 1$ о.е.) равно 24 600 экз. При учете массовых характеристик незараженного (450 г) и зараженного сазана (315 г) разница в вылове достигает:

$$0,450 \cdot 40000 - 0,315 \cdot 24600 = 18000 - 7750 = 10250 \text{ кг}, \quad (8)$$

то есть теряется 57 % улова.

Таким образом, в результате выращивания годовиков сазана до двухлетков при паразитарной инвазии паразитами рода *Bothriocephalus*, будет недополучено более 10 т рыбы при вылове товарной рыбы в конце сезона.

Эти расчеты подтверждают важность проведения предварительных рыбоводно-мелиоративных работ и профилактических инвазий.

Выводы

1. Программа MAEcoS позволяет строить динамические модели не только взаимодействия составляющих водной экосистемы при пастбищной аквакультуре, но и таких сложных процессов, как паразитарная инвазия, при которых нет точных данных по массе или численности паразитов, которые попадают в организм рыбы, а также количества яиц, производимых взрослыми паразитами.

2. Предложенная в статье динамическая модель паразитарной инвазии рыб, на примере годовиков сазана, строится по двум переменным: незараженная и зараженная рыба, при этом учитываются смертность, влияние хищника и инвазия паразитами рода *Bothriocephalus*.

3. Данная модель показала, что при паразитарной инвазии выращиваемого сазана и с учетом воздействия хищников, в конце сезона может быть потеряно более 10 тонн товарной продукции в сравнении с выращиванием сазана в условиях только воздействия хищников.

4. Данная динамическая модель наглядно показывает, что происходит в водоеме при выращивании товарной рыбы при пастбищной аквакультуре без применения предварительных рыбоводно-мелиоративных и профилактических мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

Наумкина Д.И., Наумкин Р.И. Математическое моделирование при оценках продуктивности гаммаруса в озерах Новосибирской области // Рыбное хозяйство. 2018. №1. С. 67-72.

Наумкина Д.И. Моделирование водных биоресурсов в аквакультуре // Рыбное хозяйство. 2019. №2. С. 82-85.

Наумкина Д.И., Ростовцев А.А., Абрамов А.Л. Цифровая гетерогенная динамическая модель выращивания пеляди *Coregonus peled* Gmelin // Рыбное хозяйство. 2020. №. 5. С. 80-85.

УДК 630*453

Находки новых видов грибов для Красной книги Республики БурятияМорозова Т.И.¹, Белова Н.А.²¹ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии СО РАН», г. Иркутск, ti.morozova@mail.ru²ФГБУ «Байкальский государственный заповедник», пос. Танхой, baikalnr@mail.ru

Аннотация. Выявлено два новых вида для Республики Бурятия, претендующих на внесение в Красную книгу – *Tricholoma caligatum* and *Sarcosoma globosum*. Грибы съедобные и обладающие лекарственными свойствами. Исследования данных видов является важной задачей для охраны и поиска новых местонахождений видов грибов.

New fungi species for the Red Book of the Buryatia RepublicMorozova T.I.¹, Belova N.A.²¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia, Irkutsk, ti.morozova@mail.ru²Baikalsky State Nature Biosphere Reserve, Tankhoi, baikalnr@mail.ru

Abstract. Two new for the Republic of Buryatia fungi species which should be included in the Red Book have been identified. *Tricholoma caligatum* and *Sarcosoma globosum* both are edible with medicinal properties. Research of these species is an important task for the protection and search for new locations of this fungi species.

За последнее десятилетие исследований список выявленных грибов для Байкальского заповедника увеличился более чем на 50 видов. В числе их два новых вида для Бурятии, которые претендуют на внесение их в Красную книгу Республики Бурятия (Морозова, 2019; Богачева, Морозова, Петров, 2013). Данные виды уже внесены в Красную книгу Иркутской области (Красная книга Иркутской области, 2020). Ниже приводятся описания этих видов.

Саркосома шаровидная – *Sarcosoma globosum* (Schmidel) Rehm, один из немногих видов грибов-аскомицетов, включенных в Красную книгу России, и предложенных для включения в Бернскую конвенцию. Этот вид в настоящее время охраняется на территории: Архангельской, Астраханской, Ленинградской, Московской, Новосибирской, Тверской областей, Красноярского и Пермского краев, а также Республик Коми, Татарстан, Хакасия и Ханты-Мансийского национального округа (Морозова, 2017). Наши находки позволяют рекомендовать *Sarcosoma globosum* (Schmidel) Rehm. для внесения в региональные списки охраняемых видов на территории Республики Бурятия. Этот вид обнаружен нами в Кабанском районе на территории Байкальского биосферного заповедника в разнотравно-зеленомошном елово-кедровом лесу (урочище Кедровая аллея) на территории Бабушкинского лесничества Кабанского лесхоза, прилегающей к Байкальскому заповеднику (Морозова, Белова, 2015). Находки сделаны во второй декаде июня на опушках старых, перестойных древостоев, зарастающих кустарниками, березой и сосной, на влажной замшелой подстилке.

Плодовые тела *S. Globosum* крупные, шаровидной формы, 50–80 мм в диаметре и высотой 100–120 мм. Диск на поверхности апотеция темнобурый или коричневый, гладкий. Поверхность боковых сторон апотеция при созревании становится бархатистой, морщинистой. От основания плодового тела отходят ризоморфы – корневидные тяжи длиной несколько сантиметров. Молодое плодовое тело имеет вид стаканчика с крышечкой, внутри которого находится студенистая жидкость без запаха. Гриб образует на поверхности мохового покрова конгломераты круглых гладких плодовых тел (3–10 экз.), образующих «ведьмины кольца» на площади два-три метра. Старые плодовые тела становятся плоскими, гладкая поверхность крышечки сверху становится бугристой, складчатой. Даже при слабом прикосновении, например, травы к плодовому телу, происходит выброс спор в виде дымки, распространяю-

щейся на расстояние 50–100 см с характерным шипящим звуком. Плодоношение наблюдается исключительно редко, обычно раз в 8–10 лет, лишь при благоприятном сочетании сразу нескольких факторов. Крупные апотеции саркосомы шаровидной издавна используются в народной медицине, поэтому нередко уникальные грибовища уничтожаются вскоре после их выявления. Отсюда понятно, что редкие флористические находки отмечаются, как правило, на территории заповедников и национальных парков. Следует отметить, что все известные в настоящее время местонахождения *S. globosum* вида в Сибири приурочены к рефугиям доледниковой неморальной флоры.

Рядовка обутая, матсутаке, сосновые рога – *Tricholoma caligatum* (Viv.) Ricken (*T. matsutake* (S.Ltoet S. Imai) Singer), относится к семейству Трихоломовые – *Tricholomataceae*. Съедобный гриб, обладающий лекарственными свойствами. Отмечен на Урале, в Восточной Сибири (Иркутская область) и на Дальнем Востоке (Амурская область, Хабаровский край), в Западной Европе (Швеция, Германия, Франция, Чехия, Италия, Греция), Восточной Европе (Эстония, Украина), Азии (Казахстан, Китай, п-ов Корея, Япония) и Северной Африке (Алжир). Внесен в Красную книгу региональных территорий и охраняется в заповедниках (Морозова, Белова, 2015; Морозова 2020).

Шляпка 6–25 см в диаметре, вначале округлая, полушаровидная, затем выпуклая, почти плоская, с широким бугорком, плотная, сухая, вначале гладкая, с возрастом растрескивается и становится волокнисто чешуйчатой, с обрывками покрывала на краю и по всей поверхности, коричневая. Пластинки приросшие, частые, 1–1,5 см шириной, белые, при надавливании и ранении буреющие. Ножка 10–25 x 1,5–3,5 см, цилиндрическая, сверху гладкая, с кольцом или его остатками, белая, ниже кольца покрыта волокнистыми пленчатыми лоскутами покрывала бурого цвета. Ножка погружена в субстрат на 7–10 см. Мякоть белая, плотная, эластичная, хрустящая, на вкус пресная, с сильным, стойким запахом, напоминающим запах плодов груши. Растет в сосновых и дубово-сосновых лесах, микоризообразователь сосны и дуба. Плодовые тела располагаются группами, появляются в сентябре-октябре. Нами этот гриб отмечен впервые для Республики Бурятия в Кабанском районе, в верхнем течении реки Мысовка, в пихтово-кедровом чернично-зеленомошном лесу в августе месяце, в данных условиях является микоризообразователем кедра сибирского. Следует отметить, что этот вид в Байкальской Сибири (Иркутская область и Республика Бурятия) приурочен к Великому шелковому пути – караванной дороге, связывавшей в прошлом Восточную Азию со Средиземноморьем.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, грант на реализацию крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (проект «Основы, методы и технологии для цифрового мониторинга и прогноза экологической ситуации на Байкальской природной территории», № 13.1902.21.0033).

ЛИТЕРАТУРА

Богачева А.В. Грибы. А.В. Богачева, Т.И. Морозова, А.Н. Петров, Т.А. Пензина, Х. Котиранта / Красная книга Бурятии: Редкие и исчезающие виды растений и грибов. Новосибирск: Наука. 2013. С. 314 - 342.

Морозова Т.И. Новые находки редких видов грибов в Байкальской Сибири // Растения в холодных регионах: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., Якутск, 2017. С. 162-165.

Морозова Т.И., Белова Н.А. Первые находки *Sarcosomaglobosum* (Schmidel) Rehm на территории Байкальского заповедника // Материалы XI Дальневосточной конференции по заповедному делу. Владивосток, 2015, С.279-281.

Морозова Т. И. Фитопатологические исследования Байкальского Государственного природного биосферного заповедника // Роль научно-исследовательской работы в управлении и развитии ООПТ: Материалы науч.-практ. конф. Иркутск : Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 163–168.

УДК 630*453

Мониторинг территории Байкальского заповедника и его охранной зоны, с использованием феромонных ловушек

Морозова Т.И.¹, Белова Н.А.², Китаев А.В.²

¹ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии СО РАН», г. Иркутск, ti.morozova@mail.ru

²ФГБУ «Байкальский государственный заповедник», пос. Танхой, baikalnr@mail.ru

Аннотация. Феромонные ловушки были установлены для шести видов насекомых – вредителей леса, ежегодно охватывая территорию более 700 гектаров. На заповедных территориях следует проводить исследования с помощью феромонных ловушек, это помогает своевременно выявить начало возникновения очагов вредных насекомых и предотвратить с применением биопрепаратов массовое поражение лесов.

Monitoring the territory of the Baikalsky Nature Reserve using pheromone traps

Morozova T.I.¹, Belova N.A.², Kitaev A.V.²

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia, Irkutsk, ti.morozova@mail.ru

²Baikalsky State Nature Biosphere Reserve, Tankhoi, baikalnr@mail.ru

Abstract. Pheromone traps were installed for six species of forest pests, covering more than 700 hectares annually. In the natural reserves areas, research should be carried out using pheromone traps, this helps to timely identify the onset of the emergence of foci of harmful insects and prevent massive damage to the forest with biological products.

Байкальский государственный природный биосферный заповедник расположен на смежных землях трёх административных районов Республики Бурятия: Джидинского, Селенгинского и Кабанского. Заповедная территория занимает центральный участок горного хребта Хамар-Дабан, протянувшегося в широтном направлении вдоль южного побережья озера Байкал. Главный водораздел хребта Хамар-Дабан условно разделяет территорию заповедника на две неравные части: большую – северную, захватывающую кроме северного макросклона хребта и полосу байкальского побережья, и меньшую – южную. Северная часть лежит в пределах Кабанского района.

Северная граница заповедника и его охранной зоны проходит по берегу Байкала, то отступая, то приближаясь к озеру почти вплотную, оставаясь отделённой от него лишь узкой полосой отчуждения. На северном его склоне выпадает максимальное для Прибайкалья количество осадков. Здесь произрастают леса из пихты (*Abiessibirica* Led.), составляющие 53,0 % от покрытой лесом площади северного склона (Белова, Морозова, 2016). Территория обследования отличается разнообразием ландшафтов.

На территории Байкальского заповедника и его охранной зоны постоянно проводится мониторинг. Одним из видов мониторинга является лесопатологический мониторинг, при котором проводятся мониторинговые работы не только за болезнями леса, но и вредителями леса, которые отрицательно влияют на ослабленные леса заповедника. В перестойных ослабленных насаждениях верхней границы леса наблюдается достаточно стабильное состояние пихт. Это зависит от многих факторов: уже произошел естественный отбор, выпали тонкие угнетенные деревья, и жизнеспособность оставшихся в экстремальных условиях деревьев оказалась сильнее. Доля живых деревьев почти на всех пробных площадях, заложенных нами в восьмидесятых годах прошлого века, уменьшилась. Сигналом ослабления древостоев является увеличение степени покраснения хвои. Покраснение хвои на ветвях пихт было связано в основном с широким распространением болезней хвои и ветвей, также с повреждением ветвей вредными насекомыми. Анализ погодных данных позволил выявить прямую зависи-

мость процессов усыхания от погодных явлений. Ливневые дожди июля и августа 1990 г. способствовали образованию на склонах оползней и большого количества ветровала (Белова, Морозова, 2017).

Цель настоящей работы – показать результаты исследования с помощью феромонных ловушек, которые позволяют своевременно выявить начало возникновения очагов вредных насекомых, и могут предотвратить массовые поражения лесов.

С 2015 г. нами проводился мониторинг по выявлению опасных карантинных вредителей леса на территории Байкальского государственного природного биосферного заповедника и его охранной зоны. Здесь ежегодно обследуется более 700 гектаров леса, и выставляется от 60 до 80 феромонных ловушек. За весь период мониторинговых работ использовали феромонные ловушки для шести видов насекомых-вредителей леса: сибирский шелкопряд *Dendrolimus sibiricus* Tschetw., непарный шелкопряд *Lymantria dispar* L., кольчатый шелкопряд рода *Malacosoma spp*, короед-типограф *Ips typographus* L., черные усачи рода *Monochamus spp*.

В рамках проведенных исследований установлено, что численность некоторых видов насекомых вредителей увеличивается. Так, например в 2019-2020 гг. отмечено увеличение численности сибирского шелкопряда по данным феромонных ловушек, устанавливавшихся на территории Юбилейного лесничества (р. Переемная, нижнее течение), Мишихинского лесничества (р. Мишиха Байкальского заповедника, а также Бабушкинского лесничества Кабанского района Республики Бурятия).

Непарный шелкопряд уже три года повышает свою численность на трех площадках: Кабанский район Мишихинское лесничество, Юбилейное лесничество, р. Переемная, Выдринское лесничество – р. Выдринная, а также Бабушкинского лесничества Кабанского района Республики Бурятия.

Такие виды как короед-типограф *Ips typographus* L. и кольчатые шелкопряды рода *Malacosoma spp*. за пять лет ни разу не выявлялись в ловушках на данной территории.

Феромонная ловушка на усачей рода *Monochamus* в разных насаждениях фиксируют разные виды из этого рода. Черный сосновый усач *M. galloprovincialis* Oliv. обнаруживается редко и только на площадке Мишихинского лесничества (р. Мишиха, урочище Калтус). Черный еловый усач *M. urussovi* Fisch., в этом районе встречается чаще.

На территории Байкальского заповедника в Выдринском лесничестве отмечены два вида из этого рода – черный еловый малый усач *M. sutor* L. и черный еловый усач *M. urussovi* Fisch. В настоящее время, судя по количеству в ловушках жуков этого рода, можно сделать вывод об отсутствии тенденции к наращиванию численности этих вредителей.

Последнее повышение численности и активизация жизнедеятельности усачей рода *Monochamus* наблюдалось в 1977–1984 гг. в Выдринском лесничестве (р. Аносовка), а в 2000–2008 гг. по всей территории заповедника. Погодные условия наряду с биотическими факторами способствуют как возникновению, так и затуханию массовых размножений насекомых (Белова, Морозова, 2018). Следовало ожидать, что в связи с массовым усыханием пихтово-кедровых лесов на хребте Хамар-Дабан от бактериальных болезней может возрасти и численность насекомых-вредителей. В то же время, ранее нами было показано, что на территории повреждения леса бактериальной водянкой усачи рода *Monochamus* не образуют очагов в усыхающих древостоях леса (Морозова, Воронин, 2019). Леса, пораженные этой болезнью, заселяются златками, шестизубым короедом *Ips sexdentatus* Boern, усачами – серым длинноусым *Acanthocinus aedilis* L., рагием ребристым *Rhagium inquisitor* L., видами которые заселяются под корой, а не уходят в древесину. На тонких ветвях в кроне размножились в массе короеды рода *Ips*.

На заповедных территориях следует активнее проводить исследования с помощью феромонных ловушек, что помогает своевременно выявить начало возникновения очагов вредных насекомых, и предотвратить массовые поражения лесов.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, грант на реализацию крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (проект «Основы, методы и технологии для цифрового мониторинга и прогноза экологической ситуации на Байкальской природной территории», № 13.1902.21.0033).

ЛИТЕРАТУРА

Белова Н.А., Морозова Т.И. Динамика лесопатологического состояния пихтовых древостоев Байкальского заповедника (1983-2015) // Вестник МГУЛ - Лесной вестник. 2018. Т. 22 № 2. С. 5-15.

Белова Н.А., Морозова Т.И. Роль насекомых в ослаблении и усыхании древостоев Байкальского заповедника // XV Съезд Русского энтомологического общества. Новосибирск, 31 июля – 7 августа 2017 г. Материалы съезда. Новосибирск: «Издательство Гарамонд», 2017. – С. 52-53

Белова Н.А., Морозова Т.И. Динамика состояния кедровых древостоев Байкальского заповедника и сопредельных территорий/ Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории и практике. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 18-22 апреля 2016. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. - С. 27-28.

Морозова Т.И., Воронин В.И. Многолетний лесопатологический мониторинг в Байкальском регионе и выявление причин массовых повреждений лесов. – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019 г. 118 с.

УДК 599.323.43

**Новые данные о структуре ареала и изменчивости тувинской полевки
(*Alticola tuvunicus* Ognev, 1950)**

*Моролдоев И.В., Абрамов С.А., Лопатина Н.В.,
Кривошалов А.В., Литвинов Ю.Н.*

Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия, igmor@list.ru

Аннотация. Исследованы современное распространение и географическая изменчивость метрических признаков тела и черепа, а также изменчивость первичной последовательности гена цитохрома b тувинской полевки *Alticola tuvunicus*. Согласно экологической модели ареал тувинской полевки состоит из трех крупных изолированных друг от друга частей: в Хакасии, в Туве и на северном побережье оз. Хубсугул в Монголии. Многомерный статистический анализ морфологических признаков выявил значительные различия в размерах и форме черепа между географическими выборками тувинской полевки. В наибольшей степени по размерам и форме черепа отличаются полевки, обитающие на северном побережье оз. Хубсугул. На филогенетическом дереве, построенном по нуклеотидным последовательностям гена цитохрома b, последовательности, соответствующие трем изолированным географическим популяциям тувинской полевки, образуют отдельные клады с высокой статистической поддержкой.

**New data on the range structure and variability of Tuva vole
(*Alticola tuvunicus* Ognev, 1950)**

*Moroldoev I.V., Abramov S.A.,
Lopatina N.V., Krivopalov A.V., Litvinov Yu.N.,*

Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk, Russia, igmor@list.ru

Abstract. The modern distribution, geographical variability of metric characters of the body and skull, and variability of the primary sequence of the cytochrome b gene of the Tuva vole (*Alticola tuvunicus*) studied. The range of this species consists of three large parts isolated from each other: Khakassia, Tuva, and northern coast of Khövsgöl Lake in Mongolia. Multivariate statistical analysis of morphological characters revealed significant differences in the size and shape of the skull between Tuva vole geographical populations. The voles from Khövsgöl population differ to the greatest extent in the skull size and shape. Sequences of the cytochrome b gene corresponding to three isolated geographical populations of the Tuva vole form separate clades on the phylogenetic tree.

Скальные полевки рода *Alticola* являются обитателями горных степей Центральной и Северной Азии, везде тяготея к специфическим элементам ландшафта (верхним поясам гор, скальным выходам и каменистым россыпям). Род *Alticola* делится на два подрода и 10-12 видов, в фауне России отмечено 6 видов (Млекопитающие..., 2016). Тувинская полевка (*A. tuvunicus*), описанная С.И. Огневым по экземплярам из Центральной Тувы, согласно современным представлениям делится на номинативный подвид, распространенный в Туве и Хакасии, и *A. t. kosogol* Litvinov, 1973, населяющий ограниченную территорию на северном побережье оз. Хубсугул в Монголии (Литвинов, 1973). В настоящем сообщении на основе собственных и архивных данных анализируется современное распространение тувинской полевки и его связь с факторами среды, рассматривается морфологическая и молекулярно-генетическая изменчивость тувинской полевки в различных частях ареала.

Материал и методы. Для моделирования ареала тувинской полевки (Абрамов и др., 2019) был использован метод максимальной энтропии, реализованный в программе MaxEnt. При моделировании мы использовали климатические параметры, полученные с глобального сервиса WorldClim, а также характеристики рельефа (высота и уклон местности) и растительности (NDVI).

Для оценки степени морфологической дифференциации полевок из разных частей ареала проанализированы 85 экземпляров из зоологических коллекций ИСиЭЖ СО РАН и МГУ.

Оценивалось варьирование 12 краниальных и 5 экстерьерных признаков. Любая выборка особей даже одной возрастной группы характеризуется размерной неоднородностью. Поэтому для того чтобы уменьшить влияние размеров при сравнении формы черепа между географическими выборками тувинской полевки исходные данные были нормированы делением каждого промера на среднее геометрическое всех промеров данной особи (Mosimann, 1970). При этом среднее геометрическое использовалось в качестве показателя общего размера особи.

Для анализа морфологической изменчивости применялся канонический дискриминантный анализ и анализ межгрупповых главных компонент (between-group PCA) в котором собственные значения вычислялись на основе средних по выборке, а значения главных компонент определяются с использованием векторных произведений с исходными данными (Hammer et al., 2001). Содержательная интерпретация главных компонент и дискриминантных функций сделана на основе их корреляции с исходными признаками. Предварительно проведенный дисперсионный анализ показал отсутствие статистически значимого полового диморфизма по экстерьерным и краниометрическим признакам, что позволило не учитывать его при анализе внутривидовой географической изменчивости. Поэтому в последующем анализе мы объединили в общий массив данные самцов, самок и особей, пол которых не был известен. Все вычисления сделаны в программе PAST v.4.05 (Hammer et al., 2001).

Для оценки внутривидовых филогенетических отношений тувинской полевки было получено 13 нуклеотидных последовательностей митохондриального гена цитохром b, в том числе от семи особей из Хакасии, пяти – из окрестностей оз. Хубсугул (Монголия), и от одного экземпляра из окрестностей г. Кызыл (Тува), любезно предоставленной В.С. Лебедевым (Зоомузей МГУ, Москва). Выделение ДНК осуществляли с использованием 5%-ной раствора Chelex 100 (Bio-Rad). Полную нуклеотидную последовательность гена цитохром b длиной 1143 пар нуклеотидов амплифицировали при помощи пары праймеров H15985 и L14729. Контроль продуктов ПЦР осуществляли при помощи электрофореза в 1%-ном агарозном геле. Успешно наработанные ампликоны секвенировались в ЦКП Геномика (ИХБФМ СО РАН). Сравнение полученных последовательностей с ближайшими гомологами выполняли при помощи BLASTn (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>). Для реконструкции филогенетических отношений использовали метод максимального правдоподобия (ML) реализованный в MEGA X (Kumar et al., 2018).

Структура ареала. На основе литературных сведений, данных музейных коллекций, а также собственных материалов нами проанализировано современное распространение тувинской полевки. На территории России и Монголии выявлено 25 локалитетов, на основе которых построена биоклиматическая модель потенциального распространения вида. Согласно полученной модели ареал тувинской полевки состоит из трех крупных изолированных друг от друга частей: северной, расположенной преимущественно в Хакасии; южной, расположенной на территории Тувы и прилегающей территории Монголии; небольшого участка на северном побережье оз. Хубсугул в Монголии.

При построении экологической модели ареала тувинской полевки выяснено, что наиболее значимыми климатическими переменными оказались параметры, характеризующие количество осадков в разные сезоны года. При этом наибольший вклад в модель внесли переменные, характеризующие количество осадков в зимний (январь) и весенний (апрель) периоды. Температура при этом в меньшей степени, чем осадки, влияет на распространение тувинской полевки. Только один параметр, характеризующий температуру (средняя температура октября), оказался значимым для построения модели, причем его вклад в модель наименьший. Кроме погодных факторов, значительное влияние на распространение тувинской полевки оказывает рельеф местности и крутизна склона, хотя абсолютная высота местности не играет существенной роли. Примечательно, что индекс NDVI, характеризующий развитие растительности в летний период, также не влиял на полученную модель ареала. Это, по-видимому, обусловлено тем, что местообитания тувинской полевки приурочены в основном к сухим горным степям и скальным биотопам с довольно скудной растительностью.

Изменчивость экстерьерных признаков. Длина тела и хвоста тувинских полевок заметно варьирует в зависимости от географического происхождения особей. Так, тувинские полевки с северного побережья оз. Хубсугул заметно отличаются по промерам тела от остальных – они являются самыми мелкими. При этом длина хвоста у хубсугульских полевок, напротив, значительно больше, чем у особей их Хакасии и Тувы. Длина хвоста исследованных нами экземпляров из Хакасии составила 34–51 мм (n=16), из окрестностей Холь-Оожу (южный макросклон хр. Восточный Танну-Ола, Тува) была в пределах 32–39 мм, в то время, как полевки с северного побережья оз. Хубсугул имеют длину хвоста 40.8–55.5 мм (С=49.8 мм, n=21).

Изменчивость размеров и формы черепа. По результатам проведенного анализа наименьшим общим размером черепа характеризуются полевки, обитающие в окрестностях оз. Хубсугул, в то время как полевки из Хакасии и Тувы по размеру черепа друг от друга не отличаются.

Исследование изменчивости нормированных краниометрических признаков методом главных компонент и дискриминантным анализом выявило значительные различия в форме черепа между всеми тремя географическими выборками тувинской полевки. Все три выборки частично перекрываются в пространстве главных компонент или дискриминантных функций, но наиболее обособленной оказалась выборка полевок из окрестностей оз. Хубсугул.

Исходя из расположения выборок в пространстве главных компонент и дискриминантных функций, хубсугульские полевки отличаются от полевок из Хакасии и Тувы относительно большей длиной лицевой части, более длинным зубным рядом, большими высотой и шириной черепа в области слуховых барабанов, и, напротив, относительно меньшими высотой и шириной роstralной части. Небольшие различия между полевками из Хакасии и Тувы связаны главным образом с соотношением длины и ширины слуховых барабанов.

Линейный дискриминантный анализ признаков черепа, показал, что 82,5 % особей были правильно отнесены к их собственной выборке. При использовании теста "складного ножа" (jack-knife test) правильно классифицированы были только 75 % особей, при этом выборка хубсугульских полевок характеризовалась наибольшей долей корректно классифицируемых особей – 95.45 %, против 87.88 % и 60.87 % особей из Хакасии и Тувы соответственно.

Молекулярно-генетическая изменчивость (анализ гена цитохрома b). На филогенетическом дереве, построенном по нуклеотидным последовательностям гена цитохрома b, поддерживается обособленное положение тувинской полевки по отношению к *A. olchonensis* и *A. semicanus*. На дереве прослеживается объединение видов подрода *Alticola*, показанное ранее (Lebedev et al., 2007; Литвинов и др., 2015; Бодров и др., 2016). Последовательности ольхонской полевки при этом образуют на дереве отдельную филогруппу, сестринскую тувинской полевке. Высокие статистические поддержки показали внутривидовые клады, относящиеся к трем изолированным географическим популяциям тувинской полевки: хакасской, тувинской и хубсугульской.

Заключение. Согласно результатам исследований промеров тела и черепа и молекулярным данным, внутри вида *A. tuvinicus* выявлена значимая географическая изменчивость, обусловленная фрагментированностью ареала и существующими географическими барьерами между хакасской, тувинской и хубсугульской популяциями. Наиболее обособленной следует рассматривать хубсугульскую популяцию (в ранге подвида), которая обитает значительно восточнее от основной части ареала тувинской полевки и полностью от него изолирована расстоянием, рельефом и особенностями ландшафта.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамов С.А., Лопатина Н.В., Моролдоев И.В., Литвинов Ю.Н. Современный ареал тувинской полевки *Alticola tuvinicus* Ognev, 1950 (обзор экологических условий и моделирование) // Сибирский экологический журнал. 2019. №5. С. 550-563.

Бодров С. Ю., Костыгов А. Ю., Руднева Л. В., Абрамсон Н. И. Ревизия таксономического положения ольхонской полевки (Rodentia, Cricetidae) // Изв. РАН. Сер. биол. 2016. № 2. С. 171–181.

Литвинов Н. И. К распространению и систематике горных полевок Прихубсугулья // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья. Иркутск; Улан-Батор, 1973. Вып. 2. С. 201–209.

Литвинов Ю. Н., Абрамов С. А., Чергилина О. В., Симонов Е. П., Лопатина Н. В. Генетическая дифференциация скальных полевок в горно-степных районах северо-востока Внутренней Азии // Изв. ИГУ. Сер. Биология. Экология. 2015. Т. 12. С. 23–30.

Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontol. Electron. 2001. 4(1). P.9.

Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. Molecular Biology and Evolution. 2018. 35. P.1547-1549.

Lebedev V. S., Bannikova A. A., Tesakov A. S., Abramson N. I. Molecular phylogeny of the genus *Alticola* (Cricetidae, Rodentia) as inferred from the sequence of the cytochrome b gene // Zool. Scr. 2007. Vol. 36, N 6. P. 547–563.

Mosimann J.E. Size allometry: size and shape variables with characterizations of the lognormal and generalized gamma distributions. J Am Stat Assoc 1970. 65. P.930–945.

УДК 631.46

Функциональные особенности почв городов Иркутской агломерации*Напрасникова Е.В.*

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, r.kodar@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены эколого-биохимические особенности и кислотно-щелочные условия почв промышленных городов Иркутской агломерации, как интегральные показатели их состояния. Биохимическая активность городских почв увеличилась в 4 раза по сравнению с контрольными. Коэффициент корреляции между биохимической активностью и pH почв для всех городов агломерации статистически существенный. Определение фитотоксичности почв показало угнетение прорастания испытуемых семян и формирование биомассы всходов в 60 % образцов. Микробиологический анализ установил значительные отличия по количественному показателю сапрофитных бактерий. Максимальные значения отмечены в почвах г. Иркутск, минимальные характерны для Шелехова. В санитарном отношении почвы г. Иркутск оказались наиболее загрязненными.

Functional soil characteristics in the cities of the Irkutsk agglomeration*Naprasnikova E.V.*

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, r.kodar@mail.ru

Abstract. The ecologo-biochemical characteristics and acid-alkaline conditions of the soils in the industrial cities of the Irkutsk agglomeration as integral indicators of their status are considered. Biochemical activity of the urban soils increased by a factor of 4 when compared with reference indicators. The correlation coefficient between soil biochemical activity and pH for all cities of the agglomeration is statistically significant. The determination of soil phytotoxicity showed germination suppression in seeds being tested and formation of the biomass of sprouts in 60% of samples. Microbiological analysis revealed considerable differences in the quantitative indicator of saprophytic bacteria. Maximum values were observed in the soils of Irkutsk, and minimum values are characteristic for Shelekhov. As regards the sanitary state, Irkutsk showed the most polluted soils.

В настоящее время резко возрос интерес специалистов разных научных направлений к почвам индустриальных городов. Понимая важность оценки всех компонентов окружающей среды городов, особое внимание требует почвенный покров, который определяет устойчивость урбозкосистем и качество жизни городского населения. Это обуславливает своевременность и актуальность проведенных исследований.

Основной целью работы явилось изучение современного эколого-биохимического состояния антропогенно-измененных почв Иркутской агломерации, к которой относятся индустриальные города: Иркутск, Шелехов, Ангарск.

В ходе исследований были охвачены основные функциональные зоны городов: селитебная, промышленная, зеленая и отчасти рекреационная (в черте города). Настоящая экспериментальная работа является продолжением цикла работ по проблеме состояния городских почв в условиях урбанизации и техногенеза (Напрасникова, 2015).

Климат территории Иркутской городской агломерации резкоконтинентальный с холодной и продолжительной зимой, теплым, но коротким летом. Средняя температура июля +18, января –25°C. Количество атмосферных осадков варьирует от 340 до 739 мм в год. По количественным показателям температуры и осадков города мало отличаются друг от друга [1]. Для городов Иркутск и Шелехов характерны подтаежные сосновые травяно-злаковые леса, таежные сосновые и сосново-лиственничные травяные леса на серых лесных и дерново-подзолистых почвах. Равнинные подтаежные сосновые травяно-брусничные леса на серых лесных почвах, долинные луга на аллювиальных дерново-луговых и лугово-болотных почвах распространены на территории г. Ангарск (Ипполитова, 2013).

В почвах г. Иркутск отмечается повышенная концентрация соединений азота, серы, тяжелых металлов, фтора и соединений никеля за счет отходов и сточных вод (Мартынова, Кузеванов, 2015). Шелехов находится в 20 км к юго-западу от областного центра – Иркутска, в

зоне влияния Иркутского алюминиевого завода (ИрАЗа). В этой связи, содержание водорастворимой формы фтора в верхнем слое почвы, может достигать 20 ПДК. Город Ангарск расположен в юго-западной части Иркутской области. Расстояние до Иркутска составляет – 46 км. В почвенном покрове Ангарска преобладают ПАУ, кобальт, ванадий, хром, марганец, медь, никель. На фоне общего загрязнения городских почв выявлено локальное сверхнормативное (Белозерцева, 2003).

Определение биохимической активности почв (БАП) выполнено экспресс-методом по Т.В. Аристовской и М.В. Чугуновой (1989). Кислотно-щелочные условия (рН) установлены потенциометрическим способом на приборе (иономер И-160МИ). Фитотоксичность почв проведена согласно ГОСТу – РИСО 22030-2009. Санитарно-бактериологическая оценка выполнена в соответствии СанПин – 2.17.1287-03. Отбор почв и подготовка проводились по общепринятым методикам. В работе был использован статистический метод определения коэффициента корреляции с использованием программного пакета Microsoft Excel для Windows 98.

БАП и рН являются важными показателями состояния почв, а их результаты на урбанизированных территориях можно считать техногенно-спровоцированными. Они представлены в обобщенном виде в таблице 1.

Таблица 1

Биохимическая активность почв и реакция среды естественных ландшафтов и урбанизированных территорий Иркутской агломерации

Город	рН		БАП, ч		Коэффициент корреляции (R) между БАП и рН
	Естественный ландшафт	Урбанизирован. территория	Естественный ландшафт	Урбанизирован. территория.	
Иркутск	5,8 – 9,0*	5,9 – 9,0	4,4 – 7,8	1,0 – 10,5	0,52
Шелехов	6,0 – 7,0	6,9 – 8,6	4,9 – 9,4	2,1 – 7,4	0,68
Ангарск	6,0 – 7,0	7,3 – 8,7	4,9 – 9,8	1,3 – 4,1	0,50

*Примечание: здесь и далее диапазон значений. БАП измеряется скоростью (в часах) разложения карбамида до аммиака и диоксида углерода.

Значения рН в урбанизированных территориях сместилось в щелочную область, а уровень БАП увеличился в 4 и более раз. Данный показатель можно рассматривать как экологическую функцию почвенного покрова и самоочищающую способность почв города. Иными словами, БАП определялась как функция кислотно-щелочной реакции. Она выражалась полиномом второй степени и оценивалась системой статистических параметров. Коэффициенты корреляции (R) между БАП и рН представлены в таблице 1. Анализ коэффициента корреляции между данными показателями, указывает на положительную связь. Согласно шкале Чеддока связь характеризуется как статистически существенная во всех случаях. Не смотря на значительное влияние техногенеза в данных городах, взаимосвязь между двумя интегральными экологическими показателями не нарушилась. Данный факт можно считать положительным моментом. В то же время важно отметить, что повышение уровня БАП на фоне повышения рН не является положительным фактом, так как, может привести к потере почвой биогенного элемента – азота. Это наглядный пример того, как метаболический прогресс ведет почвенную систему к экологическому регрессу.

Хорошо известно, что в почвах могут накапливаться разнообразные продукты метаболизма растений, животных и микроорганизмов. Наряду с природными токсическими веществами, в окружающую среду промышленных и урбанизированных районов поступают различные техногенные загрязнители. В связи с проблемами их прямого определения, используют косвенные методы выявления уровней загрязнения почвы в познании ее экологической активаторно-ингибиторной функции. Речь идет об оценке степени фитотоксичности по всхожести испытываемых семян высших растений в лабораторных условиях.

По результатам опытов, почвы большей части городской среды, оказали ингибирующее действие на прорастание испытуемых семян (снижение всхожести на 25–30 % и выше). Более 60 % исследуемых проб угнетают прорастание семян и биомассу их всходов, что характеризует почвенную среду городов как относительно токсичную. Всхожесть семян изменялась во всех городах агломерации в зависимости от местоположения. Наиболее токсичными оказались почвы промышленных зон, а также территорий критических объектов (АЗС, ТЭЦ, автостоянки, светофоры).

Должное внимание в работе было уделено санитарной функции почв. Деструкция органических веществ тесно связана с количественным и качественным содержанием сапрофитных микроорганизмов. В этой связи были выполнены микробиологические исследования почв, которые позволили выявить представителей всех основных систематических групп и выделить доминирующие виды в каждой. В таблице 2 представлены основные результаты по санитарно-микробиологической оценке почв исследуемых городов от минимальных до максимальных значений.

Таблица 2

Санитарно-микробиологическая оценка почв Иркутской агломерации

Город	Сапрофитные микроорганизмы, млн. КОЕ /г почвы	Титр кишечной палочки	Оценка санитарного состояния почвы
Иркутск	0,3 - 5,0	0,1 - 0,0001	От слабо загрязненной до сильно загр.
Шелехов	0,2 - 0,98	0,1 - 0,01	Слабо загрязненная
Ангарск	0,7 - 1,8	0,1 - 0,001	От слабо загрязненной до умеренно загр.

Наиболее загрязненными в санитарном отношении можно считать почвы г. Иркутск, далее следуют почвы Ангарска. В г. Шелехов почвенный покров показывает слабое загрязнение, а на большинстве территорий этого города санитарно-показательные формы микроорганизмов не обнаруживаются. Данный факт связываем с ингибирующим воздействием водорастворимого фтора, как приоритетного загрязнителя от ИркАЗа.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания. Тема: АААА-А21-121012190055

ЛИТЕРАТУРА

- Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.
- Белозерцева И.А. Особенности элементного химического состава снегового покрова и почв в зоне влияния Иркутского алюминиевого завода // Геохимия. 2003. № 6. С. 681-685.
- Ипполитова Н.А., Коваленко С.Н. и др. География Иркутской области Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2013. 233с.
- Мартынова Н.А., Кузеванов В.Я. Зеленое градостроительство и сохранение почвенного покрова как компоненты экокультуры и экообразования // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/viewid=21196>.
- Напрасникова Е.В. Экологические особенности городских почв Приангарья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2; URL: <http://www.science-education.ru/129-22817-7>.

УДК 574.47

Таксономическая структура микробных сообществ почв сухостепной зоны Селенгинского среднегорья

Никитина Е.П.¹, Буянтуева Л.Б.²

¹Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, lenauude@mail.ru

²Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова, г. Улан-Удэ, blb62@mail.ru

Аннотация. С помощью метода высокопроизводительного секвенирования был проведен полнопрофильный анализ таксономической структуры и разнообразия прокариотических сообществ почв сухостепной зоны Селенгинского среднегорья. Большую часть данных сообществ составляли представители филы Actinobacteria, Acidobacteria и Proteobacteria. Оценка индексов разнообразия и богатства прокариотических сообществ показала снижение индексов Шеннона и Chao1 с глубиной залегания горизонтов.

Taxonomical structure of microbial communities in the soils of the dry-steppe zone of the Selenga middle mountains

Nikitina E.P.¹, Buyantueva L.B.²

¹Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, lenauude@mail.ru

²Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, blb62@mail.ru

Abstract. Using high-throughput sequencing, we performed a full-profile analysis of the taxonomic structure and diversity of prokaryotic communities of soil horizons in the dry-steppe zone of the Selenga middle mountains. Phyla Actinobacteria, Acidobacteria and Proteobacteria formed a large part of the prokaryotic communities in all studied soil horizons. The evaluation of the richness and diversity indices of the prokaryotic communities in the different genetic horizons showed a decrease in the Shannon and Chao1 indices with the depth of the horizons.

Роль почвы в формировании микробного разнообразия наглядно проявляется при изучении микробных сообществ почвенных горизонтов. Неоднородность в распределении почвенных микроорганизмов по горизонтам свидетельствует о том, что почва, как среда обитания гетерогенна и сильно дифференцирована. Отражением этой дифференциации по вертикали является концепция о почвенных горизонтах, как особых экологических нишах, характеризующихся относительно одинаковыми почвенными условиями (рН, содержанием органических веществ, условиями аэрации и увлажнения), которые объединяют микробные сообщества, сходные по структуре и функциональному составу (Zvyagintsev, 1997; Fierer et al., 2003; Eilers et al., 2012; Чернов и др., 2017).

Целью данной работы было выявление таксономического состава микробных сообществ разных генетических горизонтов исследуемых почв. Объектами исследования послужили почвенные образцы, взятые из горизонтов каштановой литогенной (разрез № 3) и лугово-каштановой (разрез № 5) почв. Разрез № 3 был заложен в Тугнуйской котловине в отрогах хребта Барского (51°11'254''с.ш., 107°34'768''в.д.; 698 м над ур. м.); разрез № 5 в подножии хр. Хамар-Дабан на контакте с Иволгинской котловиной (51°37'033''с.ш., 107°07'701''в.д.; 686 м над ур. м.). Для характеристики таксономического состава микробных сообществ было проведено секвенирование фрагментов гена 16S рРНК на платформе MiSeq (Illumina) в ЦКП «Геномика» (Новосибирск). Оценку таксономической сложности сообществ проводили с помощью индексов Chao1 и Шеннона.

По результатам работы выявлено, что таксономическая структура почвенных микробных сообществ на уровне доменов была представлена бактериями (99,7-100 %), доля архей была незначительной (до 0,3 %). Качественный состав на уровне фил был сходным для рассматриваемых образцов. Во всех генетических горизонтах каштановой и лугово-каштановой почв по количеству последовательностей и филотипов преобладали Actinobacteria (43,3-81,7 %),

Acidobacteria (6,9-34,4 %) и Proteobacteria (1,4-8,6 %), вклад в микробное сообщество которых составлял от 75,0 до 91,3 %. Также были обнаружены представители Verrucomicrobia, процентное содержание которых не превышало 1,6 %, Chloroflexi (до 1,5 %), Gemmatimonadetes (до 1,4 %), Bacteroidetes (до 1,3 %), и минорные филы, вклад которых в микробное сообщество не превышал 1,0 %: Firmicutes, Nitrospirae, Chloroflexi, Cyanobacteria, кандидатные филы Candidatus Saccharibacteria (TM7), Candidatus Latescibacteria (WS3), BRC1, WPS-1 и одна фила архей – Euryarchaeota. Доля не идентифицированных последовательностей варьировала от 4,4 до 19,3 %.

Анализ изменения индексов таксономического богатства (индекс Chaol) и разнообразия (индекс Шеннона) микробных сообществ, а также количество обнаруженных ОТЕ показал, что более высокие значения характерны для гумусовых и подгумусовых горизонтов исследуемых почв. Сообщества срединных горизонтов были менее разнообразны. Для глубинных горизонтов, несмотря на достаточно высокие значения индекса Chaol, значение индекса Шеннона (4,29-5,47), были минимальными в обоих профилях почв, что свидетельствует о более низком видовом разнообразии.

ЛИТЕРАТУРА

Чернов Т.И., Холодов В.А., Когут Б.М., Иванов А.Л. Методология микробиологических исследований почвы в рамках проекта «Микробиом России» // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2017. № 87. С.100–113.

Eilers K.G, Debenport S., Anderson S., Fierer N. Digging deeper to find unique microbial communities: The strong effect of depth on the structure of bacterial and archaeal communities in soil // Soil Biology & Biochemistry. 2012. Vol. 50 P. 58–65.

Fierer N., Schimel J.P., Holden P.A. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. Soil Biology & Biochemistry. 2003. Vol. 35(1). P. 167–176.

Zvyagintsev D. Vertical distribution of microbial communities in soils // Beyond the biomass: compositional and functional analysis of soil microbial communities. West Sussex: Wiley, 1994. P. 29–37.

УДК 61

**Будущее традиционной медицины
– в консолидации с современным здравоохранением**

Николаев С.М.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, г. Улан-Удэ, Россия, E-mail: smnikolaev@mail.ru

Аннотация. На основе исследований опыта традиционной медицины аргументируется целесообразность ее объединения с достижениями современной медицины. Развитие интегративной системы здравоохранения на основе консолидации их сильных сторон обеспечит будущее в системе охраны здоровья.

**Future of Traditional Medicine is in
consolidation with of the National Health Care**

Nikolaev S.M.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Buryat State University named D. Banzarov, Ulan-Ude, Russia, smnikolaev@mail.ru

Annotation. The results of the Traditional Medicine study are presented in the given work. Practicability of consolidation of the modern health service and rational experience of the traditional medicine is substantiated.

Введение. В последние десятилетия значительно возрос интерес к традиционной (комплементарной) медицине во всех странах. Медицинские технологии и лекарственные средства традиционной медицины востребованы населением и медицинским сообществом (Правовое регулирование ... , 2014; WHO Traditional ... , 2013). Активные исследования в этой области проводятся в Китае, Монголии, России, Японии, Корее, США, Германии, Индии, Швейцарии и во многих других странах. В ряде стран некоторые методы лечения и лекарственные препараты из арсенала традиционной медицины законодательно разрешены и успешно используются в лечебно-профилактических учреждениях, оздоровительных центрах и в специальных сферах (спорт и др.). В государствах-членах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) наблюдается значительный прогресс в применении опыта традиционной медицины, правовому регулированию и государственной поддержке (WHO Traditional ... , 2013).

К сожалению, в нашей стране традиционная медицина развивается стихийно, не управляется государством, несмотря на богатый многовековой опыт использования ее опыта, исследований в области восточных традиций врачевания болезней; недостаточное внимание уделяется вопросам приведения законодательства к рекомендациям ВОЗ (Правовое регулирование ... , 2014).

Задача работы заключается в обосновании консолидации традиционной медицины с отечественным здравоохранением.

Материалы и методы. В работе использованы переводы авторитетных письменных источников по традиционной медицине, результаты научных исследований лекарственных средств, технологий лечения и профилактики заболеваний, подготовленные нормативные материалы по выверенным методам и средствам для их использования в системе отечественного здравоохранения.

Результаты. По результатам информационно-аналитического исследования переведенных письменных источников по традиционной медицине установлен системно-структурный принцип построения основы традиций врачевания болезней, введены в научный оборот авторитетные источники, разработаны методы идентификации лекарственного сырья, препаратов и болезней. Предложена на основе древней традиции ресурсосберегающая и щадящая

биотехнология получения лекарственных средств с предварительной механохимической активацией исходного сырья с последующей жидкостной экстракцией биологически активных веществ, обеспечивающая высокий выход их по сравнению с фармакопейными способами. Установлены общие закономерности при диагностике заболеваний, составлении рецептуры многокомпонентных лекарственных препаратов, а также рациональные технологии лечения заболеваний, представляющие большой интерес для современной клинической и профилактической медицины. Созданы на базе традиционного опыта и предложены новые медицинские технологии: дезинтоксикации и десенсибилизации организма, стимуляции регенерации тканей, лечения и профилактики заболеваний органов гепатобилиарной системы, повышения активности иммунной системы, профилактики острых респираторных инфекций у детей, а также сопроводительные медицинские технологии при лечении больных с новообразованиями, туберкулезом, которые повышают эффективность базисной химиотерапии их и ограничивают побочные эффекты (Формирование биофармацевтического ... , 2014).

Значимым результатом исследований опыта традиционной медицины является раскрытие запускающего механизма при ишемических повреждениях органов (инфаркта миокарда, ишемического инсульта, ишемии почек), связанного с активацией свободнорадикального окисления биомакромолекул, накоплением перекисных метаболитов с последующей деструкцией мембранных образований клеток. На основе этого предложены новые методы лечения гипоксических состояний с использованием антиоксидантов, в частности, биологически активных веществ фенольной природы. По результатам указанных работ получен диплом за научное открытие в области медицины за № 393 от 13 декабря 1990 г. В последующем были уточнены механизмы развития некоторых заболеваний с разработкой новых способов воспроизведения заболеваний человека на животных, которые защищены патентами РФ. Фундаментальными результатами исследований являются также выявленные механизмы действия созданных на основе традиционных рецептов лекарственных препаратов – полифитохол, кардекаим, генцихол, розобтин, тетрафит, нефрофит, а также ряда оздоровительных средств (БАД'ы), рекомендованных в качестве вспомогательных при проведении базисной химиотерапии тяжелых заболеваний, а также для использования их при профилактике болезней. Созданные лекарственные препараты и оздоровительные средства не уступают референтным препаратам, а по некоторым позициям превосходят зарубежные и отечественные аналоги. Они запатентованы в РФ, сертифицированы, имеют нормативную документацию в соответствии с действующим законодательством РФ, таможенного союза (Формирование биофармацевтического ... , 2014).

В настоящее время некоторые методы и средства из арсенала традиционной медицины (иглотерапия, мануальная терапия, прикладная кинезиология, фитопрепараты и др.) используются в нашей стране в составе проводимых лечебно-профилактических мероприятий, реабилитационных центрах, санаторно-курортных организациях. Вместе с тем, повсеместное использование ряда апробированных методов и средств с определением роли и места их в общей структуре оказания медицинской помощи сдерживается отсутствием законодательной базы, недостаточной правовой поддержкой со стороны государства. Между тем, с изменением структуры болезней в настоящее время они востребованы населением и медицинским обществом. Сегодня лидирующие места занимают атеросклероз, гипертоническая болезнь, новообразования, иммунодефицитные состояния, интоксикации, неврозы, болезни опорно-двигательного аппарата, вирусные инфекции и другие нозологии, требующие иного подхода при лечении и профилактике их. В частности, общество нуждается в персонализированном лечении и профилактике заболеваний, а также в восстановлении здоровья после тяжелых болезней.

В этой связи целесообразным представляется формирование и развитие интегративной системы охраны здоровья населения, объединяющей сильные стороны отечественного здравоохранения и традиционной медицины, с определением роли и предназначения методов и средств в общей структуре медицинской помощи. Традиционная медицина сильна в профилактике болезней, лечении хронических болезней, восстановительном лечении заболевших

лиц, а официальная – в оказании ургентной помощи, лечении инфекционных болезней, острых форм болезней, с использованием преимущественно химиопрепаратов, хирургических вмешательств. Указанные медицинские системы дополняют друг друга. Консолидация их возможна по направлениям взаимодополнения, усиления и взаимосопровождения.

Выводы. Традиционная медицина с многовековым опытом успешной профилактики и лечения болезней, определенно, заслуживает внимания. Апробированные медицинские технологии лечения больных, выверенные эффективные и безопасные лекарственные и оздоровительные средства природного происхождения из арсенала традиционной медицины с успехом могут применяться в составе комплексных лечебно-профилактических технологий, прежде всего, на восстановительном этапе, профилактике и лечении хронических болезней, а также в сохранении и укреплении здоровья населения. Будущее традиционной медицины в консолидации с современным здравоохранением.

ЛИТЕРАТУРА

- Правовое регулирование и перспективы развития традиционной, народной и восточной медицины в Российской Федерации. Сб. материалов. М., 2014. 129 с.
- WHO Traditional Medicine Strategy. Hong Kong, 2013. 75 p.
- Формирование биофармацевтического кластера в Республике Бурятия. Улан-Удэ. 2014. 200 с.

УДК 577.13:575.112

**Прогнозная оценка возможных видов биологической активности пиранокумаринов
корневищ и корней вздутоплодника сибирского *Phlojodicarpus sibiricus*
(Stephan ex Spreng.) Koso-Pol.**

Николаев Ю.Н.¹, Тараскин В.В.², Гуляев С.М.³

¹Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, Улан-Удэ,
yuriy361@gmail.com

²Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, vvtaraskin@mail

³Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, s-gulyaev@inbox.ru

Аннотация. Вздутоплодник сибирский *Phlojodicarpus sibiricus* представитель семейства Зонтичные имеет ареал сибирско-монгольского типа и является богатым источником пиранокумаринов. В настоящей работе приведены результаты оценки возможных видов фармакологической активности основных пиранокумаринов содержащихся в корнях и корневищах вздутоплодника сибирского с использованием веб-ресурса PASS-ONLINE. Определены перспективные направления фармакологических исследований индивидуальных кумаринов.

**Predictive assessment of possible types of biological activity of pyranocoumarins
from rhizomes and roots of *Phlojodicarpus sibiricus* (Stephan ex Spreng.) Koso-Pol.**

Nikolaev Yu.N.¹, Taraskin V.V.², Gulyaev S.M.³

¹Banzarov Buryat State University, 24a Smolina St., Ulan-Ude, yuriy361@gmail.com

²Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, vvtaraskin@mail

³Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, s-gulyaev@inbox.ru

Abstract. *Phlojodicarpus sibiricus* is a representative of Apiaceae (Umbelliferae) family that is distributed in Siberian-Mongolian area. It is a rich source of pyranocoumarins. The results of evaluation of possible pharmacological activity of the main pyranocoumarins contained in the roots and rhizomes of *Ph. Sibiricus* using PASS-ONLINE web resource has been presented in this work. The promising directions of pharmacological research of individual coumarins have been determined.

Поиск новых физиологически активных веществ остаётся актуальной задачей современной науки. Всё ещё не найдены достаточно эффективные препараты для лечения болезни Альцгеймера, артрита, болезни Паркинсона, различных видов рака, цирроза, СПИДа, гриппа и других патологий. Поиск соединений-лидеров для создания лекарственных средств ведется в трех основных направлениях – тотальный скрининг, модификации уже известного лекарственного средства с целью улучшения его эффективности и безопасности, а также рациональное конструирование новых соединений или модификация природных веществ. Под соединением-лидером следует понимать структурный прототип будущего лекарства, т.е. соединение, обладающее определенной физиологической активностью, на базе которого и будет создаваться лекарство.

В этом плане исследования природных соединений приобретает всё большую популярность. Анализ, проведенный Ньюманом и Креггом, показал, что порядка 49% всех лекарственных средств фактически представляют собой природные соединения, либо соединения, непосредственно, полученные из них путем химических трансформаций.

Наиболее перспективными источниками биологически активных соединений являются растения природной флоры благодаря значительности ресурсной базы и возможностям интродукции и последующего плантационного культивирования. Одним из таких растений, для которого разработаны способы интродукции и культивирования клеточных культур является вздутоплодник сибирский. Химический состав растения достаточно хорошо изучен [Гантимур, 1985; Тараскин, 2011]. Изучена фармакологическая активность и фармакотерапевтиче-

ская эффективность настойки и экстракта сухого вздутоплодника сибирского корневищ и корней [Санданов, 2007; Урбанова, 2018]. Выраженные нейропротекторные свойства препаратов на основе *Ph. sibiricus* связывают в первую очередь с пиранокумаринами. Однако для большинства индивидуальных соединений этого растения сведения об их биологической активности не многочисленны или отсутствуют. Хотя такая информация может быть полезна для понимания механизмов действия препаратов, наличия синергизма или антагонизма, а также предсказания возможных побочных эффектов.

В настоящей работе нами проведена компьютерная оценка возможных видов фармакологической активности основных пиранокумаринов (виснадин, дигидросамидин, дигидроломатин, суксдорфин, птериксин, цис-келлактон, самидин, изосамидин) корневищ и корней вздутоплодника сибирского с использованием веб-ресурса PASS Online (Филимонов Д.А., 2014). Для каждого из соединений было предсказано в среднем 300-400 видов активностей, из которых общими для всех кумаринов с высокой вероятностью ($P_a/P_i \geq 0,7$) отмечены спазмолитическая, антиоксидантная, вазодилатирующая, гепатопротекторная активности. Часть активностей (антикоагулянтная, нейромодулирующая, нейропротекторная, антиамнистическая) косвенно подтверждена при исследовании экстрактов и настоек вздутоплодника сибирского. Для виснадина, дигидросамидина, птериксина, самидина и суксдорфина с высокой вероятностью спрогнозированы противоопухолевая и гепатопротекторная виды активностей.

Таким образом, проведенное исследование позволило наметить направления будущих фармакологических исследований *in vivo* пиранокумаринов вздутоплодника сибирского.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ № МК-501.2019.4.

ЛИТЕРАТУРА

Гантимур Д. Кумарины растений рода *Phlojodicarpus*: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. Иркутск, 1985. 17 с.

Санданов Т.М. Влияние настойки вздутоплодника сибирского на психоневрологический статус у больных с недостаточностью мозгового кровообращения.: Автореф. дис.... канд. мед. наук. Улан-Удэ; 2007.

Тараскин В.В. Фармакогностическое исследование *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph. ex. Spreng.) Koso – Pol. И *Ph. Turczaninovi* Sipl.: Автореф. дис.... канд. фарм. наук. Улан-Удэ; 2011.

Урбанова Е.З. Фармакотерапевтическая эффективность экстракта сухого *Phlojodicarpus sibiricus* (Steph. ex. Spreng.) Koso – Pol. при экспериментальной ишемии головного мозга.: Автореф. дис.... канд. мед. наук. Улан-Удэ; 2018.

Филимонов Д.А. и др. Предсказание спектров биологической активности органических соединений с помощью веб-ресурса PASS-online / Д. А. Филимонов, А. А. Лагунин, Т. А. Глориозова [и др.] // Химия гетероциклических соединений. 2014. №3. С. 483-499.

УДК 599.323: 591.5

Экспериментальное исследование охотничьего поведения скальных полевок рода *Alticola*

Новиковская А.А.¹, Левенец Я.В.¹,
Пантелеева С.Н.^{1,2}, Лопатина Н.В.¹, Литвинов Ю.Н.¹

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, office@eco.nsc.ru

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, rector@nsu.ru

Аннотация. В лабораторных экспериментах у трех видов зеленоядных скальных полевок – ольхонской, плоскочерепной и тувинской – выявлены и детально описаны хищнические реакции по отношению к подвижным насекомым. Стереотипы охотничьего поведения у этих трех видов полностью сходны. Проявление полного охотничьего стереотипа у скальных полевок не требует предварительного опыта и не совершенствуется, что указывает на его врожденный характер. У скальных полевок были выявлены элементы поведения, связанные с попытками «складирования» живой добычи, ранее не наблюдавшиеся у других видов грызунов. В целом, охотничье поведение скальных полевок можно описать как высокоэффективное и сравнимое по успешности с поведением специализированных насекомоядных видов.

Experimental investigations of the hunting behaviour in mountain voles of the genus *Alticola*

Novikovskaya A.A.¹, Levenets J.V.¹,
Panteleeva S.N.^{1,2}, Lopatina N.V.¹, Litvinov Yu.N.¹

¹Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk, office@eco.nsc.ru

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, rector@nsu.ru

Abstract. In laboratory experiments, purposeful predatory inter-relations with moving insects have been revealed and described in three species of herbivorous mountain voles: the Olkhon mountain vole, the flat-headed vole and the Tuva silver vole. The patterns of the hunting behavior are similar in these species. The appearance of the full hunting stereotype in mountain voles does not require preliminary experience and does not improve, which indicates its innate nature. For the first time, mountain voles demonstrate «storing» behavioral patterns when operating with live prey, which were not previously observed in other rodent species. In general, the hunting behavior of mountain voles can be described as highly effective and comparable in success with specialized insectivorous species.

Введение. Известно, что беспозвоночные в той или иной мере входят в состав рациона практически всех видов грызунов (Landry, 1970), однако долгое время оставался неясным вопрос, способны ли эти зверьки расширять свой рацион за счет активной охоты, или они собирают беспозвоночных, находящихся в состоянии неподвижности. Ранее охотничье поведение грызунов по отношению к подвижной добыче изучалось в основном на примере хищных и всеядных видов (см. обзор Langley, 2021), и сравнительно недавно оно было обнаружено у зерноядных и зеленоядных видов (см. обзор Резникова и др., 2021).

Чтобы подойти к пониманию эволюции хищнического поведения у грызунов, необходимо исследование широкого спектра видов с разными типами питания. В этом плане интересными являются представители рода скальных полевок *Alticola*: ольхонская (*Alticola olchonensis*), плоскочерепная (*A. strelzowi*) и тувинская (*A. tuvunicus*) полевки. Все три вида скальных полевок по типу питания относятся к зеленоядным, а их поведение практически не изучено ни в естественных, ни в лабораторных условиях.

Целью нашей работы является экспериментальное исследование и сравнительный анализ реакций на подвижную добычу у ольхонской, плоскочерепной и тувинской полевок, в сравнении с охотничьим поведением ранее исследованных нами грызунов, обладающих разными типами питания и экологической спецификой.

Материал и методика. Исследования проводили на трех видах скальных полевков: ольхонской ($n = 104$), плоскочерепной полевках ($n=52$) и тувинской полевках ($n = 52$). Животные–основатели были отловлены сотрудниками лаборатории экологии сообществ позвоночных животных ИСиЭЖ СО РАН: тувинские полевки – в Ширинском районе Республики Хакасия в 2014 году, плоскочерепные полевки – в Кош-Агачском районе Республики Алтай в 2013 году, ольхонские полевки – на о-вах Ольхон и Хубын оз. Байкал в 2016-2017 гг. и в «Долине духов» на материковом побережье оз. Байкал в 2018 г. Все использованные в исследовании полевки являются потомками первого – третьего поколений отловленных животных, за исключением 11 особей ольхонских полевков. Возраст тестируемых животных, рожденных в лаборатории, составлял от 1 месяца до 1,5 лет. Исключая 11 отловленных в природе ольхонских полевков, все зверьки были наивны по отношению к добыче, то есть, с живыми насекомыми встречались в экспериментах впервые.

Животных содержали парами или семейными группами в клетках 55х39х27 см. В виварии соблюдался 16с:8т часовой световой цикл. Животным предоставлялся постоянный доступ к воде, зеленому и комплексному корму.

Для наблюдения и видеозаписи охотничьего поведения животных по одному помещали в прозрачную пластиковую арену размером 45×45×50 см. После пятиминутной передержки в арену помещали имаго или нимфу старших возрастов мраморного (*Nauphoeta cinerea*) или туркменского таракана (*Shelfordella lateralis*). Наблюдения продолжали до начала поедания добычи или, если животное не охотилось, прекращали спустя 10 минут. Животных тестировали один раз в сутки 10 дней подряд, с двухдневным перерывом после 5-го дня.

Обработка видеозаписей проводилась в программе The Observer XT 12.5 (Noldus Information Technology), которая позволяет преобразовывать поведение в последовательность из символов («этологические тексты»). Началом охоты считали активное взаимодействие с добычей, окончанием – элемент поведения перед поеданием добычи или перед потерей интереса к ней. Полученные последовательности элементов переносили, разделяя пробелами, в «суммарные» текстовые файлы в формате (.txt). С помощью специальной программы для «суммарного» файла строилась матрица вероятностей перехода от одного элемента поведения к другому (Марковская цепь первого порядка). На основании полученных матриц были построены схемы охотничьих стереотипов, в которых показан порядок совершения элементов и вероятность (p) перехода от одного элемента к другому.

Результаты. У трех видов полевков охотничий стереотип проявлялся факультативно (не у всех особей): по количеству охотящихся животных межвидовых и половых различий выявлено не было. У наивных по отношению к насекомым животных стереотип проявлялся, начиная с 30-дневного возраста, по принципу «все и сразу», что говорит о его врожденном характере. Все животные показали высокий уровень успешности охоты: ольхонские полевки – 75,4% успешных охот (435 из 577 охот), плоскочерепные – 58,8% (151 из 257), тувинские – 52,2% (175 из 335).

Состав элементов в охотничьих стереотипах всех трех видов скальных полевков оказался одинаковым и схожим с составом элементов в стереотипах ранее исследованных видов зерноядных и зеленоядных грызунов (Резникова и др., 2021).

У всех исследованных видов стереотип начинался со сближения с добычей спокойным шагом (S) или бегом (Q); если насекомое само приближалось к зверьку, стереотип мог начаться без фазы сближения. Затем могло следовать принюхивание (D). Атака почти всегда начиналась с захвата зубами (W), затем следовал захват добычи передними лапами (E). После поимки грызуны могли переносить добычу в зубах (G) или начать с ней манипулировать: чаще всего перехватывать (R), существенно реже – откусывать конечности (H). После чего переходили к поеданию добычи («Т») (рисунок).

В отдельных случаях после манипуляций повторно следовал захват добычи зубами (W), перенос (G) в угол арены и опускание добычи на дно («Z»); такую форму поведения мы называем «складирование». За все время эксперимента отмечено 60 охот, закончившихся «складированием» добычи: 10 случаев (5% от всех охот) у ольхонской, 1 случай (3%) у пло-

скочерепной и 49 случаев (22%) у тувинской полевки. «Складированный» таракан мог убежать из угла арены; если полевка находила его, она могла снова его поймать и либо начать поедать, либо повторно «складировать».

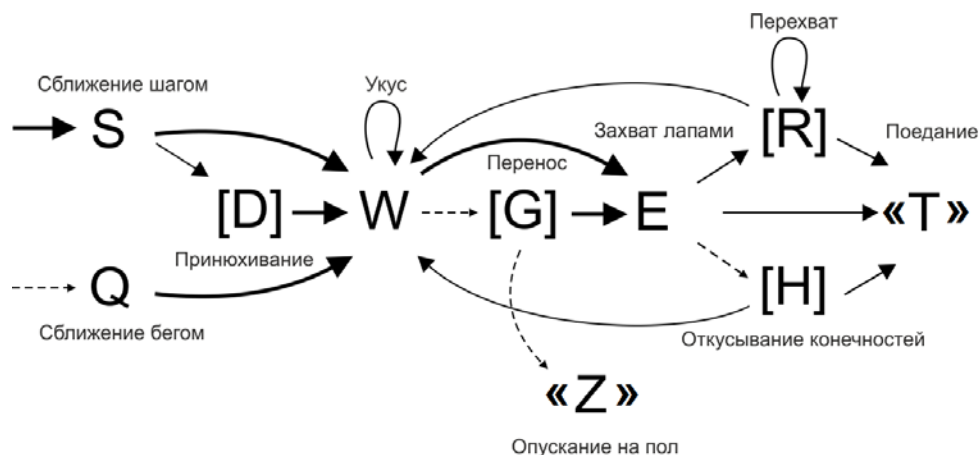


Рис. Схема охотничьего стереотипа ольхонской, плоскочерепной и тувинской полевок. Тонкой пунктирной линией обозначены некоторые неустойчивые связи между элементами ($p < 0.2$). Простой линией обозначены устойчивые связи ($0.2 \leq p < 0.5$). Жирной линией обозначены высоко устойчивые связи между элементами ($p \geq 0.5$). В квадратных скобках указаны дополнительные элементы, в кавычках – элементы, не входящие в охотничий стереотип (поедание и «складирование» добычи)

Обсуждение и заключение. У трех видов зеленоядных скальных полевок впервые выявлено и детально описано целенаправленное взаимодействие с добычей по принципу «хищник–жертва». Частота проявления и успешность охотничьего поведения у трех видов полевок не различалась. По сравнению с зеленоядной узкочерепной полевкой (*Lasiopodomys gregalis*) у скальных полевок успешность охоты существенно выше и сопоставима с тем же показателем у насекомоядного вида – обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) (Reznikova et al., 2017).

У скальных полевок, впервые для грызунов, были выявлены попытки «складирования» еще живой добычи. Можно предположить, что «складирование» насекомых у скальных полевок связано с запасанием травы и сушкой ее в стожках (Литвинов и др., 2013). При «складировании» тараканов полевки совершают ту же последовательность действий. «Складировали» добычу не только взрослые животные, но и детеныши в возрасте 30-35 дней: именно в этом возрасте у молодых скальных полевок формируется стереотип запасания зеленого корма (Лопатина и др., 2017).

ЛИТЕРАТУРА

Литвинов Ю.Н., Чертилина О.В., Абрамов С.А., Лопатина Н.В. Адаптивные стратегии размножения полевков открытых пространств в горах юга Сибири и Северного Казахстана // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2013. Т.6. № 2. С. 74–78.

Лопатина Н.В., Литвинов Ю.Н., Абрамов С.А. Основные характеристики размножения тувинской полевки (*Alticola tuvunicus* Ognev, 1950) в условиях вивария // Вестник ИрГСХА. 2017. № 83. С. 94–100.

Резникова Ж.И., Пантелеева С.Н., Новиковская А.А., Левенец Я.В. Эволюция поведенческих стереотипов и представлений о них // Журнал общей биологии. 2021. Т.82. № 1. С. 26–47.

Langley W.M. Evolutionary changes in the predatory attack of carnivorous rodents: A comparative analysis emphasizing grasshopper mice (*Onychomys* spp.) // Journal of Comparative Psychology. 2021. Vol. 135. N. 1. P. 114–126.

Reznikova Z., Levenets J., Panteleeva S., Ryabko B. Studying hunting behaviour in the striped field mouse using data compression // Acta Ethologica. 2017. Vol. 20. N. 2. P. 165–173.

УДК 577.125:633.2(571.56)

**Адаптивное накопление липидных компонентов у *Bromopsis inermis* Leys.
при холодном закаливании в условиях криолитозоны**

Нохсоров В.В.¹, Дударева Л.В.², Петров К.А.³

¹Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, vv.nokhsorov@s-vfu.ru

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, laser@sifibr.irk.ru

³Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, kap_75@mail.ru

Аннотация. Впервые охарактеризован процесс накопления суммарных липидов (СЛ), а также фосфолипидов (ФЛ) и жирных кислот (ЖК) у злаковых растений (на примере костреца безостого – *Bromopsis inermis* Leys.) в процессе естественного холодного закаливания в условиях экстремально холодного климата криолитозоны. Основным ФЛ являлся фосфатидилхолин (ФХ), содержание которого изменялось от $6,0 \pm 1,9$ мг/г летом до $21,9 \pm 4,3$ мг/г сух. массы осенью. Предполагается, что поздневегетирующие растения с повышенным содержанием полиненасыщенных ЖК (ПНЖК) (линолевая и линоленовая) играют важную роль в резервировании быстро мобилизуемых энергетических запасов у животных в условиях Севера.

**Adaptive accumulation of lipid components in *Bromopsis inermis* Leys.
during cold hardening in permafrost conditions**

Nokhsorov V.V.¹, Dudareva L.V.², Petrov K.A.³

¹North-Eastern Federal University, Yakutsk, vv.nokhsorov@s-vfu.ru

²Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, laser@sifibr.irk.ru

³Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, kap_75@bk.ru

Abstract. For the first time, the process of accumulation of total lipids (SL), as well as phospholipids (FL) and fatty acids (FA) in cereal plants (using the example of awnless rump *Bromopsis inermis* Leys. in the process of natural cold hardening in an extremely cold climate of the cryolithozone) was characterized. phosphatidylcholine (PC), the content of which varied from 6.0 ± 1.9 mg / g in summer to 21.9 ± 4.3 mg / g dry weight in autumn. It is assumed that late growing plants with an increased content of polyunsaturated FAs (PUFAs) (linoleic and linolenic) play an important role in reserving rapidly mobilized energy reserves in animals in the North.

Липиды растений – важнейший компонент рациона животных, обеспечивающий значительную часть их энергетических потребностей и служащий источником эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). При общем уменьшении пищевой ценности растений в осенний период у многих из них, особенно у осенне-вегетирующих форм и отавы, при низких положительных температурах повышается содержание белков, сахаров, липидов, антиоксидантов и каротиноидов, накапливаются ПНЖК [Петров и др., 2017]. Прошедшие этот цикл и законсервированные холодом растения представляют собой исключительно ценный зеленый криокорм для диких копытных, который пока еще мало используется в практике животноводства в связи с слабой изученностью его качественного состава в переходные периоды года. В данном сообщении рассматривается динамика содержания суммарных липидов (СЛ), фосфолипидов (ФЛ) и жирных кислот (ЖК) в тканях злаковых растений при осенней вегетации в естественных условиях Якутии.

Методика. Экспериментальные работы проводились с посевом костреца безостого (*Bromopsis inermis* Leys.) в районе г. Якутска (62° с.ш., 130° в.д.) в 2019 г. Образцы осенне-вегетирующей отавы получены во второй половине сентября на участках предварительно срезанных в начале фазы трубкования растений, контрольные пробы – в июле-августе на участках нетронутой растительности.

Количество СЛ определяли в аликвотах экстракта лиофильно высушенных до постоянного веса листьях. Количественное содержание ФЛ определяли по методу [Vaskovsky et al., 1975]. Для анализа полученных метиловых эфиров ЖК использовали метод газожидкостной

хроматографии с масс-спектрометрическим детектором 5973/6890N MSD/DS (Agilent Technologies, USA). Опыты проводили в трехкратной биологической повторности.

Результаты и обсуждение. В летние месяцы (июль-август) в тканях растений, не подвергавшихся срезке, отмечалось низкое содержание СЛ (25,8–75,5 мг/г сухой массы). В отаве этих растений, начиная с третьей декады августа по конец сентября, содержание СЛ существенно возрастало до 93,3–136,8 мг/г сухой массы.

Основная группа ФЛ в листьях исследованных растений была представлена фосфатидилхолином (ФХ), количество которого в осенней отаве увеличивалось по сравнению с летней травой в 3,6 раза (рис. 1). Осеннее понижение окружающих температур стимулировало активный биосинтез различных ФЛ, суммарное содержание которых в листьях возрастало почти в 2 раза.

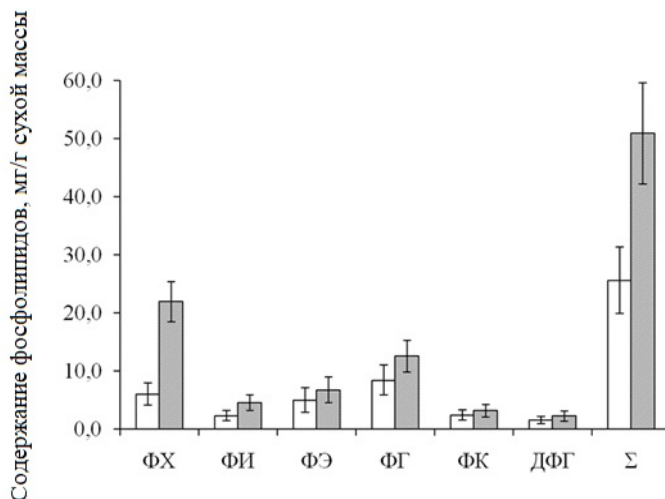


Рис 1. Содержание индивидуальных ФЛ в листьях *V. inermis*: 1 – летние растения без срезки; 2 – осенняя отава.

Жирнокислотный состав костреца безостого включал 17 типов ЖК (табл.). Более половины их составляла линоленовая кислота, следующей по количеству была насыщенная пальмитиновая кислота. Показатели их содержания в осенней отаве также были заметно выше, чем в летних образцах травы. Количество насыщенных ЖК в расчете на сухую массу растений возрастало на 120,3 %, а ненасыщенных ЖК – на 164,4 %. Показатель коэффициента ненасыщенности увеличивался почти в 1,4 раза, а ИДС – в 1,1 раза, что свидетельствует о повышении их кормовой ценности для фитофагов.

Полученные данные по повышению содержания СЛ, полярных ФЛ, а также ФХ и ПНЖК в осенневегетирующей отаве в сравнении с летними растениями свидетельствуют о закономерном накоплении липидов в тканях *V. inermis* на последних стадиях вегетации при понижении температуры окружающей среды.

Продление фотосинтеза в условиях Центральной Якутии обусловливает преимущественно ясная погода. По средним многолетним данным, продолжительность периода с температурами воздуха от 10 до 0 °С здесь составляет 17–24 дня. В период первой фазы холодого закаливания (в конце лета и осенью) в Якутии складываются самые благоприятные погодные условия для повышения термоустойчивости осенневегетирующих травянистых растений. Преобладающими метеорологическими элементами являются наличие большого числа ясных солнечных дней, необходимых для фотосинтеза, и прохладных ночей, задерживающих расходование углеводов на дыхание.

Процесс адаптации растений к низкотемпературным воздействиям, по-видимому, имеет несколько фаз (рис. 2). Накопление липидов в первой фазе холодого закаливания способствует пролонгации фотосинтеза, в конечной – обеспечивает специфический липидный состав растений для перезимовки и будущей вегетации.

Таблица

Содержание жирных кислот суммарных липидов в листьях *V. inermis* при холодовом закаливании

Жирные кислоты	Сроки взятия проб			
	Растения до скашивания (07.07)		Осенняя отава (25.09)	
	мг/г сухой массы	%	мг/г сухой массы	%
C12:0	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
C14:0	0,6 ± 0,4	0,9 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,0
C15:0	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
C16:0	12,6 ± 0,7	18,5 ± 2,5	16,4 ± 2,5	15,8 ± 1,2
C16:1(n-9)	0,7 ± 0,4	1,0 ± 0,0	-	-
C16:1(n-7)	-	-	0,9 ± 0,4	0,9 ± 0,2
C16:1(n-5)	1,4 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,3	2,0 ± 0,1
C17:0-a	0,3 ± 0,2	0,5 ± 0,1	-	-
C17:0	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,2 ± 0,0
C18:0	1,8 ± 0,3	2,7 ± 0,6	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1
C18:1(n-9)	2,5 ± 1,6	3,6 ± 2,8	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1
C18:1(n-7)	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,3	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
C18:2(n-6)	7,8 ± 0,4	11,5 ± 0,6	13,0 ± 1,5	12,5 ± 0,7
C18:3(n-3)	37,4 ± 7,8	55,0 ± 3,1	63,7 ± 10,2	61,3 ± 2,2
C20:0	0,7 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1
C20:1(n-11)	0,2 ± 0,1	0,4 ± 0,2	0,8 ± 0,4	0,8 ± 0,1
C22:0	0,9 ± 0,1	1,3 ± 0,2	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1
Σ	68,0 ± 6,1	100,0	104,0 ± 15,2	100,0
Σнасыщенных	17,7 ± 1,5	26,1 ± 3,7	21,3 ± 3,0	20,5 ± 0,8
Σненасыщенных	50,3 ± 6,5	74,0 ± 3,7	82,7 ± 12,3	79,5 ± 0,8

Увеличение содержания липидов в тканях растений в процессе поздней вегетации и их естественная криоконсервация в осенне-зимний период имеют большое значение для успешной перезимовки животных. Депонирование больших запасов жира с повышенной концентрацией жирных кислот являются важнейшей адаптацией аборигенной якутской лошади к суровым зимним условиям [Соломонов, 2002]. Специфическая способность резервирования жира с включением непредельных жирных кислот, связанная с динамикой их содержания в кормовых растениях, широко распространена у диких животных в Субарктике. Потребление зеленого криокорма обеспечивает синтез длинноцепочечных ПНЖК Омега-6 (арахидоновая кислота) и Омега-3 (эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты) в организмах животных [Петров и др., 2017]. От концентрации свободных жирных кислот в определенной степени зависят процессы теплообразования в организме [Gladyshev et al., 2015]. С преимущественным потреблением зеленого корма, включая зимнезеленые части злаков и осок, может быть связан феномен холодоустойчивости плейстоценового мамонта, ядерный геном которого свидетельствует о своеобразии липидного обмена, заметно отличающегося от липидного обмена современного азиатского слона [Lynch et al., 2015].

ЛИТЕРАТУРА

- Gladyshev M., Makhutova O., Gubanenko G., Rechkina E., Kalachova G., Sushchik N. Livers of terrestrial production animals as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids for humans: An alternative to fish? // Eur. J. Lipid Sci. Technol. – 2015. – Vol. 117. – P. 1417–1421.
- Петров К.А., Перк А.А., Чепалов В.А., Софронова В.Е., Ильин А.Н., Иванов Р.В. Эколого-физиологические и биохимические основы формирования зеленого криокорма в Якутии (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 6. – С. 1129–1138.
- Vaskovsky V.E., Kostetsky E.Y., Vasendin J.M. A universal reagent for phospholipid analysis. J Chromatogr. – 1975. – Vol. 114. – P. 129–141.

Lynch V.J., Bedoya-Reina O.C., Ratan A., Sulak M., Drautz-Moses D.I., Perry G.H., Miller W. Elephantid genomes reveal the molecular bases of woolly mammoth adaptations to the Arctic // Cell Reports. – 2015. – № 12. – P. 217–228.

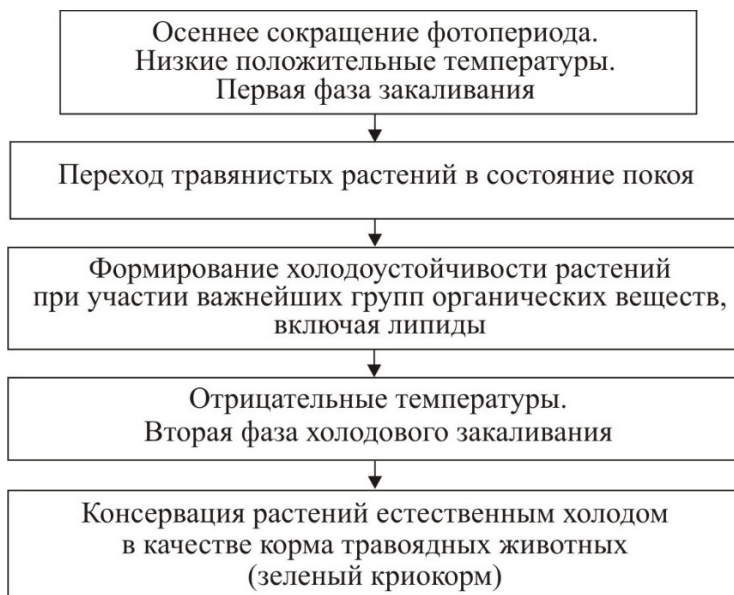


Рис. 2. Предполагаемая схема реакции осенневегетирующих травянистых растений на холодовое воздействие с последующей их криоконсервацией

УДК-581.54

**Моделирование территорий, пригодных по эколого-климатическим показателям
для произрастания *Allium lineare* L.,
занесенного в Красную книгу Томской области**

Олонова М.В.¹, Левченко Л.С.²

¹Томский государственный университет, Томск, olonova@list.ru

²Томский государственный университет, Томск, larlev4encko@yandex.ru

Аннотация. Исследования показали, что климатические условия большей части Томской области являются благоприятными для произрастания *A. lineare*, однако надо принимать во внимание, что причина сокращения его численности может быть обусловлена иными факторами.

**Modeling of territories suitable for the growth of *Allium lineare* L.,
included in the Red Data Book of the Tomsk Province, in terms of ecologo-climatic indicators**

Olonova M.V.¹, Levchenko L.S.²

¹Tomsk State University, Tomsk, olonova@list.ru

²Tomsk State University, Tomsk, larlev4encko@yandex.ru

Abstract. Studies have shown that the climatic conditions of the most of the Tomsk province are favorable for the growth of *Allium lineare*, but it must be taken into account, that its vulnerability may be caused by other factors.

Allium lineare L. – дикорастущий лук, распространенный на территории Евразии, произрастающий на суходольных и степных лугах, открытых остепненных склонах. На территории Сибири приурочен в основном к степной зоне, а в Томской области, полностью расположенной в лесной зоне, он обнаружен только в ее южной части, на остепненных склонах, и всего известно 6 местонахождений. Этот вид включен в Красную книгу Томской области в категории 2 – сокращающийся в численности вид. Целью данного исследования было установить, насколько территория Томской области в целом подходит по своим климатическим показателям для произрастания данного вида.

Данные о местах произрастания *A. lineare* (247 точек, из них 25% использовалось для тестирования модели), были получены из Флоры Сибири, Красной книги Томской области, базы данных GBIF. Для предварительной подготовки данных и последующей визуализации результатов использовались программы ArcGIS и DIVA-GIS. Моделирование проводилось в программе MaxEnt 3.4.0. Для построения модели использовались 6 биологически значимых климатических характеристик, уровень корреляции между которыми не превышал 0.7 (Bio1 – среднегодовая температура; Bio2 – суточные колебания температуры; Bio7 амплитуда колебания температуры; Bio8 – средняя температура наиболее влажного квартала; Bio12 – среднегодовые осадки; Bio15 – сезонность осадков). Значения, находящиеся в свободном доступе, были взяты базы WORLDCLIM. При построении модели был использован порог 10 перцентилей, отсекающий значения 10% краевых точек, занимающих маргинальное положение (рис. 1, 2).

Использование «кривой ошибок» ROC, которая применяется для оценки бинарных предсказаний и площади под этой кривой (AUC) показало отличные (AUC tr=0.920) и хорошие (AUC test=0.891) прогностические возможности полученной модели. Оценка вклада биоклиматических факторов, оказывающих наибольшее влияние на полученную модель, при помощи пермутации показала, что наибольший вклад в построение модели внесли Bio1 (52.4%), Bio2 (13.1%) и Bio15 (13%). Альтернативный способ оценки с помощью алгоритма jackknife не выявил существенных различий, их рейтинг переменных: Bio1, Bio15, Bio8. При этом графики показали, что Bio1 несет также наибольшую долю уникальной информации.

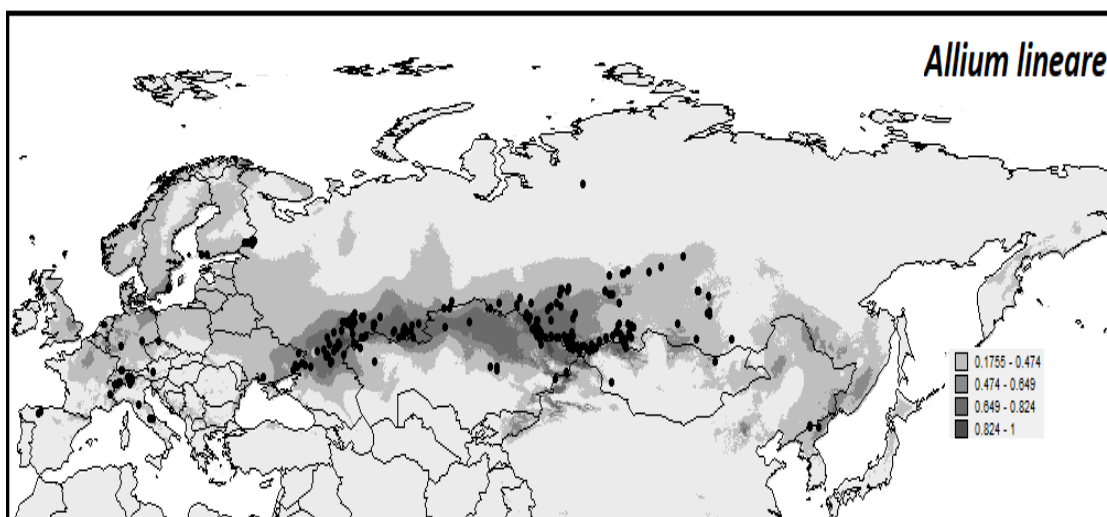


Рис. 1. Модель территорий, подходящих для произрастания *Allium lineare*, созданная при помощи алгоритма MaxEnt на основании шести независимых биологически значимых переменных (объяснение в тексте)



Рис. 2. Модель территорий, подходящих для произрастания *Allium lineare*, в Томской области, созданная при помощи алгоритма MaxEnt на основании шести независимых биологически значимых переменных (объяснение в тексте)

Исследования показали, что климатические условия большей части Томской области являются благоприятными для произрастания *A. lineare*, однако надо принимать во внимание, что причина сокращения его численности в Томской области может быть обусловлена иными факторами – низкой конкурентоспособностью, неблагоприятным антропогенным воздействием, и т.п.

УДК 574.24

Структурные особенности фотосинтетического аппарата *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* в условиях загрязнения выбросами алюминиевого производства

Оскорбина М.В.¹, Калугина О.В.¹, Афанасьева Л.В.², Харпукхаева Т.М.².

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, omaria-84@yandex.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, afanl@mail.ru

Аннотация. Выявлены структурные и функциональные особенности фотосинтетического аппарата светлохвойных пород деревьев, произрастающих в зоне воздействия выбросов алюминиевых заводов – Братского (БрАЗ), Иркутского (ИркАЗ) и Тайшетского (ТаАЗ). Анализ показателей водного статуса выявил уменьшение содержания свободной воды в хвое деревьев на 49-73% и увеличение связанной воды на 11-56%. Резкое снижение пула зеленых и желтых пигментов в хвое деревьев (в 2,6-5,5 раз) наблюдалось в промышленной зоне БрАЗа и ИркАЗа. О подавлении первичных фотохимических реакций фотосинтетического аппарата деревьев в условиях техногенного воздействия свидетельствует изменение параметров флуоресценции хлорофилла – соотношение Fv/Fm у обеих пород снижается на 10-15%, в то же время ETR у сосны увеличивается на 28-34%, а у лиственницы уменьшается на 31-54%. В условиях загрязнения показана большая потенциальная активность фотосинтетического аппарата сосны, чем лиственницы.

Structural features of the photosynthetic apparatus of *Pinus sylvestris* and *Larix sibirica* in the conditions of pollution by emissions of aluminum production

Oskorbina M.V.¹, Kalugina O.V.¹, Afanasieva L.V.², Kharpukhaeva T.M.².

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, omaria-84@yandex.ru

²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, afanl@mail.ru

Abstract. A study of the structural and functional features of the photosynthetic apparatus of coniferous trees growing in the zone of exposure to atmospheric emissions of aluminum plants – Bratsk (BrAZ), Irkutsk (IrkAZ) and Taishet (TaAZ). The analysis of the water status indicators revealed a decrease in the free water content in the coniferous trees by 49-73% and an increase in the bound water by 11-56%. A sharp decrease in the pool of green and yellow pigments in the coniferous trees (2.6-5.5 times) was observed in the industrial zone of BrAZa and IrkAZ. The suppression of primary photochemical reactions of the photosynthetic apparatus of trees under man-made exposure is evidenced by a change in the parameters of chlorophyll fluorescence - the Fv/Fm ratio in both breeds decreases by 10-15%, while the ETR in pine increases by 28-34%, and in larch decreases by 31-54%. Under the conditions of pollution, the potential activity of the photosynthetic apparatus of pine is shown to be greater than that of larch.

Одной из серьезных проблем современного лесопользования является однополярный взгляд на леса исключительно как на источник древесины, при этом забывается, что они выполняют важные экосистемные функции – средообразующие, водоохраные, водорегулирующие, средозащитные, санитарно-гигиенические. Леса как важнейший природный ресурс особо значимы для Байкальского региона, поскольку являются главным фактором, обеспечивающим устойчивость экосистемы уникального оз. Байкал и прилегающих к нему территорий. Основными лесообразующими породами региона являются светлохвойные виды – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). На территории Байкальского региона воздействие техногенных эмиссий в настоящее время является одним из приоритетных негативных факторов, оказывающих влияние на состояние лесных экосистем (Mikhailova et al., 2013).

В полевых условиях измеряли параметры, характеризующие водный статус древесных растений с помощью рефрактометра (АТС, BRIX), флуоресценцию хлорофилла в хвое сосны и лиственницы оценивали импульсным флуориметром PAM 2500 («Waltz», Germany). Содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом после предварительной экстракции 96%-ным этанолом. Долю хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) рассчитывали по формуле: $(1.2 \text{ хл}b + \text{хл}b) / \Sigma (\text{хл}a + \text{хл}b)$. Измерение

всех показателей проводили в трех биологических повторностях, каждая из которых была представлена тремя аналитическими повторностями.

В результате исследования выявлено, что хвойные древостои, произрастающие в зоне воздействия выбросов БрАЗа, характеризуются меньшей оводненностью хвои (в среднем на 10%) по сравнению с древостоями, произрастающими в зонах воздействия выбросов ТаАЗа, и особенно, ИркАЗа (рисунок). Показано, что хвоя лиственницы содержит в среднем на 20% больше общей воды, чем хвоя сосны, что подтверждает известный факт о большей мезофитности лиственницы. Кроме того, установлено, что воздействие выбросов, поступающих от всех алюминиевых заводов, приводит к изменениям в водном статусе лиственницы, уровень общей воды увеличивается на 6-18% и связанной воды – на 11-37%, содержание свободной воды, наоборот, снижается на 43-72%.

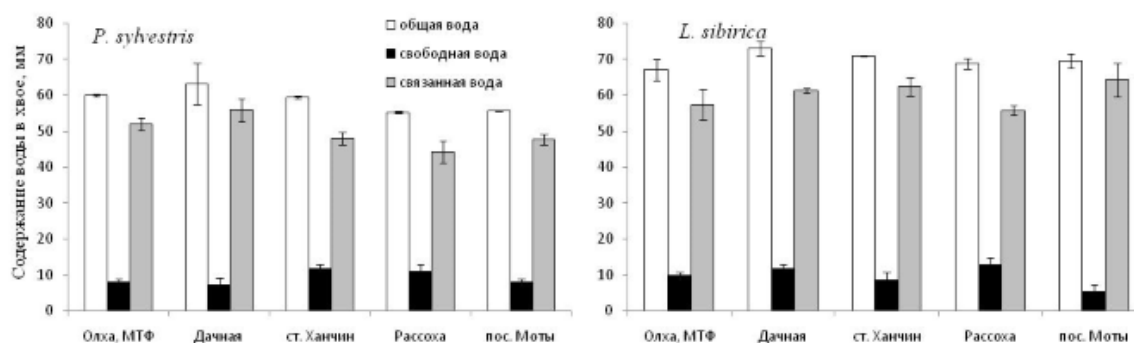


Рис. Содержание воды в хвое *P. sylvestris* и *L. sibirica* в зоне воздействия ИркАЗа

Аналогичные изменения выявлены в хвое загрязненных деревьев сосны: содержание общей воды возрастает на 6–23 %, связанной воды – на 35–56 %, при этом на 49–73 % снижается содержание свободной воды. В целом, выявленные изменения параметров водного статуса могут свидетельствовать об активации защитных механизмов фотосинтетического аппарата (ФСА) хвойных пород, инициируемых процессами водного обмена, особенно на территориях воздействия выбросов ИркАЗа и ТаАЗа.

Фотосинтетический аппарат растений высокочувствителен к любым стрессовым факторам, поэтому изменение его структурно-функциональных параметров, в первую очередь пигментного фонда, может служить для раннего диагностирования реакции растений на изменяющиеся условия среды. При расчете содержания пигментов на массу хвои всего побега у деревьев сосны и лиственницы выявлена похожая закономерность, проявляющаяся в резком снижении концентрации, как хлорофиллов, так и каротиноидов по мере приближения к промышленной зоне алюминиевых заводов, особенно БрАЗа и ИркАЗа. При этом содержание Хл. *a* снижается в хвое сосны в 1,4–2,6 раза, Хл. *b* – в 1,3–3,2 раза, каротиноидов – в 1,3–3,9 раза по сравнению с фоновыми значениями. Для лиственницы эти изменения более существенны – концентрация Хл. *a* снижается в хвое в 1,4–4,5 раза, Хл. *b* – в 1,4–5,5 раза, каротиноидов – в 1,5–4,3 раза по сравнению с фоновыми значениями. Наибольшие изменения общего пула зеленых и желтых пигментов наблюдаются в промышленной зоне БрАЗа. Уменьшение количества пигментов при таком расчете во многом обусловлено изменениями морфоструктурных параметров деревьев – сокращением ассимилирующей поверхности за счет снижения длины побегов, уменьшения массы и длины самих хвоинок, а также, окислением их молекул активными формами кислорода (Sharma et al., 2012) и структурными изменениями в хвое (Mandre, Lukjanova, 2011).

Расчет соотношения зеленых и желтых пигментов в хвое сосны и лиственницы показал, что при техногенном загрязнении оно у сосны увеличивается на 15-49% за счет большего изменения концентрации каротиноидов, а у лиственницы снижается на 14-20%, преимущественно за счет большего изменения в пуле зеленых пигментов. Учитывая, что каротиноиды в антенном комплексе выполняют защитную функцию, связанную с тушением возбужден-

ных триплетных состояний хлорофилла и активных форм кислорода, снижение их концентрации может быть связано с усиленным их расходом на поддержание фотохимической роли Хл. *a* в условиях стрессового воздействия. Другой причиной уменьшения их концентрации может быть снижение интенсивности образования всех фотосинтетических пигментов в поврежденной хвое.

По мере приближения к промышленной зоне заводов в хвое деревьев наблюдается увеличение соотношения хлорофиллов (Хл. *a*/Хл. *b*) на 14-29%. Это происходит, в основном, за счет падения уровня Хл. *b*, что свидетельствует об адаптивной перестройке ультраструктуры хлоропластов в сторону «светового типа», характеризующихся большей эффективностью светоусвоения и лучшей защищенностью от фотоповреждений, и может рассматриваться как одно из проявлений защитного механизма растений в условиях техногенной нагрузки. Обнаружено, что процентное содержание хлорофиллов в ССК от общего фонда зеленых пигментов хвои снижается на 15–21 % в промышленной зоне БрАЗа и ИркАЗа и на расстоянии до 5 км от нее, что может свидетельствовать об ухудшении светопоглощающих свойств фотосинтетического аппарата (Taiz, Zeiger, 2010).

О наличии функциональных нарушений фотосинтетического аппарата хвои сосны и лиственницы в условиях техногенного загрязнения свидетельствует изменение некоторых параметров флуоресценции хлорофилла. Показано, что на территориях, загрязняемых выбросами всех трех алюминиевых заводов, как у сосны, так и у лиственницы обнаруживается тенденция к снижению соотношения F_v/F_m на 10–15 % по сравнению с фоновыми показателями. Минимальные значения F_v/F_m зарегистрированы в хвое деревьев, произрастающих на удалении до 10 км от БрАЗа и ИркАЗа, что может свидетельствовать о подавлении первичных фотохимических реакций фотосинтетического аппарата в условиях техногенного воздействия. Установлено, что в хвое сосны, при воздействии выбросов БрАЗа, ETR увеличивается максимально на 34 %, ИркАЗа – на 38 %, ТаАЗа – на 28 % по сравнению с фоновыми значениями. У лиственницы, выявляется противоположная тенденция – снижение на 31-54%. Полученные результаты могут свидетельствовать о большей потенциальной активности фотосинтетического аппарата сосны, чем лиственницы в условиях загрязнения.

В целом, на основании анализа комплекса рассмотренных параметров мы можем сделать заключение, что сосна обыкновенная обладает более развитой защитной системой к воздействию техногенного загрязнения, по сравнению с лиственницей. В зоне воздействия выбросов ТаАЗа – современного высокотехнологического предприятия – в настоящее время не выявлено значимого влияния атмосферных техногенных эмиссий на метаболизм и ростовые показатели деревьев сосны и лиственницы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-44-380009.

ЛИТЕРАТУРА

- Mikhailova T.A., Kalugina O.V. Shergina O.V. Phytomonitoring of Air Pollution in the Baikal Region // Contemporary Problems of Ecology. 2013. Vol. 6, № 5. P. 549–554.
- Sharma P., Jha B., Ambuj D., Shanker R., Mohammad P. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions // Journal of Botany. 2012. Vol. 2012, Article ID 217037, 26 pages doi:10.1155/2012/217037
- Mandre M., Lukjanova A. Biochemical and structural characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in an alkaline environment // Estonian J. of Ecology. 2011. Vol. 60 (4). P. 264–283.
- Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology, fifth Edition. Sinauer Associates Inc.; Sunderland, Massachusetts, 2010. 778 p.

УДК 581.8

Морфолого-анатомическое строение фотосинтезирующих органов в зависимости от режима освещения

Очирова С.С., Дорджиева В.И., Колибаев Б.Б.

Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста, viktorija_dord@mail.ru

Аннотация. В статье представлено строение листовых пластинок трех видов - *Gentiana cruciata*, *Filipendula hexapelata*, *Crepis setosa*, представители которых произрастают в лесах среднего горного пояса и в аридных условиях полупустыни. Рассмотрены особенности мезофилла, эпидермы и расположения проводящих пучков, выделены особенности видов, произрастающих в условиях затенения. Результаты исследования сопровождаются анатомическими рисунками.

Morphological and anatomical structure of photosynthetic organs depending on the lighting mode

Ochirova S.S., Dordzhieva V.I., Kolibaev B.B.

Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikova, Elista, viktorija_dord@mail.ru

Abstract. The article presents the structure of leaf blades of three species - *Gentiana cruciata*, *Filipendula hexapelata*, *Crepis setosa*, whose representatives grow in the forests of the middle mountain belt and in arid semi-desert conditions. The features of the mesophyll, epidermis and the location of the vascular bundles are considered, the features of species growing under shading conditions are highlighted. The results of the study are accompanied by anatomical drawings.

По отношению к свету все растения можно условно разделить на две большие группы – сциофиты и гелиофиты. При этом, важно учитывать, то что одно и тоже растение в определенный период своего онтогенеза требует различные дозы инсоляции. Например, большинство сциофитов на стадии проростков нуждаются в большем количестве света, чем взрослые экземпляры. А проростки гелиофитов более уязвимы к прямым солнечным лучам, чем те же растения, но в период цветения и плодоношения. Кроме того, гелиофиты по отношению к воде обычно являются ксерофитами, а по отношению к структуре субстрата – псаммофитами или галофитами (Дорджиева и др., 2017). Аналогичную картину отражают растения сциофиты – они, как правило, мезофиты или гигрофиты, и предпочитают почвы богатые гумусом и минеральными солями (Иванова, 2014).

В настоящей работе рассмотрены пластинки представителей *Gentiana cruciata* и *Filipendula hexapelata*, произрастающих в лесах Кавказа. В качестве представителя растений гелиофитов были выбраны экземпляры *Crepis setosa*, произрастающие в степях Калмыкии. Материал для настоящего исследования был собран в июне 2019 года в лесах Республики Адыгея и степях Республики Калмыкия. В исследовании были применены общепринятые методики Б.А. Доспехова (Доспехов, 1973) и Р.П. Барыкиной (Барыкина, 1979).

Представители вида *Gentiana cruciata* предпочитают хорошо увлажненные места, как правило, произрастают в тени более высоких травянистых растений. Листорасположение супротивное, листовые пластинки линейной формы, основание пластинок формируют четко выраженное листовое влагалище. Пластинки довольно плотные, толщина мезофилла составляет около 250–260 мкм. Мезофилл дорсовентральный, сложен один слоем палисадной ткани и 5–6 слоями губчатых клеток. Клетки столбчатой ткани формируют плотный ряд, на долю которого приходится до 1/5 от толщины мезофилла. Клетки губчатого мезофилла имеют округлую, продолговатую, угловатую форму. Хлоропласты крупные, хорошо выраженные. Эта часть мезофилла несет крупные межклетники. Проводящие пучки биколлатерального типа. Пучки мелкие, диаметром около 40–50 мкм, со слабо выраженными механическими элемен-

тами, в большей части пучков опорные ткани отсутствуют полностью. Исключение составляет наиболее сильно развитый проводящий пучок центральной жилки. Нижняя эпидерма несет довольно крупные устьица. Размеры основных клеток эпидермы составляют от 20 до 40 мкм, причем элементы верхней эпидермы более мелкоячеистые по сравнению с клетками нижней покровной ткани. Пластинка несет хорошо сформированный толстый слой кутикулы, которая в совокупности с тургорным давлением цитоплазмы клеток, осуществляет поддерживающую листья функцию (рис 1).

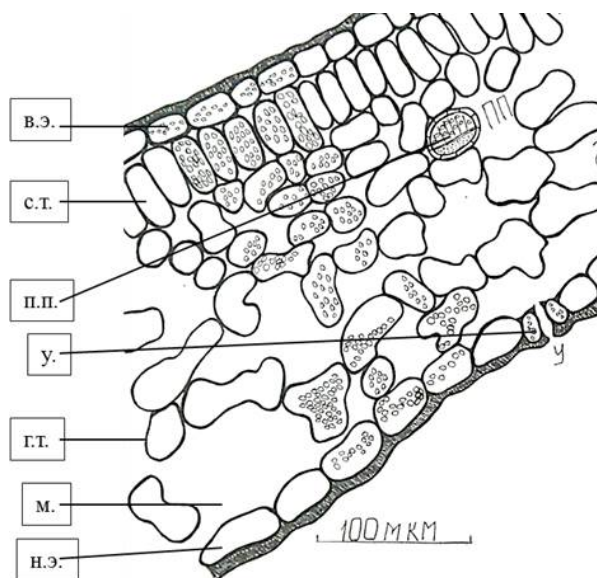


Рис. 1. Анатомическое строение листовой пластинки *Gentiana cruciata*

Представители *Filipendula hexapelata*, являются теневыносливыми растениями, произрастают в более освещенных местах, по сравнению с первым растением. Толщина пластинки относительно тонкая. Толщина мезофилла не превышает 100 – 110 мкм. Мезофилл сложен тремя слоями палисадной ткани и 4 – 5 слоями губчатой паренхимы. Все клетки отличаются мелкими размерами, но пластиды в них крупные, немногочисленные. Устьица несет только нижняя эпидерма пластинок. Все клетки эпидермы мелкие, диаметром около 10 мкм. Кутикула в большей степени выражена на поверхности верхней эпидермы листа (рис. 2).

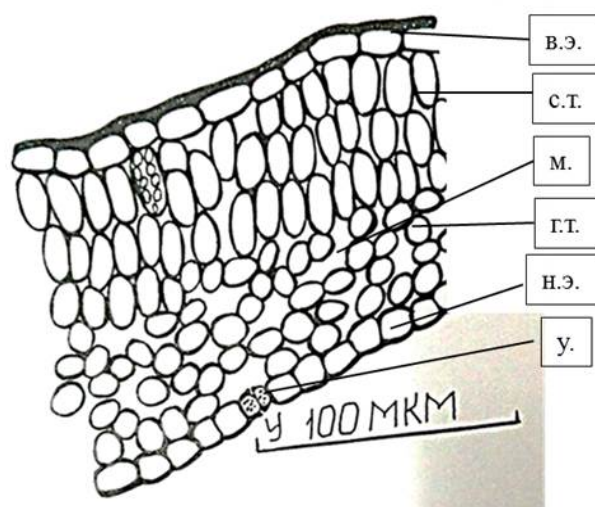


Рис. 2. Анатомическое строение листовой пластинки *Filipendula hexapelata*

Листовая пластинка типичного представителя видов-гелиофитов, *Crepis setosa*, имеет толщину около 260 мкм, причем на долю мезофилла приходится до 220 мкм. Мезофилл сло-

жен только клетками палисадной ткани, хлоропласты в них многочисленны и имеют мелкие размеры. Число слоев мезофилла равно 7. Проводящие пучки мелкие, но их плотность в пластинке высока. Устьица встречаются в двух эпидермах (рис 3).

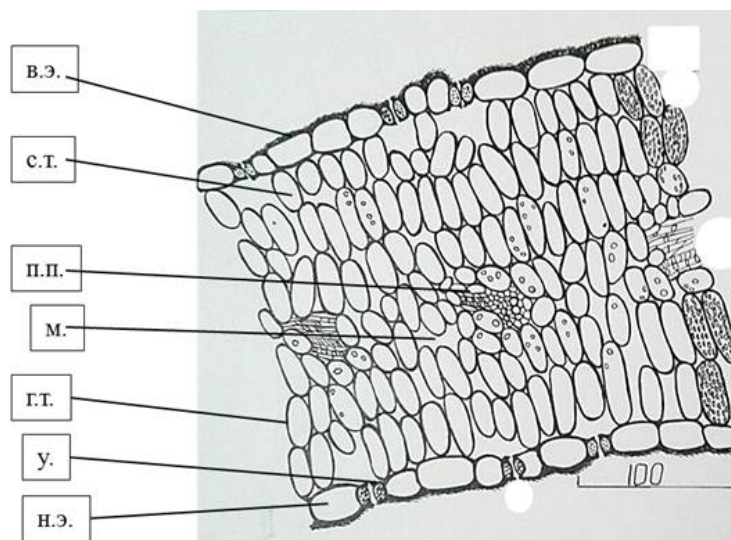


Рис. 3. Анатомическое строение листовой пластинки *Crepis setosa*

Рассматривая структуру листьев в зависимости от режима освещения нужно учитывать не только совокупность влияния всех факторов среды, но и специфику каждого отдельно вида. Затруднительно предположить является ли признак видоспецифичным для растения, или, этот признак отражает экологию произрастания отдельного экземпляра. Тем не менее, листовые пластинки можно рассматривать как наиболее отзывчивыми органами растения, которые одни из первых отвечают воздействию внешних факторов. Тонкая пластинка, многослойный мезофилл с крупными хлоропластами и хорошо выраженными межклетниками, крупноклеточность всех клеток – все эти характеристики присутствуют в описании морфологии листьев растений затененных и хорошо увлажненных мест.

ЛИТЕРАТУРА

- Барыкина Р.П. Практикум по анатомии растений / Р.П. Барыкина, Л.Н. Кострикова, Д.А Гранковский. – М.: Высшая школа, 1979. – 224 с.
- Дорджиева В.И., Очирова К.С., Сапарова А.Р. Морфолого-анатомическое исследование вида Горечавка крестовидная (*Gentiana cruciata*) // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. II междунар. науч.-практ. конф. № 3(50). Новосибирск: СибАК, 2017. С. 5 – 14.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 351 с.
- Иванова Л.А. Адаптивные признаки структуры листа растений разных экологических групп // Экология. 2014. № 2. С. 107 – 115.

УДК 599.323.45:575.17(470.5+571.1)

Новые сведения о генетическом разнообразии мыши-малютки (*Micromys minutus* Pallas, 1771) из центральной части северной Евразии

Пилевич Д.С., Крохалева М.А., Ялковская Л.Э.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, pilevich_ds@ipae.uran.ru

Аннотация. Начаты исследования генетического разнообразия мыши-малютки (*Micromys minutus*) из центральной части Северной Евразии. Секвенированы последовательности гена *cyt b* (1140 п.н.) для десяти особей из пяти локалитетов (Южный и Средний Урал, Западная Сибирь, в том числе, за пределами северной границы видового ареала). Описано 6 гаплотипов, пять из которых – новые для вида. Показана принадлежность исследуемых популяций к ранее описанной гаплогруппе, включающей гаплотипы из более восточных регионов Сибири. Значения индексов генетического разнообразия указывают на расселение вида по современному ареалу в недавнем прошлом. Результаты анализа с включением новых данных не противоречат современным представлениям о генетической структуре вида, но указывают на необходимость проведения дальнейших исследований в центральной части Северной Евразии и Дальнем Востоке, в частности, для решения вопроса о границах распространения гаплогрупп и уточнения филогенетического статуса популяций Дальнего Востока.

New data on the genetic diversity of the harvest mouse (*Micromys minutus* Pallas, 1771) from the central part of Northern Eurasia

Pilevich D.S., Krokhalova M.A., Yalkovskaya L.E.

Institute of Plant and Animal Ecology UrB RAS, Ekaterinburg, pilevich_ds@ipae.uran.ru

Abstract. Research of genetic diversity of harvest mouse (*Micromys minutus*) from the central part of Northern Eurasia was begun. Complete *cyt b* gene (1140 bp) was sequenced for 10 specimens from five localities (Southern and Middle Urals, Western Siberia, including one located outside the known northern border of the species range). Six haplotypes were detected, five of which were new. Studied populations belong to the haplogroup, which included haplotypes detected earlier in more eastern localities in Siberia. The values of the genetic diversity indices indicated the dispersal of the species over the modern range in the recent past. The results of the analysis with the inclusion of new data do not contradict modern ideas about the genetic structure of *M. minutus*, but indicate the need for further research in the central part of Northern Eurasia and the Far East, in particular, to resolve the issue of the distribution boundaries of haplogroups and clarify the phylogenetic status of Far East populations.

Мышь-малютка (*M. minutus*) – палеарктический вид, который имеет обширный ареал: от северной Испании и Великобритании до территорий Китая и Вьетнама, островов Японии и о. Тайвань. На основе анализа митохондриального генома была показана дифференциация вида на четыре крупные клады и рассмотрена история формирования современной генетической структуры *M. minutus* (Yasuda et al., 2005). Тем не менее, до сих пор неизученной остается значительная часть видового ареала (от юго-востока Западной Сибири до Восточной Европы), т.е. анализ был проведен без учета вклада в генетическую дифференциацию и эволюционную историю вида популяций из ряда крупных регионов и их физико-географических условий. В этой связи нами начато изучение генетического разнообразия мыши-малютки центральной части Северной Евразии (Урал и Западная Сибирь) на основе данных гена цитохрома *b* (*cyt b*) мтДНК.

Тотальная ДНК была выделена методом водно-солевой экстракции из образцов мышечной ткани (фиксация 96% этанол), и коллекционного материала музеев ИЭРиЖ УрОРАН и УрФУ. Для ПЦР и последующего секвенирования использовали две пары универсальных праймеров (L7H2 и L8H6) (Tougaard et al.), а также семь пар видоспецифичных праймеров, сконструированных нами. Анализ последовательностей проводили в программах BioEdit v.7.2.0, MrBayes v.3.2.2, NetWork 10, MEGA v.6, Arlequin v.3.1 и DnaSP v.5.10. Для филогенетических реконструкций использовано 43 гаплотипа *M. minutus*, представленных в базе GenBank. В качестве аутгруппы – последовательности *M. erythrotis* (Abramov et al., 2009).

Полные последовательности *cyt b* (1140 п.н.) секвенированы для 10 особей из пяти локалитетов Урала и Западной Сибири (рис. 1), один из которых расположен за пределами известной северной границы ареала вида. Описано шесть гаплотипов: пять из них являются новыми, один гаплотип, выявленный на Среднем Урале и в Западной Сибири, включая самую северную популяцию, обнаружен ранее в окрестностях Новосибирска (Yasuda et al., 2005).



Рис. 1. Ареал *M. minutus*. Точками обозначены места сбора материала и локализация последовательностей из GenBank, принадлежащих выделенным гаплогруппам

На филогенетическом дереве с разной степенью поддержки выделяются четыре крупные гаплогруппы: Россия, Тайвань, Корея-Япония, Европа (рис. 2В). Два гаплотипа с Дальнего Востока России, хотя и не образуют отдельной гаплогруппы, но дифференцированы от остальных. Все секвенированные нами гаплотипы принадлежат Российской кладе, включающей также гаплотипы из окрестностей Новосибирска и Республики Тыва. Наличие в филогенетической структуре *M. minutus* четырех гаплогрупп подтверждается анализом медианной сети (рис. 2А). Следует отметить, что к Российской группе наиболее близки гаплотипы с о. Тайвань, а образующие общий кластер Европейская и Корейско-Японская гаплогруппы значительно отдалены.

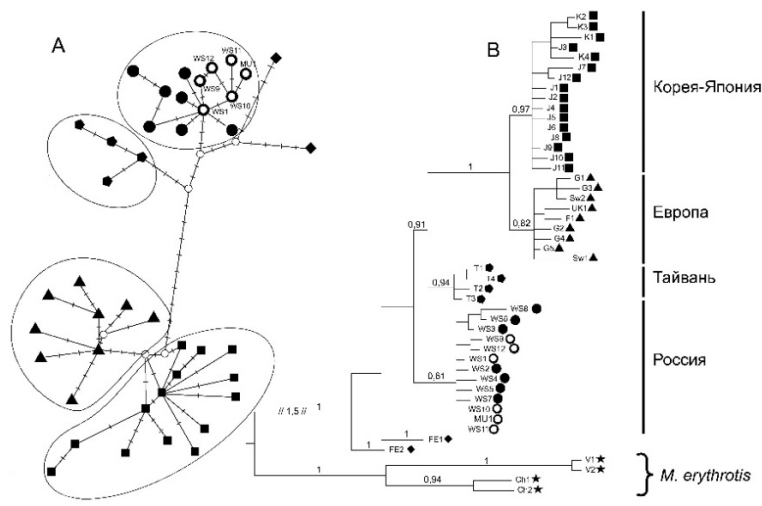


Рис. 2. Медианная сеть гаплотипов *M. minutus* (А); филогенетическое дерево гаплотипов *cyt b* *M. minutus*, реконструированное с использованием Байесова анализа (В), над ветвями указан уровень бутстреп поддержки $VI > 0,60$. Обозначения гаплотипов соответствуют рис. 1

Значения индексов генетического разнообразия, рассчитанные для гаплогрупп, указывают на относительно недавнее расселение *M. minutus* по территории современного ареала (таблица).

Таблица

Показатели полиморфизма сyt b *M. minutus*.

	n	nH	h ± SD	π ± SD(×100)	k
Вид	81	42	0,968 ± 0,008	0,908 ± 0,045	10,347
Гаплогруппы:					
Европа	11	9	0,945 ± 0,066	0,316 ± 0,049	3,600
Корея-Япония	40	16	0,906±0,024	0,193±0,022	2,201
Тайвань	12	4	0,712±0,105	0,105±0,019	1,197
Россия	18	13	0,948±0,039	0,194±0,031	2,209

Примечание: n – число особей; nH – число гаплотипов; h – гаплотипическое разнообразие; π – нуклеотидное разнообразие; k – среднее число парных различий между гаплотипами; SD – стандартное отклонение.

Результаты анализа генетического разнообразия мыши-малютки с включением данных из центральной части Северной Евразии не противоречат современным представлениям о генетической структуре вида (Yasuda et al., 2005). Тем не менее, остается ряд вопросов, в частности, о границах распространения гаплогрупп материковой части ареала и филогенетическом статусе популяций Дальнего Востока, для решения которых необходимы дополнительные материалы с еще неизученных территорий.

Обнаружение у *M. minutus* из Западной Сибири, обитающей за пределами известной северной границы ареала, анцестрального для Российской группы гаплотипа, а также ранее не описанного гаплотипа, позволяет предполагать присутствие вида на данной территории довольно продолжительное время. Это указывает на необходимость уточнения северных границ видового ареала.

ЛИТЕРАТУРА

- Abramov A. V., Meschersky I. G., Rozhnov V. V. On the taxonomic status of the harvest mouse *Micromys minutus* (Rodentia: Muridae) from Vietnam // *Zootaxa*. 2009. Vol. 2199. № 1. P. 58-68.
- Tougaard C., Delefosse T., Hänni C., Montgelard C. Phylogenetic relationships of the five extant rhinoceros species (Rhinocerotidae, Perissodactyla) based on mitochondrial cytochrome b and 12S rRNA genes // *Molecular phylogenetics and evolution*. 2001. Vol. 19. № 1. P. 34–44.
- Yasuda, S. P., Vogel, P., Tsuchiya, K., Han, S. H., Lin, L. K., Suzuki, H. Phylogeographic patterning of mtDNA in the widely distributed harvest mouse (*Micromys minutus*) suggests dramatic cycles of range contraction and expansion during the mid-to late Pleistocene // *Canadian Journal of Zoology*. 2005. Vol. 83. № 11. P. 1411-1420.

УДК 579.26: 579.87

**Бактерии-деструкторы бифенила (полихлорированных бифенилов)
в микробных сообществах техногенных почв с высоким уровнем засоления:
разнообразие, функциональная и генетическая характеристика**

Плотникова Е.Г.¹, Воронина А.О.²

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь, peg_el@mail.ru

²Институт технической химии УрО РАН – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь, voroninaao@gmail.com

Аннотация. В микробных сообществах района промышленных солеразработок (Верхнекамское месторождение солей, Пермский край, Россия) выявлены ключевые гены деструкции бифенила/полихлорированных бифенилов (ПХБ) культивируемых и некультивируемых бактерий. Клонированные *bphA1*-гены из тотальной ДНК образцов шлама и засоленной почвы имели низкий уровень сходства (~86%) с подобными генами некультивируемых бактерий. Около 97% от общего количества рекомбинантных клонов (ДНК из почвы) имели наибольшее сходство с генами α -субъединиц 5 типов ароматических диоксигеназ, в том числе с *bphA1*-генами, бактерий рода *Rhodococcus*. Методом накопительного культивирования из исследуемых образцов выделены родококки, способные разлагать бифенил и ПХБ в условиях засоления (70 г/л NaCl). Полученные результаты и охарактеризованные штаммы-деструкторы могут быть использованы при разработке технологий мониторинга и очистки загрязненных/засоленных территорий.

**Bacteria-destructors of biphenyl (polychlorinated biphenyls) in microbial communities
of technogenic soils with a high level of salinity: diversity,
functional and genetic characteristics**

Plotnikova E.G.¹, Voronina A.O.²

¹Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm, peg_el@mail.ru

²Institute of Technical Chemistry UB RAS, Perm, voroninaao@gmail.com

Abstract. Key genes for the destruction of biphenyl (PCB) of cultivated and uncultivated bacteria have been identified in the microbial communities of the industrial salt-mining area (Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts, Perm Krai, Russia). Cloned *bphA1* genes from the total DNA of sludge and saline soil samples had a low level of similarity with similar genes of uncultivated bacteria. About 97% of the total number of recombinant clones (DNA from saline soil samples) had the greatest similarity (~86%) with genes of α -subunits of 5 types of aromatic dioxygenases, including *bphA1* genes, of bacteria of the genus *Rhodococcus*. The method of accumulative cultivation from the soil samples was used to isolate rhodococci capable of degrading biphenyl and PCBs under salinity (70 g/L NaCl). The results obtained and the characterized strains-destructors can be used in the development of technologies for monitoring and cleaning contaminated/saline areas.

Проблема мониторинга, детоксикации и уничтожения полихлорированных бифенилов (ПХБ), отнесенных к группе стойких органических загрязнителей (СОЗ), остается чрезвычайно актуальной (<http://chm.pops.int>). В настоящее время особое внимание уделяется изучению восстановления объектов окружающей среды, загрязненных ПХБ, при использовании микроорганизмов. Проводятся комплексные исследования, направленные на изучение функционирования сообществ микроорганизмов-деструкторов в загрязненных экосистемах, а также выделение и выявление биодegradационного потенциала у активных штаммов-деструкторов бифенила/ПХБ. При проведении исследований широко используются молекулярные, микробиологические и аналитические методы. Аэробный метаболизм разложения бифенила и ПХБ хорошо изучен у разных групп бактерий, способных использовать эти соединения в качестве единственного источника углерода и энергии (Sharma et al., 2018). Первую, ключевую реакцию окисления бифенила/ПХБ, гидроксילирование ароматического кольца с образованием (хлор)бифенил 2,3-дигидродиола, осуществляет фермент бифенил

2,3-диоксигеназа (БДО), являющаяся представителем большого семейства гидроксилирующих диоксигеназ (Pieper, Seeger, 2008). Этот фермент отвечает за распознавание субстрата и связывание с ним, а ген *bphA1* (кодирует α -субъединицу БДО) является важным маркером при исследовании биодеградационного потенциала бактериальных сообществ (Iwai et al., 2010).

Цель работы – оценить разнообразие *bphA1*-генов в микробных сообществах шлама и почвы, отобранных на территории соледобывающего предприятия ПАО «Уралкалий» (г. Березники, Пермский край), и выделение активных бактерий-деструкторов бифенила/ПХБ.

Для исследования разнообразия *bphA1*-генов и определения наличия бактерий-деструкторов бифенила/ПХБ в микробных сообществах поверхностного слоя шламохранилища и почвы вблизи солеотвала были проведены эксперименты по клонированию ПЦР-фрагментов *bphA1*-генов в составе вектора pTZ57 R/T (“Termo Scintific”, США). В работе использовали праймеры ВРНД-f3 и ВРНД-r1, *bphA1*-f450 и *bphA1*-r900 (Iwai et al., 2010; Шумкова и др., 2015). Определение нуклеотидных последовательностей фрагментов *bphA1*-генов проводили на автоматическом секвенаторе Genetic Analyser 3500XL (“Applied Biosystems”, США), анализ последовательностей осуществляли с использованием соответствующих биоинформатических ресурсов (Шумкова и др., 2015).

В микробном сообществе шламохранилища были выявлены нуклеотидные последовательности, имеющие наибольший уровень сходства (85,5-86,7%) с *bphA1*-генам некультивируемых бактериальных клонов. Анализ нуклеотидных последовательностей исследуемых клонов выявил наибольшее сходство с генами бактерий рода *Pseudomonas* (~ 80% анализируемых последовательностей). Секвенированный фрагмент ДНК клона 16В (~ 5 % от общего количества рекомбинантных клонов) имел высокий процент сходства (85,9%) с геном α -субъединицы БДО штамма-деструктора бифенила/ПХБ – *Pseudomonas alcaligenes* В-357 (Vézina et al., 2008).

В микробном сообществе почвы вблизи солеотвала выявлены бактериальные гены, имеющие наибольшее сходство с генами α -субъединиц 5 типов диоксигеназ: бифенил 2,3-ДО (*bphA1*), изопропилбензол 2,3-ДО (*ipbA1*), бензотрифторид 2,3-ДО (*btfA1*), бензол 2,3-ДО (*bnzA1*) и толуол 2,3-ДО (*terpA*) бактерий рода *Rhodococcus* (~97 % общего количества рекомбинантных клонов) (рисунок). Выявлены новые функциональные гены, имеющие наибольшее сходство с генами БДО бактерий семейства *Burkholderiaceae* и некультивируемых бактерий на уровне 86,6%, количество клонов, содержащих эти генетические структуры составляло около 6 % от всех исследуемых рекомбинантных клонов.

Из исследуемых техногеннозасоленных образцов (шламохранилище, почва) путем накопительного культивирования на бифениле были выделены деструкторы бифенила/ПХБ рода *Rhodococcus*. При сравнении нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК штаммов *Rhodococcus* sp. КВВ16 и *Rhodococcus* sp. ВВЛ12-2 с гомологичными последовательностями, имеющимися в международной базе данных EzBioCloud (<https://www.ezbiocloud.net/>), сходство с *R. wratislaviensis* NBRC 100605^T составило 100%, с *R. jostii* DSM 44719^T – 99,73%, соответственно. С использованием метода пульс-электрофореза в клетках штаммов-деструкторов были выявлены плазмиды: у штамма КВВ16 - две плазмиды (~ 400 т.п.н., 450 т.п.н.), у штамма ВВЛ12-2 - плазида размером около 650 т.п.н.

Ростовые эксперименты при изменении осмолярности среды показали, что родококки способны к росту на богатой среде и в минеральной среде Раймонда с бифенилом (в качестве единственного источника углерода и энергии) как без добавления NaCl, так и в присутствии повышенной концентрации соли (до 70 г/л). Штаммы-деструкторы бифенила КВВ16 и ВВЛ12-2 демонстрировали эффективный рост на средах с ароматическими соединениями: бензолом, толуолом, фенолом, дибутилфталатом, бифенилом и нафталином, а также были способны использовать в качестве субстратов моноароматические кислоты: *орто*-фталевую, *пара*-оксибензойную, протокатеховую и бензойную. Анализируя полученные данные, можно сделать предположение, что деструкция бифенила исследуемыми штаммами осуществляется

по “верхнему пути” разложения бифенила с образованием пентадиеновой и бензойной кислот, с последующим разложением бензойной кислоты (Pieper, Seeger, 2008).

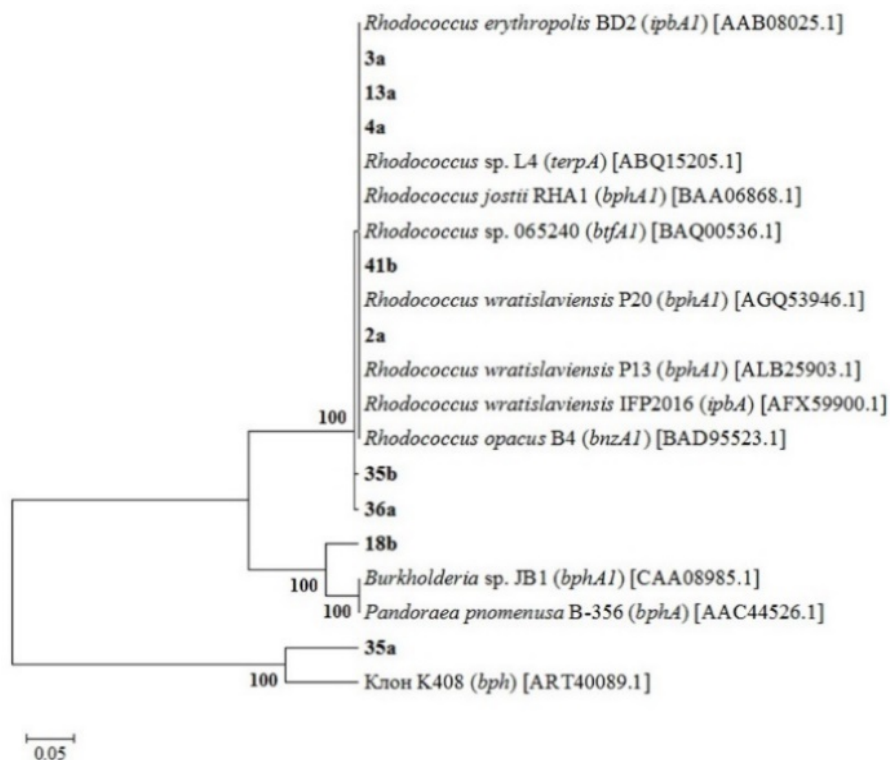


Рис. Положение *bphA1*-генов исследуемых клонов на филогенетическом дереве, построенном на основании сравнительного анализа транскрипированных аминокислотных последовательностей с использованием метода UPGMA. Цифрами показана достоверность ветвления, установленная с помощью “bootstrap”- анализа

Штамм КВВ16 эффективно осуществлял деструкцию *орто*- и *пара*-моноклорбифенилов (ХБ) в концентрации 96 мг/л, окисляя не хлорированное кольцо молекулы ХБ. При культивировании штамма на 2-ХБ и 4-ХБ уже к 3 часам инкубации субстраты были полностью утилизированы. Разложение штаммом 2,4'-диХБ осуществлялось менее активно: остаточное количество 2,4'-диХБ в среде культивирования к 24 часам составляло 45,67% от теоретически возможного. Активность штамма КВВ16 по отношению к хлорированным бифенилам указывает на перспективность его использования в биотехнологических целях.

ЛИТЕРАТУРА

Шумкова Е.С., Егорова Д.О., Боронникова С.В., Плотникова Е.Г. Полиморфизм генов *bphA* бактерий-деструкторов бифенила/хлорированных бифенилов // Молекулярная биология. 2015. Т. 49, №. 4. С. 638-638.

Iwai S., Chai B., Sul W.J., Cole J.R., Hashsham S.A., Tiedje J.M. Gene-targeted-metagenomics reveals extensive diversity of aromatic dioxygenase genes in the environment // Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology. 2010. V. 4, №. 2. P. 279-285.

Pieper, D.H., Seeger M. Bacterial metabolism of polychlorinated biphenyls // Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology. 2008. V. 15. P. 121-138.

Sharma J.K., Gautam R.K., Nanekar S.V., Weber R., Singh B.K., Singh S.K., Juwarkar A.A. Advances and perspective in bioremediation of polychlorinated biphenyl-contaminated soils // Environmental Science and Pollution Research. 2018. V. 25. P. 16355-16375.

Vézina J., Barriault D., Sylvestre M. Diversity of the C-terminal portion of the biphenyl dioxygenase large subunit // Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology. 2008. V. 15. P. 139-151.

УДК 58.006

Создание экспозиции «Аптекарский огород» в Забайкальском ботаническом саду

Пляскина И.Н.¹, Дудников П.С.², Козенкова А.С.³

¹ Читинская государственная медицинская академия, Чита, thebestdamnthing@mail.ru

² Забайкальский ботанический сад, Чита, dpschita@rambler.ru

³ Забайкальский ботанический сад, Чита, kozenkova_a.s@mail.ru

Аннотация. В статье представлено значение экспозиции Забайкальского ботанического сада, включающей лекарственные растения Восточного Забайкалья. Экспозиция используется для проведения экскурсий для населения и для проведения тематических мероприятий.

Creation of exposition «Apothecary garden» in Transbaical botanical garden

Plyaskina I.N.¹, Dudnikov P.S.², Kozenkova A.S.³

¹ Chita State Medical Academy, Chita, thebestdamnthing@mail.ru

² Transbaical botanical garden, Chita, dpschita@rambler.ru

³ Transbaical botanical garden, Chita, kozenkova_a.s@mail.ru

Abstract. The article presents the significance of the exposition of Transbaikal botanical garden, which includes medicinal plants of Eastern Transbaikalia. The exposition is used for excursions and for thematic events.

Использование лекарственных растений в лечении заболеваний имеет давнюю историю. В некоторых случаях фитотерапия имеет ряд преимуществ перед другими методами лечения. Лекарственным свойствам забайкальских растений посвящено множество работ с подробным описанием видов (Дулупова, 2000; Полезные растения..., 2001). Изучение химического состава растений продолжается, данные о свойствах растений постоянно дополняются (Анцупова, 2014;). Эти новые данные необходимо освещать в ходе экскурсий в ботаническом саду, особенно для студентов-медиков. Для этой цели лучше подходит отдельная экспозиция, в которой представлена коллекция лекарственных растений. На территории Забайкальского ботанического сада с момента его формирования в 1990 году началось пополнение коллекции лекарственных растений. Систематизация данных о лекарственных растениях, произрастающих на территории ботанического сада началась в 2018 году, тогда же было запланировано создание новой экспозиции открытого грунта, включающей лекарственные растения местной флоры и через год состоялось её открытие в ходе проведения «Дня сада». В ходе планирования экспозиции были проанализированы материалы Государственной фармакопеи, научных журналов и сборников статей о лекарственных растениях, а также в отдельных случаях Красные книги Забайкальского края и РФ.

На момент планирования «Аптекарского огорода» в разных экспозициях открытого грунта на территории ботанического сада представлены лекарственные растения, как травянистые, так и древесные. Но в этих экспозициях лекарственные растения больше используются в качестве декоративных, а при проведении экскурсий сложно полноценно осветить только лекарственные свойства. Поэтому создание новой экспозиции помогло в решении этой проблемы, теперь в одном месте собраны дикорастущие травянистые лекарственные растения и несколько кустарничков (на момент лета 2020 г. – 58 видов). Каждое растение имеет табличку, на которой представлено его русское и латинское название и оказываемое им влияние на организм. Здесь же в теплое время года высаживают пряно-ароматические растения (мята, анис, тархун, душица, горчица, базилик, чабер, иссоп, Melissa), так как они за счет эфирных масел также имеют лекарственные свойства. Древесные формы также позже

найдут своё место в экспозиции лекарственных растений. Присутствуют виды, используемые в официальной медицине: *Chelidonium majus* L., *Matricaria chamomilla* L., *Calendula officinalis* L., *Plantago major* L., *Tanacetum vulgare* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Leonurus deminutus* V. Krecz., *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, *Thermopsis lanceolata* R. Br., *Achillea asiatica* L., *Veratrum lobelianum* Bernh. Остальные виды используются в народной медицине. *C. officinalis* L. и *M. Chamomilla* L. являются адвентивными видами для местной флоры, культивируются как декоративные и лекарственные растения. Остальные виды используются в народной медицине. В ходе знакомства с лекарственными растениями стоит остановиться на химических веществах, которые определяют их фармакологическое действие (эфирные масла, полисахариды, алкалоиды, флавоноиды, сапонины), а также на формах лекарственного растительного сырья (трава, листья, плоды, кора и т.д.). Так, муколитическое действие *P. major* L. связано с содержанием полисахаридов, а действующие вещества *Leonurus deminutus* V.I. Krecz. (гликозиды, алкалоиды, сапонины) обеспечивают седативный эффект пустырника. Отдельной проблемой, рассматриваемой при изучении растительных ресурсов, является их ограниченность в условиях дикой среды. Особое место в лекарственной флоре занимают гемизандемичные виды (*Phlojodicarpus sibiricus* (Fisch. Ex Spreng.) Koso-Pol., *Scutellaria baicalensis* Georgi, *Astragalus membranaceus* (Fisch. Ex Link) Bunge, *Euphorbia fischeriana* Steud.). Нерегламентируемые заготовки корневого сырья этих ценных растений могут привести к резкому сокращению численности популяций.

Таким образом, когда возникла новая практическая цель для развития ботанического сада, были задействованы растения из имеющихся коллекций, также часть растений изъята из естественной среды обитания. Экспозиция «Аптекарский огород» создавалась с целью экологического просвещения населения в ходе проведения экскурсий и мероприятий. Коллекция лекарственных растений может использоваться в учебной и научной деятельности студентов и школьников. Так, студенты-медики посещают данную экспозицию в ходе изучения курса «Лекарственные и ядовитые растения». Экологическое просвещение населения необходимо для сохранения лекарственных растительных ресурсов. В ходе проведения экскурсий важно обращать внимание на уязвимые виды и напоминать о правилах поведения в природе и сборе растительного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

Анцупова Т.П., Ендонова Г.Б., Мазур Л.В., Павлова Е.П. Проблемы изучения лекарственных растений Забайкалья // Учёные записки ЗабГУ. 2014. № 1(54). С. 6-12.

Дулепова Б.И. Зеленая аптека Забайкалья. Чита: Изд-во ЗабГПУ, 2000. 100 с.

Полезные растения Читинской области, их использование и охрана / Сост. Дулепова Б.М., Уманская Н.В., Попова О.А., Шипулина Е.М., Беляева Н.М., Касич В.Б., Гурова Н.Ю. Чита: Изд-во ЗабГПУ, 2001. 174 с.

УДК 615.322: 577.13

**Фитохимическое исследование и перспективы использования
Haplophyllum dauricum (L.) G. Don**

Полонова А.В., Тараскин В.В., Чимитов Д.Г.

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, nv.polonova@gmail.com
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, dabac@mail.ru

Аннотация. Цельнолистник даурский *Haplophyllum dauricum* (L.) G. Don. используется в традиционной медицине для лечения онкологических и инфекционных заболеваний. Химический состав вида малоизучен, а имеющиеся сведения касаются монгольских популяций. Популяции произрастающие на территории России ранее не изучались. В настоящей работе представлены результаты качественного анализа химического состава корней и травы цельнолистника даурского, и определены показатели качества сырья.

**Phytochemical analysis and directions for research
of *Haplophyllum dauricum***

Polonova A.V., Taraskin V.V., Chimitov D.G.

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, nv.polonova@gmail.com
Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, dabac@mail.ru

Abstract. *Haplophyllum dauricum* (L.) G. Don. is used in traditional medicine for cancer and infectious diseases treatment. The chemical composition is understudied, and the available data concerns species from Mongolian populations. Populations from Russia have not been previously studied. In this work the results of qualitative analysis of the chemical composition of the *Haplophyllum dauricum* roots and herbs, and some numerical indicators of raw materials are presented.

Лекарственные препараты растительного происхождения становятся все более востребованными на современном фармацевтическом рынке. Использование новых видов лекарственного растительного сырья, создание новых эффективных средств для лечения онкологических и инфекционных заболеваний остаётся актуальной задачей современной фармацевтической науки. Одним из перспективных видов рода *Haplophyllum*, используемых в тибетской и народной медицине для лечения инфекционных и нервных заболеваний, в качестве противоопухолевого, болеутоляющего средства является цельнолистник даурский (*Haplophyllum dauricum* (L.) G. Don.) (Jansen O., 2006; Ботиров Э.Х., 2015). По данным литературы химический состав цельнолистника даурского, произрастающего в Монголии, представлен такими группами биологически активных веществ как алкалоиды, флавоноиды, кумарины и лигнаны (Растительные ресурсы России, 2010). Однако, популяции российской части ареала не изучались, хотя известно, что химический состав растений может сильно различаться в зависимости от места их произрастания. Таким образом, целью данной работы явилось проведение фитохимического исследования подземной и надземной частей растения и определение показателей качества.

При проведении качественных реакций, по мимо выше перечисленных групп биологически активных веществ, были обнаружены производные антрацена, дубильные вещества, простые фенольные соединения и эфирные масла.

Методом гидродистилляции из надземной части растения было выделено эфирное масло, представляющее собой желтовато-белую жидкость с характерным запахом. Выход составил 0,7%. Качественный состав эфирного масла представлен 37 компонентами, относящихся к моно-, сескви-, дитерпеновым и ациклическим соединениям. Основными компонентами эфирного масла являются β -Мирцен, β -Пинен, гермакрен D и 3,7,11,15-Тетраметилгексадека-1,6,10,14-тетраен-3-ол.

Модифицированным методом Блайя и Дайера были выделены липидные фракции из подземной и надземной частей растения. Выход составил 6,25 и 7,80%, соответственно. Химический состав липидной фракции из подземной части растения представлен 26 компонентами, а из надземной – 19. Липидная фракция состоит из соединений, относящихся к насыщенным, моно- и полиненасыщенным жирным кислотам. Доминантными компонентами для подземной и надземной частей растения являются олеиновая и линолевая кислоты.

При определении показателей качества использовались методики государственной фармакопеи XIV издания. Для корней и травы были определены такие показатели как влажность (5,75 и 6,53 % соответственно), зола общая (12,34 и 11,33 %), зола, нерастворимая в хлористоводородной кислоте (4,88 и 7,14 %) и экстрактивные вещества, для определения которых в качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду и этиловый спирт различных концентраций. Максимальный выход экстрактивных веществ в корнях составил 22,94 % при экстракции 70 % этанолом, а в траве 30,36 % при экстракции 30 % этанолом.

Таким образом, был установлен качественный состав и количественное содержание компонентов эфирного масла и липидной фракции растения, а также были определены показатели качества и проведен качественный анализ цельнолистика даурского в ходе, которого было обнаружено присутствие других групп биологически активных веществ, что дает возможность предположить о более широком спектре фармакологической активности данного растения.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Ботиров Э. Х., Юлдашев М. П., Маткаримов А. Д., Маликов В. М. Кумарины, флавоноиды и лигнаны пяти видов растений рода *Haplophyllum* A. Juss. // Химия растительного сырья. 2015. № 1. С. 5-14.

Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т.3. Семейства Fabaceae-Apiaceae / Отв. ред. А. Л. Буданцев. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 98-99.

Jansen O., Akhmedjanova V., Angenot L. et. all. Screening of 14 alkaloids isolated from *Haplophyllum* A. Juss. for their cytotoxic properties // Journal of Ethnopharmacology. 2006. Vol. 105. P. 241–245.

УДК 57.085.23

Исследование влияния *Opisthorchis felineus* и его экзосомо-подобных частиц на скорость клеточной миграции и пролиферации холангиоцитов человека H69Пономарев Д.В.¹, Запарина О.Г.¹, Пахарукова М.Ю.¹, Мордвинов В.А.¹¹Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия, icg-adm@bionet.nsc.ru

Аннотация – *Opisthorchis felineus* поражает гепатобилиарную систему рыбающих млекопитающих, включая человека. Описторхоз сопровождается развитием хронического воспаления, перидуктальным фиброзом, холангиофиброзом, неоплазией эпителия и, вероятно, может приводить к холангиокарциноме. Секретируемые белки и внеклеточные везикулы *Opisthorchis felineus* могут играть важную роль в развитии патологии. Было исследовано влияние взрослых особей *Opisthorchis felineus* и экзосомо-подобных частиц, высвобождаемых паразитом, на холангиоциты человека H69 и клетки гепатомы человека HepG2. Продемонстрирована высокая митогенная активность внеклеточных везикул *Opisthorchis felineus*. Было продемонстрирована специфичность влияния на холангиоциты H69, но не для клеток HepG2. Специфический митогенный эффект экскреторно-секреторного продукта *Opisthorchis felineus* на пролиферацию и миграцию холангиоцитов человека *in vitro* может отражать механизмы развития предраковой билиарной неоплазии при описторхозе *in vivo*.

Study of the effect of *Opisthorchis felineus* and exosome-like particles on the rate of cell migration and proliferation of human cholangiocytes H69Ponomarev D.V.¹, Zaparina O.G.¹, Pakharukova M.Y.¹, Mordvinov V.A.¹¹The Federal Research Center of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk, Russia, icg-adm@bionet.nsc.ru

Abstract. *Opisthorchis felineus* is a food-borne liver trematode and the main cause of opisthorchiasis in Russia and Europe. Opisthorchiasis caused by *Opisthorchis felineus* affects hepatobiliary system of fish-eating mammals, including humans. Opisthorchiasis is associated with chronic inflammation, biliary epithelium proliferation, liver fibrosis, epithelial neoplasia and is likely cause cholangiocarcinoma among chronically infected individuals. Secreted proteins and extracellular vesicles of liver flukes might play an important role in the pathology development. The effect of adult hepatic fluke and extracellular vesicles released by fluke on human cholangiocytes H69 and human hepatoma HepG2 cells have been investigated. High mitogenic and cell-migratory activity of fluke's extracellular vesicles was demonstrated. The activity was specific for cholangiocytes, but not HepG2 cells. Specific mitogenic effect of liver fluke extracellular vesicles on proliferation and migration of human cholangiocytes *in vitro* may reflect the mechanisms of development of precancerous biliary intraepithelial neoplasia during opisthorchiasis *in vivo*.

Описторхоз, вызываемый видом *Opisthorchis felineus*, охватывает территории Белоруссии, Казахстана, России и Украины (Pozio, 2013). Наибольшее распространение *Opisthorchis felineus* регистрируется в Западной Сибири, на территориях, расположенных близ Обь-Иртышского бассейна (Fedorova, 2018). По данным скрининговых исследований населения, проживающего в эндемичных районах, было показано, что до 60% населения заражены описторхозом (Fedorova, 2018). Заболевание сопровождается развитием перидуктального фиброза, холангиофиброза, гиперплазией и неоплазией эпителия желчных протоков (Gouvei, 2017). Международное агентство по изучению рака (МАИР) классифицирует близкородственные виды *Opisthorchis viverrini* и *Clonorchis sinensis* как «канцерогенные для человека» и относит их к 1 группе опасности (IARC, 2012). При моделировании описторхоза на лабораторных животных, *Opisthorchis felineus* показал близкий к *Opisthorchis viverrini* и *Clonorchis sinensis* канцерогенный потенциал. *Opisthorchis felineus* паразитирует в гепатобилиарной системе человека и рыбающих млекопитающих. При этом наблюдается неоплазия эпителия желчных протоков, что расценивается как предраковое состояние. Механизмы развития неоплазии эпителия неизвестны. Считается, что механическое повреждение эпителия желчных прото-

ков, действие экскреторно-секреторного продукта паразита и вызываемые ими иммунопатологические реакции являются основными факторами патогенного воздействия паразита.

Существует гипотеза, что в составе внеклеточных везикул присутствуют гомологи ростовых факторов и другие соединения, которые могут приводить к нарушению нормальной регуляции клеточного цикла и увеличению пролиферативной активности эпителиальных клеток млекопитающих.

Несмотря на выраженную эпидемиологическую значимость этого заболевания, крайне мало сведений о составе и свойствах экскреторно-секреторного продукта *Opisthorchis felineus* и его влиянии на клетки человека.

Цель работы – оценить влияние экскреторно-секреторного продукта трематоды *Opisthorchis felineus* и его экзосомо-подобных частиц на клетки человека на скорость пролиферации и скорость клеточной миграции холангиоцитов человека Н69 и клеток гепатомы НерG2.

Исследование проводили на перевиваемой культуре холангиоцитов человека Н69. Взрослых особей выделяли из желчных протоков печени хомяков *Mesocricetus auratus*, инфицированных *Opisthorchis felineus*. Скорость клеточной миграции оценивали при помощи теста на заживление раны. В качестве контроля были взяты опухолевые клетки печени человека НерG2. Экзосомо-подобные частицы взрослых особей описторхов были получены методом ультрафильтрации сред.

В отличие от НерG2, при бесконтактном со-культивировании было показано увеличение скорости пролиферации клеток Н69 что сопровождалось также увеличением скорости миграции. Эффект экзосомо-подобных частиц на пролиферацию и миграцию клеток Н69 был аналогичен эффекту от со-культивирования со взрослыми особями. В отличие от холангиоцитов, влияние на клетки НерG2 оказалось несущественным. Таким образом, впервые показан выраженный специфический митогенный эффект экзосомо-подобных частиц трематоды *Opisthorchis felineus* на холангиоциты человека Н69, а также на изменение их скорости миграции. Показанные изменения пролиферации и миграции холангиоцитов *in vitro* могут отражать неоплазию холангиоцитов *in vivo*.

ЛИТЕРАТУРА

- Fedorova O.S, Fedotova M.M, Sokolova T.S, Golovach E.A, et al. *Opisthorchis felineus* infection prevalence in Western Siberia: A review of Russian literature. Acta Trop. 2018;178:196-204. doi:10.1016/j.actatropica.2017.11.018
- Gouveia M.J, Pakharukova M.Y, Laha T, Sripa B, et al. Infection with *Opisthorchis felineus* induces intraepithelial neoplasia of the biliary tract in a rodent model. Carcinogenesis. 2017;38(9):929-937. doi: 10.1093/carcin/bgx042
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Biological agents. Volume 100 B. A review of human carcinogens. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2012;100(Pt B):1-441.
- Pozio E, Armignacco O, Ferri F, Gomez Morales M.A. *Opisthorchis felineus*, an emerging infection in Italy and its implication for the European Union. Acta Trop. 2013;126(1)

УДК 594.38: 595.122.2

Влияние двойного заражения моллюска-хозяина трематодами на продукцию церкарий

Пономарева Н.М., Юрлова Н.И.

Институт систематики и экологии животных СО РАН Rastyazhenko86@mail.ru

Аннотация. Для количественной оценки трансмиссивных потоков свободноживущих личинок трематод - церкарий, важно изучение факторов, определяющих величину продукции церкарий. Около 1% особей в популяции *L. saridalensis* имеют двойные инвазии. Нами установлено, что при двойной инвазии моллюсков трематодами *P. elegans* и *O. ranae* (семейство Plagiorchiidae) суточная продукция церкарий трематоды *P. elegans* была ниже, чем при моноинвазии, в то время как продукция церкарий *O. ranae* при моноинвазии и при двойном заражении не имела достоверных различий. Снижение продукции церкарий одного из видов трематод при двойном заражении определяется ограниченностью пространства и ресурсов моллюска-хозяина, поскольку пространство и ресурсы распределяются между двумя потребителями. Очевидно, при более крупных размерах церкарий у одного из видов трематод возможно снижение продукции церкарий у другого, что и имело место в нашем случае.

The effect of double trematode infection of snail-host on cercarial production

Ponomareva N.M., Yurlova N.I.

Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS Rastyazhenko86@mail.ru

Abstract. For a quantitative assessment of the transmissible fluxes of free-living larvae of trematodes - cercariae, it is important to study the factors determined the production of cercariae. About 1% in the *L. saridalensis* population have a double trematode infections. We found that double trematode infections with *P. elegans* and *O. ranae* (family Plagiorchiidae), the daily production of cercariae of trematode had significant differences. The decrease in the production of cercariae of one of the species of trematodes during double infection is determined by the limited space and resources of the snail-host, since space and resources are distributed between two consumers. Obviously, with larger sizes of cercariae in one of the trematode species, a decrease in the production of cercariae in another is possible, which took place in our case. Obviously, with larger sizes of cercariae in one of the trematode species, is possible the decrease in cercariae production another species with smaller sizes of cercariae.

При изучении трансмиссивных процессов паразитических червей трематод, а также для оценки роли трематод в функционировании естественных экосистем, необходима количественная оценка трансмиссивных потоков, как на паразитических, так и на свободноживущих фазах развития паразитов. Для количественной оценки трансмиссивного потока церкарий – свободноживущих расселительных личинок трематод необходимы знания о суточном ритме и среднесуточном выходе церкарий, а также о биотических и абиотических факторах среды влияющих на величину продукции церкарий. Трематоде семейства Plagiorchiidae один из доминирующих таксонов трематод паразитирующих у легочных моллюсков в бассейне озера Чаны (юг Западной Сибири), где выполнено настоящее исследование. В качестве первого промежуточного хозяина для них в районе исследования зарегистрированы моллюски рода *Lymnaea*; доля зараженных моллюсков *L. stagnalis* варьировала по годам от 9 до 20%, малых болотных прудовиков от 3 до 43% и ушковых прудовиков – 1–4%. В годы высокой зараженности у моллюсков встречается двойное заражение. Так, в популяции *L. saridalensis* 1 % особей имеют смешанные (преимущественно двойные) инвазии трематодами сем. Plagiorchiidae; при этом партениты обоих видов продуцируют церкарий, что может рассматриваться или как отсутствие межвидовой конкуренции, или как адаптация, направленная на ее избегание (Водяницкая, Юрлова, 2013).

Сведения по эмиссии церкарий трематод сем. Plagiorchiidae немногочисленны, а для видов, реализующих свой жизненный цикл в водоемах юга Западной Сибири – единичны (Рас-

тяженко и др., 2014; Растяженко и др., 2015); сведения по суточной продукции церкарий при двойном заражении моллюсков-хозяев трематодами сем. Plagiorchiidae вообще отсутствуют.

Нами была изучена суточная продукция церкарий *Plagiorchis elegans* (0,262±0,021 мм) и *Opisthioglyphe ranae* (0,423±0,040 мм) из моллюсков *Lymnaea saridalensis* при одинарном и двойном заражении партенитами указанных видов трематод. Материал собран в бассейне озера Чаны (юг Западной Сибири) в июне-августе. Исследованные нами виды трематод зарегистрированы в районе исследования у моллюсков *L. stagnalis* и *L. saridalensis* (Юрлова, Водяницкая, 2008; Водяницкая, Юрлова, 2013).

Суточный выход церкарий *P. elegans* и *O. ranae* исследован у моллюсков *L. saridalensis* с высотой раковины 16–24 мм. Для оценки суточного выхода церкарий моллюсков помещали в индивидуальные емкости с водой объемом 400 мл. Спустя сутки подсчитывали количество вышедших церкарий под бинокулярной лупой МБС-10.

Ранее наши исследования показали, что величина среднесуточного выхода церкарий *P. elegans* из моллюска *L. saridalensis* (высота раковины 16–24 мм) при моноинвазии варьировала от 182±42 до 918±217 церкарий/сутки; *O. ranae* – от 113±26 до 264±65 церкарий/сутки. Ранее нами показано, что величина среднесуточного выхода церкарий *P. elegans* возрастает с увеличением высоты раковины моллюска-хозяина, в то же время у трематоды *O. ranae* не наблюдалось подобной связи (Растяженко и др., 2014а).

При двойном заражении моллюсков суточный выход церкарий *P. elegans* и *O. ranae* имеет свои особенности. Суточный выход церкарий *P. elegans* при двойной инвазии был ниже, чем при моноинвазии (p=0,003), в то время как выход церкарий *O. ranae* при моноинвазии и при двойном заражении не имел достоверных различий (p=0,7) (Рисунок).

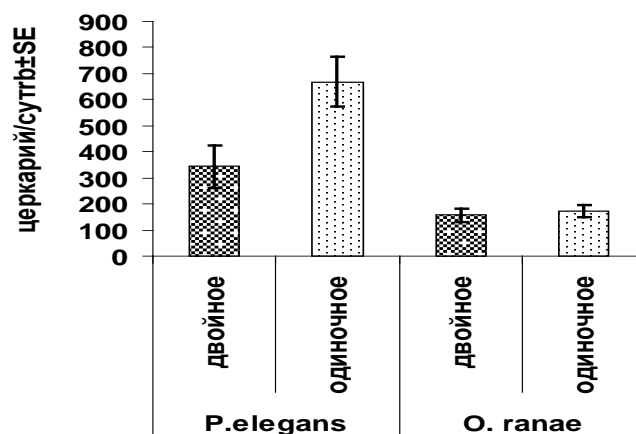


Рис. Среднесуточный выход церкарий трематод *Plagiorchis elegans* и *Opisthioglyphe ranae* при одинарном и двойном заражении моллюсков партенитами трематод

Подобное снижение продукции церкарий одного и/или второго вида трематод при двойном заражении определяется ограниченностью ресурсов моллюска-хозяина, поскольку пространство и ресурсы распределяются между двумя потребителями. Очевидно, можно ожидать снижение продукции церкарий одного вида при более крупных размерах церкарий другого, что и имело место в нашем случае.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-54-50004\20

ЛИТЕРАТУРА

Водяницкая С. Н., Юрлова Н. И. Партениты и церкарии трематод из моллюска *Lymnaea saridalensis* (Gastropoda, Pulmonata) в бассейне озера Чаны (юг Западной Сибири) // Сибирский экологический журнал. 2013. Т. 20. №1. С. 17–25.

Растяженко Н. М., Водяницкая С. Н., Юрлова Н. И. Эмиссия церкарий трематоды *Plagiorchis multiglandularis* из моллюска *Lymnaea stagnalis* в бассейне оз. Чаны, юг Западной Сибири // Паразитология. Т. 49. Вып. 3. 2015. С. 190—199.

Растяженко Н. М., Юрлова Н. И. Продукция церкарий трематод семейства Plagiorchiidae и ее связь с размером моллюска-хозяина и размером церкарий // Труды центра паразитологии. Центр паразитологии института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. Систематика и экология паразитов/ (отв. Ред.: С. О. Мовсесян). 2014. Т. XLVIII. С. 256–258.

Юрлова Н. И. Сообщество партенит и личинок трематод в моллюске *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) в бассейне озера Чаны, юг Западной Сибири / Н. И. Юрлова, С. Н. Водяницкая // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Материалы III Всероссийской научной конференции, 2008. С. 225–226.

УДК 582. 33/34

Репрезентативность редких мохообразных на охраняемых территориях Орловской области

Попова Н.Н.

Воронежский государственный институт физической культуры, г. Воронеж, leskea@vmail.ru

Аннотация. Приводятся данные об общем числе известных местонахождений редких видов мохообразных в Орловской области и представленности редких видов на охраняемых территориях; обосновывается утверждение о неудовлетворительной обеспеченности территориальной охраной видов региональной Красной книги и предлагаются меры по ее оптимизации.

Representation of rare mosses in protected areas of the Orel region

Popova N. N.

Voronezh State Institute of Physical Culture, Voronezh, leskea@vmail.ru

Abstract. Data on the total number of known localities of rare species of mosses in the Orel region and the representation of rare species in protected areas are given; the statement about the unsatisfactory provision of territorial protection of species of the regional Red Book is substantiated and measures for its optimization are proposed.

В ходе многолетних исследований бриофлоры Среднерусской возвышенности автором данной статьи накоплен значительный фактический материал о распространении редких мохообразных и биоразнообразии охраняемых территорий, публикации автора статьи легко найти в архиве бриологического журнала *Arctoa*. Бриологические данные легли в основу формирования списков охраняемых видов в региональных Красных книгах средней полосы России, в частности, в Орловской области Основной список мохообразных, занесенных в Красную книгу включает 26 видов. В данной статье анализируется состояние территориальной охраны редких мохообразных в изучаемом регионе.

Ниже приводятся перечни редких видов, сгруппированных по эколого-ценотическому принципу, с указанием числа известных местонахождений (в числителе) и числа охраняемых местонахождений (в знаменателе). Номенклатура дана по: Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. (2006); Konstantinova N.A., Bakalin V.A. et al. (2009), поэтому авторы таксонов не указаны. Сначала перечислены виды основного списка Красной книги Орловской области с указанием категорий (Приказ..., 2020), затем – редкие виды, популяции которых нуждаются в контроле. Звездочкой отмечены виды, обнаруженные на территории национального парка «Орловское Полесье».

ВИДЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (преимущественно неморальные эпифиты, индикаторы биологически ценных сообществ, повсюду в Европе испытывающие сокращение численности). *Anomodon attenuatus* – категория 3, [8/0]. **A. viticulosus* – категория 2, [5/1]. *Dicranum viride* – категория 2, [2/0]. *Leucodon sciuroides* – категория 3 [10/2]. **Neckera pennata* – категория 1, [3/1]. **Porella platyphylla* – категория 2, [2/1]. *Anomodon longifolius* [14/3], *Sciuro-hypnum populeum* [10/3], **Homalia trichomanoides* [15/4], **Plagiomnium undulatum* [9/1], *Syntrichia virescens* [2/0].

ВИДЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (бореальные виды лесной подстилки, доминирующие в напочвенном покрове таежных лесов, а также виды гнилой древесины; в Орловской области находятся на южной границы ареала). *Dicranum tauricum* – категория 3, [1/0]. **Ptilium crista-castrensis* – категория 2, [3/2]. **Rhodobryum roseum* – категория 3, [2/2]. **Schistostega pennata* – категория 1, [1/1]. **Buxbaumia aphylla* [3/3], **Plagiochila porelloides* [9/2], **Lepidozia reptans* [1/1], **Riccardia palmata* [1/1], **Hylocomium splendens* [6/4], **Rhytidiadelphus triquetrus* [3/1], **R. squarrosus* [1/1]. **Herzogiella seligeri* [7/1], **Eurhynchium*

angustirete [8/3], **Tetraphis pellucida* [5/1], **Scapania curta* [1/1]. *Dicranum bonjeanii* [1/1]. *D. flagellare* [2/0].

ВИДЫ СФАГНОВЫХ БОЛОТ (бореальные и аркто-бореальные виды, находятся в Орловской области близ южной границы ареала). **Sphagnum palustre* – категория 2, [5/2]. **S. capillifolium* – категория 3, [6/5]. **S. fuscum* – категория 1, [1/1]. **S. magellanicum* – категория 3, [7/7]. **Pseudobryum cinclidioides* – категория 2, [1/1]. **Helodium blandowii* – категория 2, [2/1]. *Fissidens adianthoides* – категория 2, [1/0]. **Sphagnum contortum* [1/1]. **S. fimbriatum* [1/1]. **S. papillosum* [1/1]. **S. platyphyllum* [1/1]. **S. riparium* [1/1]. **S. russowii* [1/1]. **S. subsecundum* [1/1]. **S. obtusum* [1/1].

ПЕТРОФИТЫ (горные виды спорадического распространения на равнине, приурочены к выходам известняков, песчаников;). *Grimmia laevigata* – категория 2, [2/1]. *Hedwigia mollis* – категория 3, [2/0]. *Paraleucobryum longifolius* – категория 2, [2/0]. *Seligeria calcarea* – категория 3, [2/0]. *Taxiphyllum wisgrillii* – категория 3, [3/0]. *Metzgeria furcata* [2/0]. *Grimmia muehlenbeckii* [3/1]. *Gyroweisia tenuis* [3/0]. *Ortotrichum anomalum* [3/1]. *Syntrichia intermedia* [1/1]. *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* [2/0]. *Seligeria pusilla* [2/0].

СТЕПНЫЕ КАЛЬЦЕФИТЫ. *Encalypta vulgaris* – категория 3, [2/0]. *Aloina rigida* [8/0]. *Pterygoneurum subsessile* [4/1]. *P. ovatum* [5/0]. *Tortula modica* [1/0]. *Weissia brachycarpa* [1/0]. *W. levieri* [1/1]. *W. longifolia* [4/1]. *Didymodon ferrugineus* [1/0]. *Pleuridium subulatum* [3/0].

ГИГРОФИЛЬНЫЕ КАЛЬЦЕФИТЫ. *Didymodon tophaceus* – категория 3, [1/0]. *Rhynchostegium arcticum* – категория 3, [3/0]. *Fontinalis antipyretica* [3/0]. *Campylium stellatum* [2/0]. *Dichodontium pellucidum* [3/0]. *Fissidens gracilifolius* [9/0]. *Hygroamblystegium tenax* [8/0], *Philonotis caespitosa* [1/0], *P. marhica* [1/0].

ВИДЫ ПОЧВЕННЫХ И ТОРФЯНЫХ ОБНАЖЕНИЙ. **Anthoceros agrestis* [1/0]. *Atrichum flavisetum* [1/0]. **Conocephalum salebrosum* [2/1]. **Fossombronina foveolata* [1/1]. *Riccia ciliata* [2/0]. *Fissidens exilis* [2/1]. *Mnium marginatum* [2/0]. *Plagiothecium nemorale* [5/2]. **Bryum violaceum* [1/1], *B. pallens* [1/0].

Результаты подсчета числа видов основного списка Красной книги, местонахождения которых не являются охраняемыми, оказались крайне неудовлетворительными – 53%. Для видов мониторингового списка эта цифра несколько меньше – 39%. Стоит заметить, что на основе результатов бриологических обследований области 2019-20 гг., некоторые перемещения видов из мониторингового списка в основной, а также увеличение общего числа охраняемых видов были бы целесообразны.

В конце прошлого века в списке охраняемых природных территорий Орловской области значилось около 130 объектов. После коренной реорганизации в 2008 году их осталось лишь 15, причем памятники природы, как правило, имеют очень незначительные площади. В числе охраняемых территорий мы рассматриваем и объект культурно-исторического наследия – музей-заповедник «Спасское-Лутовиново». Ниже приводится перечень ООПТ с указанием видового богатства мохообразных и редких видов.

Национальный парк «Орловское Полесье» (Знаменский, Хотынецкий районы, более 88 тысяч га). Видовое разнообразие по предварительным данным (Попова, Обьедкова, 2000; Потемкин, Коткова, 2010) составляет около 130 видов, видов, занесенных в Красную книгу области – 11, прочих редких – 25.

Природный парк «Нарышкинский» (Урицкий район, 5120 га) – 72 вида, редкие: *Sphagnum palustre*, *Dicranum bonjeanii*, *Eurhynchium angustirete*, *Homalia trichomanoides*, *Fissidens exilis*, *Pellia epiphylla*, *Plagiothecium curvifolium*.

Государственный мемориальный и природный музей-заповедник И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново». Около 60 видов (Попова, 2016), редкие: *Leucodon sciuroides*, *Anomodon longifolius*, *Homalia trichomanoides*, *Plagiomnium undulatum*, *Plagiochila porelloides*, *Eurhynchium angustirete*.

Памятники природы: «Исток Оки» (Глазуновский район, 268 га) – 11 видов, редких нет; «Участок степной растительности» (Залегощенский район, 8.8 га) – 8 видов, редких нет; «Луговая степь у с. Озерки» (Залегощенский район, 3 га) – 7 видов, редких нет; «Остатки

разнотравной степи с ковылем» (Колпнянский район, 3.44) – 5 видов, редких нет; «Дикое поле» (Краснозороенский район, 3 га) – 7 видов, редкий: *Grimmia muehlenbeckii*, состояние ООПТ крайне неудовлетворительное, все песчаники выкорчеваны; «Урочище Апушкина гора» (Ливенский район, 1 га) – 20, редкие: *Grimmia muehlenbeckii*; «Урочище Кузилинка» (Ливенский район, 2 га) – 15 видов, редкие: *Weissia levieri*, *Grimmia laevigata*, *G. muehlenbeckii*, *Ortotrichum anomalum*, бриологический интерес представляет балка с выходами аптских песчаников, прилегающая к границе ООПТ; «Участок дубравы и луговой кошеной степи» (Ливенский район, 1.5 га) – 8 видов, редких нет; «Местообитание сурка-байбака» (Ливенский район, 412 га) – 13 видов, редкие: *Weissia longifolia*, *Bryum kunzei*, *Tortula modica*; «Участок разнотравной степи Помаслова гора» (Мценский район, 1.7 га) – 10 видов, редких нет; «Участок разнотравной степи и обнажения девонских известняков» (Мценский район, 68.8 га) – 35 видов, редкие: *Anomodon longifolius*, *Leucodon sciuroides*, *Homalia trichomanoides*, *Syntrichia virescens*; «Балка Непрец» (Орловский район, 6 га) – 12 видов, редких нет; «Озеро Индовище» (Шаблыкинский район, 22.7 га) – данных нет.

Таким образом, среди областей Центральной России обеспеченность территориальной охраной редких мохообразных в Орловской области можно считать одной из самых низких. Национальный парк «Орловское Полесье» играет значительную роль в охране мохообразных хвойно-широколиственных и болотных экосистем; охрану петрофитов, степных кальцефитов, родниковых видов, неморальных эпифитов можно считать неудовлетворительной. Меры по оптимизации проблемы охраны мохообразных в Орловской области очевидны: 1) вернуть статус охраняемых территорий большинству упраздненных ООПТ, 2) значительно расширить площади ряда ООПТ, в частности, степных, 3) организовать охрану новых ценных природных территорий на принципах ландшафтно-экологической репрезентативности, 4) придать статус охраняемых ряду объектов садово-паркового искусства. Бриологическое обоснование целесообразности охраны эталонных ландшафтов Орловской области будет являться предметом отдельной публикации.

ЛИТЕРАТУРА

Попова Н.Н. Сохранение биоразнообразия моховидных в объектах культурно-исторического наследия: Спасское-Лутовиново // Сохранения разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность и перспективы. Новосибирск, 2016. С. 238-242.

Попова Н.Н., Обьедкова С.И. Материалы по бриофлоре национального парка «Орловское Полесье» // Состояние, изучение и сохранение заповедных природных комплексов лесостепной зоны. Воронеж, 2000. С. 178-180.

Потемкин А.Д. Коткова В.М. К флоре печеночников Орловской области // Новости систематики низших растений. 2010. Т. 44. С. 349-354.

Приказ Департамента контрольной и надзорной деятельности Орловской области № 490 от 20.03.2020 года «Об утверждении перечня объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Орловской области и исключенных из нее».

Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. Arctoa. 2006. V. 16. P. 1 – 130.

Konstantinova N.A., Bakalin V.A. et al. Check-list of liverworts (Marchantiophyta) of Russia. Arctoa. 2009. V. 18. P. 1–64.

УДК 582.32.581.9

Предварительные результаты и перспективы изучения бриофлоры Иркутской области*Преловская Е.С.¹, Казановский С.Г.¹*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия, arven66@bk.ru¹, skazanovsky@mail.ru²

Аннотация. Описаны предварительные результаты изучения бриофлоры Иркутской области. В настоящее время выявлено 552 вида и 8 внутривидовых таксонов мохообразных из 116 родов, 85 семейств и 7 классов. Печеночники составляют 137 видов и 5 разновидностей из 66 родов, 35 семейств и 2 классов. Листостебельные мхи представлены 415 видами и 3 разновидностями из 174 родов, 50 семейств и 5 классов. В Красную книгу Иркутской области (2020) включены 9 видов печеночников и 34 вида листостебельных мхов.

Preliminary results and prospects of studying the bryoflora of the Irkutsk region*Prelovskaya E.S.¹, Kazanovsky S.G.¹*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, arven66@bk.ru¹, skazanovsky@mail.ru²

Abstract. The preliminary results of the study of the bryoflora of the Irkutsk region are described. Currently, 552 species and 8 intraspecific taxa of bryophytes from 116 genera, 85 families and 7 classes have been identified. Liverworts are 137 species and 5 varieties from 66 genera, 35 families and 2 classes. Leaf mosses are represented by 415 species and 3 varieties from 174 genera, 50 families and 5 classes. The Red Book of the Irkutsk Region (2020) includes 9 species of liverworts and 34 species of leafy mosses.

Иркутская область, в состав которой с 2008 года вошел Усть-Ордынский Бурятский автономный округ, охватывает площадь 767,89 тыс. кв. км и по своим размерам занимает одно из ведущих мест в Российской Федерации. Область расположена в южной части Восточной Сибири, вблизи центра Азиатского континента. Ее протяженность с севера на юг составляет около 1500 км, с запада на восток – более 1300 км.

В орографическом отношении территория Иркутской области делится на две неравные части: большую – равнинную, расположенную в пределах Среднесибирского плоскогорья, и меньшую, занятую горами Восточного Саяна и Прибайкалья. Климат Иркутской области резко континентальный.

Примерно на половине области проявляются закономерности зональной растительности. Ербогаченская равнина на севере области находится в подзоне средней тайги. Здесь распространена лиственничная тайга из *Larix dahurica* Turcz., сочетающаяся с болотами и заболоченными лесами. Нижняя часть верхнего Приангарья расположена в подзоне южной тайги. Это территория широкого распространения сосновых, а в западной части кедрово-еловых лесов. На юге области, по границе предгорий Восточного Саяна, распространена подтайга. Здесь господствуют сосновые и вторичные березовые леса, чередующиеся с участками настоящих и луговых степей.

Орографическая пересеченность рельефа на остальной территории Иркутской области не позволяет проявиться зональной растительности. Здесь проявляется высотная поясность.

Бриофиты – важный компонент растительности любого региона. Они входят в состав фитоценозов различных типов растительности, нередко выступая в качестве доминантов (в большинстве своем это листостебельные мхи), особенно в лесных, болотных ценозах, в горных и арктических тундрах. Бриофлора Иркутской области, как и всей Сибири, составляет значительную часть флоры высших растений (примерно одну шестую). На севере и в горах доля мохообразных становится еще больше – от 20 до 40% всей флоры высших растений.

Первые сведения о мохообразных с территории Иркутской области содержатся в работах шведского ученого-ботаника Г.В. Арнелля. Его материалы составили 61 вид печеночных, 14 видов сфагнов и 233 вида бриевых мхов. Значительная коллекция мхов в 20-е–30-е годы XX века были собраны ботаниками Иркутского университета, особенно профессором В.И. Смирновым. Сборы производились, главным образом на территории Южного Прибайкалья, включая хребет Хамар-Дабан и Восточный Саян. После Великой Отечественной войны ботанические исследования в Сибири и в Иркутской области резко активизировались. Это связано, прежде всего, с созданием Восточно-Сибирского филиала Академии наук СССР. В геоботанических экспедициях собирались обширные бриологические материалы, которые передавались для определения в Ботанический институт им. В.Л. Комарова АН СССР. Во второй половине 50-х годов в Иркутске появляется первый местный профессиональный бриолог – Л.В. Бардунов. С его именем связан совершенно новый этап бриологического изучения флоры Иркутской области, да и всей Сибири. С этого времени началось планомерное и интенсивное изучение бриофлоры Сибири. Л.В. Бардунов – автор первого для Сибири определителя листостебельных мхов (Бардунов, 1969), который не утратил своей актуальности до сих пор.

Изучение мохообразных в Сибири заметно отстает от изучения сосудистых растений. Поэтому стало актуально обобщение данных по бриофитам Иркутской области. В предварительную сводку вошли несколько списков мохообразных отдельных территорий области: Байкало-Ленского заповедника, западной части хребта Хамар-Дабан по данным С.Г. Казановского, виды территории Восточного Присяянья – Н.В. Дударевой, Витимского заповедника – Л.В. Бардунова, юго-западного побережья оз. Байкал – данные Е.С. Преловской, все литературные данные, а также большая часть материалов бриологического гербария СИФИБР СО РАН (IRK).

Все данные по мохообразным области сведены в список, отражающий последние представления о систематике и объеме таксонов мохообразных (Игнатов и др., 2006; Константинова и др., 2009). На территории Иркутской области в настоящее время выявлено 552 вида и 8 внутривидовых таксонов мохообразных из 116 родов, 85 семейств и 7 классов.

Печеночники составляют 137 видов и 5 разновидностей из 66 родов, 35 семейств и 2 классов: Marchantiopsida, Jungermanniopsida. Класс Marchantiopsida представлен 15 видами слоевищных печеночников из 11 родов и 7 семейств (10,6 % флоры печеночников). Большинство родов одновидовые, только *Mannia*, *Riccia* содержат по 3 вида. Семейство *Aytoniaceae* содержит 5 видов, *Ricciaceae* – 4, *Marchantiaceae* – 2, остальные – по 1 виду. Класс Jungermanniopsida включает 127 таксонов (122 вида и 5 разновидностей) листостебельных печеночников из 28 семейств и 55 родов. Большинство семейств печеночников включают не более 3 видов. Крупнейшими семействами являются: *Scapaniaceae* (34 вида и 3 разновидности), *Anastrophyllaceae* (15 видов и 1 разновидность), *Frullaniaceae* и *Gymnomitriaceae* по 8 видов, *Cephaloziaceae* и *Cephaloziellaceae* по 6, *Lophocoleaceae* (5 видов и 1 разновидность), *Calypogeaceae* (4 вида). Родовой коэффициент флоры печеночников составляет 2,15. Наиболее крупные роды: *Scapania* – 17 видов, *Frullania* – 8, *Cephaloziella* – 6, *Cephalozia* и *Marsupella* по 5, *Lophozia* – 4 вида и 2 разновидности, *Tritomaria* – 4 вида.

Листостебельные мхи представлены 415 видами и 3 разновидностями из 174 родов, 50 семейств и 5 классов: Sphagnopsida, Andreaeopsida, Polytrichopsida, Tetraphidopsida и Bryopsida. Класс Sphagnopsida представлен семейством Sphagnaceae, монотипным родом *Sphagnum*, включающим 28 видов, это составляет 6,7% флоры листостебельных мхов. Класс Andreaeopsida включает семейство Andreaeaceae с одним родом *Andreaea* и тремя видами. Класс Polytrichopsida представлен одним семейством Polytrichaceae, насчитывающим 7 родов и 16 видов, что составляет 3,8% флоры листостебельных мхов. Класс Tetraphidopsida также представлен одним семейством Tetraphidaceae и одним родом *Tetraphis*. Самый многочисленный класс Bryopsida – 367 видов и 3 разновидности из 164 родов и 46 семейств, что составляет 87,8% всей флоры мхов.

В число тринадцати семейств, преобладающих по количеству видов входят: Pottiaceae, Grimmiaceae, Sphagnaceae, Dicranaceae, Mniaceae, Brachytheciaceae, Bryaceae, Polytrichaceae,

Rhabdoweisiaceae, Plagiotheciaceae, Pylaisiaceae, Mielichhoferiaceae, включающие от 36 до 10 видов. Они объединяют 292 вида из 415 и трех разновидностей, что составляет 69,9% видового состава флоры листостебельных мхов. В остальных семействах насчитывается менее 9 видов, а в десяти – по одному виду.

Родов 174, на один приходится по 2,4 вида (родовой коэффициент). Крупных родов 16: *Sphagnum*, *Dicranum*, *Grimmia*, *Bryum*, *Pohlia*, *Plagiomnium*, *Brachythecium*, *Dicranella*, *Schistidium*, *Didymodon*, *Mnium*, *Polytrichum*, *Tortula*, *Philonotis*, *Sciuro-hypnum*, *Orthotrichum* включающих от 28 до 6 видов. Они объединяют 163 вида, что составляет 39% флоры листостебельных мхов. Восемьдесят шесть родов содержат по одному виду, из них 5 – монотипные (*Bryobrittonia*, *Brothera*, *Pleurozium*, *Ptilium*, *Rhytidium*, *Climacium*).

Набор семейств и родов флоры мхов Иркутской области, а также взаимное их расположение типичны для флор умеренно бореальной зоны. Типичны высокие места, занимаемые семействами Sphagnaceae, Dicranaceae, Mniaceae, Amblystegiaceae, Brachytheciaceae. Высокие места семейств Pottiaceae и Grimmiaceae (всего 69 видов, 16,5% общего количества мхов) и соответственно родов: *Grimmia*, *Schistidium*, *Didymodon* и *Tortula* (36 видов или 8,8%) обусловлены наличием разнообразных скально-каменистых субстратов, что характерно, учитывая горных характер местности, а также наличием на территории области районов с относительно высокой степенью аридности (различные степи).

В Красную книгу Иркутской области (2020) входит 9 видов печеночников и 34 вида листостебельных мхов: *Calycularia laxa* Lindb. et Arnell, *Porella gracillima* Mitt., *Radula lindenberghiana* Gottsche ex C.Hartm., *Frullania muscicola* Steph., *Lophocolea bidentata* (L.) Dumort., *Scapania glaucocephala* (Taylor) Austin, *S. sphaerifera* Buch et Tuomik., *Marsupella funckii* (F.Web. et D.Mohr) Dumort., *Prasanthus suecicus* (Gottsche) Lindb.; *Sphagnum imbricatum* Hornsch. ex Russow, *Andrea obovata* Thed., *Baxbaumia minacatae* S.Ocamura, *Encalypta streptocarpa* Hedw., *Bucklandiella macounii* ssp. *alpina* (E. Lawton) Bedn. –Ochyra & Ochyra ex Crosby & Magill, *Coscinodon pseudohartzii* Hastings, Ignatova & Köckinger, *Grimmia plagiopodia* Hedw., *Indusiella thianschanica* Broth. & Müll.Hal., *Jaffuelobryum latifolium* (Lindb. et H.Arnell) Ther., *Schistidium tenerum* (J.E.Zetterst.) Nyholm, *Trematodon brevicolis* Hornsch., *Anoetangium handellii* Schiffn., *A. thomsonii* Mitt., *Didymodon hedysarififormis* Otnyukova, *D. peroptus* Broth., *Syntrichia laevipila* Brid., *Tayloria serrata* (Hedw.) Bruch et al., *Orthotrichum scanicum* Grønvall, *Ulotia rehmannii* Jur., *Mielichhoferia elongata* (Hoppe & Hornsch. ex Hook) Hornsch., *Plagiomnium acutum* (Lindb.) T.J. Kop., *P. maximoviczii* (Lindb.) T. Kop., *P. vesicatum* (Besch.) T.J. Kop., *Herzogiella striatella* (Brid.) Z. Iwats., *Platydictya acuminata* (Lindb. et Arnell) Ignatov, *Struckia enervis* (Broth.) Ignatov et al., *Leptopterigynandrum incurvatum* Broth., *Lescurea patens* Lindb., *Anomodontopsis rugelii* (Müll. Hal.) Ignatov et Fedosov, *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs, *Claopodium pellucinerve* (Mitt.) Best, *Helodium paludosum* (Sull.) Aust., *Myrinia pulvinata* (Wahlenb.) Chimp., *Podperaea krylovii* (Podp.) Z.Iwats. & Glime.

К большому сожалению, в изучении бриофлоры Иркутской области остается довольно много белых пятен. Наиболее исследованы в бриологическом отношении территории на юге области и горное обрамление Байкала. Необходимы специальные исследования в северной и центральной частях региона.

ЛИТЕРАТУРА

- Бардунов Л. В. Определитель листостебельных мхов Центральной Сибири. Л., 1969. 319 с.
- Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии // *Arctoa*. 2006. Т. 15. С. 1–128.
- Макрый Т.В., Казановский С.Г., Бардунов Л.В., Егорова И.Н., Преловская Е.С., Шейфер Е.В. Споры растения Прибайкальского национального парка. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 368 с.
- Константинова Н.А., Бакалин В.А. Список печеночников (Marchantiophyta) России // *Arctoa*. 2009. Т. 18. С. 1–64.
- Красная книга Иркутской области. Улан-Удэ: Изд-во ПАО «Республиканская типография», 2020. 552 с.

УДК 574.9(575.8)

Некоторые аспекты филогеографии и филогенетических отношений видов *Waldsteinia* Willd.*Протопопова М.В., Павличенко В.В.*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
marina.v.protopopova@gmail.com

Аннотация. Работа была направлена на исследование исторической филогеографии и установление степени родства между близкородственными таксонами рода *Waldsteinia* Willd. с использованием молекулярно-генетических методов анализа. В качестве молекулярных маркеров использовали нуклеотидные последовательности ядерной (ITS1-ITS2) и пластидной (*trnL-trnF*) ДНК. Наши данные показали, что географическое распространение видов *Waldsteinia* лучше отражает их филогенетические отношения, чем морфологические различия. Результаты исследования позволили выделить европейско-сибирскую, восточноазиатскую и североамериканскую филогеографические группы видов, а предположить, что местом происхождения рода является Восточная Азия.

Some aspects of phylogeography and phylogenetic relationships of *Waldsteinia* Willd. species*Protopopova M.V., Pavlichenko V.V.*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk,
marina.v.protopopova@gmail.com

Abstract. The study was dedicated to historical phylogeography and determination of phylogenetic relationships between close-relates taxa of *Waldsteinia* (Rosaceae) genus using molecular genetic approaches. Nucleotide sequences of nuclear (ITS1-ITS2) and plastid (*trnL-trnF*) DNA were used as molecular markers. Our data revealed that geographical distribution of *Waldsteinia* species better reflected their phylogenetic relationships than morphological differences. Euro-Siberian, East Asian and North American phylogeographical groups of species were determined and East Asia was suggested to be a place of *Waldsteinia* origin.

Waldsteinia Willd. – небольшой род травянистых растений семейства *Rosaceae*, имеющий широкое, но сильно фрагментированное голарктическое распространение в пределах умеренного пояса. Род включает до 9 видов, некоторые из которых могут рассматриваться в качестве внутривидовых таксонов. На основании морфологических различий, Терпнер (1968) разделил *Waldsteinia* на два подрода: *Waldsteinia*, включающий единственный вид *W. geoides* Willd. (тип рода), и *Comaropsis* (Rich. ex Nestl.) Терпнер, объединяющий остальные виды *Waldstenia*. В пределах подрода *Comaropsis* наблюдается довольно низкая морфологическая вариабельность, поэтому на сегодняшний день фактически основным критерием выделения отдельных видов является географическая изоляция их ареалов. Поэтому для установления степени родства между близкородственными таксонами необходимо привлечение более чувствительных молекулярно-генетических критериев.

В работе проводили сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей ядерной (ITS1-ITS2) и хлоропластной (*trnL-trnF*) ДНК у восьми видов рода *Waldsteinia*. Сбор образцов (свежие листья) осуществляли из популяций *W. ternata* s.str. с хр. Хамар-Дабан (р. Снежная), *W. tanzybeica* с Западного Саяна (р. Большой Кебеж) и *W. maximowicziana* из Приморского Края (пос. Раздольное). Образцы *W. geoides* and *W. trifolia* были собраны из коллекций живых организмов Ботанического сада ИГУ (г. Иркутск) и Центрального ботанического сада НАН Беларуси (Минск, Республика Беларусь). Образцы североамериканских видов были собраны из гербарных коллекций БИН РАН (LE; г. Санкт-Петербург) и Института ботаники Китайской академии наук (Пекин, КНР). Суммарную ДНК выделяли из высушенных в силикагеле листьев с помощью СТАВ метода с авторскими модификациями (Protopopova et al.,

2019). ПЦР проводили с использованием универсальных праймеров (White et al., 1990; Taberlet et al., 1991; Utelli et al., 2000). Полученные ампликоны лигировали в плазмидный вектор pTZ57R/T (Thermo Fisher Scientific) с последующим клонированием в клетках *E. coli*. Секвенирование ампликонов и плазмид проводили по методу Сэнгера с использованием набора BigDye Terminator Cycle Sequencing kit v. 3.1 (Applied Biosystems, США) на генетическом анализаторе серии 3500 (Applied Biosystems, США). Выравнивание полученных нуклеотидных последовательностей проводили с помощью алгоритма MUSCLE, филогенетический анализ – методом максимального правдоподобия с учетом оптимальных моделей нуклеотидных замен в MEGA v. 7.0.16. и байесовского анализа на основе метода Монте-Карло для марковских цепей с использованием общей реверсионной модели (general time reversible model – GTR) для нуклеотидных последовательностей и модели F81 для бинарных данных (делеции/инсерции) в MrBayes v. 3.2.5. Анализ разнообразия и филогенетической связи выявленных гаплотипов проводили в программе Npplotype Viewer software.

Полученные результаты показали, что географические закономерности распределения видов *Waldsteinia* играют более значительную роль в установлении филогенетических связей внутри рода, чем их морфологические различия, и деление *Waldsteinia* на два порода, предложенное (Терпнер, 1968) согласно нашим данным является противоречивым. Нами были выявлены три основные филогеографические группы в пределах рода: евросибирская (*W. geoides*, *W. trifolia*, *W. ternata*, *W. tanzibeica*), восточноазиатская (*W. maximowicziana*) и североамериканская (*W. fragarioides*, *W. doniana*, *W. lobata*). Было также выявлено, что Восточная Азия является наиболее вероятным местом происхождения рода. Три вида *Waldsteinia* из восточной части Северной Америки (*W. fragarioides*, *W. doniana*, *W. lobata*) происходят из общей матрилинейной линии, но филогенетические связи между этими видами пока невозможно установить на основе имеющихся данных. Наши результаты позволяют также предположить, что *W. geoides* имеет гибридное происхождение с матрилинейным предком из подрода *Comaropsis*, имеющего Европейское распространение. Видовой комплекс *W. ternata*, который обычно включает *W. trifolia*, *W. ternata* и *W. maximowicziana*, является полифилетическим, и последний вид следует рассматривать как самостоятельный. *W. tanzibeica* подтверждает свою принадлежность к упомянутому видовому комплексу.

Авторы благодарят ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН за предоставленный доступ к оборудованию; ЦКП «Биоресурсный центр» СИФИБР СО РАН, гербарии LE, PE, ботанический сад ИГУ и Центральный ботанический сад НАН Беларуси за предоставленный доступ к работе с гербарием и коллекциями живых организмов, А.А. Гнутикова, Н.С. Пробатову, Н.В. Степанова, В.В. Чепиногу, С.М. Кузьменкову за помощь в сборе полевого и гербарного материала.

ЛИТЕРАТУРА

- Protopopova M., Pavlichenko V., Gnutikov A., Chepinoga V. DNA Barcoding of *Waldsteinia* Willd. (Rosaceae) Species Based on ITS and *trnH-psbA* Nucleotide Sequences // Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer, 2019. P. 107-115.
- Taberlet P., Gielly L., Pautou G., Bouvet J. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA // Plant Molecular Biology. 1991. Vol. 17. I. 5. P. 1105-1109.
- Teppner H. Zur Kenntnis der Gattung *Waldsteinia* / H. Teppner. – Graz: Universität Graz, 1968.
- Utelli A., Roy B., Baltisberger M. Molecular and morphological analyses of European *Aconitum* species (Ranunculaceae) // Plant Systematics and Evolution. 2000. Vol. 224. P. 195–212.
- White T.J., Bruns T.D., Lee S.B., Taylor J.W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics // PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego: Academic Press, 1990. P. 315-322.

УДК 574

Географическая и биологическая термодинамика экосистем*Птицын А.Б.*

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия,
aleksei_pticyn@mail.ru

Аннотация. Эволюция природных, природно-техногенных и даже природно-социальных систем, подчиняющихся законам неравновесной термодинамики, может быть вариабельной, т.е. идти разными путями в зависимости от случайных факторов. Эта неопределенность приводит к появлению альтернативных состояний устойчивости развивающихся систем, разночтениям в научном прогнозировании в областях экологии, экономики и даже социологии. В данной публикации рассматриваются некоторые такие примеры.

Geographical and biological thermodynamics of ecosystems*Ptitsyn A.B.*

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia, aleksei_pticyn@mail.ru

Abstract. The evolution of natural, natural-man-made, and even natural-social systems that obey the laws of nonequilibrium thermodynamics can be variable, i.e. go in different ways depending on random factors. This uncertainty leads to the emergence of alternative states of stability of developing systems, discrepancies in scientific forecasting in the fields of ecology, economics, and even sociology. This publication discusses some such examples.

Термодинамика – стержень многих естественно-научных дисциплин. Традиционно термодинамика используется в физике и химии, однако с появлением неравновесной термодинамики Пригожина области применения термодинамических законов резко расширились. Как это ни странно, законы термодинамики «работают» и в системах социальных, которые в своей основе тоже материальны. В данном сообщении обсуждаются новые аспекты этой универсальной науки.

Эволюция биосферы. Для неравновесных эволюционирующих систем Пригожин и его соавторы (Гленсдорф, Пригожин, 1973) предложили использовать термин «устойчивость» вместо термина «равновесие», применяемого в термодинамике Гиббса. Эволюционирующая система в своем развитии может проходить через несколько состояний устойчивости, которые по современной терминологии можно назвать метастабильными. При этом, путь развития системы может быть не один, их может быть несколько (что не было предусмотрено в теории Пригожина). В более поздних работах других авторов была высказана возможность альтернативных устойчивых состояний природных систем. Иначе говоря, случайное сочетание внешних факторов может привести к непредсказуемому результату. Это приводит к неопределенности научных прогнозов и снижает их достоверность. Решить эту проблему можно либо разобравшись в законах синергетики (но до этого пока далеко), либо разработав альтернативные прогнозы, основанные на промежуточных данных (по принципу «если так, то»).

Реально альтернативные устойчивые состояния природных и природно-техногенных систем установлены сотрудниками ИПРЭК СО РАН на озерах различного типа южного Забайкалья в зависимости от изменения водности региона (Bazatova, 2019). Это позволяет впервые рассматривать количество воды в системе (гидрологический режим) в качестве параметра неравновесной термодинамики. Представляется, что это важный шаг в теории синергетики, а также в понимании эволюции биосферы, во всяком случае тех её процессов, в которых участвует вода. Вода с её аномальными свойствами, которым посвящено огромное число научных работ, надо полагать еще принесет биологам много сюрпризов.

Экономическая география и природопользование. Взаимодействие двух или трех

природно-экономических систем должно подчиняться законам термодинамики, согласно которым на границе систем (объектов) может возникнуть новое свойство, отсутствующее у любой из контактирующих подсистем (правило эмерджентности). Это свойство (или сочетание свойств) может быть совершенно неожиданным. Как в неживой так и живой природе явление эмерджентности хорошо известно. Для экономической географии и природопользования оно обсуждается впервые.

С использованием термодинамического подхода разработана структура взаимодействия трех районов центральной Азии, отличающихся не только по географическим характеристикам и экономике, но и по государственной принадлежности (Бакланов и др. , 2016) Получилась трехзвездная модель трансграничной организации сложной природно-экономической системы, включающей приграничные зоны взаимодействия соседствующих подсистем. На этой модели выделены территории, требующие особого подхода к режиму природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

Бакланов П.Я., Новиков А.Н., Птицын А.Б. Структурно-географический анализ трансграничных трехзвездных территорий // Доклады Академии наук. 2016. Т.468. №1. С. 97.

Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций, М. Мир, 1973, 280 с.

Bazarova B.B., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu., Kuklin A.P., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.Ts., Gorlacheva E.P., Itigilova M.Ts., Afonin A.V., Butenko M.N. Long-term Fluctuations of the Aquatic Ecosystems in the Onon-Torey plain (Russia) // Acta Ecologica Sinica

УДК: 615.322

О возможности использования состава эфирных масел для определения подлинности сырья *Saposhnikovia divaricatae radices**Рабданова Н.П., Урбагарова Б.М.*Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова», г. Улан-Удэ,
urbagarova.bayarma@mail.ru

Аннотация. Образцы эфирных масел получены методом перегонки с водяным паром. Компонентный состав образцов изучен газо-хромато-масс-спектрометрическим методом на газовом хроматографе Agilent 6890 с квадрупольным масс-спектрометром (MSD 5973N) в качестве детектора. При исследовании химического состава эфирного масла выявлено наличие лишь двух компонентов: β -бисаболен и (Z)-фалькаринол (панаксинол). Образец эфирного масла китайского происхождения в большом количестве содержал (Z)-лигустилид, не характерный для *Saposhnikovia divaricatae radices*.

On the possibility of using the composition of essential oils to determine the authenticity of *Saposhnikovia divaricatae radices**Rabdanova N.P., Urbagarova B.M.*

Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, urbagarova.bayarma@mail.ru

Abstract. Samples of essential oils were obtained by steam distillation. The component composition of the samples was studied by gas chromatography-mass spectrometry on an Agilent 6890 gas chromatograph with a quadrupole mass spectrometer (MSD 5973N) as a detector. In the study of the chemical composition of the essential oil, the presence of only two components was revealed: β -bisabolene and (Z)-falkarinol (panaxinol). An essential oil sample of Chinese origin contained a large amount of (Z)-ligustilide, which is not characteristic of *Saposhnikovia divaricatae radices*.

Одним из перспективных видов семейства Зонтичные (*Umbelliferae*), или Сельдерейные (*Ariaceae*) является *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. Корни *Saposhnikovia divaricata* широко применяются в традиционной медицине Китая, Японии и Кореи и включены в Фармакопеи этих стран. Средства из этого растения обладают выраженным противовоспалительным действием, обусловленным содержанием хромонов и кумаринов (Kreiner, 2017; The Chinese Pharmacopoeia, 2015). Помимо этих биологически активных соединений в корнях содержатся эфирные масла, полисахариды, жирные кислоты и полиацетиленовые соединения. Известно, что эфирные масла сапожниковии растопыренной корней обладают жаропонижающим, болеутоляющим и противовоспалительным действиями (Shen, 2005). Ранее нами был изучен компонентный состав эфирного масла корней *Saposhnikovia divaricata*, собранных на территории Российской Федерации – Республика Бурятия (Тарбагатайский, Иволгинский, Мухоршибирский районы), Забайкальский край (Агинский, Кыринский районы), Монголии – Хэнтэйский аймак. Один из образцов приобретен в аптечном учреждении г. Синин провинции Цинхай Китая (Урбагарова, 2015). В связи с широким применением в практической медицине азиатских стран и нехваткой природных ресурсов наблюдается рост случаев фальсификации лекарственного растительного сырья на территории Китая, а также неконтролируемый сбор сапожниковии растопыренной корней на территории Российской Федерации.

Таким образом, целью исследования явилось разработка быстрого и точного метода определения подлинности изучаемого вида растения на основе имеющихся научных данных по химическому составу эфирного масла *Saposhnikovia divaricatae radices*.

Согласно полученным нами данным, в составе эфирного масла выявлено наличие лишь двух компонентов: β -бисаболена и (Z)-фалькаринола (панаксинола). Моноциклический сесквитерпеноид – β -бисаболен содержится от 1.81 до 100.00%, полиацетиленовое

соединение – (Z)-фалькаринол от 21.67 до 98.19% от суммы компонентов. Образец эфирного масла из сырья *Saposhnikovia divaricata*, приобретенного в Китае, имел неспецифический компонент – (Z)-лигустилид (до 73.29%), характерный для *Angelica sinensis radices*. По данным китайских исследователей, для 10 изученных эфирных масел растений, собранных в разных местообитаниях, основными компонентами являются панаксинол, жирные кислоты и некоторые альдегиды. (Z)-лигустилид, как компонент эфирного масла корней сапожниковии нигде не был обнаружен (LI Yi-ran, 2012; Qian Liu, 2014).

На основании проведенного исследования, можно отметить, что основными компонентами эфирных масел являются панаксинол, β -бисаболен и жирные кислоты, а (Z)-лигустилид свидетельствует о наличии примесей в сырье.

Таким образом, проведенное сравнительное исследование собственных и литературных данных подтверждает возможность применения компонентного состава эфирного масла *Saposhnikovia divaricatae radices* в качестве маркера для определения подлинности сырья.

ЛИТЕРАТУРА

Урбагарова Б.М. Компонентный состав эфирного масла *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk. корней / Б.М. Урбагарова, В.В. Тараскин, Л.Д. Раднаева // Вестник Бурятского государственного университета. 2019. Вып. 3. С. 49-55.

Kreiner, J. *Saposhnikovia divaricata*: a phytochemical, pharmacological, and pharmacokinetic review / J. Kreiner, E. Pang, G.B. Lenon, A.W.H. Yang // Chinese Journal of Natural Medicines. 2017. V. 15 (4). P. 255-264.

LI Yi-ran. Analysis of the Volatile Oil from *Saposhnikovia divaricata* in Different Habitats by GC-MS // Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae 2012. № 1. P. 27-31.

Qian Liu, Yanli Yu, Yunsheng Bi, Zhu Liang. Analysis of essential oil components of *Saposhnikovia divaricata* and *Notopterygium incisum* in Xuanqi drop pills by GC/MS method // Pharmaceutical Care and Research. 2014. Vol.14(1). P. 31-34.

Shen, Y.J. Relieving prescription of traditional Chinese medicine / Y.J. Shen. M. Beijing: Chinese Medical Press, 2005. P. 196-197.

УДК 579.266

Разнообразие микробного сообщества термального источника Еро, Монголия

Раднагуруева А.А., Лаврентьева Е.В., Банзаракцаева Т.Г., Дамбаев В.Б,
Бурюхаев С.П., Бархутова Д.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, aryuna_rg@mail.ru

Аннотация. В микробных сообществах воды, микробных матов и донных осадков термального источника Еро в результате высокопроизводительного секвенирования 16S rRNA получено от 37132 до 55196 нуклеотидных последовательностей. К доминирующим отнесены следующие филы эубактерий: *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Cyanobacteria/Chloroplast*, *Chloroflexi*, *Acetothermia* и *Unclassified_Bacteria*.

Diversity of microbial community in Ero thermal spring, Mongolia

Radnagurueva A.A., Lavrentyeva E.V., Banzaraktsaeva T.G., Dambaev V.B.,
Buryukhaev S.P., Barkhutova D.D.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, aryuna_rg@mail.ru

Abstract. In the community of water, microbial mats and bottom sediments in the hot spring Ero sequencing 16SrRNA received from 37132 to 55196 nucleotide sequences. The following eubacterial phyla are dominant: *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Cyanobacteria/Chloroplast*, *Chloroflexi*, *Acetothermia* и *Unclassified_Bacteria*.

Микробная экология относится к одной из наиболее динамично развивающихся области биологических наук. Основным двигателем этого прогресса является активное использование различных молекулярно-генетических подходов. Метод высокопроизводительного секвенирования позволяет определить количественные характеристики микробных сообществ, их разнообразие и структуру, выявляя не только доминирующие микроорганизмы, но и минорные компоненты сообществ, которые могут играть важную экологическую роль.

Целью настоящего исследования была оценка состава и структуры микробного сообщества воды, микробных матов и донных осадков термального источника Еро.

Температура воды источника Еро составляла 41-43°C, значения pH колебались от 9,27 до 9,34, минерализация была равна 232 мг/л.

По результатам секвенирования микробное сообщество донных осадков источника Еро характеризовались значительным видовым разнообразием бактерий, в составе которых выявлено до 349 филотипов (OTU), принадлежащих 32 филумам. Определено от 37132 до 55196 последовательностей, бактерии составляют до 98,45 % микроорганизмов в донных осадках станции Еро-19-3 и 98,73 % микроорганизмов в осадках станции Еро-19-2. В источнике Еро микробные сообщества донных осадков четырех станций сходны по наличию представителей основных фил бактерий (рис.1), но таксономический состав этих двух сообществ различен. От 50,5% до 93,68% всех последовательностей микробного сообщества донных осадков четырех станций составляют 5 филумов *Proteobacteria*, *Cyanobacteria/Chloroplast*, *Chloroflexi*, *Nitrospitae* и *Unclassified_Bacteria* доля последних составляет от 8,45 до 28,9% от всех последовательностей. В донных осадках обнаружены последовательности до 1,44%, относящиеся к *Archae*.

Наибольшее количество нуклеотидных последовательностей в сообществе микробных матов принадлежало представителям следующих таксонов: *Proteobacteria*, *Cyanobacteria/Chloroplast*, *Chloroflexi*, и *Unclassified_Bacteria* (рис.2). Чуть менее половины последовательностей (47,98%) в станции Еро-19-2 относится к *Unclassified_Bacteria*.

Микробное сообщество воды источника Еро отличалось небогатым разнообразием (рис. 3). Более 92% микроорганизмов воды станций Еро-19-1, Еро-19-2 и Еро-19-4 состоят из двух филумов *Proteobacteria* и *Actinobacteria*. Станция Еро-19-3 отличается большим разнообразием. Доминируют *Proteobacteria* (61,72%) остальные последовательности составляют филу-

мы *Bacteroidetes*, *Cyanobacteria/Chloroplast*, *Firmicutes*, *Ignavibacteriae*, *Unclassified_Bacteria*, *Verrucomicrobia* и *Nitrospirae*.

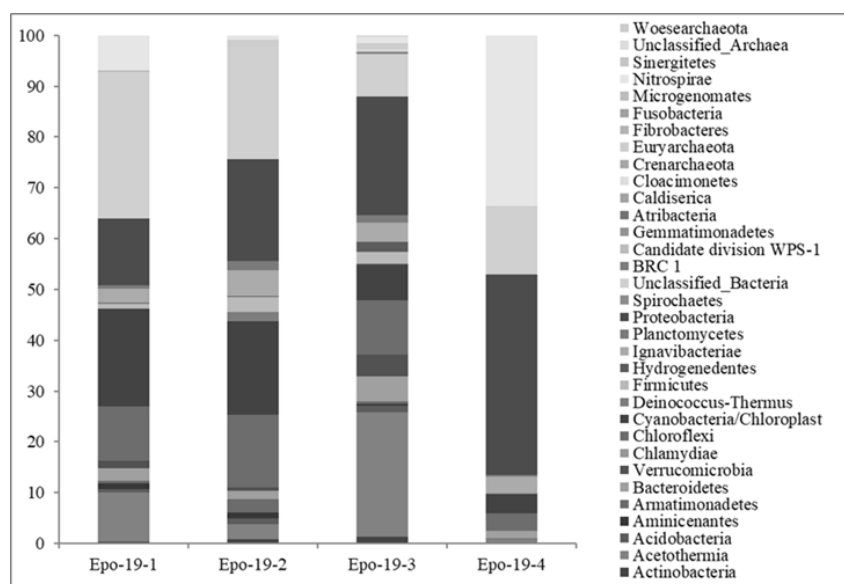


Рис. 1. Состав микробного сообщества донных осадков термального источника Еро

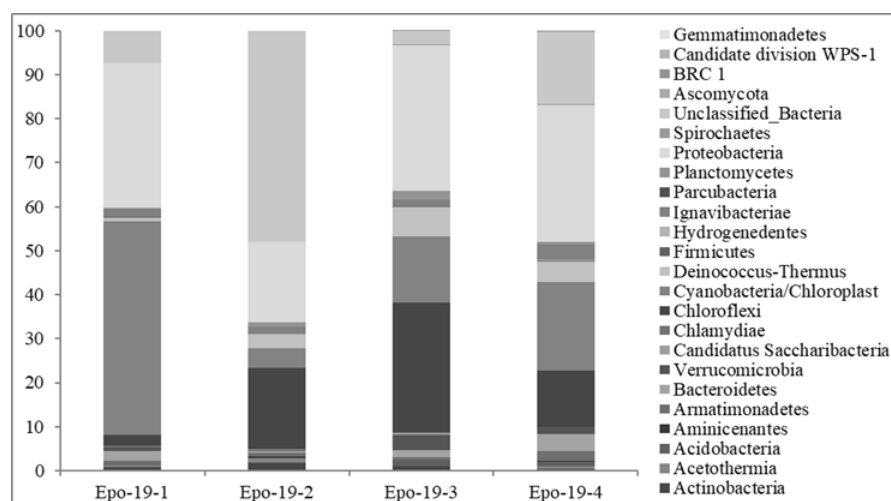


Рис. 2. Состав микробного сообщества микробных матов термального источника Еро

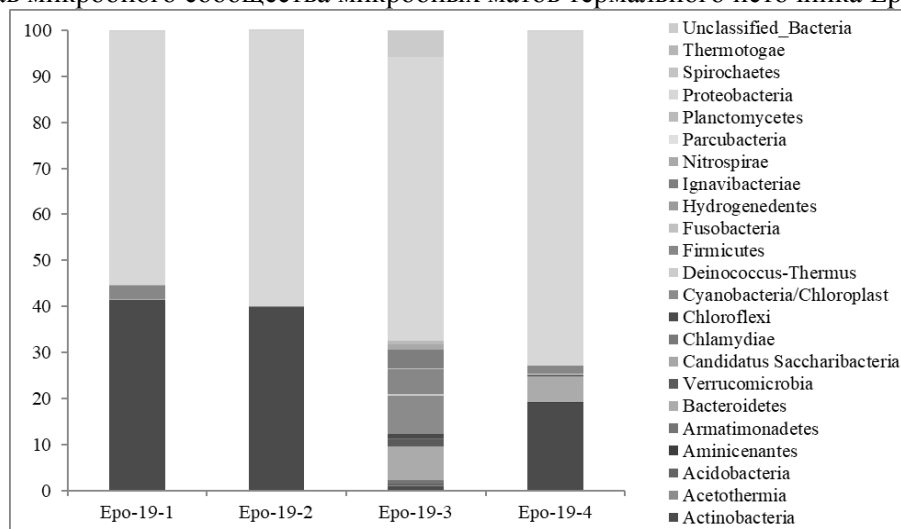


Рис. 3. Состав микробного сообщества воды термального источника Еро

Работа выполнена в рамках темы госзадания № госрегистрации 121030100229-1.

УДК 631.41

Оценка содержания подвижных форм микроэлементов при рекультивации нефтезагрязненной почвы

Рахманова Г.Ф., Дегтярева И.А., Прищепенко Е.А., Ежков В.О., Газизов Р.Р.

Татарский НИИАХП – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия, gulnara_rakhmanova@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния бентопорошка Тарн-Варского месторождения Республики Татарстан и наноструктурного бентонита на содержание подвижных форм микроэлементов в серой лесной среднесуглинистой почве при 3%-ном загрязнении девонской нефтью. Установлено, что применение бентопорошка и наноструктурного бентонита не оказало влияния на содержание подвижных форм микроэлементов и тяжелых металлов в почве. Во всех опытных вариантах их содержание не превышало предельно допустимых концентраций.

Evaluation of the content of mobile forms of trace elements at the remediation of oil-contaminated soil

Rakhmanova G.F., Degtyareva I.A., Prishchepenko E.A., Ezhkov V.O., Gazizov R.R.

Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science of FRC Kazan Scientific Center of RAS, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia, gulnara_rakhmanova@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies of the influence of bentonite powder from the Tarn-Varsky field of the Republic of Tatarstan and nanostructured bentonite on the content of heavy metals in gray forest medium-loamy soil with 3% contamination by Devonian oil. It was found that the use of bentonite powder and nanostructured bentonite had no effect on the content of mobile forms of trace elements and heavy metals in the soil. In all experimental versions their content did not exceed the maximum permissible concentrations.

Введение. Почва – неотъемлемая часть любой наземной экосистемы, играющая важную роль в поддержании устойчивости биосферы. В последние десятилетия происходит стремительная деградация почв и потеря плодородия вследствие антропогенной нагрузки, в том числе химического загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Интоксикация почвы даже сравнительно небольшими дозами углеводородов приводит к комплексным изменениям ее физических, химических и микробиологических свойств, угнетает жизнедеятельность почвенных организмов и растений (Гилязов и др., 2009). Ежегодно в Российской Федерации происходят тысячи нефтяных разливов, суммарная площадь нефтезагрязненных земель в стране составляет 7430,8 га. В условиях интенсивной нефтедобычи и нефтепереработки на территории Республики Татарстан проблема загрязнения нефтяными углеводородами также актуальна.

Одним из наиболее характерных и значимых экологических процессов в условиях нефтяного загрязнения является изменение микроэлементного состава почв. При низких концентрациях в почвенной среде подвижные формы ряда металлов представляют собой эссенциальные микроэлементы, являющиеся важнейшими компонентами биокатализаторов и биорегуляторов физиологических процессов. Однако тяжелые металлы при высоких концентрациях отличаются высокой токсичностью для всех живых организмов, так как не поддаются биологическому разложению и легко аккумулируются в тканях и органах, что представляет серьезную угрозу для жизнедеятельности. (Гилязов и др., 2009; Rodriguez-Eugenio et al., 2018). Бентонит и его производные эффективно используются в качестве сорбентов при рекультивации нарушенных земель, и могут вносить существенный вклад в процессы сорбции тяжелых металлов (Рахманова и др., 2016). В связи с этим целью работы являлось определение содержания тяжелых металлов в почве в условиях нефтяного загрязнения при применении бентопорошка и наноструктурированного бентонита (НБ).

Материалы и методы. Полевые эксперименты проводили в Тюлячинском муниципальном районе РТ на серой лесной среднесуглинистой почве, которая характеризовалась следующими показателями: содержание органического углерода ($C_{орг.}$) – 1,62%; pH солевой вытяжки ($pH_{сол.}$) – 6,72; гидролитическая кислотность (H_T) – 0,75 мг-экв./100 г почвы; сумма поглощенных оснований ($S_{по}$) – 29,8 мг-экв./100 г почвы; щелочно-гидролизующий азот ($N_{щел.}$) по Корнфилду – 102,0 мг/кг; подвижный фосфор (P_2O_5) – 136,0 мг/кг и обменный калий (K_2O) по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО – 116,0 мг/кг.

Схема опыта: контроль (нефтезагрязненная почва), внесение бентопорошка в нефтезагрязненную почву без растений в дозе 12 т/га, внесение НБ в нефтезагрязненную почву без растений в дозе 0,3 т/га. Загрязнение девонской нефтью в концентрации 3% и заделку бентопорошка и НБ осуществляли однократно. Дозы бентопорошка и НБ при заделке в почву установлены на основании литературных данных, лабораторных и вегетационных опытов (Ezhkova et al., 2015). Учетная площадь делянки – 0,25 м². Размещение вариантов рендомизированное. Повторность трехкратная.

Химический состав бентопорошка Тарн-Варского месторождения и НБ аналогичен и представлен: SiO_2 – 66,6%; Al_2O_3 – 17,04%; Fe_2O_3 – 5,5%; K_2O – 2,5%; MgO – 1,5%; CaO – 0,8%; TiO_2 – 0,6%; SO_3 – 0,4%; Na_2O – 0,2%; P_2O_5 – 0,1%; MnO – 0,03%; органический остаток – 4,7%. Соединения кадмия, ртути, мышьяка и свинца отсутствуют. Минеральный состав: монтмориллонит – 80,0-82,0%; гидрослюда – 6,0-8,0%; каолинит – 6,0% и кварц – 5,0-7,0%. НБ изготавливали методом ультразвукового диспергирования с помощью гомогенизатора UP-400S, мощность прибора 400 Вт, частота 24 кГц, время воздействия 5 минут (Ezhkova et al., 2015).

Содержание подвижных форм микроэлементов и тяжелых металлов определяли методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии.

Статистическую обработку результатов экспериментов проводили с помощью Microsoft Office Excel 2010.

Результаты исследований. При исследовании почвы, установлено, что исходные образцы характеризовались низким содержанием цинка – 0,90 мг/кг, молибдена – 0,16 мг/кг, бора – 0,55 мг/кг и средним содержанием марганца – 32,14 мг/кг, кобальта – 1,52 мг/кг, меди – 3,23 мг/кг.

«Свежее» загрязнение девонской нефтью в исследуемой концентрации не оказало воздействия на содержание подвижных форм микроэлементов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание подвижных форм микроэлементов в нефтезагрязненной серой лесной почве

Вариант	Mn	Co	Cu	Zn	Mo	B
	мг/кг					
Исходная почва	32,14	1,52	3,23	0,90	0,16	0,55
Контроль	<u>32,14</u>	<u>1,52</u>	<u>3,23</u>	<u>0,90</u>	<u>0,16</u>	<u>0,55</u>
	32,14	1,52	3,23	0,90	0,17	0,55
Внесение бентопорошка в почву	<u>33,18</u>	<u>1,45</u>	<u>3,18</u>	<u>0,86</u>	<u>0,15</u>	<u>0,53</u>
	33,12	1,46	3,19	0,85	0,15	0,52
Внесение НБ в почву	<u>31,22</u>	<u>1,45</u>	<u>3,19</u>	<u>0,86</u>	<u>0,15</u>	<u>0,53</u>
	31,20	1,46	3,18	0,86	0,15	0,52

Примечание: в числителе указаны данные первого года исследований; в знаменателе – усредненные данные второго и третьего года исследований. Значения достоверны при $P \leq 0,05$.

При заделке в почву бентопорошка отмечено повышение содержания марганца на 3,2% по сравнению с контрольным вариантом, что, по-видимому, обусловлено содержанием этого элемента в составе бентонита. В опытном варианте с внесением НБ значительных изменений в содержании микроэлементов не выявлено.

Аналогичные данные в содержании подвижных форм микроэлементов были получены и в случае «состарившегося» нефтяного загрязнения. Вариант с заделкой в почву бентопорош-

ка отличался более высокими показателями по содержанию марганца в почве на 3,0% по сравнению с контролем.

Содержание основных форм подвижных микроэлементов (цинк, марганец, кобальт, медь) в почве не превышало норм допустимых концентраций (ПДК и ОДК), и региональных нормативов фоновых содержаний тяжелых металлов в почвах РТ (Об утверждении региональных..., 2016). Для молибдена и бора ПДК в почве не установлено.

Подвижные формы ряда металлов, в том числе ртуть, свинец, хром, кадмий, относятся к I-ому классу опасности химических загрязняющих веществ и обладают высокими токсичным, мутагенным и канцерогенным эффектами. В связи с этим крайне важно осуществлять мониторинг и оценку их содержания в почвах в условиях техногенного загрязнения.

При исследовании установлено, что в исходной почве содержание ртути составляло 0,007 мг/кг, свинца – 1,02 мг/кг, кадмия – 0,07 мг/кг и хрома – 0,33 мг/кг.

Загрязнение почвы нефтью не оказывало влияние и на содержание подвижных форм тяжелых металлов (ртуть, свинец, хром, кадмий) в почве. Во всех вариантах опыта их содержание сохранялось на том же уровне, что и в исходной почве. Содержание тяжелых металлов в почве были значительно ниже установленных ПДК (ОДК).

Таким образом, загрязнение девонской нефтью в исследуемой концентрации не оказало влияния на содержание подвижных форм микроэлементов в почве. Во всех вариантах опыта их содержание не превышало норм допустимых концентраций и региональных нормативов фоновых содержаний в почвах РТ.

ЛИТЕРАТУРА

Гилязов М.Ю., Яппаров А.Х., Гайсин И.А. Приемы рекультивации нефтезагрязненных почв Республики Татарстан // Казань: Центр инновационных технологий. 2009. 244 с.

Об утверждении региональных нормативов «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан». Приказ Минэкологии и природных ресурсов РТ №1134-п от 30.12.2015 г. Зарегистрировано в Минюсте РТ 11.02.2016 г. №3195.

Рахманова, Г.Ф., Шаронова Н.Л., Дегтярева И.А. Влияние наносорбента на процессы биоремедиации нефтезагрязненной почвы / Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т.19. №5. С. 149-152.

Ezhkova, A.M., Yapparov A.H., Ezhkov V.O., Yapparov I.A., Sharonova N.L., Degtyareva I.A., Khisamutdinov N.S., Bikkinina L.M.H. Fabrication of nanoscale bentonite study of its structure and toxic properties, and determination of safe doses // Nanotechnologies in Russia. 2015. V.10. № 1-2. P. 120-127.

Rodríguez-Eugenio N., McLaughlin M., Pennock, D. Soil Pollution

УДК 635.9

К вопросу биологии и экологии редкого вида *Paeonia lactiflora* Pall. в условиях Южного Урала

Реут А.А.

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия, cvetok.79@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – определение изменчивости морфологических признаков *Paeonia lactiflora* Pall. при интродукции в Башкирском Предуралье для оценки адаптивных возможностей данного вида. Оценивали 36 морфометрических на 15 растениях данного вида. Выявлено, что самыми изменчивыми генеративными признаками являются длина и ширина внешнего чашелистика и ширина внутреннего чашелистика. Высокий коэффициент вариации отмечен также среди вегетативных признаков: ширина средней доли листа и длина черешка. Среди признаков плода самым изменчивым является показатель длины листовки, среди признаков семян – масса тысячи семян. В положительной корреляционной связи находятся шесть пар признаков: длина пыльника – длина плодолистика, число тычинок – ширина средней доли листа, число тычинок – длина листовки, ширина средней доли листа – длина черешка, ширина средней доли листа – длина листовки, длина черешка – длина листовки. Достоверная отрицательная связь выявлена у признаков: длина внутреннего чашелистика – ширина плодолистика, диаметр венчика – ширина листовки.

On the biology and ecology of the rare species *Paeonia lactiflora* Pall. in the South Ural

Reut A.A.

South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, cvetok.79@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to determine the variability of the morphological characters of *Paeonia lactiflora* Pall. when introduced in the Bashkir Ural to assess the adaptive capabilities of this species. Thirty six morphometric traits were evaluated on 15 plants of this species. It was revealed that the most variable generative characters are the length and width of the outer sepal and the width of the inner sepal. A high coefficient of variation was also noted among vegetative characters: the width of the middle leaf share and the length of the petiole. Among the characteristics of the fruit, the most variable is the leaflet length, among the characteristics of seeds - the mass of a thousand seeds. There are six pairs of signs in a positive correlation: anther length – carpel length, number of stamens – width of the middle leaf lobe, number of stamens – leaflet length, width of the middle leaf lobe – length petiole, width of the middle leaf lobe – leaflet length, petiole length – leaflet length. A significant negative relationship was found in the following characters: length of inner sepal – width of carpel; rim diameter – leaflet width.

Одним из путей выявления и сохранения редких и хозяйственно-ценных растений является их интродукция. Известно, что при адаптации растений в условиях интродукции существенную роль играет широкая норма реакции видов (Гусейнова, Курамагомедов, 2017). Изучение внутривидового разнообразия у дикорастущих растений имеет большое значение при освоении представителей дикорастущей флоры. Наибольший интерес для декоративного садоводства представляют формы, отличающиеся от типичных особей вида величиной цветка, окраской и формой листьев, размерами растений, характером опушения, а также сроками зацветания, продолжительностью цветения и вегетации, экологическими требованиями.

Цель исследования: определить изменчивость морфологических признаков *Paeonia lactiflora* Pall. при интродукции в Башкирском Предуралье для оценки адаптивных возможностей данного вида.

Задачи исследования: 1) изучить морфологические особенности *Paeonia lactiflora* в условиях интродукции; 2) исследовать вариабельность количественных признаков данного вида.

P. lactiflora Pall. – травянистый многолетник с клубневидными корневищами и несколькими голыми бороздчатыми стеблями до 80 см высотой. Листья дважды перисто- или трой-

чаторассеченные с пластинкой до 20 см длиной и 25 см шириной, жестковатые. Конечные доли продолговатые, на верхушке заостренные, в основании клиновидно суженные. Цветки крупные, до 15 см в диаметре, молочно-белые. Листовки толстостенные, кожисто-мясистые, снаружи голые; осенью яркие. Цветение в конце мая – начале июня, плодоношение – в августе – сентябре.

Родиной вида являются Дальний Восток, Монголия, Китай, Япония, Корея. В Китае в культуре издавна. В Европе дикорастущий вид впервые появился в 1784 году, вторично с 1805 года. Распространен в дубняках по склонам сопок, на сухих каменистых склонах с хорошо дренированной почвой, в долинных лугах, среди кустарников и на изреженных опушках (Миронова, Реут, 2015).

P. lactiflora включен в Красную книгу России (2008), Красную книгу Амурской области, статус 2 а – очень декоративный лекарственный вид, численность которого сокращается в результате чрезмерного использования человеком, и может быть стабилизирована специальными мерами охраны. Интродуцирован в Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН) из Москвы в 2010 г.

Исследование морфологической изменчивости проводили на 15 растениях *Paeonia lactiflora* по 36 признакам, характеризующим вегетативную и генеративную сферы, в трех повторностях, не менее 30 измерений каждого показателя. Отбор растений производился методом случайной выборки. Параметры цветков измеряли в фазу полного раскрытия, плодов и семян – в фазу плодоношения.

Результаты измерений были статистически обработаны с использованием программ Statistica 5,5 и Excel. Рассчитывали среднее значение и стандартное отклонение для каждого морфологического признака. Уровни варьирования принятые по Зайцеву (1984): CV > 20 % – высокий, CV=11–20 % – средний, CV < 10 % – низкий. Сила корреляции оценивалась по Доспехову (1973): $r < 0,3$ – слабая, $r = 0,3–0,7$ – средняя, $r > 0,7$ – высокая.

По результатам многолетних наблюдений *P. lactiflora* зарекомендовал себя как устойчивый к местным климатическим условиям, хорошо переносит длительные периоды жары и недостаток почвенной влаги. Зимний период переносит хорошо, для особей данного вида характерно дружное весеннее отрастание. Растения проходят весь цикл развития, дают устойчивый семенной материал, сохраняют характерный для них габитус куста.

У *P. lactiflora* большинство признаков варьирует в пределах от 4 до 39 %. Степень изменчивости большинства морфологических признаков генеративного побега в условиях интродукции у пиона молочноцветкового различна. Особенно вариабельны такие признаки, как длина и ширина внешнего чашелистика (CV = 23,97 % и 39,04 % соответственно), ширина внутреннего чашелистика (CV = 30,63 %). Средний уровень изменчивости имеют такие признаки, как длина и ширина рыльца (CV = 14,65 % и 15,25 % соответственно), ширина плодолистика (CV = 11,78 %), число плодолистиков (CV = 11,23 %), общее число чашелистиков (CV = 11,74 %), диаметр чашечки (CV = 12,08 %), число генеративных побегов (CV = 13,80 %) (таблица). Невысокой вариабельностью обладают длина лепестка (CV = 9,42 %), длина тычиночной нити (CV = 5,52 %), длина плодолистика (CV = 8,76 %), число лепестков (CV = 8,06 %), диаметр венчика (CV = 4,88 %).

Изменчивость признаков вегетативного побега также сильно различается. Высокий коэффициент вариации отмечен у ширины средней доли листа (CV = 22,36 %) и у длины черешка (CV = 31,26 %). Такой признак, как длина средней доли листа имеет средний уровень вариабельности (CV = 15,21 %).

Среди признаков плода самым изменчивым является показатель длины листовки (CV = 22,44 %). Ширина листовки и количество семян в листовке имеют средние значения коэффициента вариации (CV = 16,72 % и 17,01 % соответственно).

Таблица

Изменчивость количественных признаков *Paeonia lactiflora* Pall

Признаки	Средняя М	Ошибка m	Дисперсия s^2	Стандартное отклонение s	Коэффициент вариации CV, %
Длина лепестка, см	5,66	0,11	0,28	0,53	9,42
Ширина лепестка, см	4,21	0,09	0,19	0,44	10,47
Длина внешнего чашелистика, см	5,44	0,29	1,70	1,30	23,97
Ширина внешнего чашелистика, см	2,11	0,18	0,69	0,82	39,04
Длина внутреннего чашелистика, см	2,80	0,12	0,23	0,54	19,32
Ширина внутреннего чашелистика, см	1,98	0,13	0,37	0,60	30,63
Длина пыльника, см	0,71	0,01	0,01	0,07	10,76
Ширина пыльника, см	0,18	0,01	0,01	0,06	36,49
Длина тычиночной нити, см	1,62	0,02	0,01	0,08	5,52
Длина рыльца, см	0,49	0,01	0,01	0,07	14,65
Ширина рыльца, см	0,39	0,01	0,00	0,05	15,25
Длина плодолистика, см	0,86	0,01	0,01	0,07	8,76
Ширина плодолистика, см	0,64	0,01	0,01	0,07	11,78
Число тычинок, шт.	268,85	3,90	304,55	17,45	6,49
Число плодолистиков, шт.	5,00	0,12	0,31	0,56	11,23
Число лепестков, шт.	9,75	0,17	0,61	0,78	8,06
Общее число чашелистиков, шт.	7,55	0,19	0,78	0,88	11,74
Диаметр чашечки, см	6,28	0,16	0,57	0,75	12,08
Диаметр венчика, см	10,69	0,11	0,27	0,52	4,88
Число вегетативных побегов, шт.	9,95	0,27	1,52	1,23	12,40
Число генеративных побегов, шт.	7,75	0,23	1,14	1,07	13,80
Высота вегетативного побега, см	65,00	0,70	9,89	3,14	4,83
Высота генеративного побега, см	80,15	0,70	10,02	3,16	3,95
Толщина стебля, см	0,87	0,02	0,01	0,08	10,11
Количество листьев, шт.	10,70	0,19	0,74	0,86	8,07
Длина листа, см	14,19	0,29	1,72	1,31	9,25
Длина средней доли листа, см	5,57	0,18	0,71	0,84	15,21
Ширина листа, см	24,45	0,29	1,73	1,31	5,38
Ширина средней доли листа, см	5,12	0,25	1,30	1,14	22,36
Длина черешка, см	8,22	0,57	6,59	2,56	31,26
Длина листовки, см	3,07	0,15	0,47	0,68	22,44
Ширина листовки, см	1,62	0,06	0,07	0,27	16,72
Количество семян в листовке, шт.	10,20	0,38	3,01	1,73	17,01
Длина семени, см	0,91	0,01	0,01	0,07	7,89
Ширина семени, см	0,56	0,01	0,00	0,06	10,89
Вес 1000 семян, г	127,79	6,10	745,24	27,29	21,36

Признаки семени, такие как длина и ширина характеризуются низким показателем вариативности (CV = 7,89 % и 10,89 % соответственно). По коэффициенту вариации признак масса тысячи семян находится на высоком уровне изменчивости (CV = 21,36 %).

Анализ степени связанности между признаками указывает на положительную и отрицательную высокую корреляцию у *P. lactiflora*. В положительной, значимой на уровне $P \leq 0,05$ корреляционной связи находятся: длина пыльника – с длиной плодолистика (0,7); число тычинок – с шириной средней долей листа (0,7), длиной листовки (0,8); ширина средней доли листа – с длиной черешка (0,7), длиной листовки (0,9); длина черешка – с длиной листовки (0,7). Достоверная отрицательная связь выявлена у следующих признаков: длина внутреннего чашелистика – с шириной плодолистика (-0,7); диаметр венчика – с шириной листовки (-0,8). Для остальных пар признаков корреляционная связь слабая.

Таким образом, анализ количественных морфологических признаков у *P. lactiflora* позволяет выявить особенности морфологической структуры вида. Установлено, что размеры и

масса плода значительно варьируют у культивара и, наоборот, параметры семян изменяются незначительно. Мало подвержены изменениям признаки, характеризующие форму органа: длина лепестка, длина плодолистика, длина семени. Поэтому эти признаки можно отнести к диагностическим. Часть изученных признаков находятся в положительной или отрицательной корреляционной связи между собой. В условиях культуры проявляется индивидуальная фенотипическая изменчивость, свойственная растениям в природной обстановке, но ее амплитуда несколько выше. Полученные данные имеют интерес для понимания механизмов приспособительных реакций культиваров и могут быть использованы для интродукционного прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

Гусейнова З.А., Курамагомедов М.К. Сравнительная оценка изменчивости морфологических признаков некоторых видов рода *Nepeta* L. при интродукции в горных условиях Дагестана // Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия. 2017. Том 23. № 3. С. 65–70.

Миронова Л.Н., Реут А.А. Родовой комплекс *Raeonia* в Уфимском ботаническом саду // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. 42. С. 334–337.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

Зайцев Г.М. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.

УДК 581.522.5+581.45

Функциональные свойства прибрежно-водных растений и сообществ в устье реки Максимиха (Республика Бурятия, Россия)

Ронжина Д.А.^{1,2}, Рупышев Ю.А.³, Иванова Л.А.^{1,2}, Мигалина С.В.^{1,2}, Иванов Л.А.^{1,2}

¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия, dar03@mail.ru

²Тюменский государственный университет, Тюмень, dar03@mail.ru

³Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

Аннотация. Изучено 11 сообществ прибрежно-водных растений в устье реки Максимихи (Баргузинский район, Республика Бурятия), а также определены функциональные листовые параметры у 21 вида доминирующих и обильных видов этих сообществ. Обнаружено, что для сообществ прибрежно-водных растений характерно небольшое видовое разнообразие (от 1 до 12 видов) и высокое проективное покрытие (большинство изученных сообществ имели проективное покрытие более 80%). Показано, что наиболее вариабельными листовыми параметрами были размеры листовой пластинки (площадь и толщина листа, коэффициенты вариации – 36 и 28% соответственно), а наименее изменчивым – сухой вес единицы площади листа (LMA, коэффициент вариации – 13%). В среднем однодольные виды имели более крупные (в 1.3 раза) и толстые (в 3 раза) листья с большими LMA (в 2 раза) и содержанием сухого вещества в листе (в 1.4 раза), по сравнению с двудольными.

Functional traits of wetland plant species and communities at the mouth of the Maksimikha River (Republic of Buryatia, Russia)

Ronzhina D.A.^{1,2}, Rupyshv Yu.A.³, Ivanova L.A.^{1,2}, Migalina S.V.^{1,2}, Ivanov L.A.^{1,2}

¹Institute Botanic Garden, UB RAS, Yekaterinburg, Russia, dar03@mail.ru

²Tyumen State University, Tyumen, Russia, dar03@mail.ru

³Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude

Abstract. Eleven communities of wetland plants were studied at the mouth of the Maksimikha River (Barguzinsky District, Republic of Buryatia), and functional leaf traits were determined in 21 species of dominant and abundant species of these communities. It is found that the wetland plant communities are characterized by a low species diversity (from 1 to 12 species) and a high projective cover (most of the studied communities had a projective cover of more than 80%). It is shown that the most variable leaf traits were the size of the leaf blade (leaf area and thickness, coefficients of variation - 36 and 28%, respectively), and the least variable - leaf mass per unit area (LMA, coefficient of variation - 13%). On average, monocotyledonous species had larger (1.3 times) and thicker (3 times) leaves with high LMA (2 times) and leaf dry matter content (1.4 times), as compared to dicotyledonous species.

Функциональное разнообразие является компонентом биоразнообразия, наиболее важным для функционирования экосистемы, и включает диапазон функциональных характеристик, которыми обладает биота экосистемы (Wright et al., 2006). Функциональные свойства растений тесно связаны с климатическими условиями произрастания и экологическими особенностями местообитаний. Для наземных растений показано, что наиболее информативными в этом отношении являются листовые параметры, например, сухой вес единицы площади листа (LMA), толщина листа, содержание сухого вещества (LDMC). Растения ветландов мало изучены в этом отношении, тем не менее, в отдельных работах установлено, что функциональные параметры листьев прибрежно-водных растений необходимы для оценки функционального разнообразия растений и отражают адаптацию фотосинтетического аппарата к климату и локальным условиям местообитания (Ронжина и др., 2010, 2019; Pan et al., 2020).

Задачей нашей работы было изучить функциональные свойства видов и разнообразие сообществ прибрежно-водных растений в устье реки Максимиха.

Исследования проведены в Баргузинском районе Республики Бурятия летом 2020 года в устье реки Максимиха, впадающей в озеро Байкал. На мелководьях, отмелях и избыточно увлажненных берегах было изучено 11 растительных сообществ (табл. 1), а также определе-

ны функциональные параметры у 21 вида доминирующих и обильных видов этих сообществ (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика растительных сообществ

Название сообществ	Географические координаты	Местоположение	Высота над уровнем моря, м	Общее проективное покрытие, %	Количество видов
<i>Caricetum gracilis</i>	N53°15'52,9" E108°44'24,9"	Избыточно увлажненные берега	452	90	8
<i>Caricetum vesicatae</i>	N53°15'52,9" E108°44'24,9"	Бессточная старица	452	54	3
<i>Naumburgietum thysiflorae</i>	N53°15'52,9" E108°44'24,9"	Бессточная старица	452	60	1
<i>Caricetum gracilis</i>	N53°15'52,9" E108°44'24,9"	Избыточно увлажненные берега	452	80	1
<i>Persicaria-Juncus vvedenskyi</i>	N53°15'52,9" E108°44'24,9"	Бессточная старица	452	90	7
<i>Equisetum fluviatile</i>	N53°15'49,0" E108°44'20,8"	Низкая терраса реки с заводьями	456	44	5
<i>Agrostis mongolica - Juncus filiformis</i>	N53°15'49,0" E108°44'20,8"	По берегам реки	456	70	12
<i>Caricetum gracilis</i>	N53°15'55,6" E108°44'16,2"	В заводях реки	453	80	12
<i>Schoenoplectetum tabernaemontani</i>	N53°15'59,6" E108°44'26,3"	В заводях реки	453	80	9
<i>Carisetum psedocuraicae</i>	N53°15'59,6" E108°44'26,3"	Избыточно увлажненные берега	453	90	9
<i>Caricetum atherodes</i>	N53°15'52,9" E108°44'24,9"	В водоемах низкой террасы	452	100	1

Геоботанические описания были выполнены на площадках размером 10×10 м. Меньшие по площади сообщества описывали в естественных границах. Для каждой площадки указаны: географические координаты, размеры описываемой площади, общее и видовое проективное покрытие травостоя.

Для выявления функциональных особенностей видов растений были изучены их листовые параметры. На свежесобранных листьях измеряли толщину листа с помощью цифрового микрометра РК-1012Е (Mitutoyo Corp., Япония). Затем листья фотографировали, высушивали и взвешивали. Площадь листьев определяли с помощью системы цифрового анализа изображений Simagis Mesoplant (ООО «СИАМС», Россия). Используя измеренные параметры (площадь, толщина, сухой вес листа), рассчитывали сухой вес единицы площади листа (LMA, leaf mass per area), плотность листа и содержание сухого вещества (LDMC, leaf dry matter content) в листе (Ронжина, 2017). В соответствии с общепринятыми представлениями функциональные показатели листьев определяли в 3 биологических повторностях.

Изученные сообщества прибрежно-водных растений характеризовались невысоким видовым богатством – не более 5 видов входило в состав половины изученных сообществ, три из которых представляли моновидовые группировки (табл. 1). Для двух сообществ из 11 изученных отмечено максимальное число видов – 12. Большинство изученных сообществ имели проективное покрытие более 80 %.

Среди изученных видов прибрежно-водных растений большинство (13 из 21) относились к однодольным покрытосеменным, по жизненной форме преобладали гемикриптофиты и гелофиты (8 и 6 видов соответственно). Среди экологических групп самой многочисленной были гигрофиты (табл. 2).

Нами был обнаружен один инвазионный для России и Забайкалья вид североамериканского происхождения *Epilobium adenocaulon* Hausskn. Этот вид входил в состав 3 из 11 изу-

ченных сообществ, в каждом из которых имел существенное проективное покрытие – около 1%.

Таблица 2

Эколого-биологические характеристики изученных видов прибрежно-водных растений

Species	Class	Life Form	Ecol. Group
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	M	HP	Hel
<i>Bidens cernua</i> L.	D	TP	Hyg
<i>Bidens tripartita</i> L.	D	TP	Hyg
<i>Butomus umbellatus</i> L.	M	HP	Hel
<i>Calamagrostis purpurea</i>	M	HCP	HM
<i>Carex acuta</i> L.	M	GP	Hyg
<i>Carex appendiculata</i> (Trautv. & C.A. Mey.) Kuk.	M	HCP	Hyg
<i>Carex vesicata</i> Meinsh.	M	HCP	Hyg
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	M	GP	Hel
<i>Epilobium adenocaulon</i> Hausskn.	D	HCP	HM
<i>Glyceria triflora</i> (Korsh.) Kom.	M	HCP	Hyg
<i>Juncus atrofuscus</i> Rupr.	M	HCP	Hyg
<i>Juncus filiformis</i> L.	M	GP	HM
<i>Naumburgia thyrsoflora</i> (L.) Reichend.	D	HP	Hel
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) S.F. Grey	D	HCP, HP, HDP	Hyd
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarbre	D	TP	Hyg
<i>Persicaria minor</i> (Huds.) Opiz	D	TP	Hyg
<i>Scirpus hippolyti</i> (V.I. Krecz.) V.I. Krecz. ex Grossh.	M	HP	Hel
<i>Sparganium emersum</i> Rehm.	M	HP	Hel
<i>Triglochin palustre</i> L.	M	HCP	Hyg
<i>Veronica anagalis-aquatica</i> L.	D	HDP, HP	Hyd

Примечание. **Class** (класс): M – Monocotyledones, D – Dicotylédones; **Life Form** (жизненная форма): TP – therophyte (терофит), HDP – hydrophyte (гидрофит), HP – helophyte (гелофит), HCP – hemiscryptophyte (гемикриптофит), GP – geophyte (геофит); **Ecol. Group** (экологическая группа): Hyd – hydrophyte (гидрофит), Hel – helophyte (гелофит), Hyg – hygrophyte (гигрофит), HM – hygromesophyte (гигромезофит).

Анализ межвидового варьирования параметров показал, что у прибрежно-водных растений наиболее вариабельными были параметры, связанные с размерами листовой пластинки (площадь и толщина листа, коэффициенты вариации – 36 и 28% соответственно). Площадь листа изменялась у однодольных растений от 2 см² у *Triglochin palustre* до 178 см² у *Scirpus hippolyti*, у двудольных – от 2 см² у *Persicaria minor* до 21 см² у *Bidens tripartita*. В среднем однодольные виды имели более крупные (в 1.3 раза) и толстые (в 3 раза) листья с большими LMA (в 2 раза) и LDMS (в 1.4 раза), по сравнению с двудольными.

Наиболее вариабельными показателями у двудольных были плотность листа и LDMS (коэффициент вариации – 21 и 19% соответственно). Большое варьирование этих параметров связано с разнообразием экологических групп среди изученных видов. Так, наименьшие плотности листьев и LDMS были обнаружены у гидрофита *Veronica anagalis-aquatica* (0.082 г/см³ и 109 мг/г сыр. веса соответственно), а максимальные значения этих параметров у гигромезофита *Persicaria minor* (0.419 г/см³ и 425 мг/г сыр. веса соответственно).

Функциональный листовой параметр LMA имел коэффициент вариации 13% и был наиболее стабильным среди изученных показателей. LMA изменялся у однодольных растений от 255 мг/дм² у *Alisma plantago-aquatica* до 1516 мг/дм² у *Scirpus hippolyti*, у двудольных от 201 мг/дм² у *Epilobium adenocaulon* до 396 мг/дм² у *Naumburgia thyrsoflora*.

Сделано заключение, что для сообществ прибрежно-водных растений устья реки Максима характерно небольшое видовое разнообразие и высокое проективное покрытие. Наибо-

лее вариабельными листовыми параметрами были размеры листовой пластинки (площадь и толщина листа), а наименее изменчивым – функциональный параметр листьев LMA, который отражает адаптацию фотосинтетического аппарата к климату и локальным условиям местообитания.

Работа выполнена в рамках темы Ботанического сада УрО РАН, поддержанной Российским федеральным бюджетом, и государственного задания FEWZ-2020-0009 Министерства науки и высшего образования РФ.

ЛИТЕРАТУРА

Ронжина Д.А. Распространение, конкурентоспособность и семенная продуктивность *Bidens frondosa* L. на Среднем Урале // Российский журнал биологических инвазий. 2017. Т. 10. № 3. С. 68-79.

Ронжина Д.А., Иванов Л.А., Пьянков В.И. Химический состав листа и структура фотосинтетического аппарата высших водных растений // Физиология растений. 2010. Т. 57. № 3. С. 389-397.

Ронжина Д.А., Иванова Л.А., Иванов Л.А. Листовые функциональные черты и биомасса растений ветландов в лесной и степной зонах // Физиология растений. 2019. Т. 66. № 3. С. 207-217. DOI: 10.1134/S0015330319030126

Pan Y., Cieraad E., Armstrong J., Armstrong W., Clarkson B.R., Colmer T.D., Pedersen O., Visser E.J.W., Voesenek L.A.C.J., van Bodegom P.M. Global patterns of the leaf economics spectrum in wetlands // Nature Communications. 2020. V. 11. Article number 4519. DOI: 10.1038/s41467-020-18354-3

Wright J.P., Naeem S., Hector A., Lehman C., Reich P.B., Schmid B., Tilman D. Conventional functional classification schemes underestimate the relationship with ecosystem functioning // Ecology Letters. 2006. V. 9. P. 111–120. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00850.x

УДК 581.5

Сравнительный анализ флавоноидного состава мелкоплодных диких яблонь Восточной Сибири и Дальнего Востока

Рудиковская Е.Г.¹, Дударева Л.В.¹, Ставицкая З.О.¹, Ванина Л.С.²,
Митанова Н.Б.¹, Рудиковский А.В.¹

¹ Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, rudal69@mail.ru

² Ботанический сад МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

Аннотация. Проведен сравнительный анализ состава и содержания флавоноидных соединений (ФС) в плодах трех диких видов *Malus*: *Malus baccata*, *Malus manshurica*, *Malus chamardabanica*, *Malus sachalinensis*, выращенных в одинаковых климатических условиях. Установлено, что ткани плодов трех видов в целом имели качественный состав ФС, характерный для рода *Malus*. Между видами были обнаружены количественные различия в содержании отдельных ФС. Плоды *M. chamardabanica* показали высокое содержание антоцианов и низкое содержание флаванов. Характерной особенностью плодов *M. sachalinensis* было высокое содержание халконов — более 50% от общего содержания ФС. Высокое (80%) содержание флаванов обнаружено в плодах *M. manshurica*. В то же время около 20% их общего количества составлял процианидин В2, не обнаруженный у двух других изученных видов.

Peculiarities of polyphenolic profile of fruits of crab apple in Eastern Siberia and the Far East

Rudikovskaya E.G.¹, Dudareva L.V.¹, Stavitskaya Z.O.¹, Vanina L.S.²,
Mitanona N.B.¹, Rudikovskiy A.V.¹

¹ Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, rudal69@mail.ru

² Botanical Garden of Moscow State University, Moscow

Abstract. Comparative analysis of the composition and content of phenolic compounds (PC) in the fruits of three wild species of *Malus*: *Malus baccata*, *Malus manshurica*, *Malus chamardabanica*, *Malus sachalinensis*, grown under the same climatic, was carried out. It was established that the tissues of the fruits of three species, on the whole, had a qualitative composition of PC characteristic of the genus *Malus*. Quantitative differences in the content of individual PC were found between species. The fruits of the *M. chamardabanica* showed a high content of anthocyanins and a low flavans. A characteristic feature of the fruit of the *M. sachalinensis* was a high content of chalcones - more than 50% of the total content of PC. A high (80%) content of flavans was found in the fruits of the *M. manshurica*. At the same time, about 20% of their total amount was procyanidin B2, not found in the other two species studied.

В настоящее время описано около 60 самостоятельных видов яблони. Самый известный из них – яблоня домашняя, является популярной во всем мире сельскохозяйственной культурой и включает в себя тысячи различных сортов. В природе дикая яблоня входит в состав лиственнично-сосновых разновозрастных лесов в форме синузий, иногда образует ярус в комплексе с лесообразующими породами в умеренных широтах Северного полушария (Langenfeld, 1991). Наиболее декоративные представители рода активно применяются в озеленении. Дикие виды яблони также используются в селекции новых сортов яблони домашней, как ценный источник генов устойчивости к различным стрессорам, заболеваниям и улучшения диетических качеств. В связи с этим, биохимия и генетика этих видов весьма активно изучается, особенно в Китае и Индии, где многие яблони образуют естественные популяции (Langenfeld, 1991). На обширной территории Азиатской России, от Байкала до Дальнего Востока, также находятся ареалы нескольких мелкоплодных видов яблони – сибирской (*Malus baccata* L.), маньчжурской (*Malus manshurica*), хамардабанской (*Malus chamardabanica*) и сахалинской (*Malus sachalinensis*). Следует заметить, что благодаря высокому полиморфизму и переопылению, в природе не всегда можно четко определить вид.

В связи с высоким содержанием биологически активных соединений, в том числе фенольных (халконы, антоцианы, гликозиды кверцетина, хлорогеновая кислота и пр.), яблоня

широко используется в народной медицине разных стран. Известно, что сибирские виды яблони используются в тибетской медицине как замена *Embllica officinalis* под названием «чжу-ру-ра» (Асеева и др, 1985). При этом, если сведения о яблоне сибирской представлены в международной литературе, то биохимический состав плодов хамардабанской, маньчжурской и сахалинской яблонь до сих пор практически не изучен. В связи с этим, целью данной работы было провести сравнительный анализ флавоноидного состава (ФС) плодов яблонь Азиатской части России - сибирской (*M. baccata* L.), маньчжурской (*M. manshurica*), хамардабанской (*M. chamardabanica*) и сахалинской (*M. sachalinensis*) выращенных в одинаковых климатических условиях.

В качестве объекта исследования использовались плоды яблонь *M. baccata*, *M. manshurica*, *M. chamardabanica* и *M. sachalinensis*, выращенных на территории Ботанического сада биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Плоды урожая 2017 и 2018 годов были собраны на стадии биологической зрелости и использованы для анализа. Общее содержание ФС измерялось спектрофотометрическим методом с реактивом Фолина-Дениса (Hitachi U-1100 Spectrophotometer, Japan). Индивидуальные компоненты анализировались методами ВЭЖХ (Shimadzu LC – 10 АТур, Japan) и ГХ-МС (5973/6890N MSD/DS Agilent Technology, USA).

В таблице представлены данные по абсолютному, а на гистограмме 1 относительному содержанию ФС разной природы в плодах исследованных яблонь. Как можно видеть, ткани плодов всех видов, в целом, имели характерный для рода *Malus* флавоноидный состав - процианидины, (+)-катехин, (-)-эпикатехин, халконы (флоретин и флоредзин), гликозиды кверцетина, фенолкарбоновые кислоты (хлорогеновая, кофейная, коричная), антоцианы. Тем не менее, каждая из яблонь продемонстрировала свои характерные особенности.

Таблица

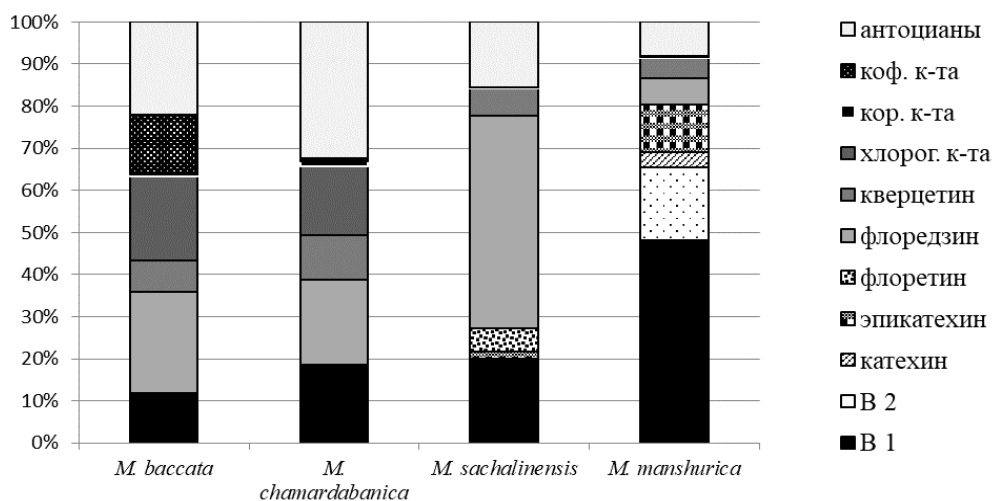
Содержание ФС в тканях плодов разных видов яблонь азиатской части России, мкг/г сухой массы

	<i>M. baccata</i>	<i>M. chamardabanica</i>	<i>M. sachalinensis</i>	<i>M. manshurica</i>
Процианидин В1	438.3±76.7	777.7±245.1	1512.6±583.2	2263.7±786.1
Процианидин В2	н/д	н/д	н/д	806.5±534.9
(+) - катехин	0.3±0.2	0.43±0.2	33.462±12.4	170.9±70.8
(-) - эпикатехин	0.5±0.3	1.21±0.5	122.96±18.0	523.4±112.9
Флоретин	8.7±2.9	15.35±7.8	431.6±17.4	1.5±0.7
Флоредзин	901.4±198.1	866.7±301.7	3872.2±980.7	300.5±109.9
Гликозиды кверцетина	277.5±75.0	444.6±193.3	507.94±28.3	218.8±85.5
Хлорогеновая кислота	750.3±234.8	700.6±198.1	0.3±0.2	1.7±0.3
Коричная кислота	15.0±7.1	51.0±15.2	10.2±1.0	16.0±4.1
Кофейная кислота	537.5±182.6	40.4±3.2	0.5±0.2	5.1±4.0
Антоцианы	825.2±344.0	1378.9±255.6	1195.9±326.9	381.6±23.9
Общее содержание ФС	5649.0±899.8	5832.7±820.7	7116.3±715.5	7808.3±962.8

Можно заметить, что плоды яблони сибирской и хамардабанской имели ряд общих черт: низкое содержание флаван-3-олов - (+)-катехина и (-)-эпикатехина, отсутствие характерного для рода процианидина В2. При этом ткани плодов накапливали довольно высокое содержание хлорогеновой кислоты (более 700 мкг/г сухой массы). Особенностью яблони сибирской было высокое содержание кофейной кислоты (537.5±182.6 мкг/г). Следует заметить, что в тканях плодов яблони сибирской, выращенной в условиях природного места обитания, содержание фенолкарбоновых кислот было существенно ниже (Rudikovskaya et al., 2014).

Хотя в тканях плодов всех исследованных видов были обнаружены антоцианы, наибольшее их содержание наблюдалось у яблонь хамардабанской (более 30 %) и сибирской (более 20 %) от общего содержания ФС.

Гистограмма 1. Относительное содержание ФС в тканях плодов разных видов яблонь азиатской части России.



В тканях плодов яблони сахалинской, так же не было обнаружено процианидина В2, но содержание (+)-катехина и (-)-эпикатехина оказалось на порядок выше (33.462 ± 12.4 и 122.96 ± 18.0 мкг/г сухой массы соответственно), чем и у сибирской и хамардабанской. Характерной чертой тканей плодов яблони сахалинской оказалось высокое содержание халконов (флоритина и его гликозида флоридзина) – более 50% от общего содержания ФС.

Единственным, из исследованных, видов с высоким содержанием в плодах флаванов (около 80% от общих ФС) оказалась яблоня маньчжурская. При этом около 20% из них приходится на процианидин В2, не обнаруженный в тканях плодов других яблонь. Содержание всех остальных флавоноидов (гликозидов кверцетина, антоцианов и фенолкабоновых кислот) был значительно ниже, чем в других исследованных видах.

Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать все исследованные виды мелкоплодных яблонь азиатской части России для дальнейших фармакологических исследований с целью использования их в комплексной терапии диабета 2 типа, заболеваний кишечника и старческих когнитивных расстройств.

Кроме того, в связи с существенными отличиями в ФС исследованных яблонь, полученные данные могут являться отправной точкой для исследования особенностей хемосистематики мелкоплодных яблонь азиатской части России.

Работа была поддержана грантом РФФИ №20-016-00091

ЛИТЕРАТУРА

- Асеева Т.А., Блинова К.Ф., Яковлев Г.П. Лекарственные растения Тибетской медицины. Новосибир.: Наука 1985.
- Langenfeld V.T. Apple tree: Morphological evolution, phylogeny, geography, systematics. Riga: Zinatne, 1994. P. 230-234. (in Russian).
- Rudikovskaya, E.G., Dudareva, L.V., Shishparenok, A.A., Mitanova, N.B., Petrova, I.G., Rudikovskii, A.V. Phenolic composition of *Malus baccata* fruit // Chemistry of Natural Compounds. 2014. Vol. 4, P. 640–641.

УДК 577.164.2

Особенности накопления аскорбиновой кислоты в тканях плодов яблони сибирской и ее гибридов

Рудиковский А.В., Ставицкая З.О., Семенова Н.В., Дударева Л.В., Рудиковская Е.Г.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Российская Федерация,
Rudikovalex@mail.ru

Аннотация. Впервые показано, что динамика накопления аскорбиновой кислоты (АК) в тканях плодов яблони сибирской и её гибридов кардинально отличается от таковой, описанной для плодов яблони домашней. Уже на ювенильной стадии в плодах яблони сибирской и её гибридов F1 накапливается значительно большее содержание АК. Как оказалось, в отличие от представленных в литературе данных по яблоне домашней, по мере созревания плодов содержание АК в исследованных генотипах увеличивается. Установлено, что при совместной инкубации тканей плодов с различными прекурсорами АК кроме основного пути синтеза витамина (путь Смирнова – Уиллера) у яблони сибирской и её гибридов F1 задействованы также D-галактуроновый и мио-инозитоловый. При этом у плодов яблони домашней выявились значительные проблемы с доступностью углеводных субстратов, необходимых для успешного функционирования синтеза АК.

Features of the accumulation of ascorbic acid in the tissues of the fruits of the Siberian apple and its hybrids

Rudikovskii A.V., Stavitskaya Z.O., Semenova N.V., Dudareva L.V., Rudikovskaya E.G.

Siberian Institute Physiology and Biochemistry of Plant SB RAS, Irkutsk, Russian Federation,
Rudikovalex@mail.ru

Abstract. It is shown for the first time that the dynamics of vitamin C accumulation in the fruit tissues of the Siberian apple tree and its hybrids is fundamentally different from that described for the fruit of the *Malus domestica*. Already at the juvenile stage, a much higher content of ascorbic acid accumulates in the fruits of the Siberian apple tree and its F1 hybrids. As it turned out, in contrast to the data on *M. domestica* presented in the literature, as the fruits ripen, the content of ascorbate in the studied genotypes increases. During incubation of fruit tissues with various precursors, it was shown for the first time that the D-galacturonic and myo-inositol pathways are also involved in the synthesis of vitamin C in the Siberian apple tree and its F1 hybrids. At the same time, significant problems with the availability of carbohydrate substrates necessary for the successful functioning of the synthesis of ascorbic acid were revealed in the fruits of *M. domestica*.

Известно, что витамин С критически важен для нормального функционирования человеческого организма. Однако, поскольку люди и некоторые животные на протяжении эволюции утратили способность синтезировать и накапливать аскорбиновую кислоту (АК), удовлетворение их потребности в этом витамине полностью зависит от поступления с пищей, в первую очередь со свежими фруктами и овощами. Хотя яблоки являются не самым богатым источником витамина С, но это компенсируется их широким потреблением в свежем виде (Mellidou and Kanellis, 2017). К тому же наличие сортов с продленным сроком хранения позволяет увеличить период их потребления и в зимний период. Кроме того, высокое содержание АК улучшает так называемую лежкость плодов и уменьшает потери от болезней при хранении. Все это делает яблоню перспективным объектом для селекции с целью увеличения содержания АК. Для того, чтобы влиять на содержание витамина С в яблоках используют отбор перспективных сортов на ранних стадиях селекционных работ. Для этого необходимо понимать, как и в какие периоды развития плода и, особенно, его созревания будет происходить синтез и накопление этого витамина. У растений известно четыре пути биосинтеза АК: основной - путь L-галактозы и три альтернативных: L-гулозный, мио-инозитольный и D-галактуроновый.

Литературные данные по содержанию аскорбата в плодах сибирской яблони и сортов, созданных на ее основе, показывают существенный разброс. Такая ситуация, по нашему

мнению, обусловлена недостаточной точностью использованных методов определения АК в тканях растений (например, метод Тильманса с использованием 2,6-дихлорфенолиндофенола). Для повышения точности определения содержания АК в нашей работе мы использовали современный метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). В качестве подтверждающего метода использовали спектрофотометрический с молибдатом аммония. Эксперименты по инкубации (feeding) с углеводными кандидатными прекурсорами синтеза аскорбата были проведены по методике Ли с соавторами (Li et al, 2008).

В нашей работе нам важно было использовать сорта и гибриды со значительно отличающимся содержанием АК. Многими авторами, в том числе и в научно-популярной литературе, отмечается высокий уровень витамина С в плодах таких гибридов и в плодах дикорастущей сибирской яблони. По нашему мнению, такие генотипы идеально подходят для сравнения с сортами яблони домашней, поскольку, как показали наши эксперименты, содержание витамина С в пульпе (мякоти) яблок у гибридов F1 (Добрыня и Ранетка пурпуровая) на этапе созревания плодов в десятки раз превышает содержание этого витамина у сортов яблони домашней (Таблица 1). В кожуре эта разница еще значительнее. Например, витамина С в плодах Ранетки пурпуровой содержится в 108 раз больше, чем у сорта Чудное. Особенно интересно, что уже на самой ранней стадии развития плодов гибридов F1 в них было очень много витамина С и его количество только увеличивалось к полному созреванию плодов (Таблица 1). Такая динамика в накоплении витамина С кардинально отличается от таковой у сортов яблони домашней, описанной в работе (Fang et al, 2017). В тканях плодов яблони домашней в этой работе содержание АК было максимальным на ранней стадии развития, а затем заметно снижалось. При анализе происхождения изучаемых нами высоковитаминных гибридов F1 становится очевидным, что именно яблоня сибирская, обладающая высоким уровнем витамина С как в кожуре, так и в пульпе, является донором этого признака.

Таблица 1

Содержание витамина С (мг/г сырого веса, среднее значение ± стандартное отклонение) в различных изученных генотипах, * отмечены данные, выраженные на целый плод

Генотип, ткань	Плоды, 20 дней после цветения	Плоды, 50 дней после цветения	Зрелые плоды
М. бассата, кожура	1,142±0,222*	2.838±0.157	4,03±0,41
М. бассата, пульпа		2.431±0.116	2,66±0,22
Пальметта, кожура	0,013±0,003*	0.023±0.000	0,02±0,01
Пальметта, пульпа		0.006±0.000	0,08±0,03
Добрыня, кожура	0,283±0,029*	1.229±0.073	1,20±0,12
Добрыня, пульпа		0.444±0.032	0,73±0,11
Ранетка пурпуровая, кожура	0,647±0,090*	1.845±0.170	1,62±0,42
Ранетка пурпуровая, пульпа		0.307±0.089	0,40±0,07
Чудное, кожура	0,022±0,004*	0.014±0.002	0,015±0,012
Чудное, пульпа		0.006±0.001	0,008±0,001
Раннее Болоняева, кожура	0,015±0,004*	0.013±0.004	0,004±0,003
Раннее Болоняева, пульпа		0.011±0.002	0,020±0,0004

В наших экспериментах было подтверждено, что основным путём синтеза АК в плодах яблони является путь Смирнова-Уиллера, о чем в нашем случае свидетельствовала положительная ответная реакция (увеличение содержания витамина С) на добавление в среду инкубации D-глюкозы, 1.4- галактоно-лактона и L-галактозы в концентрации 10 мМ. Кроме этого показано, что в исследованных генотипах на разных стадиях созревания плода функционируют также D-галактурононовый и мио-инозитоловый пути. Эти пути более характерны для тканей кожуры, но в некоторых случаях работали и в пульпе. Так D-галактурононовый путь характерен на 2 этапе созревания плодов для тканей кожуры сибирской яблони, при этом

увеличение концентрации аскорбата после добавления 10 мМ галактуроновой кислоты составляло примерно 20 %, а на 3 этапе добавление прекурсора давало увеличение содержания АК более чем в 2 раза. Таким образом для кожуры плодов яблони сибирской добавление D-галактуроновой кислоты вызывало большее увеличение содержания витамина С, чем добавление D-глюкозы. На 3 стадии развития плода кожура сорт Чудное также активно реагирует на добавление D-галактуроновой кислоты (увеличение содержания АК в 2 раза), а на добавление 1,4 – гулоно-лактона отмечено увеличение в 24 раза.

Мио-инозитоловый путь синтеза аскорбата проявляется у яблони сибирской (в этом случае только ответ на добавление D-глюкуроновой кислоты), Пальметты, Добрыни уже на стадии ювенильных плодов. На стадии интенсивного роста плодов (этап 2) этот путь синтеза АК обнаружен в тканях кожуры сорта Пальметта и пульпе сорта Раннее Болоняева. На 3-й стадии он реализуется в пульпе сорта Добрыня, коже и пульпе сорта Ранетка пурпуровая, а также в коже сорта Чудное. Вполне вероятно, что эти, считающиеся дополнительными пути биосинтеза могут принимать участие в успешном накоплении высокого содержания витамина С в сибирской яблоне и ее межвидовых гибридов первого поколения (Добрыня и Ранетка пурпуровая).

Результаты эксперимента говорят также о том, что в природных условиях ткани пульпы и кожуры некоторых сортов имеют значительные проблемы с доступностью сахаров-субстратов для синтеза витамина С. Так, например, в коже сортов Чудное и Раннее Болоняева на 3 этапе созревания плодов содержание АК увеличивалось в несколько раз всего за сутки по сравнению не только с контролем (добавление сахарозы), но и с содержанием витамина в коже плодов этих сортов *in vivo*. Резкое увеличение содержания аскорбата характерно не только для заключительного этапа мио-инозитольного цикла (превращение 1,4 – гулоно-лактона в АК), но и при добавлении D-глюкуроновой кислоты. В результате содержание АК в коже плодов сорта Чудное в эксперименте в десятки раз превышает этот показатель *in vivo*.

Таким образом впервые показано, что динамика накопления витамина С в тканях плодов яблони сибирской и её гибридов кардинально отличается от таковой, описанной для плодов яблони домашней. Уже на ювенильной стадии в плодах яблони сибирской и её гибридов F1 накапливается значительно большее содержание АК. По мере созревания плодов содержание аскорбата в исследованных генотипах увеличивается. Установлено, что при совместной инкубации тканей плодов с различными прекурсорами АК кроме основного пути синтеза витамина (путь Смирнова – Уиллера) у яблони сибирской и её гибридов F1 задействованы также D-галактуроновый и мио-инозитоловый. При этом у плодов яблони домашней выявились значительные проблемы с доступностью углеводных субстратов, необходимых для успешного функционирования синтеза АК.

Работа поддержана Грантом РФФИ № 20-016-00091.

ЛИТЕРАТУРА

- Fang T., Zhen Q., Liao L., Owiti A., Zhao L., Korban S.S., Han Y. 2017. Variation of ascorbic acid concentration in fruits of cultivated and wild apples. *Food Chem.* 225:132-137
- Li M.J., Ma F.W., Zhang M., Pu F. (2008) Distribution and metabolism of ascorbic acid in apple fruits (*Malus domestica* Borkh cv. Gala). *Plant Science.* 174: 606–612.
- Mellidou I, Kanellis A. K. Genetic Control of Ascorbic Acid Biosynthesis and Recycling in Horticultural Crops. *Frontiers in Chemistry.* 2017. № 5. С.50.

УДК 577.164.2

Роль экспрессии генов ГДФ-*L*-галактозофосфорилазы (MdGGP1, MdGGP3), дегидроаскорбатредуктазы (MdDHAR3), моноаскорбатредуктазы (MdMDHAR1) и активности ферментов рециклинга в накоплении витамина С плодами яблони сибирской и ее гибридами.

Рудиковский А.В., Ставицкая З.О., Катышев А.И., Федосеева И. В., Рудиковская Е.Г.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Российская Федерация,
Rudikovalex@mail.ru

Аннотация. Впервые был проведен анализ уровня экспрессии генов биосинтеза и рециклинга аскорбиновой кислоты (АК) у *Malus baccata* и её межвидовых гибридов F1, которые характеризуются высоким содержанием аскорбата в плодах. Показано, что у высоковитаминных сортов Добрыня и Ранетка пурпуровая на этапе зрелости самая высокая активность экспрессии была у гена MdGGP3. На этапе активного роста плодов (50 дней после цветения) в пульпе этих сортов наибольшую скорость экспрессии показывал ген MdMDHAR1. Наличие такой корреляции для яблони выявлена впервые. Установлено также, что у высоковитаминных генотипов на этапе полного созревания плодов, как в кожуре, так и в пульпе, практически прекращается экспрессия гена DHAR3. Прямой взаимосвязи между активностью ферментов моноаскорбатредуктаза (MDHAR) и дегидроаскорбатредуктаза (DHAR) и содержанием АК в плодах не обнаружено.

The role of gene expression of GDP-*L*-galactose phosphorylase (MdGGP1, MdGGP3), dehydroascorbate reductase (MdDHAR3), monoascorbate reductase (MdMDHAR1) and the activity enzymes of recycling in the accumulation of vitamin C by fruits of Siberian apple tree and its interspecific hybrids.

Rudikovskii A. V., Stavitskaya Z. O., Katyshev A. I., Fedoseeva I. V., Rudikovskaya E. G.

Siberian Institute Physiology and Biochemistry of Plant SB RAS, Irkutsk, Russian Federation,
Rudikovalex@mail.ru

Abstract. For the first time, the analysis of the expression level of genes for biosynthesis and recycling of ascorbic acid (AA) in *Malus baccata* and its interspecific F1 hybrids, which are characterized by a high content of ascorbate in fruits, was carried out. It was shown that in the high-vitamin varieties Dobrynya and Ranetka purple at the stage of maturity, the highest expression activity was in the MdGGP3 gene. At the stage of active fruit growth (50 days after flowering) in the pulp of these varieties, the MdMDHAR1 gene showed the highest expression rate. The presence of such a correlation for the apple tree was revealed for the first time. It was also found that in high-vitamin genotypes at the stage of full ripening of fruits, both in the skin and in the pulp, DHAR3 gene expression practically ceases. No direct relationship was found between the activity of the enzymes monoascorbate reductase (MDHAR) and dehydroascorbate reductase (DHAR) and the content of AA in fruits.

Полезность диеты, богатой витамином С, хорошо известна (Fenech et al., 2019). Хотя яблоки являются весьма умеренным источником аскорбиновой кислоты (АК) (Mellidou and Kanellis, 2017), это компенсируется широким их потреблением в свежем виде. Для успешной селекции растений на увеличение содержания АК необходимо использовать биохимический и молекулярно-генетический анализ генотипов, богатых аскорбатом. Это помогает выявить критически важные ферменты-регуляторы и оценить уровень экспрессии этих генов. Выявление соответствующих генов и аллелей в свою очередь позволяет улучшать перспективные и элитные сорта методами маркерной селекции.

Основным путем синтеза АК в плодах яблони является *L*-галактозный путь, хорошо изученный в плодах целого ряда растений. Для яблони показано, что гены ГДФ-*L*-галактозофосфорилазы (GGP) являются контрольной точкой в биосинтезе витамина С по этому пути (Mellidou and Kanellis, 2017). Это закономерно, поскольку GGP находится на той части *L*-галактозного пути, которая уже не имеет ответвлений и направлена только в сторону синтеза АК (Bulley and Laing, 2016). Содержание в плодах яблонь АК зависит также от ак-

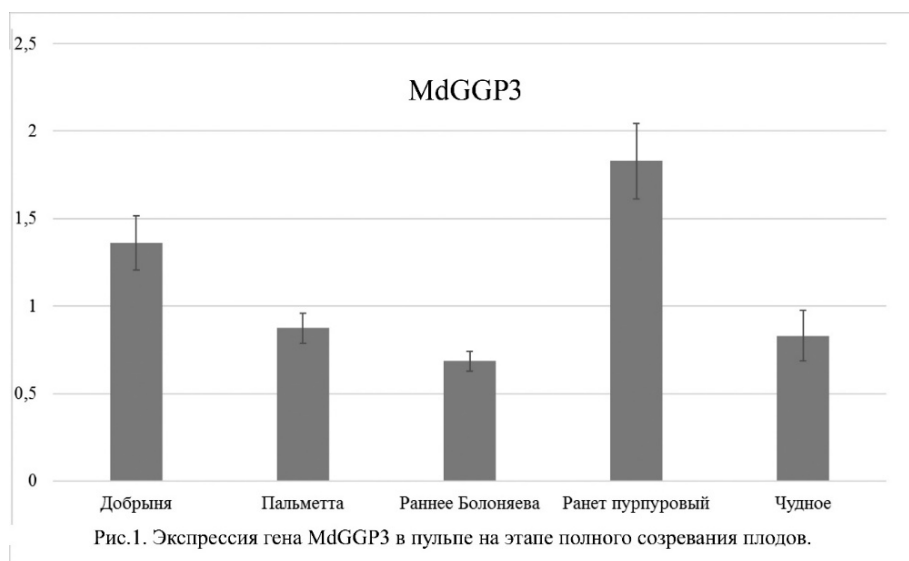
тивности ферментов рециклинга и уровня экспрессии соответствующих генов, таких как моноаскорбатредуктаза (MDHAR) и дегидроаскорбатредуктаза (DHAR). Исходя из этого, целью нашей работы было определение уровня экспрессии генов и аллелей, которые могут являться кандидатными к обеспечению высокого уровня витамина С. Кроме этого была изучена активность ферментов рециклинга в яблоках на разных стадиях их развития. В качестве объектов исследования были использованы ткани плодов яблони сибирской и её гибридов, а также яблоня домашняя, плоды которой имели низкое содержание АК. В таблице представлены результаты по содержанию АК в зрелых плодах исследованных генотипов.

Таблица

Содержание витамина С (мг/г сырого веса, среднее значение ± стандартное отклонение) в зрелых плодах изученных генотипов

Генотип, ткань	<i>M. baccata</i>	Пальметта	Добрыня	Ранетка пурпуровая	Чудное	Раннее Болоняева
кожура	4,03±0,41	0,02±0,01	1,20±0,12	1,62±0,42	0,015±0,012	0,004±0,003
пульпа	2,66±0,22	0,08±0,03	0,73±0,11	0,40±0,07	0,008±0,001	0,020±0,0004

Количественный анализ экспрессии гена MdGGP1 в коже и пульпе на разных этапах созревания: интенсивный рост плодов (50 дней после цветения) и биологическая зрелость плодов; показал, что не было выявлено корреляции между ним и высоким содержанием витамина С ни в пульпе, ни в коже. Высоковитаминные генотипы (Добрыня и Ранетка пурпуровая) на этапе зрелости имели достоверно более высокую экспрессию гена MdGGP3 (P = 0,002) в пульпе в сравнении с низковитаминными (Чудное, Пальметта и Раннее Болоняева) (рис.1).



Динамика экспрессии гена MdMDHAR1 в коже исследованных генотипов была различная по мере созревания. У сортов Пальметта, Раннее Болоняева, Добрыня и Ранетка пурпуровая она снижалась, а у сорта Чудное значительно увеличивалась. В пульпе, по мере созревания, экспрессия гена MdMDHAR1 увеличивалась у всех сортов. В пульпе высоковитаминных генотипов (Добрыня и Ранетка пурпуровая) на этапе активного роста плодов отмечена достоверно более высокая экспрессия гена MdMDHAR1 (p=0,031) в сравнении с низковитаминными (рис. 2)

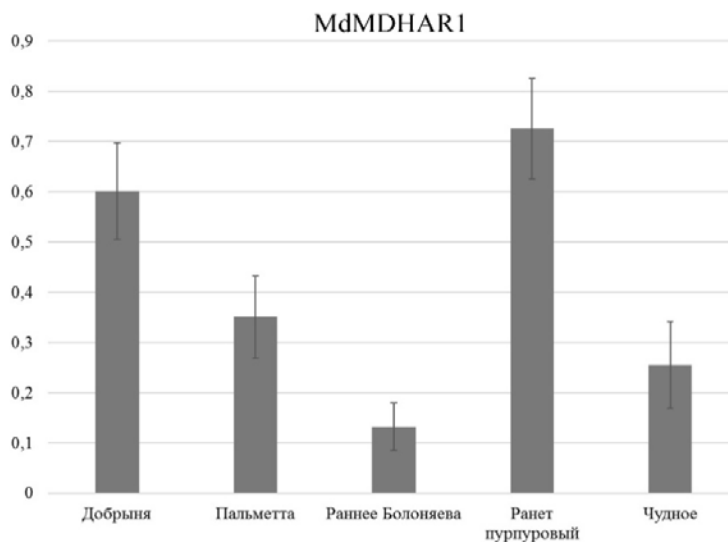


Рис. 2. Экспрессия гена MdMDHAR1 в пульпе плодов на стадии активного роста.

Все сорта с высоким содержанием витамина С (Добрыня, Ранет пурпуровый) имели очень слабую экспрессию MdDHAR3 как в кожуре, так и в пульпе на обоих этапах развития плодов. Прямой взаимосвязи между активностью ферментов MDHAR и DHAR и содержанием АК в плодах не обнаружено, однако впервые для наших объектов установлено, что активность MDHAR находится в обратной зависимости от активности DHAR.

Проведенный анализ позволил заключить, что в исследованных межвидовых гибридах активно экспрессируются гены MdGGP1 и MdGGP3, являющиеся регуляторными для процесса биосинтеза витамина С по L-галактозному пути. По нашим данным ген MdGGP3 наиболее перспективен для возможной работы по поиску маркерного признака для выявления растений с высоким содержанием АК на стадии биологического созревания плодов. То есть существует достоверная взаимосвязь между уровнем экспрессии этого гена и содержанием АК в зрелых плодах сортов Добрыня и Ранетка пурпуровая. Также было установлено, что на этапе активного роста плодов наблюдается высокий уровень экспрессии гена MdMDHAR1 в пульпе высоковитаминных сортов. Поэтому этот ген также перспективен для дальнейшей поисковой работы. Следует отметить, что корреляция между содержанием витамина С в плодах и экспрессией аллеля MdMDHAR1 для яблони выявлена впервые. При этом у высоковитаминных генотипов на этапе созревания плодов, как в кожуре, так и в пульпе, практически прекращается экспрессия гена DHAR3.

Работа поддержана Грантом РФФИ № 20-016-00091

ЛИТЕРАТУРА

- Bulley S, Laing W. The regulation of ascorbate biosynthesis // *Current Opinion in Plant Biology*. 2016. Vol. 33. P.15–22.
- Fenech M., Amaya I., Valpuesta V., Botella M. A. Vitamin C Content in Fruits: Biosynthesis and Regulation // *Frontiers in Plant Science*. 2019. V. 9. Article № 2006. P. 1 – 21.
- Mellidou I, Kanellis A. K. Genetic Control of Ascorbic Acid Biosynthesis and Recycling in Horticultural Crops // *Frontiers in Chemistry*. 2017. № 5. C.50.

УДК 581.9 (571.6)

Растительный покров отвалов вскрышных пород угольного разреза «Холбольджинский» (Республика Бурятия)

*Рупышев Ю. А.^{1,2}, Бажса С.Н.³, Андреев А.В.³,
Богданов Е.А.³, Данжалова Е.В.³, Дробышев Ю.И.³*

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, rupyshev@mail.ru

²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова

³Институт проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова

Аннотация. Проведена оценка растительного покрова рекультивированных отвалов горных пород угольного разреза на основе анализа структур поясно-зональных, экологических и биоморфологических элементов флоры. Растительность отвалов Холбольджинского угольного разреза в процессе демутации представляет собой совокупность сложных фитоценозов из групп рудеральных и зональных растений. Это связано со спецификой, сформированных экотопов, характером микро- и мезорельефа поверхности, возрастом отвалов, различными последовательностями и направлениями сукцессионных процессов, сочетаниями и мозаичностью размещения растительных группировок, а также плодородием, минеральным составом и увлажнением субстратов. Восстановительная динамика растительности на отвалах Холбольджинского угольного разреза проходит по степному типу, состоящему из 4 этапов: сорно-рудеральных малолетников; длиннокорневищных злаков, осок и разнотравья; плотнoderновинных злаков; полукустарничков и деревьев. Основу ценофлор отвалов образуют ксерофиты, представленные подавляющим большинством видов.

The plant cover of rock dumps of the Kholboldzhinsky coal mine (Republic of Buryatia)

*Rupyshev Yu. A.^{1,2}, Bazha S.N.³, Andreev A.V.³,
Bogdanov E.A., Danzhalova E.V.³, Drobyshev Yu.I.³*

¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, rupyshev@mail.ru

²V.R. Philippov Buryat State Academy of Agriculture

³A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS

Abstract. An assessment of the plant cover of reclaimed dumps of rocks of a coal mine was carried out on the basis of an analysis of the structures of belt-zonal, ecological and biomorphological elements of the flora. The vegetation of the dumps of the Kholboldzhinsky coal mine in the process of demutation is a set of complex phytocenoses from groups of ruderal and zonal plants. This is due to the specificity of the formed ecotopes, the nature of the micro- and mesorelief of the surface, the age of the dumps, various sequences and directions of succession processes, combinations and mosaic distribution of plant groups, as well as fertility, mineral composition and moisture of substrates. The regenerative dynamics of vegetation on the dumps of the Kholboldzhinsky coal mine proceeds according to the steppe type, which consists of 4 stages: weed-ruderal plants; long-rhizome grasses, sedges and herbs; dense sod cereals; shrubs and trees. The basis of cenoflora dumps is formed by xerophytes, represented by the overwhelming majority of species.

Цель данной работы состояла в изучении динамических параметров растительного покрова одного сукцессионного ряда на отвалах разного возраста угольного разреза «Холбольджинский». Угольный разрез «Холбольджинский» расположен в пределах хребта Моностой и Гусиноозерской котловины, в центральной части Селенгинского Среднегорья. Территория разреза примыкает с юга к границам г. Гусиноозерск, Селенгинского административного района Республики Бурятия.

Разработка угля велась с 1963 г. В процессе угледобычи производилось вскрытие угленосных пластов, отсыпка породных отвалов в береговой зоне оз. Гусино, входящего в водоохранную зону оз. Байкал. После работ угледобывающих предприятий на Холбольджинском разрезе осталось 1596 гектаров земель, нарушенных горными работами.

Материал для исследования отбирался нами в 2020 г. Объектом исследований являлся растительный покров отвалов горных пород, представляющий возрастной ряд на молодых (1-5-летних) и старых (25-30-летних) отвалах Холбольджинского угольного разреза. В качестве эталонных использовали участки со степной растительностью, попадающие под горный

отвод. Для геоботанических описаний на каждом участке в пределах однородных по признакам рельефа и грунтам закладывались временные пробные площади размером 10 × 10 м или в границах естественных контуров сообществ. Описания проводились в июле и августе. Всего выполнено 100 описаний. Учитывался видовой состав, проективное покрытие каждого вида, ярусность, синузальная структура. Совокупность видов растений, всех сообществ отвалов одного возраста, нами рассматривались как ценофлора, и анализировались в целом для каждой возрастной группы. Исследования растительности Холбольджинского угольного разреза было организовано Российско-Монгольской комплексной биологической экспедицией (Бажа и др., 2020). При изучении и анализе растительного покрова отвалов мы использовали методические подходы Д.Ю. Ефимова и А.С. Шишкина (2014). Детально характеристика объектов исследования приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Типы местообитания	Пробные площади	Растительность	Число видов	Основные доминанты
Молодые отвалы (5-10 лет)	G-20-5B	<i>Carisetum duriuscalae</i>	4	<i>Carex duriuscula</i>
	G-20-5D	<i>Phragmitetum australis</i>	4	<i>Phragmites australis</i>
	G-20-5K	<i>Potentillo bifurcae</i>	1	<i>Potentilla bifurca</i>
	G-20-5J	<i>Stellario dichtomae</i>	3	<i>Stellaria dichtoma</i>
	G-20-5H	<i>Elymusetum trachycaulus</i> subsp. <i>novae-angliae</i>	5	<i>Elymus trachycaulus</i> subsp. <i>novae-angliae</i>
Средневозрастные (10-15 лет)	G-20-5I	<i>Knorringio sibiricae</i>	7	<i>Knorringia sibirica</i>
	G-20-5G	<i>Thalictrum foetidum</i> – <i>Dracocephalum nutans</i> – <i>Convolvulus ammanii</i>	3	<i>Thalictrum foetidum</i> , <i>Dracocephalum nutans</i> , <i>Convolvulus ammanii</i>
	G-20-5F	<i>Melilotus alba</i>	8	<i>Melilotus alba</i>
	G-20-5E	<i>Potentillo tanacetifoliae</i> – <i>Achnatherum splendens</i>	6	<i>Achnatherum splendens</i> , <i>Potentilla tanacetifolia</i>
	G-20-5C	<i>Neopallasia pectinatae</i>	5	<i>Neopallasia pectinata</i>
Старые отвалы (15-20 лет)	G-20-5	<i>Potentillo tanacetifoliae</i> – <i>Agropyretum cristati</i>	15	<i>Agropyron cristatum</i> , <i>Potentilla tanacetifolia</i>
	G-20-5A	<i>Artemisio frigidae</i>	9	<i>Artemisia frigida</i>
Контроль	G-20-7	<i>Artemisio frigida</i> – <i>Stipetum krylovii</i>	45	<i>Stipa krylovii</i> , <i>Artemisia frigida</i>

Растительность отвалов Холбольджинского угольного разреза в процессе демуляции представляет собой совокупность сложных фитоценозов из групп рудеральных и зональных растений. Флористический состав и структура сообществ, формирующихся на отвалах разнообразны. Это связано со спецификой, сформированных экотопов, характером микро- и мезорельефа поверхности, возрастом отвалов, различными последовательностями и направлениями сукцессионных процессов, сочетаниями и мозаичностью размещения растительных группировок, а также плодородием, минеральным составом и увлажнением субстратов. Восстановительная динамика растительности на отвалах Холбольджинского угольного разреза проходит по степному типу, состоящему из 4 этапов: сорно-рудеральных малолетников; длиннокорневищных злаков, осок и разнотравья; плотнодерновинных злаков; полукустарничков и деревьев. Основу ценофлор отвалов образуют ксерофиты, представленные подавляющим большинством видов.

Исследования проводились в рамках государственного задания по теме: Биота наземных экосистем Байкальского региона: состав, структура, эколого-географические особенности 0271-2021-0001 (FWSM-2021-0001) Рег. номер: 121030900138-8.

ЛИТЕРАТУРА

Бажа С.Н., Андреев А.В., Басхаева Т.Г., Богданов Е.А., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Петухов И.А., Рупышев Ю.А., Убугунова В.И., Хадбаатар С., Цыремпилов Э.Г. Анализ причин и последствий деградации экосистем бассейна Байкала на основе долговременного мониторинга сети модельных полигонов // Информационные технологии в исследовании биоразнообразия: Материалы III Национальной научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика РАН П. Л. Горчаковского / отв. за вып. А.С. Третьякова; Урал. гос. Ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та; Гуманитарный ун-т, 2020. С. 77–80.

Ефимов Д.Ю., Шишкин А.С. Растительный покров рекультивированных отвалов угольных разрезов Канской лесостепи // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т.16, № 5. С. 190–195.

УДК 576.895 : 591.69 : 597: 282.256.341

Сравнительный анализ паразитов песчаной и каменной широколобок (*Cottidae*) из озера Байкал

Русинек О.Т.^{1, 2}¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Байкальский музей Иркутского научного центра, Иркутская область, пос. Листвянка, rusinek@isc.irk.ru²Иркутский государственный университет

Аннотация. Впервые представлены обобщенные данные по паразитофауне двух не эндемичных видов рогатковидных рыб озера Байкал песчаной и каменной широколобок. Установлено, что паразитофауна каждого вида отличается определенным своеобразием. Уровень сходства по индексу Жаккара составляет 35,2 %. У песчаной широколобки в отличие от каменной отсутствуют эндемичные пиявки. В фауне паразитов этих видов рыб представлены паразиты байкальского, бореального равнинного и арктического пресноводного фаунистических комплексов.

Comparative analysis of parasites of the sand and stone sculpins (*Cottidae*) from Lake Baikal

Rusinek O.T.^{1, 2}¹ Baikal Museum of Irkutsk Science Center Russian Federation, rusinek@isc.irk.ru² Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. For the first time, we present generalized data on the parasite fauna of two non-endemic species of *Cottoidei* fish of Lake Baikal, the sand and stone sculpins. It is established that the parasite fauna of each species differs in a certain peculiarity. The level of similarity on the Jacquard index is 35.2 %. The sand sculpin lacks endemic leeches. The parasite fauna of these fish species includes parasites of the Baikal, Boreal plain, and Arctic freshwater faunal complexes.

Введение. До настоящего времени еще не решен вопрос о происхождении рогатковидных рыб озера Байкал. Дискуссия продолжается с момента их открытия в Байкале. До сих пор возникает много вопросов.

В эволюционных построениях по рогатковидным рыбам отсутствуют оценки с привлечением паразитологических данных. Как известно паразиты могут показать генетические связи хозяев (Догель, 1947; Шульман, 1953; Русинек, 1990, 2007 и др.).

В обзорной статье Б.Э. Богданова (2004) анализируются все современные данные по генезису байкальских *Cottoidei*: предковые формы песчаной и каменной широколобок могли быть теми видами рыб, от которых произошли в Байкале другие рогатковидные рыбы.

Цель данной работы – изучение паразитофауны песчаной и каменной широколобок с позиций происхождения паразитов рогатковидных рыб озера Байкал.

Задача исследования проведение сравнительного анализа паразитов песчаной и каменной широколобок из озера Байкал.

Leocottus kesslerii Dybowski, 1874 – песчаная широколобка обитает по всему побережью Байкала, включая мелководные заливы, откуда входит в реки Ангару, Селенгу; этот вид отмечен в озерах Гусиное, Арахлей, Цайдамских, а также в реке Баингол (Сиделева, 1998). Известно 2 подвида – *L. kesslerii arachlensis* – арахлейская песчаная широколобка и *L. kesslerii gussinensis* – гусиноозерская песчаная широколобка (Тархова, 1962; Карасев, 1987). По данным Д.Н. Талиева (1955) в Байкале песчаная широколобка обитает на песчаных, каменисто-песчаных и илисто-песчаных грунтах.

Согласно нашим обобщенным данным паразитофауна песчаной широколобки включает 39 видов паразитов, из которых 16 видов имеют простой и 23 – сложный жизненные циклы. 9 видов являются байкальскими эндемиками.

Paracottus knerii Dybowski, 1874 – каменная широколобка встречается в р. Енисей, озере

Верхняя Агата и его бассейне, озерах Тувы, в озере Байкал и его бассейне (Сиделева, 1998). Известен один подвид – *P. knerii putorania*, описанный из оз. Агата (Коряков, Сиделев, 1976)

В озере Байкал обитает до глубины 200 м, отмечен во всех притоках (Матвеев, 2000; Матвеев, Матвеева, 2001).

Анализ литературных и наших данных позволил установить, что паразитофауна *Paracottus knerii* представлена 34 видами и подвидами паразитов. 15 видов имеют простой, 19 – сложный жизненные циклы. 15 видов и подвидов являются байкальскими эндемиками.

Общими для паразитофаун этих рыб являются 19 видов: *Muxobilatus baicalensis*, *Muxobolus talievi*, *Trichodina domerguei domerguei*, *T. baicalensis*, *T. tenuiformis*, *Gyrodactylus baicalensis*, *Diphyllobothrium dendriticum*, *Triaenophorus nodulosus*, *Ligula intestinalis*, *Schistocephalus solidus*, *S. nemahili*, *Crepidostomum farionis*, *Contracaecum osculatum baicalensis*, *Comephoronema werestschagini*, *Ichthyobronema hamulatum*, *Echinorhynchus salmonis*, *E. salmonis baicalensis*, *E. borealis*, *Salmincola cottidarum*.

Сравнение паразитофаун по индексу Жаккара показало, что уровень их сходства равен 35,2 %.

У песчаной широколобки в отличие от других видов рогатковидных рыб не отмечены эндемичные пиявки. Также у нее на 40 % меньше эндемичных видов паразитов по сравнению с *P.knerii* (9 и 15 соответственно).

Важно отметить, что у этих рыб отмечены узкоспецифичные паразиты. Для песчаной широколобки – *Apiosoma kesslerii*, для каменной – *Apiosoma paracotti*.

Фауна паразитов двух видов подкаменьщиков представлена паразитами, относящимися к нескольким фаунистическим комплексам (таблица).

В фауне паразитов доминируют виды, принадлежащие байкальскому фаунистическому комплексу, отсутствуют виды бореального предгорного комплекса, сравнительно большую группу составляют виды не выясненного статуса.

Таблица

Количественный состав паразитов песчаной и каменной широколобок по фаунистическим комплексам

Фаунистические комплексы	<i>Leocottus kesslerii</i>	<i>Paracottus knerii</i>
Арктический пресноводный	9	8
Байкальский	12	15
Бореальный равнинный	7	3
Бореальный предгорный	0	0
Невыясненные	11	8
Итого	39	34

В компонентных сообществах этих рыб доминируют автогенные генералисты цестода *Proteocephalus exiguus* – у песчаной широколобки и скребень *Echinorhynchus borealis* - у каменной широколобки.

Анализ имеющихся у нас материалов позволил установить, что паразитофауна песчаной и каменной широколобок из озера Байкал отличается значительным видовым разнообразием и представляет собой ядро паразитофауны семейства Cottidae. Для изучения вопросов генезиса паразитофауны байкальских рогатковидных рыб необходимо исследовать паразитов этих видов рыб в водоемах за пределами Байкала.

Благодарности. Работа выполнена в рамках Госзадания № 0285-2021-0001 121032900077-4 по теме «Экологическая диагностика изменений некоторых элементов биогеоценозов территории Восточной Сибири». Блок 1. Биологические исследования некоторых элементов экосистемы оз. Байкал. Подблок 4. Изучение генезиса паразитофауны каменной и песчаной широколобок (Cottoidei: Cottidae) в пределах их ареала.

ЛИТЕРАТУРА

Богданов Б.Э. К дискуссии о происхождении, эволюции и систематике байкальских рогатковидных рыб // Тр. Кафедры зоологии позвоночных. Иркутск: Иркутский госуниверситет, 2004. Т. 2. С. 84-105.

Догель В.А. Значение паразитологических данных для решения зоогеографических вопросов. Зоол. журн., 1947, Т. 27, вып. 6. С. 481-492.

Карасев Г.Л. Рыбы Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1987. 296 с.

Коряков Е.А., Сиделев Г. Н. Бычки-подкаменщики (Cottoideae) из озера Агата плато Путорана // Вопр. ихтиол. 1976. Т. 16, вып. 3 (98). С. 553-555.

Матвеев А.Н. Рыбы // Флора и фауна водоемов и водотоков Байкальского заповедника. Серия: Флора и фауна заповедников. М., 2001. С. 56-65.

Матвеев А.Н., Матвеева Е.Н. Рыбы. Флора и фауна водоемов и водотоков Баргузинского заповедника. Серия: Флора и фауна заповедников. М., 2000. С. 149-158.

Пугачев О.Н. Генезис паразитофауны рыб Евразии. Паразитология, 1980. Т. 14, вып. 5. С. 403-410.

Русинек О.Т. Анализ становления жизненных циклов и формирование фауны Proteocephalidea // Паразиты и болезни гидробионтов Ледовитоморской провинции. Новосибирск: Наука, 1990. С. 19-167.

Русинек О.Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 581 с.

Сиделева В.Г. Подотряд Cottoidei – рогатковидные // Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России. М.: Наука, 1998. С. 149-158.

Талиев Д.Н. Бычки-подкаменщики Байкала (Cottoidei). М., Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 603 с.

Тархова Ю.Н. Материалы по внутривидовой изменчивости песчаной широколобки // Кратк. сообщ. Бурят. компл. НИИ. Улан-Удэ, 1962. Вып. 3. С. 101-118.

Шульман С.С. Зоогеографический анализ паразитов пресноводных рыб Советского Союза // Основные проблемы паразитологии рыб. М.:Л.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 184-231.

УДК 504.064.036+528.88

Состояние природно-техногенных экосистем Республики Тыва по данным наблюдений из космоса*Самбуу А.Д., Межекей А.М., Оксюлюк А.О., Калдар-оол А.Ю.*

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, sambuu@mail.ru

Аннотация. В Республики Тыва с развитием горно-добывающей отрасли усиливаются проблемы загрязнения окружающей среды. С 1964 функционирует комбинат «Туваасбест», 1970 г. – «Тувакобальт», 2015 г. введен в производство первый в республике крупный Кызыл-Таштыгский горно-обогатительный комбинат, детально разведано и подготовлено к эксплуатации Ак-Сугское медно-молибден-порфировое месторождение. Ввод в эксплуатацию крупных производств в Верхнем Енисее, имеющих большую экологическую ценность, создает дополнительные экологические и социальные риски, поэтому выявление на ранних этапах вредного влияния промышленных объектов является актуальной не только для Тувы с её большими перспективами освоения минеральных ресурсов, но и для Сибири в целом. В статье представлены результаты исследований 2000–2020 гг. по состоянию окружающей среды природно-техногенных экосистем Тувы, и по данным Landsat 7, 8. Показан индекс NDVI, который эффективно раскрывает результаты хозяйственной деятельности.

Digital technologies for assessing the state of natural and man-made ecosystems of the Republic of Tyva based on observations from space*¹Sambuu A.D., Mezhekey A.M., Oksuluk A.O., Kaldar-ool A.Yu.*

Tuvan Institute for exploration of natural resources SB RAS, Kyzyl, sambuu@mail.ru

Abstract. In the Republic of Tyva, with the development of the mining industry, the problems of environmental pollution are increasing. Since 1964, the Tuvaasbest plant has been operating, in 1970 – Tuvakobalt, in 2015, the first large-scale Kyzyl-Tashtyg mining and processing plant was put into production, the Ak-Sug copper-molybdenum-porphury deposit was explored in detail and prepared for operation. The commissioning of large production facilities in the Upper Yenisei, which are of great ecological value, creates additional environmental and social risks, so the identification of the harmful effects of industrial facilities at an early stage is relevant not only for Tuva with its great prospects for the development of mineral resources, but also for Siberia as a whole. The article presents the results of research in 2000-2020 on the state of the environment of natural and man-made ecosystems of Tyva, and according to Landsat 7, 8. The NDVI index is shown, which effectively reveals the results of economic activity.

Республика Тыва расположена в центре Азиатской части материка, имеет сложную орografiю. Это горная страна с высотными уровнями территории: низко-, средне- и высокогорья. Абсолютные высоты хребтов в республике колеблются в интервале 2400–3000 м над уровнем моря, самая высокая точка достигает 3970 м над уровнем моря (г. Монгун-Тайга). На территории республики горно-обогатительные комбинаты (ГОК) расположены на высотах от 900 до 1500 м над уровнем моря.

Горно-обогатительный комбинат «Туваасбест» был построен в 1964 г. в г. Ак-Довурак, в 308 км от г. Кызыл. Это одно из крупнейших в мире месторождений асбеста. Комбинат находится в степной зоне на западе республики у подножия южного макросклона хр. Кызыл-Тайга на высоте 900–1000 м над уровнем моря (51°10' с.ш. и 90°36' в.д.). В советский период комбинат выпускал более 140 тыс. т асбеста в год. В 2017 г. асбест добывался из руд балансового отвала (810 т). В настоящее время идет модернизация производства. В накопленных отвалах комбината сосредоточены большие объемы магния и кремния (Лебедев, 2018; Куулар, 2018). Источник загрязнения – пылевидные выбросы в зоне производства ГОК. Травяной покров на асбестовых отвалах развивается плохо, что выражается в запаздывании появления всходов, в незначительном росте надземной массы растений, в образовании слабой корневой системы и др.

Горно-обогатительный комбинат «Тувакобальт» расположен у северного макросклона хр. Восточный Танну-Ола на высоте 1060 м над уровнем моря (51°14' с.ш. и 93°65' в.д.). Функционировал в советский период с 1970 по 1991 гг. с производством медно-никель-кобальтового концентрата. В результате производственной деятельности комбината на отвалах скопилось огромное количество отходов. В пяти хвостохранилищах складировано более 1,5 млн м³ отходов гидрометаллургического передела руд (Лебедев, 2018; Гаськова, Бортникова, Бессонова, 2003). Отвалы (хвостохранилища) комбината «Тувакобальт» находятся приблизительно в 115 км от г. Кызыл в юго-западной части республики. При сравнении количеств вынесенных металлов водными и ветровыми потоками отмечено, что эоловый вынос вещества за время эксплуатации хвостохранилища – доминирующий механизм поступления элементов в окружающую среду. Содержание As и металлов в почве снижается до фонового уровня на удалении 5–10 км от хвостохранилищ в направлении преобладающего ветра. По направлению господствующих ветров установлено загрязнение мышьяком около 2 км.

Горно-обогатительный комбинат «Кызыл-Таштыгский» (ООО «Лунсин», КНР) на одноименном месторождении полиметаллических руд работает с 25 июня 2015 г. ГОК находится в 190 км от г. Кызыл в восточной части республики на хр. ак. Обручева на высоте 1500–1300 м над уровнем моря (52°04' с.ш. и 96°00' в.д.). На территории месторождения находится 47 рудных тел, объем балансовой руды составляет 12,920 млн т. Запасы свинца – 202,3 тыс. т, меди – 82,3 тыс. т, цинка – 1294,8 тыс. т. Проектная площадь ГОК – 480,9 га. В 2019 г. объем добычи составил 853,86 тыс. т руды (свинец, медь, цинк и др.). Основные источники загрязнения – карьеры с отвалами, хвостохранилище, обогатительная фабрика. Для хранения отходов предусмотрены отвалы вскрышных пород (объем отвалов почвенно-растительного грунта составил 136,25 тыс. м³, объем отвалов скальных пород – 252,789 тыс. м³, спецотвал серно-колчедановых руд – 14,5), а также хвостохранилище (годовой объем 7990 тыс. т на I этапе обработки и 822,9 – на II этапе) и полигон твердых бытовых отходов (объем складироваемых отходов до 10 000 м³). Общая площадь косвенного воздействия на компоненты ландшафта оценивается примерно в 100 км² (Лебедев и др., 2012).

При анализе данных наблюдения за состоянием растительного покрова широко используется вегетационный индекс *NDVI*. Информация в ближнем и видимом инфракрасном диапазоне зависит от цвета земной поверхности (отражательной и излучательной способности), что позволяет идентифицировать растительность и ее изменения. Нормализованный индекс растительности (*NDVI* – Normalized Difference Vegetation Index) определяется как нормализованная разность между значениями в ближней инфракрасной области (0,75–0,90 мкм для Landsat-7 и 0,845–0,885 мкм для Landsat-8) и в красном диапазоне видимого спектра (0,63–0,690 мкм для Landsat-5, 7 и 0,63–0,59 мкм для Landsat-8) (Rouse et al, 1974):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где *NIR*, *RED* – спектральные каналы.

Для растительного покрова индекс принимает положительные значения, причем, чем больше зеленая фитомасса, тем больше значение индекса. Значение индекса также зависит от видового состава растительности, ее состояния, сомкнутости и цвета почвы под разреженной растительностью. Согласно классификации, значения *NDVI*, лежащие в пределах 0,4–0,6 позволяют характеризовать растительность как промежуточную между густой и разреженной. Выявление и оконтуривание техногенных нарушений выполнялась вручную, поскольку применение автоматической векторизации в условиях мозаичности и мелкоконтурности ландшафтов и сообществ приводит к серьезным ошибкам. В работе использованы снимки спутника Landsat на: 24.05.1998, 17.07.2002, 28.07.2015, 28.05.2017. Обработка снимков и подсчет вегетационного индекса выполнялись с помощью программы ArcGIS 10.

Таким образом, в процессе решения прикладных задач удалось обосновать новые области приложений данных дистанционного зондирования при реализации технологий ГИС.

Изучению современного состояния отходов, их состава, возможности утилизации на территории Тувы посвящено достаточно работ. Установлено, что деградация земель в районе «Кызыл-Таштыгского» комбината происходит в результате вырубке кедрового леса на верхней границе леса, а в степной зоне происходят засоление и осолонцевание почв в окрестностях комбинатов «Туваасбест» и «Тувакобальт». Нами подробно изучены содержание тяжелых металлов (мышьяк, кобальт, никель, медь, свинец, кадмий, цинк) в отходах, водах, почвах и растениях прилегающих территорий хвостохранилищ комбината «Тувакобальт». Содержание этих элементов существенно превышают ПДК как в отходах, так и в почвах прилегающих территориях. Отметим, что опасные отходы горно-обогатительных комбинатов попадают в речную систему р. Енисей. Если будет чрезмерное загрязнение бассейна р. Енисей, то возможно, пострадают не только жители республики, но и жители городов и населенных пунктов, расположенных вдоль этой реки.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами горно-обогатительными комбинатами происходит по направлению преобладающего ветра и ливневыми дождями. Для талых и дождевых проточных вод, стекающих по логам с площади месторождения, характерно повышенное содержание рудных элементов. Соединения токсичных элементов во время ливневых дождей вымываются из почвенного покрова и подвергаются миграции. Во время паводков талые воды и воды временных дождевых потоков содержат до 10 и более ПДК As, что представляет опасность и для человека, и для животных. Это негативно влияет на состояние окружающей среды природно-техногенных ландшафтов, ведет к загрязнению почвы, рек и атмосферного воздуха. Почвы и растительность над рудными телами также насыщаются тяжелыми металлами. Для обеспечения безопасности жителей населенных пунктов, находящихся в окрестностях комбинатов «Туваасбест» и «Тувакобальт», необходим постоянный и дистанционный и экологический мониторинг состояния окружающей среды, проведение профилактического обследования жителей, рекультивация территорий с отвалами. Решение проблемы токсичности накопленных и накапливаемых отходов требует создания современного предприятия по их переработке с максимальным извлечением полезных компонентов и полной утилизацией вредных веществ. Функционирование комбината «Кызыл-Таштыгский» у истоков р. Енисей без качественных очистительных сооружений создает определенную экологическую опасность.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках темы Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН «Исследование растительных ресурсов и воспроизводства фитобиоты наземных экосистем Тувы и сопредельных трансграничных территорий, охрана и рациональное использование биоресурсов» (БИ-0307-2021-0003).

ЛИТЕРАТУРА

- Лебедев В.И. Полезные ископаемые Тувы и сопредельных территорий / отв. редактор доктор геол.-мин. наук, проф. А.С. Борисенко. Москва: Де' Либри, 2018. 490 с. ISBN 978-5-4491-0140-2.
- Куулар Х.Б. Индикация состояния окрестностей горно-обогатительных комбинатов Тувы по данным Landsat // Дистанционное зондирование и мониторинг земель. 265-694 с. 10.30533/0536-101X-2018-62-6-685-694
- Гаськова О.Л., Бортникова С.Б., Бессонова Е.П. Почвенные аномалии в районе хранилища отходов комбината «Тувакобальт», Хову-Аксы, Тыва // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2003. № 11. С 115–120.
- Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Бессонова Е.П. Геохимия техногенных систем. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2006. 169 с.
- Лебедев В.И., Прудников С.Г., Кальная О.И., Доможакова Е.А., Самбуу А.Д., Забелин В.И., Арчимаева Т.П., Андрейчик М.Ф., Балакина Г.Ф., Аюнова О.Д., Саая А.Д., Горбунов Д.П., Монгуш Ч.О. // Геоэкологическое состояние природной среды в районе Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения (Тува). Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. 178 с.
- Rouse J.W., Haas R.H., Shell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. 1. 10–14 December 1973. Washington. DC. 1 1974: 309–317.

УДК 581.55+58.02

**Эколого-географические сходства и различия
лесостепных сообществ Внутренней Азии***Санданов Д.В.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, sdenis1178@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ распределения основных экологических переменных на различных ключевых участках лесостепи Внутренней Азии. Характер распределения переменных является сходным с пространственной структурой растительности. Наиболее контрастные варианты ключевых участков характеризуются наиболее разнородными экологическими условиями.

**Eco-geographical similarities and differences within
forest-steppe communities of Inner Asia***Sandanov D.V.*

Institute of General and Experimental Biology of SB RAS, Ulan-Ude, sdenis1178@mail.ru

Abstract. Analysis of distribution of main ecological variables on different forest-steppe key sites in Inner Asia has been elaborated. Variables distribution is similar with spatial structure of vegetation. The most contrast key sites characterized by more wide ecological conditions.

Обширные экотоны зонального уровня представлены в субаридных регионах, где смыкаются лесная и степная зоны, образуя лесостепную зону Евразии. При этом, лесостепь Внутренней Азии характеризуется как уникальная по сложности в мировом масштабе вследствие орографических особенностей, резких различий в континентальности климата, а также разнотипности агроэкономических систем использования лесостепных ландшафтов (Банникова, 2003; Неронов, 2008).

В период с 2007 по 2016 гг. нами были проведены комплексные исследования по изучению состава и структуры лесостепных фитоценозов в различных регионах Внутренней Азии – юг Забайкалья и в провинции Внутренняя Монголия Китая (Liu et al., 2012; Anenkhonov et al., 2015; Санданов, Королюк, 2018). На различных ключевых участках проводились геоботанические описания, на основе которых оценивалась пространственная структура растительности с использованием метода «модель сопки» (Санданов, Королюк, 2015). Данный анализ показал, что в различных регионах Внутренней Азии можно выявить схожие варианты пространственной структуры на моделях сопок: гетерогенные, гомогенные и экологически «контрастные» (варианты экспозиционной лесостепи с высоким различием статусов увлажнения лесных и степных компонентов и четким разграничением фитоценозов между северными и южными склонами). Несмотря на различия во флористическом составе и условий увлажнения местообитаний анализируемые модели сопок характеризовались сходной структурой. Поэтому для дальнейшего анализа нами проведена оценка вариабельности экологических переменных для изученных ключевых участков. На основе точных географических координат для каждого описания были рассчитаны биоклиматические переменные BIOCLIM (Hijmans et al., 2005) и индексы ENVIREM (Title, Vemmels, 2018). Полученные данные в дальнейшем анализировались методом главных компонент.

Анализ 212 геоботанических описаний для трех ключевых участков на юге Бурятии показал, что ключевой участок Армак характеризуется наилучшими условиями увлажнения (рис. 1), что согласуется с данными моделей сопок (Санданов, Королюк, 2015). При этом векторы для других ключевых участков связаны с показателями температуры. Более контрастные условия на ключевом участке Хошун-Узур также связаны с более высокими значениями индекса континентальности.

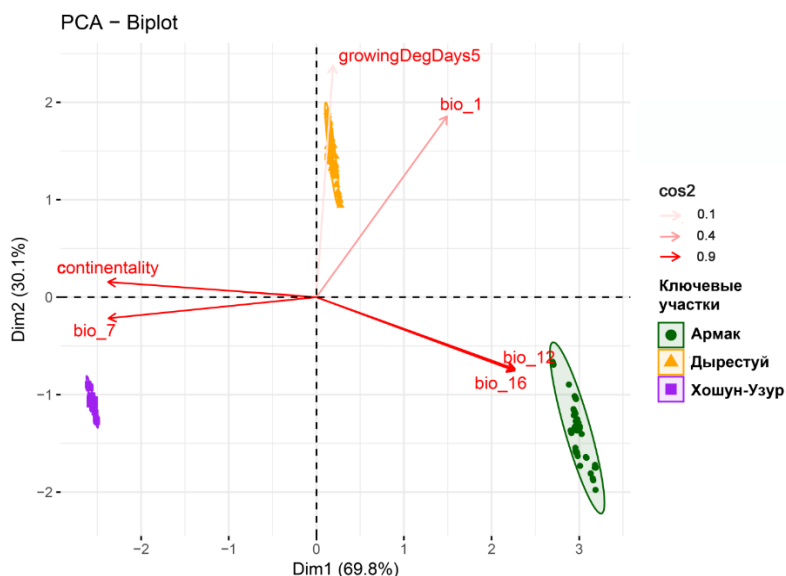


Рис. 1. Распределение растительных сообществ ключевых участков юга Бурятии на осях двух главных компонент

Обозначения: Стрелками указаны вектора экологических переменных. bio1 – среднегодовая температура, bio7 – годовая амплитуда температуры, bio12 – годовая сумма осадков, bio16 – сумма осадков во влажной четверти года, growingDegDays5 – сумма среднемесячных температур для месяцев со средней температурой выше 5 градусов, continentality – индекс континентальности.

В ландшафтах лиственничной лесостепи (ключевой участок Армак) различия во флористическом составе описаний в большей степени связаны с различиями в степени увлажнения местообитаний, тогда как в сосновой лесостепи (участки Дырестуй и Хошун-Узур) в распределении дифференцирующих групп видов ведущую роль играют другие экологические факторы. Проведенные нами исследования показали, что в ландшафтах сосновой лесостепи основными факторами, отвечающими за разнообразие и пространственную структуру растительного покрова, являются характеристики почв. В первую очередь это развитость почвенного профиля, степень каменистости и опесчаненности (Королюк и др., 2013). Важнейшей особенностью сосновой лесостепи на ключевом участке Дырестуй является то, что вне зависимости от экспозиции склона, местообитания характеризуются недостаточным увлажнением. Это приводит к тому, что в формировании растительности ведущая роль принадлежит степным ксерофитным растениям.

Оценка экологических условий ключевых участков юга Забайкальского края на основе 125 геоботанических описаний показала наибольшую увлажненность местообитаний ключевого участка Солонечное (рис. 2). Самый засушливый ключевой участок Кличка характеризовался узкими пределами экологических переменных и связан с векторами среднегодовой температуры и ежегодной эвапотранспирации. В противоположность этому «контрастный» ключевой участок Улей характеризовался высоким разбросом значений.

Анализ 230 геоботанических описаний на ключевых участках Внутренней Монголии выявил, что ключевой участок Хабага характеризуется самыми засушливыми местообитаниями. Наиболее влажные местообитания наблюдались для ключевого участка Улан-Потун (вектор годовой суммы осадков), тогда как на моделях сопок наибольшим увлажнением характеризовался ключевой участок Сиу (Санданов, Королюк, 2015). Для последнего характерна большая разнородность экологических условий, что и определяет его контрастность на моделях сопок.

В целом можно отметить, что характер распределения основных экологических переменных для большинства ключевых участках соответствует пространственной структуре растительности на моделях сопок. При этом наиболее «контрастные» варианты также характеризуются большим размахом экологических условий.

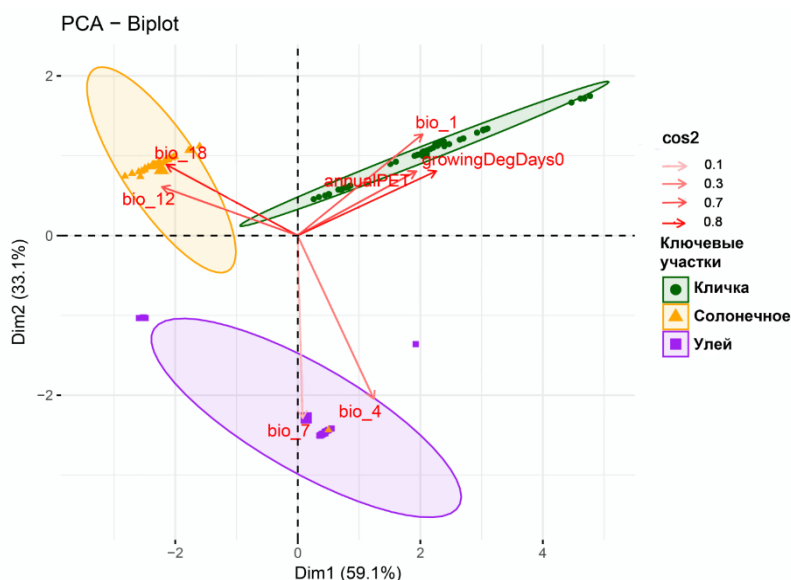


Рис. 2. Распределение растительных сообществ ключевых участков юга Забайкальского края на осях двух главных компонент

Обозначения: Стрелками указаны вектора экологических переменных. bio1 – среднегодовая температура, bio4 – стандартное отклонение температур, bio7 – годовая амплитуда температур, bio12 – годовая сумма осадков, bio18 – сумма осадков в самой теплой четверти года, growingDegDays0 – сумма среднемесячных температур для месяцев со средней температурой выше 0 градусов, annualPET – ежегодная потенциальная эвапотранспирация.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 18-44-030025 и в рамках государственного задания по теме № 121030900138-8.

ЛИТЕРАТУРА

- Банникова И.А. Лесостепь Внутренней Азии: структура и функция. М., 2003. 287 с.
- Неронов В.В. Зональные экотоны Северной Евразии: история изучения и структурно-функциональная организация // Успехи современной биологии. 2008. Т. 128, №1. С. 35–51.
- Королюк А.Ю., Намзалов Б.Б., Дулепова Н.А., Санданов Д.В. Фитоценотическое разнообразие и пространственная структура растительного покрова ландшафта сосновой лесостепи (бассейн р. Джиды, Республика Бурятия) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. №1 (21). С. 44–58.
- Санданов Д.В., Королюк А.Ю. Пространственная структура растительных сообществ лесостепного экотона Северо-Восточной Азии // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития: Мат-лы Международной конференции (8-12 сентября 2015 г., Улан-Батор, Монголия). Улан-Батор, 2015. Т. 1. С. 196-200.
- Санданов Д.В., Королюк А.Ю. Оценка гидротермических условий экспозиционной лесостепи Внутренней Азии на основе прямых и расчетных параметров // Экология и география растений и растительных сообществ: Мат-лы IV Межд. науч. конф. (г. Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.) Екатеринбург, 2018. С. 851–855.
- Anenkhonov O.A., Korolyuk A.Yu., Sandanov D.V., Liu H., Zverev A.A., Guo D. Soil-moisture conditions indicated by field-layer plants help identify vulnerable forests in the forest-steppe of semi-arid Southern Siberia // Ecological Indicators. 2015. Vol. 57. P. 196–207.
- Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2005. Vol. 25. P. 1965–1978.
- Liu H., He S., Anenkhonov O.A., Hu G., Sandanov D.V., Badmaeva N.K. Topography-controlled soil water content and the coexistence of forest and steppe in Northern China // Physical Geography. 2012. Vol. 33, No. 6. P. 561-573.
- Title P. O., Bemmels J. B. ENVIREM: An expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling // Ecography. 2018. Vol. 41, No. 2. P. 291–307.

УДК 582.736: 581.95

Демографическая структура ценоотических популяций редкого вида *Oxytropis Triphylla* в Забайкалье

Селютина И.Ю.¹, Санданов Д.В.², Пыжикова Е.М.³

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, selyutina.inessa@mail.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, sdenis1178@mail.ru

³Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, gp777@yandex.ru

Аннотация. По результатам проведенных исследований можно заключить, что изученные ценопопуляции *Oxytropis triphylla* неполноценные, нормальные, дефинитивные. Для ценоотических популяций из ненарушенных местообитаний характерны центрированные и левосторонние онтогенетические спектры, в местообитаниях с повышенной антропогенной нагрузкой формируются правосторонние спектры. Высокая доля генеративных особей в ценопопуляциях свидетельствует о наличии возможностей для успешного воспроизводства вида. Значительное увеличение антропогенной нагрузки ведёт к ухудшению состояния ценопопуляций – уменьшается процент особей прегенеративного периода, возрастает доля старых генеративных и сенильных особей, снижается популяционная плотность и жизнеспособность особей.

Demographic structure of coenotic populations of the rare species *Oxytropis Triphylla* in Transbaikalia

Selyutina I. Yu.¹, Sandanov D.V.², Pyzhikova E.M.³

¹Central Siberian botanical garden SB RAS, Novosibirsk, selyutina.inessa@mail.ru

²Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, sdenis1178@mail.ru

³Buryat State University, Ulan-Ude, gp777@yandex.ru

Abstract. According to the results of the conducted studies, it can be concluded that the studied coenopopulations of *Oxytropis triphylla* are incomplete, normal, and definitive. Cenotic populations from undisturbed habitats are characterized by centered and left-sided ontogenetic spectra, while right-sided spectra are formed in habitats with increased anthropogenic load. The high proportion of generative individuals in coenopopulations indicates that there are opportunities for successful reproduction of the species. A significant increase in the anthropogenic load leads to a deterioration of the condition of coenopopulations—the percentage of individuals of the pregenerative period decreases, the proportion of old generative and senile individuals increases, and the population density and vitality of individuals decreases.

Степные сообщества наиболее интенсивно используются в процессе хозяйственной деятельности и подвергаются чрезмерному выпасу, распашке и рекреационному воздействию. В результате чего степные виды *Oxytropis*, чей экологический и ценоотический оптимумы лежат в узких пределах, в первую очередь оказываются под угрозой исчезновения.

Oxytropis triphylla (Pall.) Pers – эндемик Байкальской Сибири, внесен в Красные книги Российской Федерации, Иркутской области и Республики Бурятия в статусе 3 (R) – редкий вид. Это степной вид с узкой экологической амплитудой, численность его популяций невелика, тенденции ее изменений не установлены. Основная часть ареала вида находится на западном побережье озера Байкал в пределах Ольхонского района Иркутской области. На восточном побережье Байкала вид представлен несколькими малочисленными популяциями.

Изучение эколого-ценоотической приуроченности и демографической структуры ценопопуляций (ЦП) редкого вида *Oxytropis triphylla* проводилось на территории Республики Бурятия в 2016–2020 гг для оценки состояния вида. При выделении возрастных состояний придерживались общепринятой методики (Ценопопуляции ..., 1976, 1988). Онтогенетическую структуру ценопопуляций (ЦП) анализировали по критерию дельта-омега Л.А. Животовского (2001). За счетную единицу принимали особь.

В результате анализа эколого-ценоотической приуроченности *Oxytropis triphylla* в природных условиях Забайкалья было установлено, что на исследованной территории вид при-

урочен к выходам карбонатных пород на склонах южной экспозиции крутизной от 2 до 32° и входит в состав петрофитных злаково-разнотравных, осоково-разнотравных, крылово-ковыльных, разнотравно-эфедровых, ковыльно-разнотравных и разнотравно-ковыльных степей. Общее проективное покрытие (ОПП) в этих фитоценозах варьирует от 20% до 80%, при этом проективное покрытие *O. triphylla* невысоко и составляет менее 1%. На территории Баянговского района вид также обитает на карбонатных склонах южной экспозиции крутизной от 2 до 15°, но в высшей степени своеобразных, кобрезиево-разнотравных, стоповидноосоково-кобрезиево-дриадовых, тоффиельдиево-кобрезиево-дриадовых и кобрезиево-остролодочниково-дриадовых сообществах. Эти своеобразные фитоценозы- «степоида» формируются на выходах известняков и доломитов в пределах лесного пояса и в своем составе имеют горно-степные, аркто-альпийские, степные и лесостепные виды (Пыжикова и др., 2020). ОПП в этих растительных сообществах составляет от 40 до 90% с высоким проективным покрытием *O. triphylla* – от 2 до 8%.

По результатам проведенных исследований онтогенетической структуры ЦП *O. triphylla* можно заключить, что изученные ценопопуляции *O. triphylla* – неполночленные, нормальные, дефинитивные. Из них 4 ЦП с центрированным типом спектра, 4 ценопопуляции с левосторонним типом спектра и 2 – с правосторонним. Во всех изученных ценопопуляциях высока доля генеративных особей (35,8 – 87,9%). С учетом показателей эффективной плотности (плотность генеративных растений на 1м²) от 0,2 до 2,4 ос/1м² это свидетельствует о наличии во всех изученных ценопопуляциях стабильной генеративной фракции, необходимой для успешного воспроизводства (таблица).

Таблица

Демографическая структура ценопопуляций *Oxytropis triphylla* (Pall.) Pers. на территории Бурятии

№ ЦП	Плотность		Мах: абсолютный, локаль кальный	Онтогенетическая структура (%), группа			Δ	ω	Тип ЦП	Наличие антропогенных нарушений
	Экологическая, экз. на 1м ²	Эффективная, экз. на 1м ²		<i>j, im, v</i>	<i>g1 - g3</i>	<i>ss, s</i>				
Сахули	1.4	0.9	g1	35.1	56.7	8.2	0.34	0.64	зреющая	–
Алла	0.9	0.4	im, g2	61.4	37.1	1.5	0.21	0.48	молодая	–
Унэгэтэй	1.3	0.9	g3, g1	11.8	74.5	13.7	0.51	0.70	зрелая	+
Удинск	0.8	0.6	g3, g1	11.5	68.9	19.6	0.56	0.69	стареющая	+
Инзагатуй 1	0.6	0.2	v, g2	60.2	35.8	3.6	0.24	0.55	зрелая	–
Инзагатуй 2	0.2	0.2	g2	14.3	80.9	4.8	0.43	0.84	молодая	–
Багдахали 1	1,5	1,1	j, g2	20	76	4	0,43	0,74	зрелая	–
Багдахали 2	3,3	2,4	g2	18,3	72,5	9,2	0,46	0,74	зрелая	–
Багдахали 3	1,3	1,0	j, g1	13,6	84,7	1,7	0,33	0,77	зреющая	–
Багдахали 4	1,8	1,5	g2	12,1	87,9	0	0,42	0,84	зрелая	–

Значительная доля прегенеративных особей в большинстве ЦП (11,5 – 61,4%) свидетельствует об интенсивном семенном возобновлении популяций и достаточно благоприятных условиях для выживания проростков и молодых особей. Доля особей постгенеративного периода в ценопопуляциях колеблется от 1,5% до 19,6% и связана с эколого-ценотической обстановкой и степенью антропогенного влияния на фитоценоз.

Установлено, что для ценотических популяций из ненарушенных местообитаний характерны центрированные и левосторонние онтогенетические спектры, в местообитаниях с повышенной антропогенной нагрузкой формируются правосторонние спектры. В большинстве ЦП высока доля особей самого продуктивного онтогенетического состояния – зрелого гене-

ративного, она составляет от 19,9 до 57,1%. В популяциях с повышенной антропогенной нагрузкой процент g2-особей ниже – 13,7 – 16,4%.

В качестве диагностического признака состояния ценопопуляций мы использовали соотношение между характерным спектром и спектром отдельной ЦП – если эти спектры совпадают, то в данных условиях устойчиво реализуется круговорот поколений вида и такое совпадение служит показателем устойчивого состояния ЦП. Для моноцентрических стержнекорневых трав с коротким периодом старения и низкой эффективностью семенного возобновления, к которым относится и *O. triphylla*, характерный спектр центрированный, с большой долей особей прегенеративного периода и низким процентом сенильных особей. Наиболее полно с характерным спектром совпадают онтогенетические спектры ценогенетических популяций из ненарушенных и малонарушенных местообитаний. Меньшее сходство показывают спектры ценопопуляций из более измененных фитоценозов (Удинск, Унэгэтэй).

В целом, состояние ценопопуляций *O. triphylla* можно охарактеризовать как благополучное. Для наглядной демонстрации этого факта, мы использовали диаграмму, которая показывает практически полное совпадение характерного и модального онтогенетических спектров (модальный спектр рассчитан, как среднее для 10-ти изученных ценопопуляций) (рисунок).

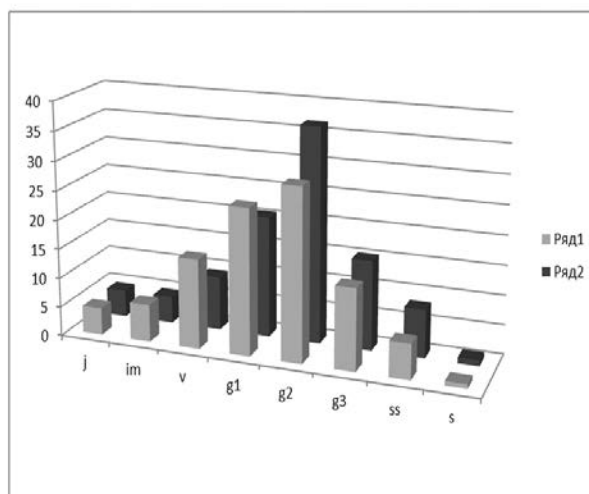


Рис. Соотношение характерного и модального спектров ЦП *O. triphylla*. По оси ординат – процент особей, по оси абсцисс – онтогенетические состояния; ряд 1 – модальный онтогенетический спектр, ряд 2 – характерный онтогенетический спектр

Усиление антропогенного воздействия приводит к ухудшению состояния ценопопуляций – уменьшается доля особей прегенеративного периода, увеличивается фракция старых генеративных и сенильных особей.

ЛИТЕРАТУРА

- Животовский Л.А. 2001. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. № 1. С. 3–7.
- Пыжикова Е.М., Цыренова М.Г., Селютина И.Ю. О кальцефитной флоре горы Белой (Северное Забайкалье) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2020. Т.19(2). С. 14-16.
- Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). 1976 / Под ред. А.А. Уранова и Т.И. Серебряковой. М. 215 с.
- Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). 1988 / Под ред. Т.И. Серебряковой и Т.Г. Соколовой. М. 182 с.

УДК 581.524 (470.3)

Пространственная структура и разнообразие компонентов экосистем горной лесостепи Западного Алтая (на примере Тигирекского заповедника)

Смирнова М.А.^{1,2}, Бочарников М.В.¹,

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, maxim-msu-bg@mail.ru

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, summerija@yandex.ru

Аннотация. Разнообразие, являясь фундаментальным свойством экосистем, определяет их устойчивость к антропогенному воздействию и изменению климата. В работе представлены результаты пространственного анализа и количественной оценки разнообразия экосистем горной лесостепи Западного Алтая для ключевого участка (7x4.5 км), выполненные на основе цифрового картографирования с применением многомерного анализа дистанционных данных и полевых описаний. Показано, что региональная специфика пространственной структуры лесостепных экосистем проявляется в доминировании кустарниковых луговых сообществ и разнотравных лугов на черноземах квазиглеевых, глинисто-иллювиальных и темногумусовых почвах, а также развитии лиственных лесов на склонах теневых экспозиций на серых почвах. Степные сообщества занимают менее 2% от всей территории. Экосистемы характеризуются высоким уровнем пространственного разнообразия; увеличение разнообразия почв приводит к линейному росту разнообразия растительности.

The spatial structure and ecosystem diversity of the Western Altai mountainous forest-steppe (a case study of Tigirekskiy nature reserve)

Smirnova M.A.^{1,2}, Bocharnikov M.V.¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, maxim-msu-bg@mail.ru

²V.V. Dokuchaev soil science institute, Moscow, summerija@yandex.ru

Abstract. Diversity, being a fundamental property of ecosystems, determines its resistance and sustainability to anthropogenic impact and climate change. The paper presents the results of spatial analysis and quantitative assessment of the ecosystem diversity of the mountain forest-steppe of West Altai (a case study of the 7x4.5 km site). Our research is based on digital ecosystem mapping using multivariate analysis of remote sensing data and field descriptions. It is shown that the regional specificity of the forest-steppe ecosystem spatial structure is the dominance of shrub meadow communities and forb meadows on Stagnic Chernozems and Stagnic Phaeozems, Regosols, as well as the development of larch forests on the slopes of shady exposures on Albic Luvisols. Steppe communities occupy less than 2% of the entire territory. Ecosystems are characterized by a high level of spatial diversity; an increase in soil diversity leads to a linear increase in vegetation diversity.

Разнообразие является базовым свойством экосистем, отражающим не только обилие, степень различия, пространственную организацию слагающих компонентов экосистем, но и их устойчивость к антропогенным нагрузкам и климатическим изменениям. Исследование направлено на пространственный анализ и количественную оценку разнообразия компонентов экосистем горной лесостепи Тигирекского заповедника (Алтайский край) на основе цифрового картографирования экосистем с применением многомерного анализа дистанционных данных и полевых описаний. Работа включала пять этапов: (1) сбор полевых данных о почвенном покрове и растительных сообществах в точках опробования на территории ключевого участка; (2) подбор факторно-индикационных характеристик ключевого участка на основе данных дистанционного зондирования Земли; (3) цифровое картографирование компонентов экосистем: почвенного покрова и растительности с использованием численных моделей почвенно- и растительно-ландшафтных связей; особенностей рельефа согласно цифровой модели рельефа; (4) составление карты экосистем; (5) количественную оценку разнообразия и анализ пространственной структуры компонентов экосистем горной лесостепи.

Полевые исследования проведены на территории Ханхаринского участка Тигирекского заповедника и прилегающей охранной зоны (Драгунское плато, лесостепной пояс Западного Алтая); размер ключевого участка равен 7x4.5 км. Перепад высот составляет 400 м (от 600 до 1000 м), рельеф сопочный, встречаются террасовидные слабонаклонные площадки и плако-

ры, прорезанные долинами малых рек. Среднегодовое количество осадков составляет около 600 мм/год, температура июня +17° С, января - -15°С. В качестве почвообразующих пород выступают лессовидные суглинки, щебнистые делювиальные отложения, элювий карбонатных пород (Давыдов и др., 2011).

Результатами полевых исследований явились описания почв и растительности ключевого участка в 93 и 64 точках соответственно. Исследованные почвы представлены 8 таксонами: литоземами (20 точек), темногумусовыми метаморфизованными (12 точек), темногумусовыми глеевыми (11 точек), черноземами глинисто-иллювиальными (Чги, 16 точек), черноземами (10 точек), черноземами квазиглеевыми (10 точек), темно-серыми почвами (6 точек), и стратоземами (7 точек). Типологическое разнообразие растительных сообществ насчитывает 12 типологических подразделений уровня формаций и представлено светлохвойными и мелколиственными лесами (лиственничными (*Larix sibirica*), березовыми (*Betula pendula*) и осиновыми (*Populus tremula*); 8 точек), разнотравными лугами (костровыми (*Bromus squarrosus*), вейниковыми (*Calamagrostis arundinacea*), ежовыми (*Dactylis glomerata*); 24 точки), кустарниково-луговыми и лугово-степными сообществами (карагановыми (*Caragana arborescens*), кизильниковыми (*Cotoneaster melanocarpa*), шиповниковыми (*Rosa acicularis*) и спирейными (*Spiraea crenata*, *S. trilobata*); 27 точек) и луговыми степями (стоповидноосоковыми (*Carex pediformis*) и овсецовыми (*Helictotrichon altaicum*); 5 точек).

В качестве факторно-индикационных характеристик было использовано более 60 морфометрических параметров рельефа (рассчитаны по цифровой модели рельефа SRTM) и значений различных спектральных индексов, полученных на основе материалов многозональных снимков системы Landsat-8 (с датами съемки 15.06.2014, 11.08.2014 и 10.02.2015) и Landsat-5 (дата съемки 13.10.2011).

Цифровое картографирование почвенного покрова и растительности проведено методом линейного дискриминантного анализа с пошаговым отбором предикторов (Digital...2008). В качестве значимого фактора, обуславливающего пространственную дифференциацию параметров почв и растительности, выявлена абсолютная высота; для почв дополнительными значимыми факторами явились угол наклона склона, экспозиция и значения показателя яркости (Landsat 5, октябрь 2011); для растительности - расширенный вегетационный индекс ((Landsat 8, август 2014)), показатель влажности (Landsat 8, август 2014) и яркости (Landsat 8, февраль 2015). Пользовательская точность численных моделей (т.е. доля совпадения предсказанной по модели категории почв/растительности и фактической) оказалась равной 64% для модели почвенно-ландшафтных связей и 73% для модели растительно-ландшафтных связей. На основании цифровой модели рельефа выделено 12 категорий, отличающихся экспозицией (световая, теневая и нейтральная (западная и восточная)) и углом наклона склона (плоские поверхности (0 – 3°), пологие склоны (3 – 8°), склоны средней крутизны (8 – 15°) и крутые склоны (более 15°)).

Цифровая карта экосистем получена путем наложения карт почв, растительности и рельефа и последующим объединением категорий с учетом возможных вариантов сочетаний компонентов, занимаемых экосистемами площадей и экспертной оценкой их разнообразия. Легенда карты содержит 35 наименований. Полученная карта экосистем согласуется с существующими представлениями о компонентном составе и особенностях пространственной организации экосистем горной лесостепи Западного Алтая (Почвы Алтайского..., 1959; Огурева, 1980), а также характеризуется высокой степенью соответствия с опубликованной крупномасштабной ландшафтной картой, составленной Золотовым и Черных (2015) экспертным методом на этот участок.

Доминирование мезофильных луговых и кустарниковых сообществ на комбинациях почв с преобладанием черноземов глинисто-иллювиальных, черноземов квазиглеевых темногумусовых почв обусловлено региональной специфичностью разнообразия и пространственной структуры экосистем в условиях влажного климата наветренной части Алтая. В пределах ключевого участка наибольшие площади заняты карагановыми сообществами на комбинациях темногумусовых глеевых почв и черноземов квазиглеевых. Вместе с ежовыми и костро-

выми разнотравными лугами, формирующимися на комбинации черноземов глинисто-иллювиальных и черноземов квазиглеевых, эти экосистемы занимают более 50% от площади всего ключевого участка. Светлохвойные леса (около 13% от площади участка), занимающие преимущественно склоны теневых экспозиций, формируются на комбинациях с высокой долей серых почв. Мелколиственные леса локализованы на склонах нейтральных экспозиций, занимают небольшие участки (около 2%) и формируются, преимущественно, на темногумусовых почвах и литоземах. Луговые степи занимают наименьшую площадь на ключевом участке. Овсцовые степи формируются на комбинации почв с участием черноземов, темногумусовых почв и литоземов на склонах небольшой крутизны (менее 8°); стоповидноосоковые приурочены к склонам большей крутизны (более 8°) и бескарбонатным почвам (комбинации черноземов глинисто-иллювиальных и квазиглеевых).

Количественная оценка пространственного разнообразия почв, растительности и экосистем лесостепи Западного Алтая проведена на основе показателей относительного разнообразия Шеннона и Симпсона, рассчитанными методом скользящего окна с радиусом 200 м. В целом, исследованные экосистемы характеризуются высоким уровнем пространственного разнообразия, значения индексов Шеннона достигают 2.3, Симпсона – 0.9. Разнообразие растительного покрова при сопряженном рассмотрении с разнообразием компонентов почвенного покрова обнаруживает прямо пропорциональные зависимости: с увеличением пространственного разнообразия почв происходит линейное возрастание разнообразия компонентов растительности. Формирование экосистемного разнообразия горной лесостепи является результатом влияния большого числа факторов, не ограничивающихся особенностями строения рельефа. Так, количественные показатели пространственного разнообразия экосистем не обнаруживают достоверной связи с абсолютной высотой, углом наклона и экспозицией склона. Это может быть обусловлено двумя группами факторов. Первая группа связана с природными предпосылками формирования разнообразия сложного по структуре лесостепного пояса. Латеральная дифференциация экологических условий, которая определяет формирование катенарной структуры экосистем, характеризует смену экосистем от верхней к нижней частям склонов. Она имеет свою специфичность в зависимости от различных показателей склонов (экспозиция, крутизна, кривизна поверхности), характера подстилающих пород. Вторая группа определяется историей развития территории, изменением климата и антропогенной нагрузкой (влияние сельскохозяйственной деятельности до образования заповедника) и различной сенсорностью и рефлексорностью компонентов экосистем по отношению к изменениям окружающей среды. Все это усложняет поиск связей между параметрами экосистемного разнообразия лесостепного пояса Западного Алтая и возможными факторами, его определяющими.

Благодарность. Работа выполнена за счет гранта Президента Российской Федерации МК-1133.2020.5

ЛИТЕРАТУРА

- Давыдов Е.А., Бочкарева Е.Н., Черных Д.В. Краткая характеристика природных условий Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2011. вып. 4. С 7-19.
- Почвы Алтайского края. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 382 с.
- Огуреева Г.Н. Ботаническая география Алтая. М.: Наука, 1980. 192 с.
- Черных Д.В., Золотов Д.В. Ландшафтная структура Ханхаринского, Тигирекского участков и охранной зоны Государственного природного заповедника «Тигирекский» // Известия Алтайского отделения РГО. 2015. №2(37). С. 16 – 28.
- Digital soil mapping with limited data / A. Hartemink, A. McBratney, L.M. Mendosa-Sanyos (Eds). Springer. 2008. 445 p.

УДК 57.088.3 + 57.037 + 57.042.2

Стабильность экосистем: микроорганизмы-деструкторы устойчивых поллютантов и микроорганизмы-продуценты биологически-активных соединений

Соляникова И.П.^{1,2}, Травкин В.М.¹, Ляховченко Н.С.¹, Авакова А.И.¹,
Муродуллаев Д.¹, Артемьева И.А.¹, Сузина Н.Е.²

¹Белгородский национальный исследовательский университет, Белгород, Solyanikova@bsu.edu.ru

²Институт биохимии и физиологии микроорганизмов ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пушкино,
innas@ibpm.pushchino.ru

Аннотация. Микроорганизмы играют важную роль в круговороте веществ, очистке окружающей среды от загрязнений и поддержании стабильности экосистем. В данной работе рассматривается способность почвенной микрофлоры разлагать ароматические соединения, контролировать рост фитопатогенных бактерий и грибов и синтезировать вторичные метаболиты, обладающие антимикробной активностью. Полученные результаты указывают на способность экосистем к саморегуляции и самовосстановлению благодаря свойствам входящих в их состав микрофлоры.

Ecosystem stability: microorganisms-destructors of persistent pollutants and microorganisms-producers of biologically active compounds

Solyanikova I.P.¹, Travkin V.M.¹, Lyakhovchenko N.S.¹,
Avakova A.V.¹, Murodullaev D.¹, Artemyeva I.A.¹, Suzina N.E.²

¹Belgorod National Research University, Belgorod, Solyanikova@bsu.edu.ru

² Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Federal Research Center PSCBR RAS,
Pushchino, innas@ibpm.pushchino.ru

Abstract. Microorganisms play an important role in the cycle of substances, cleaning the environment from pollution and maintaining the stability of ecosystems. This work examines the ability of soil microflora to decompose aromatic compounds, control the growth of phytopathogenic bacteria and fungi, and synthesize secondary metabolites with antimicrobial activity. The results obtained indicate the ability of ecosystems to self-regulate and self-heal due to the properties of the microflora included in their composition.

В результате практической деятельности человека из различных антропогенных источников в окружающую среду постоянно попадают и распространяются по экологическим нишам новые загрязняющие вещества (Gavrilescu et al., 2015; Deblonde et al., 2011; Bruce et al., 2015). Так, в рамках директивы 2000/06/СЕ по водным ресурсам ЕС составлен список из 33 приоритетных веществ или групп веществ. В этот список включены металлы, пестициды, фталаты, полициклические ароматические углеводороды и соединения, разрушающие эндокринную железу (Deblonde et al., 2011; Bruce et al., 2015). Загрязняющие вещества могут быть подвижными и устойчивыми к разложению в воздухе, воде, почве, осадках даже при низких концентрациях. Помимо этих вновь поступающих соединений, немалую угрозу для экологического здоровья представляют и те поллютанты, которые попали в окружающую среду ранее и, благодаря своей стабильности, продвигаясь по экологическим нишам, накапливаются в разных эпитопах. К таким соединениям относятся (хлор)бифенилы, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), компоненты нефти, хлорированные производные различных ароматических соединений и многие другие.

В настоящее время разработано множество технологий обезвреживания загрязненных участков, самыми перспективными из которых являются методы, в основе которых лежит использование метаболического потенциала бактерий различных таксономических групп. Общепризнанными лидерами среди бактерий-деструкторов устойчивых поллютантов являются представители таких родов, как *Pseudomonas* и *Rhodococcus* (Cappelletti et al., 2020).

Вместе с тем, накопленные данные показывают, что значительным деградативным потенциалом обладают и почвенные микроорганизмы, относящиеся к таким родам, как *Nocardia*, *Gordonia*, *Sphingomonas*, *Stenotrophomonas* и многие другие. Например, представители рода *Sphingomonas* способны, также как и родококки, выживать при низких концентрациях питательных веществ. Для представителей обоих родов характерна способность использовать широкий круг органических соединений в качестве источника углерода, что указывает на перспективность использования бактерий этих родов в биотехнологиях очистки окружающей среды. Долгое время оставался не охарактеризованным деградативный потенциал бацилл и эти бактерии не рассматривались как перспективные в плане промышленного применения в процессах биологической очистки загрязненных земель и стоков, хотя в отдельных работах сообщалось о способности представителей этого рода использовать в качестве ростовых субстратов такие соединения, как линейные и полициклические углеводороды (ПАУ), в том числе и при высокой температуре (Feitkenhauer et al., 2003), крезол, трансформировать галофенолы, что свидетельствовало о большом биодеградативном потенциале бацилл. Исследования последних лет показали, что представители рода *Bacillus* могут быть источником биотехнологически ценных метаболитов и ферментов (Liu et al., 2013) и способны разлагать широкий круг токсичных и устойчивых соединений, среди которых значительным спектром представлены галоген-замещенные и нитроароматические соединения. А способность представителей этого рода синтезировать поверхностно-активные вещества и антимикробные агенты позволяет рассматривать бацилл как источник ценных вторичных продуктов (Zhang et al., 2020).

Целью данной работы было выделение почвенных микроорганизмов из зоны интенсивного земледелия и исследование некоторых их свойств, таких как способность разлагать поллютанты, способность контролировать рост фитопатогенных бактерий и грибов, способность синтезировать биотехнологически-значимые соединения, такие как ферменты, пигменты и антибиотики.

Проведенные исследования позволили выделить микроорганизмы, обладающие искомыми свойствами. Так, выделен ряд актинобактерий, способных к деструкции бензоата как модельного соединения, отражающего способность микроорганизмов разлагать ароматические соединения. По способности синтезировать пигменты были отобраны продуценты вторичных метаболитов. Было показано, что культуральная жидкость, полученная при выращивании ряда штаммов в богатой среде Лурия-Бертани, проявляла выраженный антимикробный эффект. На рисунке представлены данные по подавлению роста *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* VKM Ac-1403 культуральной жидкостью некоторых из выделенных бактерий.



Рис. Antifungal activity of the soil strains 102, 103, 104, 106, and 108 towards *Clavibacter michiganensis*

Таким образом, полученные результаты указывают на перспективность дальнейшего поиска штаммов, проявляющих выраженные антимикробные свойства. Данные штаммы могут быть использованы как продуценты природных соединений многоцелевого назначения.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 19-54-80003

ЛИТЕРАТУРА

- Cappelletti M., Presentato A., Piacenza E., Firrincieli A., Turner R.J., Zannoni D. Biotechnology of *Rhodococcus* for the production of valuable compounds // *Applied Microbiology and Biotechnology* (2020) 104:8567–8594
- Deblonde T., Cossu-Leguille C., Hartemann F. Emerging pollutants in wastewater: A review of the literature // *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2011. Vol. 214. P. 442–448.
- Feitkenhauer H., Müller R., Märkl H. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and long chain alkanes at 60-70 °C by *Thermus* and *Bacillus* spp. // *Biodegradation*. 2003. Vol. 14. P. 367–372.
- Gavrilescu M., Demnerová K., Amand J. et al. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation // *New Biotechnology*. 2015. Vol. 32. No 1. P. 147-156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2014.01.001>
- Liu L., Liu Y., Shin H., Chen R. R., Wang N. S., Li J., Du G., Chen J. Developing *Bacillus* spp. as a cell factory for production of microbial enzymes and industrially important biochemicals in the context of systems and synthetic biology // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2013. V. 97. P. 6113–6127.
- Petrie B., Barden R., Kasprzyk-Hordern B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring // *Water research*. 2015. Vol. 72. P. 3-27.
- Zhang X., Guo X., Wu C., Li C., Zhang D., Zhu B. Isolation, heterologous expression, and purification of a novel antifungal protein from *Bacillus subtilis* strain Z-14 // *Microb Cell Fact.* 2020. Vol. 19. P. 214. <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01475-1>

УДК 595.122.1

Моногенеи рыб водоемов бассейна оз. Байкал

Сондуева Л.Д., Бурдуковская Т.Г.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, sondl@mail.ru

Аннотация. В работе приводится видовой состав моногеней от 18 видов рыб оз. Байкал и некоторых водоемов и водотоков его бассейна. Девять из тридцати обнаруженных видов, ранее в этих водоемах не отмечались.

Monogenea of fish of watershed Lake Baikal

Sondueva L.D., Burdukovskaya T.G.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, sondl@mail.ru

Abstract. The work presents the species composition of monogeneans from 18 species of fish from Lake Baikal and some reservoirs and watercourses of its basin. Nine of the thirty species discovered earlier in these reservoirs were not recorded.

Моногенеи (Monogenea (Van Beneden, 1858) Burchowsky, 1937) – моногенетические сосальщики – наиболее многочисленный по видовому разнообразию класс паразитических плоских червей (Plathelminthes).

К настоящему времени в оз. Байкал и его бассейне известен 61 вид моногеней (Вознесенская, 1968, 1974; Пронин, 1975; Хохлова, 1985; Русинек, 2007).

Видовой состав паразитов оз. Байкал обобщен в монографии О.Т. Русинек (2007), моногенеи в котором насчитывают 53 вида.

В озере Гусиное Гусино-Убукунской системы Н.Г. Вознесенской (1968) в результате гельминтологического исследования промысловых видов рыб у окуня, амурского сазана и плотвы были обнаружены *Dactylogyrus extensus*, *Diplozoon paradoxum*, *Ancyrocephalus paradoxus*; в оз. Котокель у окуня и плотвы – *A. paradoxus* и *Diplozoon paradoxum*. Дальнейшие исследования на оз. Гусиное и Щучье выявили 15 видов моногеней (Вознесенская, 1974): *Ancyrocephalus percae*, *A. varicus*, *A. infundibulovagina*, *A. curvilamellis f. typica*, *A. curvilamellis f. obscura*, *A. mediacanthus*, *A. magnicirrus*, *A. botulovagina*, *Dactylogyrus extensus*, *D. crucifer*, *D. vastator*, *D. similis*, *Diplozoon sp.*, *D. homoion*, *D. nipponicum*.

Прониным Н.М. при исследовании паразитофауны промысловых рыб Ивано-Арахлейских озёр в 1966-1970 гг. было обнаружено 70 видов паразитов (Пронин, 1975), из них 7 – класса моногеней. Так, у окуня обнаружены *Ancyrocephalus percae*, *Gyrodactylus longiradix*, у карася – *Dactylogyrus arguatus*, *D. dulkeiti*, *D. intermedius*, *Gyrodactylus spostonae*, *G. medius*. Дактилогирусы плотвы оз. Б. Ундугун и гиродактилусы ельца оз. Иван и Шакша не определены до вида.

Данные по моногенеям рыб Еравно-Харгинских озёр приведены в работе по исследованию паразитофауны рыб оз. Щучье по материалам комплексной экспедиции 1981-1982 гг. (Хохлова, 1985) У плотвы было зарегистрировано три вида дактилогирусов: *D. nanus*, *D. crucifer*, *D. vistula*, у щуки – *Tetraonchus monenteron*, у окуня – *Gyrodactylus sp.*

В период с 1999 г. по 2019 г. нами исследовано 18 видов рыб (плотва, елец, лещ, язь, сазан, карась, голянь, ёрш, сом, окунь, щука, песчаная, плоскоголовая, большая широколобкая, баунтовский сиг, хариус, сиг озёрный, сиг-пыжьян) из водоемов и водотоков бассейна оз. Байкал: оз. Байкал (Чивыркуйский залив, Истоминский сор, Посольский сор), р. Селенга (включая протоки дельты), рр. Баян-Гол, Темник, оз. Гусиное, Котокельское, Щучье (Гусино-Убукунская система), Еравно-Харгинская озёрно-речная система (оз. Сосновое, Б. Еравное, Гунда, Щучье, Исинга, р. Шара-Горхон), оз. Аллинское (верховье р. Баргузин).

В данной работе приводится видовой состав моногеной на основе собственных данных, дополняющий ранее известный список следующими видами: *Dactylogyrus suecicus*, *D. micracanthus*, *D. rarissimus*, *D. mrazeki*, *D. crassus*, *Gyrodactylus cotti*, *G. barbatuli*, *Cleidodiscus brachus*, *T. borealis f. tipica*.

В результате проведенных исследований обнаружено 30 видов, относящихся к 8 родам, 5 семействам (табл.). Два вида из них (*Dactylogyrus colonus*, *Gyrodactylus baikalensis*) являются эндемиками Байкала, паразитируют на байкальских эндемичных рогатковых рыбах сем. Cottidae (Bonaparte, 1831). Виды *Gyrodactylus elegans* и *Silurodiscoides* sp. завезены с амурскими видами рыбами (лещ, амурский сом) в процессе их акклиматизации в водоёмах бассейна оз. Байкал.

Таблица

Видовой состав моногеной рыб бассейна оз. Байкал

	Таксон	Хозяин	Место находки
1	2	3	4
Сем. Dactylogyridae			
1	<i>Dactylogyrus crucifer</i>	плотва, лещ	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система), оз. Сосновое, оз. Б. Еравное, оз. Гунда, оз. Щучье (Еравно-Харгинская система), оз. Аллинское
2	<i>D. suecicus</i>	плотва	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система), оз. Б. Еравное, Гунда, Щучье (Еравно-Харгинская система), оз. Аллинское
3	<i>D. sphyrna</i>	плотва	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система), оз. Баунт, Щучье (Еравно-Харгинская система), оз. Аллинское (верховье р. Баргузин)
4	<i>D. similis</i>	плотва	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система)
5	<i>D. micracanthus</i>	плотва, елец, язь	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система)
6	<i>D. rarissimus</i>	плотва	оз. Гусиное
7	<i>D. yinwenyingae</i>	елец, язь	оз. Байкал, р. Селенга
8	<i>D. cordus</i>	елец	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система)
9	<i>D. tuba</i>	елец, язь	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система), р. Баргузин
10	<i>D. extensus</i>	сазан	оз. Байкал, р. Баргузин, оз. Котокельское
11	<i>D. molnari</i>	сазан	р. Баргузин
12	<i>D. mrazeki</i>	сазан	р. Баргузин
13	<i>D. intermedius</i>	карась	оз. Байкал, оз. Гусиное, оз. Цайдам
14	<i>D. crassus</i>	карась	оз. Байкал, оз. Цайдам
15	<i>D. dulkeiti</i>	карась	оз. Байкал, оз. Гусиное
16	<i>D. minutus</i>	карась, сазан	оз. Байкал, оз. Гусиное, оз. Цайдам
17	<i>D. baueri</i>	карась	оз. Байкал, оз. Гусиное
18	<i>D. phoxini</i>	гольян	оз. Карасиное, р. Селенга р. Шара-Горхон, р. Баян-Гол
19	<i>D. colonus</i>	плоскоголовая широколобка, большая широколобка	оз. Байкал

1	2	3	4
Сем. Ancyrocephalidae			
20	<i>Ancyrocephalus percae</i>	окунь	оз. Байкал, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Исинга
21	<i>Silurodiscooides</i> sp.	сом амурский	оз. Гусиное
22	<i>Pellucidhaptor merus</i>	гольян	р. Темник
23	<i>Cleidodiscus brachus</i>	гольян	р. Шара-Горхон
Сем. Tetraonchidae			
24	<i>Tetraonchus monenteron</i>	щука	оз. Байкал, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Аллинское
25	<i>T. borealis</i> f. <i>tipica</i>	хариус	оз. Байкал
Сем. Gyrodactylidae			
26	<i>Gyrodactylus cotti</i>	песчаная широклобка	оз. Байкал
27	<i>G. baicalensis</i>	песчаная широклобка	оз. Байкал
28	<i>G. elegans</i>	лещ	оз. Котокельское, р. Баргузин
29	<i>G. barbatuli</i>	голец	р. Селенга
Сем. Diplozoidae			
30	<i>Paradiplozoon homoioides</i>	плотва, елец	оз. Байкал, р. Селенга, оз. Гусиное, оз. Котокельское, оз. Щучье (Гусино-Убукунская система), оз. Аллинское

Работа выполнена в рамках темы государственного задания (регистрационный номер 121030900141-8).

ЛИТЕРАТУРА

- Вознесенская Н. Г. Гельминтофауна рыб озера Гусиное // Тр. Бур. научн. - произв. вет. лаб., 1968. Вып. 2. С. 159-163.
- Вознесенская Н. Г. Гельминты рыб Гусино – Убукунской системы озёр и их эпизоотологическое значение // Мат. I респ. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 1974. С. 106 – 112.
- Пронин Н. М. Паразитофауна окуня, плотвы, ельца и карася Ивано – Арахлейских озёр // Зоологические исследования в Забайкалье. – Улан-Удэ, 1975. С. 38 – 57.
- Русинек О.Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2007. 571 с.
- Хохлова А. Н. Паразитофауна рыб оз. Щучье Еравно – Харгинской озёрной системы // Гидробиология и гидропаразитология Прибайкалья и Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1985. С. 68 – 78.

УДК 631.416

Фракционный состав меди в аллювиальной дерновой почве*Сосорова С.Б.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, soelma_sosorova@mail.ru

Аннотация. Изучены формы соединений Cu в аллювиальных дерновых почвах на основе последовательного химического фракционирования по измененной схеме Тессьера.

Установлено, что большая часть элемента закреплена в составе прочносвязанных соединений. При загрязнении свинцом соотношение форм Cu в почве менялось незначительно, отмечалось повышение ее подвижных фракции.

Fractional composition of copper in alluvial turf soil*Sosorova S.B.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS? Ulan-Ude, soelma_sosorova@mail.ru

Abstract. The forms of Cu compounds in alluvial sod soils were studied on the basis of sequential chemical fractionation according to the modified Tessier scheme.

It is established that most of the element is fixed in the composition of strongly bonded joints. When lead was contaminated, the ratio of Cu forms in the soil changed slightly, and an increase in its mobile fractions was noted.

Введение. Показателями состояния химических элементов в почвах служат содержание и соотношение их соединений. Поэтому изучение состава соединений тяжелых металлов (ТМ) в почвах имеет большое значение для исследования закономерностей загрязнения почв, механизмов закрепления ионов ТМ почвенными компонентами, возможности миграции в другие компоненты биосферы (Панин, Калентьева, 2009).

Актуальность исследования состава соединений ТМ в почвах и механизмов их трансформации растет в связи с необходимостью получения адекватной оценки сегодняшнего состояния загрязненных почв, прогноза их изменения, поиска путей их улучшения.

Отсутствует информация по изучению поведения ТМ в почве после их внесения в нее в виде легкорастворимых соединений для почв, сформированных, в условиях резко континентального климата Республики Бурятия.

В этой связи целью нашего исследования было изучение фракционного состава ТМ, в частности, меди в аллювиальных дерновых почвах.

Материалы и методы. Исследовали образцы верхних горизонтов аллювиальных дерновых почв (Иволгинский район, пригород г. Улан-Удэ, координаты N51.7846, E107.4777, разрезы расположены недалеко друг от друга). Выбор данных типов почв обусловлен их значимостью в сельском хозяйстве. Образцы почв отбирали на участках, не подверженных значительному техногенному воздействию.

Некоторые свойства исследуемых почв приведены в таблице 1.

В образцах определили следующие показатели: содержание гумуса по методу Тюрина со спектрофотометрическим окончанием, рН водной суспензии – потенциометрически со стеклянным электродом, содержание обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Валовое содержание и концентрация обменной меди определены атомно-эмиссионным методом (КХА ИСР-анализ) на спектрометре “SPECTRO ARCOS” по ПНД Ф. 16.1:2.3.:3.11-98.

Таблица 1

Агрохимические свойства почв и валовое содержание тяжелых металлов

Почва	Разрез, горизонт	Глубина, см	pH _{вод}	Гумус, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu, мг/кг	
					мг/экв на 100 г.		валовое	обменная
ААД	1И-18, A _{пах}	0-25(45)	7,2	1,51	9,6	14,4	41,9	0,29
	A _{пах} B	25(45)-60	7,1	0,43	4,2	6,3	29,8	0,26
АД	2И-18, А	0-15	7,5	1,08	11,8	11,8	29,4	0,29
	В	15-26(29)	7,6	0,20	6,2	4,1	33,1	0,17

Примечание. ААД-агроаллювиальная дерновая почва, АД-аллювиальная дерновая почва.

Исследовали пробы почвы незагрязненные, а также загрязненные в лабораторных условиях. Для моделирования моноэлементного загрязнения нитрат Pb в виде водного раствора вносили в почву, пропущенную через сито 1мм, в количестве 1 ммоль/кг в соотношении почва-раствор 1:10. Время взаимодействия водного раствора нитрата свинца с почвой составляло 24 часа. По окончании взаимодействия с ТМ почву сушили до воздушно-сухого состояния и выделяли формы ТМ методом последовательной экстракции из одной навески почвы. В полученных вытяжках определяли содержание ТМ методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Shimadzu» серии AA-7000 производства Япония.

Для последовательного химического фракционирования Cu применялась схема Тессьера в модификации (Цыплакова и др., 2010), включающая пять последовательных этапов (табл. 2). Первые две фракции являются наиболее подвижными, слабо связанными с ППК и способны переходить в почвенный раствор достаточно легко по сравнению с тремя остальными.

Таблица 2

Схема последовательного фракционирования Cu

Этап	Схема десорбции для воздушно-сухой навески (соотношение почва : экстрагент 1:10)	Извлеченные формы ТМ
1. Солевая вытяжка	1 М хлорид калия, pH 7	Катионообменные
2. Кислотное растворение	Ацетатноаммонийная вытяжка, pH 4.8	Карбонатные, физически (специфически) сорбированные
3. Редуцирующий этап	0.04 М раствор гидроксиламина с добавлением 25% раствора уксусной кислоты до pH 2, t-96±3°C	Связанные с оксидами железа и марганца
4. Окислительный этап	0,02 М раствор HNO ₃ и 30% раствор H ₂ O ₂ , доведённые до pH 2 добавлением HNO ₃	Сорбированные на гумусовых кислотах
5. Остаточный этап	Царская водка	Связанные с негидролизруемыми комплексами

Результаты и обсуждение. Валовое содержание Cu и её обменных форм в исследуемых почвах было невелико, что соответствует отсутствию загрязнения (табл. 1).

Результаты определения фракционного состава Cu в почвах приведены на рисунке, где показаны процентные доли её выделенных фракций от суммы.

Главной особенностью фракционного состава соединений Cu и других ТМ в исследуемых почвах являлось значительное преобладание остаточной фракции над всеми остальными, что позволяет предположить ведущую роль глинистых минералов в закреплении элементов в почве.

Установлено, что до 90 % ионов Cu находилось в почве в малоподвижном состоянии. Наименьшее количество Cu приходилось на специфически сорбированную и связанную с оксидами Fe, Mn фракции (рис.). Наблюдалось снижение доли Cu в остаточной фракции при увеличении её доли в подвижных фракциях.

Слабощелочное значение рН аллювиальных дерновых почв приводило к снижению подвижности Си и, как следствие, к увеличению содержания её катионообменных форм.

В аллювиальной дерновой почве по сравнению с пахотной, относительное содержание мобильных соединений Си было выше.

В иллювиальном горизонте (слои 25(45)–60 и 15-26 см) отмечено увеличение фракций Си, связанных катионнообменно и с оксидами Fe, Mn по сравнению с органогенным горизонтом. Это возможно связано с увеличением илистой фракции, уменьшением содержания органического вещества и обменных катионов.

После поглощения свинца соотношение фракции Си в почве незначительно меняется, что возможно связано с изменением кислотности почвы. В органогенном горизонте изменение соотношения фракции Си меньше, чем в нижележащем иллювиальном (рис.). Так, в иллювиальных горизонтах выявлено, что после загрязнения свинцом, увеличивается подвижность Си, что приводит к относительному уменьшению негидролизующего остатка.

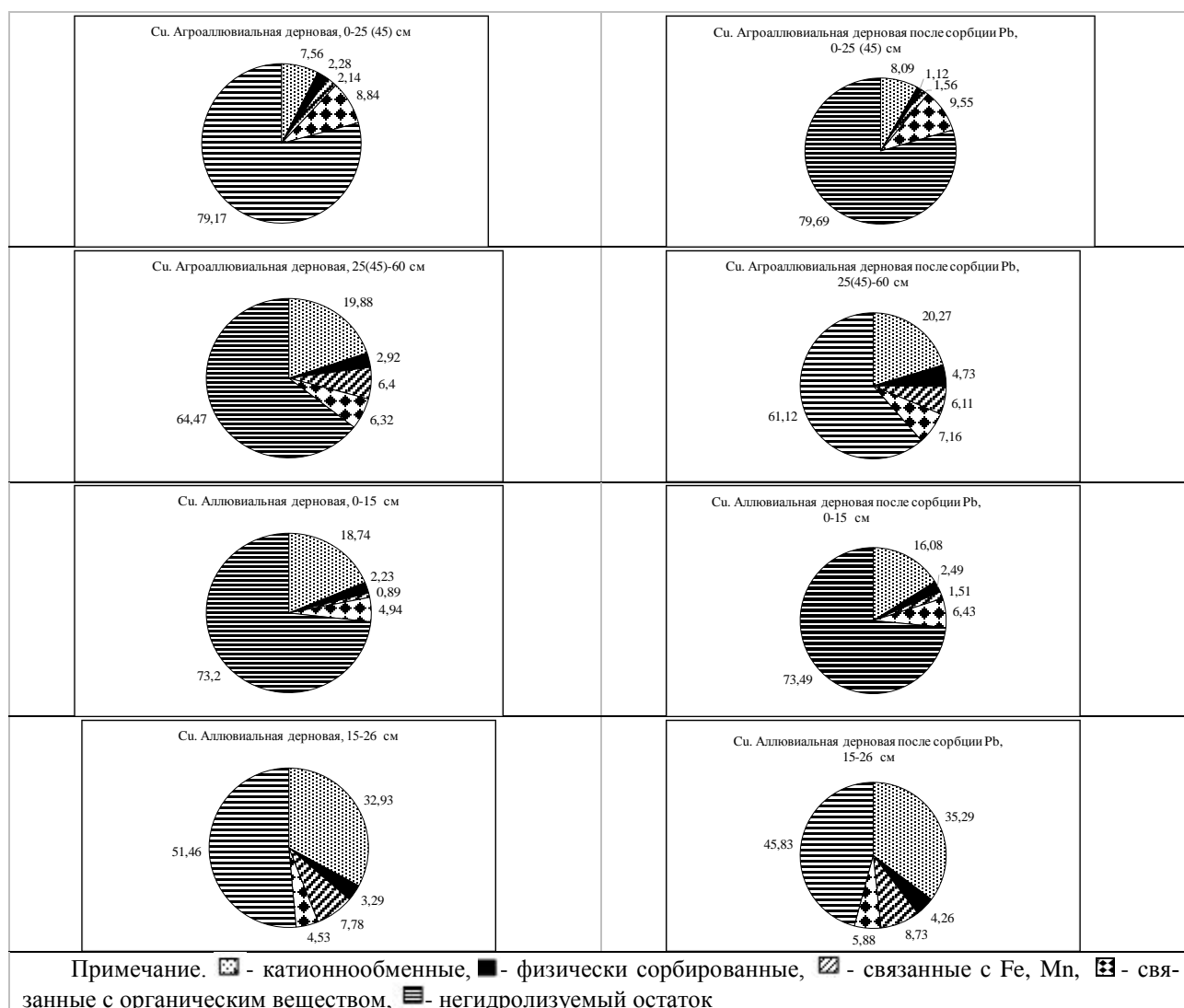


Рис. Фракционный состав меди в аллювиальных дерновых почвах

В работах многих авторов (Плеханова и др., 2001; Adriano, 2001) отмечается склонность Си при загрязнении накапливаться в органическом веществе почвы, а также сродство к Fe и Mn.

Таким образом, в исследуемых почвах до 90 % ионов меди могут находиться в прочно-связанном состоянии и при химическом загрязнении увеличивается её подвижность, что приводит к некоторому изменению фракционного состава элемента.

Работа выполнена в рамках темы бюджетного финансирования госзадания №121030100228.

ЛИТЕРАТУРА

Панин М. С., Калентьева Н. В. Формы соединений цинка в почвах Семипалатинского Прииртышья при полиэлементном и цинковом видах загрязнения // Сибирский экологический журнал. 2009. №1. С. 9-16.

Цыплаков С. Е., Соколова С. А., Стекольников К. Е., Котов В. В. Ступенчатая десорбция различных форм тяжелых металлов из чернозема выщелоченного // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. Вып. 3. С.339-347.

Плеханова И.О., Кленова О.В., Кутукова Ю.Д. Влияние осадков сточных вод на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах // Почвоведение. 2001. № 4. С. 496-503.

Adriano D.C. Trace elements in terrestrial environments. New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. 868 p.

УДК 581.5

Особенности углеводного состава диких видов яблонь Восточной Сибири и Дальнего Востока

Ставицкая З.О.¹, Рудиковская Е.Г.¹, Дударева Л.В.¹,
Ванина Л.С.², Левчук А.А.³, Рудиковский А.В.¹

¹ Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
stavitskaya.zlata@gmail.com

² Ботанический сад МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

³ Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, Иркутск

Аннотация. Исследован углеводный состав тканей плодов диких видов яблонь, произрастающих на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока: *Malus baccata*, *Malus mandshurica*, *Malus chamardabanica*, *Malus sachalinensis*. По результатам сравнительного анализа выявлено относительно высокое содержание сорбитола и низкое – глюкозы. Пектины имеют высокую степень этерификации, но их содержание, в целом, характерно для рода *Malus*. Особенностью является наличие высокомолекулярных и разветвленных структур и арабиногалактанов.

Peculiarities of carbohydrate composition of wild apple tree species in Eastern Siberia and the Far East

Stavitskaya Z.O.¹, Rudikovskaya E.G.¹, Rudikovskiy A.V.¹, Dudareva L.V.¹, Lyubov Dudareva¹,
Vanina L.S.², Levchuk A.A.³

¹ Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy
of Sciences, Irkutsk, stavitskaya.zlata@gmail.com

² Botanical Garden of Moscow State University, Moscow

³ Irkutsk Institute of Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk

Abstract. The carbohydrate composition of the tissues of wild apple tree species growing in Eastern Siberia and the Far East was studied. A comparative analysis of the content of soluble sugars and pectins revealed a relatively high content of sorbitol and a low content of glucose. The content of pectins in general is typical for the studied species, pectin fractions have a high degree of esterification and are distinguished by the presence of high-molecular and branched structures.

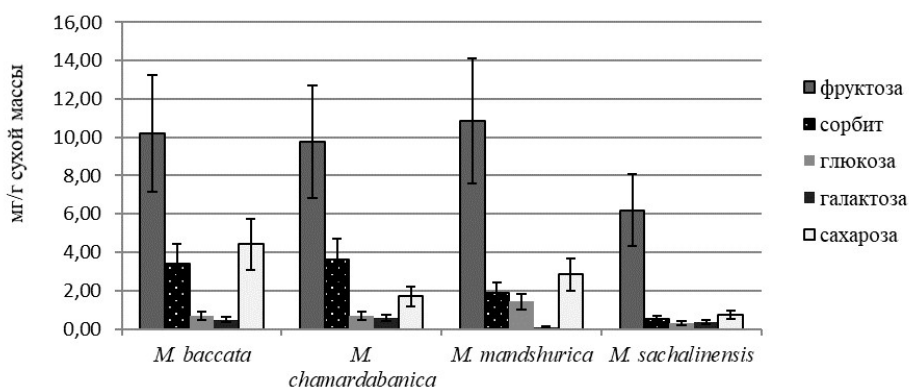
Как известно, углеводы – первичный продукт биосинтеза и один из основных компонентов растительных тканей. В процессе онтогенеза, в результате ферментативных реакций транспортные формы могут преобразовываться в запасующие; полимеризоваться в целлюлозу и другие компоненты клеточной стенки; гликозидировать биологически активные молекулы (фитогормоны, флавоноиды и т.д.); конвертироваться в другие соединения в зависимости от потребностей растения (аскорбиновую кислоту и т.д.) Совокупность углеводного комплекса и органических кислот является определяющим фактором в формировании специфического фруктового вкуса плодов (Borsani и et al., 2009). Растворимые сахара в яблоках, в основном представлены фруктозой (до 85%), сахарозой, глюкозой и сорбитолом. В связи с тем, что, каждый сахар имеет свой индекс сладости, фруктовый вкус прямо зависит не только от их содержания, но и типа (Magwaza, Opara, 2015). Основным полимерным углеводом яблок является пектин, качественный и количественный состав которого также оказывает влияние как на вкус плодов, так и на их другие потребительские качества.

В качестве объекта исследования были использованы ткани плодов *M. baccata*, *M. mandshurica*, *M. chamardabanica*, *M. sachalinensis*, выращенных на территории Ботанического сада Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (55°42'27" N 37°31'38" E). Плоды были собраны на стадии биологической зрелости, в 2017, 2018 и 2020 годах.

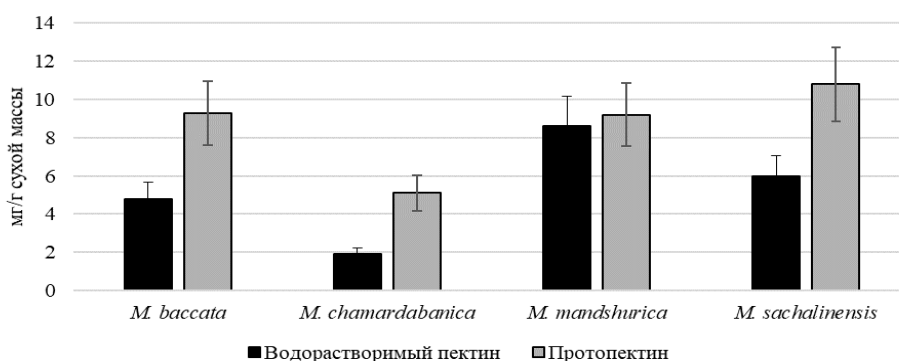
Комплекс растворимых сахаров исследовали методом ВЭЖХ на приборе Shimadzu LC-10 АТур. Идентификацию соединений проводили по времени удерживания стандартных образцов (сахароза, фруктоза и т.д.), а также методом добавок. Количественный анализ фракций водорастворимого пектина (ВП) и протопектина (ПП) проводили спектрофотометрическим методом с карбазольным реактивом. Анализ молекулярной массы полимерных цепей пектинов проведен методом эксклюзионной хроматографии на системе ВЭЖХ. Данные об этерификации пектинов были получены методом ИК-спектрофотометрии на приборе FT-IR Spectrum One, (Perkin Elmer).

На гистограмме 1 представлены данные по содержанию основных растворимых сахаров в плодах *M. baccata*, *M. chamardabanica*, *M. mandshurica*, *M. sachalinensis*. Основным сахаром во всех видах был фруктоза. Особенностью углеводного состава тканей плодов можно считать относительно высокое содержание сорбитола (до 33 % в *M. chamardabanica*) и сахарозы. Обращает на себя внимание низкое содержание глюкозы во всех изученных видах.

Гистограмма 1. Содержание растворимых сахаров в тканях плодов *M. baccata*, *M. chamardabanica*, *M. mandshurica*, *M. sachalinensis*.



Исходя из данных, представленных на гистограмме 2 видно, что наиболее высоким содержанием ВП отличались плоды *M. mandshurica* (8,6 мг/г), а самым низким *M. chamardabanica* (1,9 мг/г).



Гистограмма 2

В таблице представлены данные по средневесовой молекулярной массе пектинов тканей плодов исследованных видов яблони. Исходя из полученных данных, *M. mandshurica* содержала ВП с самой высокой молекулярной массой и степенью дисперсности 1.88. В *M. sachalinensis*, был средней массы – 11,2 кДа и отличался высокой степенью дисперсности (6,55). В *M. chamardabanica* было обнаружено четыре фракции ВП с разной молекулярной массой от 2,0 кДа до 480, 8 кДа с низкой степенью дисперсности (от 1.08 до 1.47). В тканях

плодов *M. baccata* было обнаружено две фракции ВП – 111,8 кДа со степенью дисперсности 2.09 и низкодисперсный с молекулярной массой 2, 2 кДа.

Таблица

Молекулярная масса (кДа) водорастворимого пектина и протопектина тканях плодов *M. baccata*, *M. mandshurica*, *M. chamardabanica*, *M. sachalinensis*

	Водорастворимый пектин		Протопектин	
	M _w (кДа)	Đ	M _w (кДа)	Đ
<i>M. baccata</i>	111,8	2,09	99,1	3,78
<i>M. baccata</i>	2,2	1,15	2,7	1,07
<i>M. baccata</i>	0,69	1,11	1,09	1,08
<i>M. chamardabanica</i>	480,8	1,47	431,5	8,23
<i>M. chamardabanica</i>	47,2	1,25	2,3	1,23
<i>M. chamardabanica</i>	11,5	1,08	-	-
<i>M. chamardabanica</i>	2,0	1,11	-	-
<i>M. chamardabanica</i>	0,723	1,08	-	-
<i>M. mandshurica</i>	12 641,0	1,88	315,1	5,74
<i>M. mandshurica</i>	-	-	1,94	1,28
<i>M. sachalinensis</i>	11, 2	6,55	7 913,0	2,68
<i>M. sachalinensis</i>	-	-	102,6	4,04
<i>M. sachalinensis</i>	-	-	1,9	1,07
<i>M. sachalinensis</i>	0,68	1,08	0,73	1,12

В ПП фракции тканей плодов яблони маньчжурской также преобладал один тип, с высокой дисперсностью (5.74).

Остальные виды имели ПП разных молекулярных масс, самая высокая наблюдалась у *M. sachalinensis* – 431,5 кДа. В тканях плодов каждого из этих видов присутствовала низкодисперсная фракция с молекулярной массой около 2, 0 кДа и ниже.

Степень этерификации как ВП, так и ПП у всех видов довольно высокая – от 60 до 70% в тканях плодов всех изученных видов яблонь.

Проведенные исследования показали, что соотношение водорастворимых углеводов в тканях плодов изученных нами дикорастущих видов существенно отличалось от таковых, описанных для других генотипов *Malus* по ряду параметров. Во-первых, это относительно низкое содержание глюкозы. Наибольшее ее содержание отмечено в плодах *M. mandshurica*, где она составляла всего около 10% от всех растворимых углеводов. Во-вторых, около половины растворимых сахаров в тканях плодов исследованных нами яблонь приходилось на транспортные сахара - сорбитол и сахарозу. Следует отметить, что условия вегетации существенно влияли на соотношение углеводов в тканях: в 2018 году в плодах яблонь *M. baccata* и *M. chamardabanica* содержание сорбитола было достоверно выше, чем фруктозы.

Анализируя пектинов в тканях плодов исследованных видов яблони, можно отметить, что хотя содержание пектинов в целом характерно для вида - около 6%, но имеет ряд особенностей. В первую очередь это, его высокая метоксилированность – около 60-70 %. Во-вторых, наличие в плодах всех четырех видов, помимо характерных для рода малоразветвленных полимеров массой 2-11 кДа, высокомолекулярных, сильно разветвленных структур. В-третьих, присутствие в тканях плодов *M. baccata* и *M. sachalinensis* олигомерных углеводов – арабиногалактанов.

Работа была поддержана грантом РФФИ №20-016-00091

ЛИТЕРАТУРА

- Borsani J., Budde C.O. Carbon metabolism of peach fruit after harvest: changes in enzymes involved in organic acid and sugar level modifications // Journal of Experimental Botany. 2009. Vol. 60. P. 1823-1837.
- Magwaza L. S., Opara U. L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products // Scientia Horticulturae. 2015. Vol. 184. P. 179-192.

УДК 574.4(571.5)

Стратегия адаптации наземной фауны к изменениям климата: метаанализ*Старков А.И.¹, Борисова Н.Г.¹, Никулина Н.А.²*¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, alexstarkov@mail.ru²Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутск

Аннотация. На основе метаанализа научной литературы предложена схема разработки стратегии адаптации наземной фауны Байкальского региона к изменениям климата, включающая выявление уязвимых видов и разработку конкретных, направленных на более активное противодействие угрозам, действий по сохранению уязвимых видов на региональном и локальном уровнях.

Strategy for adapting the terrestrial fauna to climate change: a meta-analysis*Starkov A.I.¹, Borisova N.G.¹, Nikulina N.A.²*¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, alexstarkov@mail.ru²Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk

Abstract. Based on a meta-analysis of the scientific literature, a scheme for developing a strategy for adapting the terrestrial fauna of the Baikal region to climate change is proposed. It includes the identification of vulnerable species and the development of specific actions to preserve vulnerable species at the regional and local levels.

В настоящее время к негативным антропогенным факторам (сокращение и изменения биотопов, занос чужеродных видов, загрязнение и чрезмерная эксплуатация), воздействующим на биоразнообразие, присоединились и изменения климата (IPBES. Summary..., 2019). Тревогу вызывает именно беспрецедентная скорость последних, которая вкупе с имеющимися изменениями ландшафтов может привести к крайне неблагоприятным последствиям для существующего в настоящее время биоразнообразия. Учитывая текущий и не меняющийся пока тренд антропогенного изменения климата, остро встает вопрос: можно ли что-то сделать, чтобы смягчить негативные последствия современного изменения климата для видов и экосистем? Действия, предупреждающие или отвечающие на текущие или ожидаемые последствия изменений климата, получили название «планируемая адаптация к климату». Природоохранная политика в мире до недавних пор, а в России до настоящего момента, оставалась той же самой, что и до появления угроз, создаваемых глобальным изменением климата: увеличение размеров ООПТ, укрепление ООПТ, репрезентативная представленность экосистем и видов в ООПТ, создание связей между местообитаниями, поддержание режимов естественного нарушения и т.д. Мониторинг показывает, что данных усилий недостаточно для преодоления проблем, вызываемых быстрым изменением дикой природы в ответ на изменение климата (Heller, Zavaleta, 2009; Mawdsley et al., 2009).

В последнее десятилетие появились инновационные, направленные на более активное противодействие негативным явлениям стратегии адаптации дикой природы к изменению климата. В данном сообщении приведен обзор подходов, выработанных мировым научным сообществом, применимых для разработки стратегии сохранения биоразнообразия в Байкальском регионе. Статьи для обзора подбирали в платформе Web of Science, используя для запросов по ключевым словам словосочетания с использованием фраз: «climatic adaptation», «global climate change», «global warming»; «wildlife conservation» вместе с названиями классов животных (через оператор AND). Поиск ограничили интервалом опубликования 2017-2020 гг. В выборку вошло 278 статей.

Предлагается схема разработки стратегии адаптации наземной фауны Байкальского региона к глобальным изменениям климата, состоящая из трех этапов.

Этап I. Разработать прогноз климатических изменений для территории региона.

Необходимо выявить текущие климатические изменения для различных участков региона, используя хорошее пространственное разрешение: собрать данные по всем метеостанциям (в т.ч. частным, данные датчиков, устанавливаемых учеными, и т.п.), провести прогнозирование климатических параметров для разных районов региона как основы для разработки стратегии адаптации дикой природы: основное требование – это степень разрешения климатических данных в 0,5 км.

Этап II. Провести оценку уязвимости видов, популяций, разноуровневых экосистем наземных животных для прогнозируемых изменений климата.

Такая оценка вкупе с оценкой других факторов стресса (например, фрагментацией местообитаний и т.п.) является стартовой точкой для действий по сохранению. Уязвимость определяется как восприимчивость вида, системы или ресурса к последствиям изменения климата и других факторов стресса (IPCC, 2007; 2014). Мы предлагаем провести оценку для 2 категорий видов: (1) уязвимых в силу биологических особенностей; (2) биотических мультипликаторов климата. Для отнесения к категории (1) необходимо для всех видов получить экспертные оценки по выявленным на сегодняшний день характеристикам, увеличивающим и, наоборот, снижающим уязвимость животных для изменений климата. К таким характеристикам относятся: 1) специализированная среда обитания и/или требования к ней; 2) специальные требования к рациону; 3) узкие экологические лимиты, которые могут быть превышены из-за изменения климата на любой стадии жизненного цикла; 4) обитание на грани своей физиологической толерантности; 5) зависимость от среды обитания, которая может существенно трансформироваться из-за изменений климата; 6) зависимость от триггеров или сигналов окружающей среды, которые могут быть нарушены изменением климата; 7) зависимость от межвидовых взаимодействий, которые могут быть нарушены изменением климата; 8) низкая способность к расселению или колонизации новых территорий; 9) низкое генетическое разнообразие; изолированные популяции; 10) ограниченное распространение; 11) редкость; 12) низкая фенотипическая пластичность; 13) большая продолжительность жизни или время генерации; 14) низкие плодовитость или репродуктивный потенциал или выживаемость потомства. В категорию (2) должны войти виды, ключевые для экосистем и одновременно чувствительные к изменениям климата.

В настоящий момент используются 3 группы подходов прогнозирования реакции вида на изменения окружающей среды:

1. Корреляционный подход – основан на текущих или прошлых наблюдениях ареалов вида или группы видов для выработки климатических прогнозов для определения пригодности будущей среды обитания. К примерам таких моделей относятся модели распространения видов (Species Distribution Model, SDM). Этот подход вполне осуществим для Байкальского региона, поскольку основан на данных только о встречах. С другой стороны, он не учитывает адаптационный потенциал, расселение и метаструктуру популяций и не способен оценить фундаментальную нишу вида.

2. Механистический подход – основан на данных о фундаментальных нишах и приспособленности видов к изменяющимся условиям среды, о механизмах, лежащих в основе физиологических реакций на такие изменения. Подход позволяет моделировать расселение, функционирование и динамику популяции. Для разработки механистических моделей для видов в регионе не хватает необходимых данных, собрать их в короткие сроки невозможно, к тому же работы такого плана более дорогие.

3. Подход прогноза, исходя из характеристик (traits) вида, – основан на экспертной оценке воздействия изменения климата и видоспецифических признаков и характеристик при прогнозе риска сокращения популяции и вымирания; оценки могут даваться путем изменений индексов численности, мониторинговых наблюдений, анализа жизнеспособности

популяции, демографических моделей и/или экспертной работы. К примерам таких оценок можно отнести индекс NatureServe (NatureServe's Climate Change Vulnerability Index). Несмотря на ряд недостатков (косвенные подходы к оценке изменений климата, субъективность и несогласованность пороговых значений и индексов), он приемлем на данном этапе из-за своей относительной простоты и дешевизны, необязательности моделирования.

Для повышения надежности оценки уязвимости каждого вида желательно давать ее на основе двух систем оценивания.

Этап III. Разработка комплекса мероприятий по адаптации наземных животных региона.

Исходя из полученных оценок уязвимости видов для климатических изменений, необходимо разработать комплекс конкретных мероприятий по повышению устойчивости и сохранению уязвимых видов в Байкальском регионе.

К таким мероприятиям относятся: создание, укрепление и расширение ООПТ с упором на защиту видов, особо чувствительных к изменениям климата (требует проработки на законодательном уровне); поддержка и создание микроместообитаний, сохранение среды обитания климатически уязвимых видов (может быть проведена при участии волонтеров, энтузиастов, школьников и пр.); создание микрорезерватов, экологических коридоров и управление землями за пределами ООПТ (с участием министерств, ведомств, глав районов и регионов), поддержка метапопуляционных и биоценотических процессов, мониторинг динамики емкости, видов-стрессоров, адаптационного потенциала и т.п.; помощь в расселении видов, ассистированная миграция, акклиматизация, мониторинг за состоянием животных в новых местах; сокращение антропогенной и иных угроз для климатически уязвимых видов; контроль за факторами, неблагоприятными для климатически уязвимых видов при межвидовых взаимодействиях (таких как хищничество, паразитизм, биозагрязнение, например, беспозвоночными-вредителями во время всплесков размножения) и поддержка благоприятных факторов (мутуализм и т.п.) (работа ученых в связке с персоналом санэпидслужб, егерями и охотниками с лицензиями на отлов и иное изъятие видов-стрессоров); искусственные изменения среды, направленные на благоприятные условия существования климатически уязвимых видов (устройство водоемов, парков, садов, уход за вырубками, локальное выжигание растительности, неблагоприятной для климатически уязвимых видов); обеспечение дополнительной подкормки, создание кормушек, яслей и т.п.; контроль за заболеваниями и иными причинами, неблагоприятно влияющими на численность и здоровье популяции климатически уязвимых видов, проведение оздоровительных мероприятий (например, вакцинаций); поддержка воспроизводства с созданием условий, организация скрещивания с особями из других популяций для повышения гетерозиса и т.д.; поддержание выживаемости в популяциях климатически уязвимых видов (создание сетей прикормочных площадок, солончаков, нектарных кормушек, привады и т.п. для уменьшения конкуренции); предупреждение и сокращение конфликтов между человеком и дикой природой: разъяснительная работа с населением, организация презентаций, промо-акций, интернет-демонстраций, а также достижение баланса между развитием поселений и стабильностью экосистем.

Исследование профинансировано в рамках выполнения государственного задания ИОЭБ СО РАН, проект 0271-2021-0001.

ЛИТЕРАТУРА

Heller N.E., Zavaleta E.S. Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations // *Biological Conservation*. 2009. Vol. 142. N 1. P. 14-32.

IPBES. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services // IPBES Secretariat / S.Díaz, J.Settele, E.S. Brondízio E.S. et al. (eds.). Bonn, Germany, 2019. P. 1-56.

IPCC. Climate change 2007: impacts, adaptation, and vulnerability / Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.

IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Pt B: Regional Aspects / Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK, and New York, USA: Cambridge University Press, 2014.

Mawdsley J.R., O'Malley R., Ojima D.S. A Review of Climate-Change Adaptation Strategies for Wildlife Management and Biodiversity Conservation // Conservation Biology. 2009. Vol. 23. N. 5. P. 1080-1089.

УДК 630*653.531

Оценка пулов и потоков углерода лесных территорий Республики Бурятия*Суворова Г.Г.¹, Бронникова Д.С.¹*¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
galina.g.suvor@gmail.com

Аннотация. На землях лесной растительности республики Бурятия определены пулы углерода в почве (213,5 млн т С), в фитомассе хвойных (752 млн т С) и лиственных (87 млн т С) древостоев. Охарактеризовано распределение пулов в соответствии с возрастной структурой и породным составом древостоев, оценена эффективность секвестирования древостоями атмосферного углерода по двум главным потокам – NPP (69 млн т С в хвойных и 11,4 млн т в лиственных древостоях) и отпаду (5,7 млн т С в хвойных и 1,9 млн т С в лиственных древостоях). Оценена значимость лесных экосистем республики Бурятия в регулировании природных пулов и потоков углерода в общероссийском и планетарном масштабе.

Assessment of carbon pools and fluxes in forest areas of the Republic of Buryatia*Suvorova G.G., Bronnikova D.S.*¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of Plants SB RAS, Irkutsk,
galina.g.suvor@gmail.com

Abstract On the forest lands of the Republic of Buryatia, carbon pools in the soil (2123,5 mln t of C), in the phytomass of coniferous (752 mln t of C) and deciduous (87 mln t of C) stands were determined. The distribution of pools in accordance with the age structure and species composition of stands was described, the sequestering efficiency of atmospheric carbon by stands was estimated for two main fluxes - NPP (69 mln t C in coniferous and 11,4 mln t in deciduous stands) and fallout (5,7 mln t C in coniferous and 1,9 mln t C in deciduous stands) The importance of forest ecosystems of the Republic of Buryatia in the regulation of natural pools and fluxes of carbon on an all-Russian and planetary scale was evaluated.

Цель данного исследования – оценка величин углерода почвенного пула, пулов углерода хвойных и лиственных лесов, а также двух основных потоков углерода – чистой первичной продукции (NPP) и отпада хвойных и лиственных лесов, произрастающих на землях лесного фонда и землях обороны республики Бурятия. Расчеты проводились на основе данных формы 1.8 ГЛР, региональных ТХР (Таблицы и модели..., 2008), с учетом рекомендаций IPCC (IPCC, 2003), с привлечением опубликованных в литературе и полученных ранее результатов.

Почвенный пул углерода. Расчет пула почвенного углерода в подстилке и слое 0–30 см (C_{0-30}) проведен по данным (Углерод...1992), где его среднее содержание принято равным 91,3 т С/га. Суммарный пул по 38 федеральным лесничествам составил 1961,56 млн т, по 5 ООПТ (Байкальскому, Баргузинскому, Джергинскому, Тункинскому, Забайкальскому) - 127,7 млн т, по ведомственным землям - 34,24 млн т С. Общий пул почвенного углерода равен 2123,5млн т С.

Пул углерода хвойных лесов. Хвойные древостои обладают продолжительным жизненным циклом от 300 до 3200 лет и являются наиболее эффективным для данной территории консерватором атмосферного углерода. На основе данных формы 1.8 ГЛР был определен запас хвойных древостоев, включая кедровый стланик по группам возраста по каждому федеральному лесничеству, территорий ООПТ и ведомственных земель. Суммарное содержание углерода в возрастных группах хвойных древостоев на всех лесных землях республики Бурятия приведено в таблице 1. Определено, что общий пул углерода хвойных лесов достигает 752 млн т.

Таблица 1

Распределение массы углерода в хвойных древостоях по группам возраста на территории всех лесных земель республики Бурятия

Группа возраста	I	II	III	IV	Всего
Масса С, тыс. т	35741,14	306011,25	105006,21	305224,07	751982,68
%	4,8	40,7	14,0	40,6	100

Пул углерода лиственных лесов. При анализе пула лиственных лесов необходимо учитывать, что они имеют относительно короткий жизненный цикл по сравнению с хвойными. На основе данных формы 1.8 ГЛР были определены площади, запас и возрастная структура лиственных древостоев, включая кустарники, по отдельным лесничествам республики Бурятия. Как показывает анализ данных (рисунок), на федеральных землях преобладают средневозрастные насаждения (42%) площадью 1 503 832 га, молодняки занимают площадь 1 336 650 (37%), приспевающие – 269 208 га (8%), спелые и перестойные древостои – 472 664 га (13%). Распределение запаса по группам возраста для этих древостоев приведено в таблице 2.

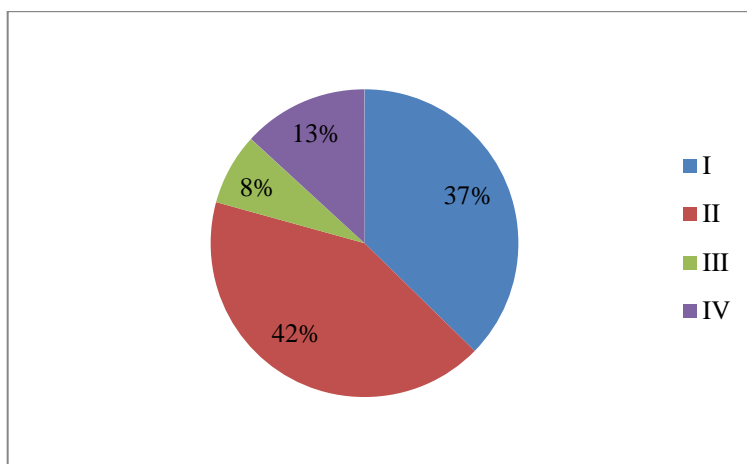


Рис. Распределение площадей лиственных древостоев по группам возраста по отдельным лесничествам федеральных лесных земель

Таблица 2

Распределение запаса лиственных древостоев по группам возраста на федеральных лесных землях

Группа возраста	I	II	III	IV	Всего:
тыс. м ³	14 644,4	64 583,3	25 482,0	67 645,6	172 355,3
%	9	37	15	39	100

Аналогично были проанализированы данные по лиственным древостоям ООПТ и ведомственных земель. Суммарное распределение массы углерода в лиственных древостоях всех лесных территорий (табл. 3) указывает на его сходство с распределением запаса на федеральных землях (табл. 2). Общий пул углерода лиственных лесов достигает 87 млн т.

Таблица 3

Распределение массы углерода в лиственных древостоях по группам возраста на территории всех лесных земель Республики Бурятия

Группа возраста	I	II	III	IV	Всего
тыс т С	7378,29	32798,21	12703,51	34116,69	86996,70
%	8,5	37,7	14,6	39,2	100

Полученные данные свидетельствуют, что наибольшее содержание углерода находится в почвенном пуле и составляет 2 123,5 млн т С (71,7%), в пуле хвойных лесов содержится 752 млн т С (25,4%), и в пуле лиственных лесов – 87 млн т С (2,9%). Общий пул углерода территорий лесного фонда и обороны равен 2962,5 млн т С.

Потоки углерода в хвойных древостоях. Для расчета чистой первичной продукции (NPP) использованы данные Г.Г. Суворовой (Суворова, 2017). Сумма NPP по всем породам достигает 69 млн т С в год (табл. 5). Наиболее эффективно поглощают атмосферный углерод (образуют фитомассу) лиственничные древостои (70% от всей суммы чистой первичной продукции по всем породам), наименее эффективно – еловые леса (1%) (табл. 4).

Таблица 4

Основные потоки С в хвойных древостоях на территории всех лесничеств Республики Бурятия

	Сосновые	Еловые	Пихтовые	Лиственничные	Кедровые	Всего
NPP, млн т С	10,79	0,71	1,08	48,56	7,82	68,96
%	15,6	1,0	1,6	70,4	11,3	100
Отпад, млн т С	0,87	0,05	0,05	4,32	0,40	5,69
%	15,4	0,8	0,9	75,9	7,0	100

Для расчета отпада в хвойных древостоях были использованы обобщенные данные о том, что в расчете от чистой первичной продукции (NPP) по всем группам возраста, отпад в региональных модальных сосновых древостоях III бонитета (Таблицы..., 2008) составляет 8,05%, еловых – 6,82%, пихтовых – 4,70%, лиственничных – 8,93%, кедровых – 5,14%. Определено, что суммарный отпад по всем породам достигает 5,7 млн т С в год (табл. 4).

Потоки углерода в лиственных древостоях. Группы возраста лиственных пород отличаются от хвойных, это объясняется их более коротким жизненным циклом. Средний возраст лиственных древостоев по группам возраста считали равным в I группе 15 лет, II – 30 лет, III – 50 лет, IV – 80 лет. Для расчетов были использованы ТХР модальных древостоев III бонитета лесостепных экорегионов Сибири. В процессе расчета чистой первичной продукции (NPP) лиственных пород и кустарников были использованы следующие процентные соотношения: для I группы возраста NPP составляет 30% от общей фитомассы, II – 16,5%, III – 10%, IV – 7,3% (Таблицы..., 2008). Для расчета отпада в лиственных древостоях использованы данные (Таблицы..., 2008), что отпад в лиственных древостоях в расчете от общей фитомассы по I группе возраста составляет 6%, II – 3,5%, III – 1,5%, IV – 0,4%. Определено, что суммарная NPP лиственных древостоев достигает 11,4 млн т С в год, отпад – 1,9 млн т С. Наиболее продуктивно ассимилируют атмосферный углерод средневозрастные древостои (табл. 5). Высокий процент отпада характеризует интенсивный процесс изреживания древостоев этой группы.

Таблица 5

Чистая первичная продукция (NPP) и отпад по группам возраста в лиственных древостоях на всех лесных землях республики Бурятия

Группа возраста	I	II	III	IV	Всего
NPP, тыс. т С	2213,49	5411,70	1270,35	2490,52	11386,06
%	19,4	47,5	11,2	21,9	100
Отпад, тыс. т С	442,70	1147,94	190,55	136,47	1917,65
%	23,1	59,9	9,9	7,1	100

Живая фитомасса наземных экосистем мира содержит 500 млрд т С, в почвах и органических остатках заключено 2000 т С. Из этого следует, что пул углерода лесов республики

Бурятия составляет 0,168% от биомассы наземных экосистем мира, почвенный пул лесных территорий республики достигает 0,106% от содержания С в почвах мира.

Удельный показатель NPP наземных биомов по России составляет 5,8 т углерода на человека в год (Федоров, 2017). Суммарный показатель NPP хвойных и лиственных лесов республики Бурятия (70,4 млн т С) обеспечивает удельную углеродопоглощающую активность равную, при численности населения 985937 человек (2020 г.), 71,4 т С на человека в год. Этот показатель превосходит в 12,3 раза удельный показатель по России и в 178,5 раз (0,4 т С/чел) удельный показатель мира. Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод, что лесные экосистемы республики Бурятия вносят значительный вклад в сохранение и регулирование глобальных и общероссийских органических пулов и потоков углерода.

ЛИТЕРАТУРА

Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии / сост. А.З. Швиденко, Д.Г. Щепаченко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй. Москва, 2008. 886 с.

Суворова Г.Г. Фотосинтетическое поглощение атмосферного диоксида углерода хвойными лесами Байкальского региона // Экологический риск: Материалы IV Всерос. науч. конф. (Иркутск, 18-21 апр. 2017). Иркутск, 2017. С. 207–209.

Углерод в экосистемах лесов и болот России / под ред. В.А.Алексеева, Р. А. Бердси. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 1994. 226 с.

Федоров Б. Г. Российский углеродный баланс. Москва: Научный консультант, 2017. 82 с.

IPCC, 2003: Good Practice Guidance for land use, land use change and forestry (LULUCF) / J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner (eds.). 2003. 649 p. (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG_LULUCF_FULL-LEN.pdf).

УДК 630*653.531

Пулы и потоки углерода в лесных экосистемах Забайкальского края

Суворова Г.Г.¹, Фонтосш Е.Е.¹

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, galina.g.suvor@gmail.com

Аннотация. На лесных землях Забайкальского края определены пулы углерода в почве (2 856 млн т С), в фитомассе хвойных (817 млн т С) и лиственных (132 млн т С) древостоев. Охарактеризовано распределение пулов в соответствии с возрастной структурой и породным составом древостоев, оценена эффективность секвестрирования древостоями атмосферного углерода по двум главным потокам – NPP (81 млн т С в хвойных и 20,1 млн т в лиственных древостоях) и отпаду (7,1 млн т С в хвойных и 3,8 млн т С в лиственных древостоях). Оценена значимость лесных экосистем Забайкальского края в регулировании природных пулов и потоков углерода в общероссийском и планетарном масштабе.

Carbon pools and fluxes in forest ecosystems of the Zabaikalsky region

Suvorova G.G., Phontosch E.E.

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of Plants SB RAS, Irkutsk, galina.g.suvor@gmail.com

Abstract On the forest lands of the Zabaikalsky region, carbon pools in the soil (2,856 mln tons of C), in the phytomass of coniferous (817 mln tons of C) and deciduous (132 mln tons of C) stands were determined. The distribution of pools in accordance with the age structure and species composition of stands was described, the efficiency of sequestering of atmospheric carbon by stands was estimated for two main fluxes - NPP (81 mln t C in coniferous and 20.1 mln t in deciduous stands) and fallout (7.1 mln tons C in coniferous and 3.8 mln tons C in deciduous stands) The importance of forest ecosystems of the Zabaikalsky region in the regulation of natural pools and carbon fluxes on an all-Russian and planetary scale was evaluated.

При определении природных пулов углерода были использованы данные ГЛР по Забайкальскому краю, региональные ТХР и сведения о распределении С в почвенном слое (Таблицы..., 2008; Углерод..., 1994). Для повышения точности определения пулов и потоков С учитывали возрастную структуру и породный состав древостоев (Моисеев, 2011).

Почвенный пул углерода. С учетом (Углерод..., 1994) принято, что удельное содержание углерода в подстилке (A_0) и в верхнем 30 см слое почвы равно 87,67 т/га. Расчеты проводились для каждого из 25 лесничеств на федеральных лесных землях, трех ООПТ (Сохондинского и Даурского ГПБЗ, НП Алханай) а также на землях обороны Забайкальского края. Определено, что суммарный почвенный пул лесных земель Забайкальского края достигает 2 856 млн т С.

Пул углерода хвойных лесов. Определено, что общая площадь федеральных хвойных древостоев по Забайкальскому краю составляет 20,9 млн га. На долю площадей I группы возраста приходится 18,6%, II — 30,3%, III — 10,6%, IV — 40,4%, по массе заключенного в них углерода на долю I — 6%, II — около 32%, III — 13,4%, IV — 48,6% (табл.1).

Таблица 1

Распределение пула углерода в федеральных хвойных древостоях Забайкальского края по группам возраста

Показатели хвойного древостоя	I группа	II группа	III группа	IV группа	Сумма
Фитомасса по группам возраста, тыс. т С	47 888,67	251 461,07	105 840,68	383 326,50	788 516,93

Подобный анализ был проведен по составу и структуре хвойных древостоев ООПТ (Сохондинский ГПБЗ) и земель обороны. Определено, что общий пул углерода в хвойных древостоях на этих землях равен 29,2 млн т С. По породному составу здесь преобладают лист-

венничные древостои, по структуре выражено преобладание спелых и перестойных древостоев.

Пул углерода лиственных лесов. На федеральных землях преобладающая по массе фракция С сосредоточена в средневозрастных лиственных древостоях. По породному составу здесь преобладают береза и березы кустарниковые (табл. 2).

Таблица 2

Распределение пула углерода в федеральных лиственных древостоях Забайкальского края по группам возраста

Показатели лиственного древостоя	I группа	II группа	III группа	IV группа	Сумма
Фитомасса по группам возраста, тыс. т С	13 421,25	74 812,46	16 339,25	26 992,78	131 565,75

Общий пул углерода в лиственных древостоях на землях ООПТ (Сохондинский ГПБЗ) и обороны равен 1,14 млн т С. По породному составу здесь преобладают береза и осина. В возрастной структуре выражено преобладание древостоев II группы, затем, по убывающей – IV, I и III групп.

В целом на территории лесного фонда Забайкальского края почвенный пул углерода наиболее значителен (2 856 млн т С), пул углерода всех хвойных лесов, включая федеральные, ООПТ и земли обороны, достигает 817 млн т С (21%), лиственных лесов – около 132 млн т С (4%) (рис. 1).

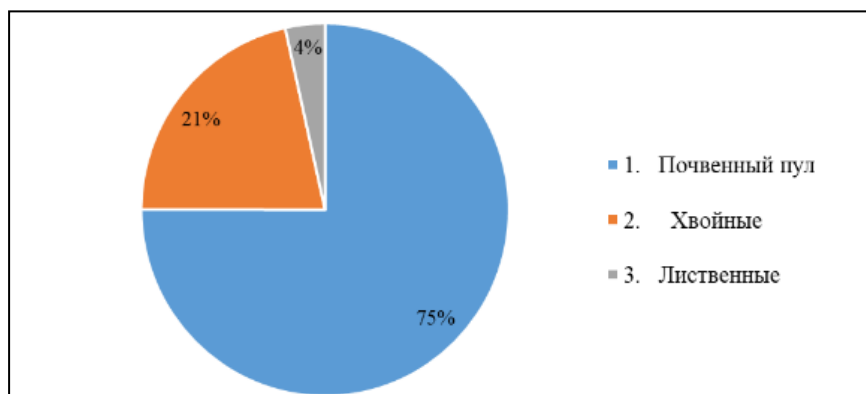


Рис. 1. Структура пулов углерода в лесных экосистемах Забайкальского края

Потоки углерода в лесных экосистемах Забайкальского края. По данным работы (Суворова, Казаков, 2017), суммарная величина NPP хвойных лесов региона достигает 81 млн т С. Наиболее эффективно образуют фитомассу, то есть поглощают атмосферный углерод, лиственные леса, в наименьшей степени – еловые и пихтовые (рис. 2).

Отпад в хвойных лесах (7,1 млн т С) рассчитан с учетом его процентного отношения от NPP: в сосновых древостоях – 8,05%, еловых – 6,82%, пихтовых – 4,70%, лиственных – 8,93%, кедровых – 5,14% (Таблицы..., 2008). Углерод NPP и отпада хвойных лесов достигает соответственно 10% и 1% от пула углерода, заключенного в их фитомассе (табл. 3).

NPP и отпад лиственных лесов. Следует учитывать, что возрастные группы лиственных пород отличаются от хвойных. Для первой группы возраста были приняты данные 15-летнего возраста (средней для всей группы возраста), второй – 30 лет, третьей – 50 лет и четвертой – 80 лет. NPP определяли исходя из того, что в первой группе возраста годичный прирост составляет 30% от суммарной фитомассы группы, во второй – 16,5%, третья группа обеспечивает прирост в 10% и четвертая группа – 7,3% (Таблицы..., 2008). Отпад определяли исходя из его процентного отношения от суммарной фитомассы группы возраста: в первой группе – 6%; второй – 3,5%; третьей – 1,5%; четвертой – 0,4% (Таблицы..., 2008) (табл. 4).

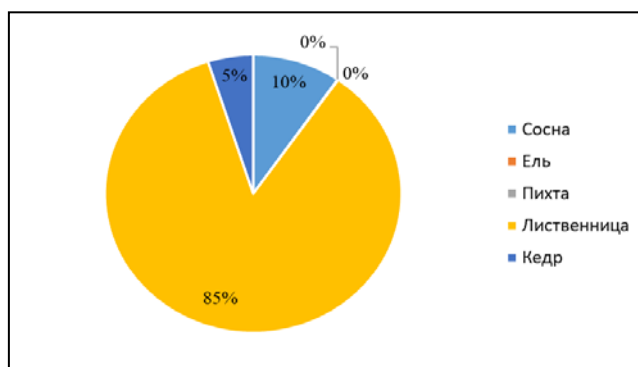


Рис. 2. NPP в хвойных лесах Забайкальского края в год, млн т С

Таблица 3

Отпад в хвойных лесах Забайкальского края

Показатели	Сосна	Ель	Пихта	Лиственница	Кедр
Масса углерода в отпаде, тыс т	628,89	2,94	0,68	6 173,94	205,48

Таблица 4

Чистая первичная продукция (NPP) и отпад в лиственных лесах Забайкальского края

Группа возраста	Суммарная фитомасса по всем землям, тыс. т С	NPP, тыс. т С	Отпад, тыс т С
I	13540,53	4062,16	812,43
II	75443,97	12448,25	2640,54
III	16444,688	1644,46	246,67
IV	27282,64	1991,63	109,13
Итого	132711,83	20147,20	3808,77

Величины NPP (20,1 млн т С) и отпада (3,8 млн т С) составляют соответственно 15,2% и 2,9% от пула углерода, заключенного в фитомассе лиственных лесов.

Биомасса наземных экосистем мира составляет около 8500 000 млн т С, в почвах мира заключено 1080 000 млн т С (Федоров, 2017). Пул углерода лесов Забайкальского края составляет 0,112% от биомассы наземных экосистем мира, почвенный пул лесных земель края достигает 0,264% от содержания С в почвах мира.

Чистая первичная продукция (NPP) лесов мира оценивается в пределах от 2 000 до 4 000 млн т. углерода в год, в лесах России она достигает 615 млн т углерода в год, из которых 415 млн т углерода в год усваивает живая фитомасса. Удельный показатель NPP наземных биомов по России составляет 5,8 т углерода на человека в год (Федоров, 2017). Суммарный показатель NPP хвойных и лиственных лесов Забайкальского края (101,1 млн т С) обеспечивает удельную углеродопоглощающую активность равную, при численности населения 1054071 человек (2020 г.), 95,9 т углерода на человека в год. Этот показатель превосходит в 16,5 раз удельный показатель по России и в 240 раз (0,4 т С/чел) удельный показатель по населению мира. Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод, что сохранение и научно обоснованное использование лесных экосистем данной территории является условием устойчивого развития Забайкальского края и регулирования глобальных потоков углерода его лесами.

ЛИТЕРАТУРА

- Моисеев Б.Н. Оценка годичного депонирования углерода по запасу древесины в лесах России // Лесное хозяйство. 2011. № 1. С. 16–18.
- Суворова Г.Г., Казаков А.В. Фотосинтетический сток углекислого газа в хвойные леса. Карта // Экологический атлас Байкальского региона. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. Раздел 1. Карта № 62. (Электронный ресурс: <http://atlas.isc.irk.ru>).

Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии / сост. А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю. И. Булуй. Москва, 2008. 886 с.

Углерод в экосистемах лесов и болот России / под ред. В. А. Алексеева, Р. А. Бердси. Красноярск, 1994. 170 с.

Федоров Б. Г. Российский углеродный баланс. Москва: Научный консультант, 2017. 82 с.

УДК 581.9 (571)

Чужеродные виды в урбанофлорах (на примере г. Улан-Удэ, Западное Забайкалье)

Суткин А.В.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, sutkin_a@mail.ru

Аннотация. Приведены сведения о составе инвазивного элемента адвентивной фракции урбанофлоры Улан-Удэ. Показаны основные особенности инвазивного элемента урбанофлоры Улан-Удэ.

Alien species in urban flora (for example, Ulan-Ude city, Western of Transbaikalia)

Sutkin A.V.

Institute of General and Experimental Biology, Ulan-Ude, sutkin_a@mail.ru

Abstract. Information on the composition of the invasive element of the alien fraction of the urban flora of Ulan-Ude city is given. The main features of the invasive element of the urban flora of Ulan-Ude are shown.

Формирование урбанофлор, как качественно новой системы популяций всех видов растений под влиянием антропогенного фактора в разных природно-климатических условиях России имеет свои особенности (Ильминских, 2014).

Унификация флоры, которая в целом происходит под влиянием антропогенного фактора, в условиях урбанизированной среды выражается как в исчезновении (элиминации) стено-топных и эндемичных аборигенных растений, так и в появлении и натурализации новых адвентивных и инвазионных видов, распространение которых на городской территории подчиняется природно-историческим закономерностям.

Являясь одним из основных элементов урбанофлоры (особенно в крупных европейских городах), адвентивные и инвазивные виды сосудистых растений вносят большую систематическую неопределенность в состав урбанофлоры.

Цель нашей работы – установление состава инвазионного компонента адвентивной фракции урбанофлоры Улан-Удэ и выяснение его основных особенностей.

В предыдущей работе (Суткин, 2016) рассмотрены вопросы таксономического состава инвазионного элемента флоры Забайкалья и выяснены основные его особенности.

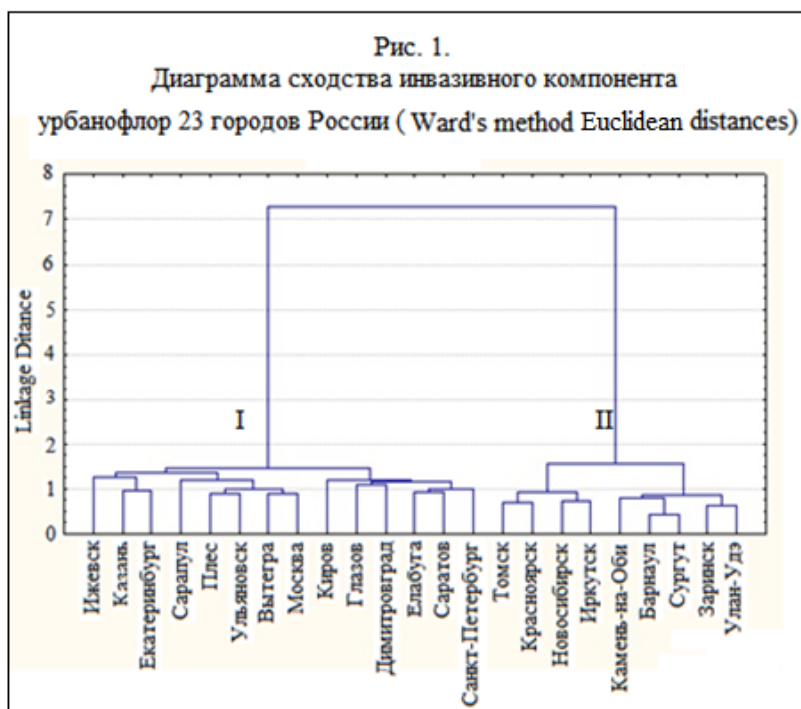
В то же время, несмотря на давнюю историю изучения урбанофлор в России инвазивным растениям в урбанизированной среде пока еще уделяется мало внимания. Несмотря на то, что систематический состав инвазионных растений Сибири уже известен (Эбель и др., 2014), отнесение тех или иных адвентивных видов в категорию инвазионных и в особенности их распространения на территориях городов требует дальнейшего изучения (Третьякова и др., 2019).

Основной материал получен на территории г. Улан-Удэ в 1998-2010 гг. Для целей исследования по выявлению инвазивных растений урбанофлоры использовано два взаимодополняющих метода – маршрутный и модельных выделов (Ильминских, 2014). При этом, последний метод позволил проследить пространственные особенности состава инвазивной флоры в разных историко-экономических районах города.

На территории г. Улан-Удэ было известно 77 адвентивных видов растений (Суткин, 2010), с учетом новых находок за последние 8 лет добавились следующие таксоны, материалы по которым хранятся в гербарии ИОЭБ СО РАН (UUN) (*Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muehl, *Impatiens glandulifera* Royle, *Medicago x varia* Martyn, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Sinapis alba* L., *Sisimbrium volgense* M. Bieb ex E. Fourn., *Onobrychis viciifolia* Scop., *Atriplex hortensis* L.) т.е. эта цифра увеличилась до 83. При этом на территории г. Улан-Удэ обнаружено 29 видов относящихся к 27 родам и 17 семействам (54,7 % видового разнообразия ин-

вазивной флоры Забайкалья (Суткин, 2016)), которые отнесены к инвазивным и потенциально инвазивным.

Сравнительный анализ инвазивного компонента урбанофлоры Улан-Удэ показал, его наибольшее сходство с другими сибирскими городами (рис. 1) (города Заринск, Барнаул и др.) (кластер II), и отличие от инвазионных флор средней полосы России (города Москва, Санкт-Петербург и др.) (кластер I).



По количеству инвазивных видов лидирующие позиции занимают столичные города (Москва и Санкт-Петербург – 62 и 53 вида соответственно), тогда как минимальное число инвазивных видов зафиксировано в г. Сургут (9 видов). Город Улан-Удэ по количеству чужеродных видов, хотя и не входит в первую тройку, но сопоставим с такими крупными городами Урала и Сибири, как Екатеринбург (30 видов), Иркутск (37 видов), Новосибирск (32 вида) и др.

ЛИТЕРАТУРА

Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014. 470 с.

Суткин А.В. Урбанофлора г. Улан-Удэ. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2010. 142 с.

Суткин А.В. Инвазионные виды сосудистых растений Забайкалья: состав и основные особенности // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии /Мат-лы III Всеросс. науч. конф. (Улан-Удэ, 21–23 июня 2016 г.) Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. С. 273-276.

Третьякова А.С., Суткин А.В., Сенатор С.А., Алихаджиев М.Х., Кондратков П.В. Урбанофлористика в России: современное состояние и перспективы // Инновации и традиции в современной ботанике / Тез. докл. Всеросс. науч. конф. с междунар. участием посв. 150-летию со дня рожд. В.Л. Комарова. Санкт-Петербург, 21–25 окт. 2019 г. СПб.: Изд-во БИН РАН, 2019. С. 108.

Эбель А.Л., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н., Аненхонов О.А., Анкипович Е.С., Антипова Е.М., Верховина А.В., Ефремов А.Н., Зыкова Е.Ю., Михайлова С.И., Пликина Н.В., Рябовол С.В., Силантьева М.М., Степанов Н.В., Терехина Т.А., Чернова О.Д., Шауло Д.Н. Инвазионные и потенциально инвазионные виды Сибири //Бюл. Главн. Бот. сада 2014, № 1. С. 52-61.

УДК 581.527.7 (571.151)

**Инвазивные и потенциально инвазивные виды сосудистых растений
в Байкальском государственном природном биосферном заповеднике
(Республика Бурятия)***Суткин А.В.¹, Гамова Н.С.^{2,3}, Краснопевцева А.С.³*¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, sutkin_a@mail.ru²Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет, кафедра Геоботаники, Москва, bg_natagamova@mail.ru³Байкальский государственный природный биосферный заповедник, пос. Танхой, krasaleksa@gmail.com

Аннотация. Приведены сведения о составе инвазивного элемента флоры сосудистых растений Байкальского государственного природного биосферного заповедника. Показано, что большинство инвазивных видов – потенциально инвазивные растения, встречающиеся в охранной зоне заповедника.

**Invasive and potentially invasive species of vascular plants in the Baikal state natural
biosphere reserve (Republic of Buryatia)***Sutkin A.V.¹, Gamova N.S.^{2,3}, Krasnopevtseva A.S.³*¹Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, sutkin_a@mail.ru²Moscow State University, Moscow, bg_natagamova@mail.ru³Baikal State Nature Biosphere Reserve, vil. Tankhoy, krasaleksa@gmail.com

Abstract. Information on the composition of the invasive element of the flora of vascular plants of the Baikal State Natural Biosphere Reserve is presented. It is shown that the majority of invasive species are potentially invasive plants which found in the protected zone of the reserve.

Проблема фитоинвазий на заповедные территории России обсуждается уже достаточно давно (Тихомиров, 1984). В Забайкалье исследования инвазионных растений на заповедных территориях никем не проводились, поэтому нами предпринята попытка оценить состав и особенности инвазионного элемента флоры одного из старейших биосферных заповедников Сибири – Байкальского.

Государственный заповедник “Байкальский” организован в 1969 году, для охраны уникальных ландшафтов центральной части хр. Хамар-Дабан, раритетных неморальных видов и их сообществ. Общая площадь заповедника – 167871,12 га (охранная зона – площадь 34 788 га).

В настоящее время в составе флоры заповедника известно 1140 видов высших сосудистых растений. В последние годы пополнение состава флоры заповедника идет в основном за счет адвентивных видов, появление которых на данной территории носит достаточно случайный характер. Адвентивные виды в заповеднике локализуются в основном в его охранной зоне, на заповедные участки в настоящее время проникло только два вида (*Poa supina* Schrad. и *Juncus tenuis* Willd.), но и они не представляют какую либо опасность для горно-таежных сообществ и приурочены в основном к туристическим тропам и местам стоянок.

Исследования проводились в охранной зоне заповедника традиционным маршрутным методом в период с 2015–2019 гг., были обследованы основные места заноса адвентивных и инвазионных видов – обочины федеральной трассы Р 258 “Байкал”, туристические тропы, насыпи Транссибирской железной дороги и рудеральные участки поселков Танхой и Выдрино, станции Прибой, Мишиха, Кедровая-Сибирская. Используются так же публикации последних лет по распространению в заповеднике некоторых инвазионных видов растений (Верхозина, Эбель, Мурашко, 2020; Суткин, Краснопевцева, 2020).

В составе инвазивного элемента флоры Байкальского заповедника зафиксировано произрастание 39 видов растений относящихся к 34 родам и 17 семействам (таблица), при этом все они указаны в списке инвазивных и потенциально инвазивных для Сибирского федерального округа (Черная книга, 2016), а 13 видов (23 %) инвазивные для Средней России (Виноградова, Майоров, Хорун, 2009). В семейственно-родовом спектре наибольшее количество таксонов зафиксировано в 5 семействах – *Asteraceae* (14 видов и 12 родов), *Poaceae* (4 вида и 4 рода), *Fabaceae* (3 вида и 3 рода), остальные семейства содержат 1-2 вида и рода.

Таблица

Список инвазивных видов сосудистых растений Байкальского заповедника с указанием инвазивного статуса

№ п/п	Название вида	Распространение на территории и при- близительная оценка встречаемо- сти/численности	Инвазив- ный статус
1	<i>Acer negundo</i> L.	Отдельные деревья рядом с местами бывших посадок вдоль транссибирской магистрали.	3
2	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Около дороги в окрестностях станции Танхой, единично.	4
3	<i>Armoracia rusticana</i> Gaertn., C.A. Mey et Scherb.	Дичающее из культуры в поселке Танхой, редко.	4
4	<i>Aster novi-belgii</i> L.	Дичающее из культуры, несколько точек в поселке Танхой, редко.	4
5	<i>Atriplex sagittata</i> Borkh.	Поселок Танхой, клумба.	3
6	<i>Calystegia inflata</i> Sweet	Одна куртина в поселке Танхой на ку- старниках у берега реки Безголовка.	4
7	<i>Centaurea jacea</i> L.	Насыпи железной дороги, обочины шос- се, изредка.	4
8	<i>Centaurea scabiosa</i> L.	Насыпи железной дороги, обочины шос- се, изредка.	4
9	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	Обочины дорог в населенных пунктах, изредка.	4
10	<i>Cuscuta europaea</i> L.	Отмель реки Темник близ границы запо- ведника, редко.	4
11	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	Обочины шоссе, населенные пункты, из- редка.	3
12	<i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) Torr. et Gray	Населенные пункты, вдоль дорог, изред- ка.	4
13	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	Старица реки Мишиха близ устья, изред- ка.	1
14	<i>Elsholtzia ciliata</i> (Thunb.) Nyl.	У жилья и на галечниках рек, прибай- кальские террасы, изредка.	4
15	<i>Epilobium ciliatum</i> Rafin.	Влажные луга, обочины дорог и троп, прибайкальские террасы, изредка.	3
16	<i>Epilobium pseudorubescens</i> A.K. Skvortsov	Обочины дорог, населенные пункты, луга прибайкальских террас, речные отмели рек северного макросклона в нижнем течении, изредка.	4
17	<i>Fragaria magna</i> Thuill.	Обочины грунтовых дорог вблизи (не бо- лее 0,5 км) шоссе – в окр. поселков Тан- хой, Речка Выдрино, Речка Мишиха и в низовьях р. Аносовка. Дичающее из куль- туры.	4
18	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Обочины дорог в поселке Танхой. Дича-	4

		ющее из культуры.	
19	<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Единично в поселке Танхой как одичавшее из культуры.	4
20	<i>Hordeum jubatum</i> L.	Обочины шоссе, населенные пункты, изредка.	3
21	<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	Обочины дорог, в окрестностях поселка Танхой, в отдельных точках – куртины.	3
22	<i>Juncus tenuis</i> Willd.	Отдельные точки по сырым участкам лугов, лесных опушек и заболоченных местообитаний в полосе прибайкальских террас.	4
23	<i>Lepidium densiflorum</i> Schrad.	Сорное, вдоль дорог и в населенных пунктах, редко.	3
24	<i>Lepidotheca suaveolens</i> (Pursh) Nutt.	Сорное, вдоль дорог, в населенных пунктах, довольно обычно.	2
25	<i>Lolium perenne</i> L.	Обочины шоссе Иркутск – Улан-Удэ, изредка.	4
26	<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.	Поселки Танхой, Речка Выдрино, Речка Мишиха – дичающее из культуры.	3
27	<i>Malva verticillata</i> L.	Изредка у жилья.	3
28	<i>Medicago sativa</i> L.	Окрестности населенных пунктов, обочины дорог, изредка.	2
29	<i>Medicago x varia</i> T. Martyn	Поселок Танхой и другие населенные пункты, обочины дорог, нередко.	2
30	<i>Pastinaca sativa</i> L.	Единично в поселки Танхой и вдоль шоссе Иркутск – Улан-Удэ.	4
31	<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	Поселок Танхой, дичающее из культуры, изредка.	4
32	<i>Rudbeckia laciniata</i> L. (var. <i>hortensia</i> L.H. Bailey)	Поселок Танхой, дичающее из культуры, редко.	4
33	<i>Saponaria officinalis</i> L.	Поселок Танхой, дичающее из культуры, редко.	4
34	<i>Senecio dubitabilis</i> S. Jeffrey et Y.L. Chen.	Обочина шоссе Иркутск – Улан-Удэ, редко.	4
35	<i>Senecio viscosus</i> L.	Обочины дорог, галечники рек и берег Байкала, изредка.	3
36	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Вдоль дорог, на огородах и пустырях, в населённых пунктах, нередко.	3
37	<i>Setaria pycnocomia</i> (Steud.) Henrard ex Nakai	Поселок Танхой, вдоль дорог, редко.	4
38	<i>Sphallerocarpus gracilis</i> (Bess. ex Trev.) K.-Pol.	В огородах, вдоль дорог, изредка.	2
39	<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat.) M. Lainz	Вдоль дорог, в населенных пунктах, на пустырях, изредка.	3

Более 50 % (22 инвазивных вида) в Байкальском заповеднике отнесены к потенциально инвазивным (4 категория статуса), причем некоторые из них (*Centaurea jacea* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Calystegia inflata* Sweet, *Cuscuta europea* L., *Helianthus tuberosus* L., *Medicago x varia* T. Martyn, *Rudbeckia laciniata* L. (var. *hortensia* L.H. Bailey), *Symphyotrichum novi-belgii* (L.) G.L. Nesom) не указаны в качестве инвазивных для нашего региона (Черная книга, 2016), так как найдены недавно.

Таким образом, в составе инвазионной флоры заповедника обнаружено 39 видов относящихся к 34 рода и 17 семействам. Более 50 % инвазионных видов растений в заповеднике, в настоящее время, потенциально инвазивные, и распространены в его охранной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

Верхозина А. В., Эбель А. Л., Мурашко Б. В. Фитоинвазии в Байкальской Сибири // Актуальные проблемы науки Прибайкалья /Сб. науч. статей. Иркутск, 2020 С. 40–45.

Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М.: ГЕОС, 2009. 502 с.

Суткин А. В., Краснопевцева А. С. Новые находки адвентивных видов сосудистых растений в Республике Бурятия // Turczaninowia, 2020. Т. 23, № 1. С. 110–115. DOI: <http://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.23.1.11>

Тихомиров В. Н. Особенности охраны растительного покрова на малых заповедных территориях (на примере заповедника Галичья гора) // Бюллетень Московского общества испытателей природы Отд. биол. 1984. Т. 89. № 4. С. 27–35.

Черная книга флоры Сибири. Новосибирск, 2016. 440 с.

УДК 631.4:581

Постагрогенная трансформация почв и растительности на контакте таежных и степных ландшафтов Селенгинского среднегорья*Сымпилова Д.П., Шахматова Е.Ю., Гончиков Б.-М.Н.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, darimasp@mail.ru

Аннотация. Исследованы агрогенно-преобразованные почвы в ландшафтах контакта тайги и степи Селенгинского среднегорья. Изучены морфологические, химические и физические свойства агротемногумусовых горизонтов почв 10-15-летних залежей. Выявлены основные этапы восстановления растительности на залежах, выделены стадии их восстановления.

Postagrogenic transformation of soils and vegetation at the contact of taiga and steppe landscapes of the Selenga Mountains*Sympilova D.P., Shakhmatova E.Yu., Gonchikov B.-M.N*

Institute of General and Experimental SB RAN, Ulan-Ude, darimasp@mail.ru

Abstract. The agrogenically transformed soils in the landscapes of the taiga and steppe contact of the Selenga Mountains have been investigated. The morphological, chemical and physical properties of the agro-dark-humus horizons of the soils of 10-15-year-old fallows have been studied. The main stages of restoration of vegetation on fallow lands are revealed, the stages of their restoration are highlighted.

Межгорные долины Селенгинского среднегорья приурочены к пологим склонам подгорных шлейфов хребтов. Эти формы рельефа перекрыты толщей песков кривоярской свиты и лессовидными отложениями.

Климат резкоконтинентальный, среднее годовое количество осадков не превышает 250 мм, большая часть (50-55%) выпадает летом, отсутствие устойчивого снежного покрова способствует глубокому промерзанию почв. Рассматриваемая территория относится к криолитозоне с длительным сезонным промерзанием пород. Экспозиционные различия северных и южных склонов по тепло- и влагообеспеченности настолько велики, что приводят к сосуществованию горных степей и горной тайги без промежуточных зональных подразделений растительности.

Ландшафты контакта тайги и степи Селенгинского среднегорья наиболее освоены и подвержены самым сильным антропогенным нагрузкам. В структуре почвенного покрова преобладают агрогенно-преобразованные почвы. Эти почвы обладают высоким плодородием благодаря высокой насыщенности основаниями почвенно-поглощающего комплекса, являются хорошими сельскохозяйственными угодьями и интенсивно используются.

Постагрогенная трансформация залежных почв характеризуется изменением морфологических, физических и агрохимических свойств. В результате агрогенной трансформации почвы, вовлеченные в сельскохозяйственное землепользование, деградируют. Происходит развитие плоскостной и линейной эрозии, в почвенном профиле уменьшается мощность гумусовой толщи и снижается содержание гумуса, формируется плужная подошва, изменяется структура, увеличивается плотность сложения, снижается водоустойчивость агрегатов.

В настоящее время растительность залежей представлена разнообразными лугами, из них остепненные луга занимают большие площади и могут быть злаковыми, разнотравными и кустарниковыми (Новикова, Полозова, 2009).

Исследование закономерностей восстановления растительного покрова и изменения содержания морфологических, химических, физических свойств в агротемногумусовых горизонтах агрогенно-преобразованных почв представляет научный интерес.

Геоботаническое описание и аналитическая обработка почв проводились общепринятыми методами. Индексы цвета почвенных горизонтов даны в сухом состоянии по шкале Манселла. Типы почв установлены согласно Классификации и диагностики почв России. Гранулометрический состав определялся пипеточным методом по Н.А. Качинскому, структурно-агрегатный состав почв – методом сухого и мокрого просеивания по Н.И. Саввинову.

Ключевой участок 2К-13 заложен на залежи в окрестностях с. Куйтун, в 2 км на северо-восток, средняя часть делювиального шлейфа, крутизна 6-7°. Абсолютная высота – 814 м над ур. моря. Растительность – ползучепырейно-разнотравное сообщество. Проективное покрытие – 20%. Почва – агротемногумусовая на лессовидных отложениях. Агротемногумусовый горизонт буровато-серого цвета (10YR 4/2), плотный, структура глыбисто-комковатая.

Ключевой участок 1М-13 заложен на залежи верхней части ложбины в окрестностях с. Малый Куналей, в 4-5 км на юго-запад, средняя часть делювиального шлейфа, крутизна 7-8°. Абсолютная высота – 850 м над ур. моря. Растительность – кустарниково-злаково-разнотравное сообщество. Проективное покрытие – 30-40%. Почва – агротемногумусовая на лессовидных отложениях. Агротемногумусовый горизонт буровато-темно-серого цвета (10YR 3/2), плотный, структура комковатая.

Процент сельскохозяйственных земель составляет десятую часть от общего значения земельного фонда Республики Бурятия. Согласно данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи (Земельные ресурсы..., 2018), в Тарбагатайском и Бичурском муниципальных районах общая площадь сельскохозяйственных угодий составляют 26018,5 га и 52396,4 га. Из них на долю пашен приходится 49% и 48%, залежей – 23% и 11%. Высокий процент залежей в Тарбагатайском районе связан с большой плотностью оврагов.

Агротемногумусовые почвы в Селенгинском среднегорье формируются на пашнях и залежах делювиальных шлейфов. Почвы характеризуются буровато-темно-серым гумусовым горизонтом, постепенно сменяющейся малоизмененной почвообразующей породой, глыбисто-комковатой и комковатой структурой, плотным сложением, низким содержанием гумуса, что связано с дегумификацией, вследствие длительного использования в сельскохозяйственном производстве. Для всех горизонтов характерна нейтральная и слабощелочная реакция среды. Среди обменных катионов преобладает кальций (Сымпилова и др., 2015).

На ключевых участках 2К-13 и 1М-13 растительность 10-15-летних залежей представлена остепненными лугами, которые отражают начальные стадии восстановительных сукцессий с высоким участием сорных элементов и ксеромезофитов. Корневищная стадия остепненного луга ключевого участка 2К-13 представлена ползучепырейно-разнотравным сообществом. Доминант – *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Содоминаты – *Poa botryoides* (Trin. Ex Griseb.) Roshev., *Carex pediformis* C.A. Meyer, *Bromopsis inermis* (Leysser) Holub., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Potentilla tanacetifolia* Willd. Ex Schlecht., *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Galium boreale* L., *Veronica incana* L. Кустарниковая стадия остепненного луга ключевого участка 1М-13 представлена кустарниково-злаково-разнотравным сообществом. Кустарники занимают до 10%, представлены: *Rosa acicularis* Lindley, *Cotoneaster melanocarpus* Fischer ex Blytt, *Spiraea salicifolia* L., *Caragana pygmaea* (L.) DC. Злаки – *Carex pediformis* C.A. Meyer, *Bromopsis inermis* (Leysser) Holub., *Poa botryoides* (Trin. Ex Griseb.) Roshev. В разнотравье присутствуют: *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Potentilla tanacetifolia* Willd. Ex Schlecht., *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Aconitum barbatum* Pers., *Galium boreale* L., *Urtica dioica* L.

Кустарниковая стадия остепненного луга отражает следующую стадию демуляции степной растительности и дальнейшего залесения территории.

Наряду с сукцессией фитоценозов, наблюдается увеличение содержания органического углерода и обменных катионов в агротемногумусовых горизонтах. Реакция среды уменьшается в сторону подкисления. В гранулометрическом составе наблюдается увеличение содержания илистой фракции (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические свойства PU горизонта агрогенно-трансформированных почв

Горизонт, глубина, см	pH _{H2O}	Гумус, %	C/N	Обменные катионы, ммоль(+)/100 г почвы		СНО, %	<0.001	<0.01
				Ca ²⁺	Mg ²⁺			
Залежь в окрестностях с. Куйтун (Р. 2-07)								
PU (0-20)	7.2	0.82	-	13.8	3.4	-	7	19
Залежь в окрестностях с. Куйтун (Р. 2К-13)								
PU (0-20)	6.9	2.57	8	19.4	1.39	99	10	17
Залежь в окрестностях с. Малый Куналей (Р. 1М-13)								
PU (0-20)	7.3	3.47	9	19.5	5.75	95	8	17

Структура агротемногумусовых горизонтов двух ключевых участков в целом благоприятна за счет преобладания агрономически ценных фракций 0,25-10 мм, коэффициент структурности составляет 2,56 и 1,75. Содержание водопрочных агрегатов составляет 52% и 24% соответственно, что свидетельствует о хорошей водопрочной структуре агрогенно-аккумулятивного горизонта ключевого участка 2К-13 и неудовлетворительной – ключевого участка 1М-13 (табл. 2).

Таблица 2

Структурно-агрегатный состав PU горизонта агрогенно-трансформированных почв (сухое и мокрое просеивание)

Горизонт, глубина, см	Содержание фракций, %; размер агрегатов, мм							
	>10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25
Залежь в окрестностях с. Куйтун (Р. 2К-13)								
PU (0-20)	18	22	$\frac{8}{20}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{12}{12}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{21}{48}$
Залежь в окрестностях с. Малый Куналей (Р. 1М-13)								
PU (0-20)	45	23	$\frac{5}{0}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{18}$	$\frac{12}{76}$

Плотность агротемногумусового горизонта ключевого участка 2К-13 является благоприятной для роста и развития растений. Уплотнение агротемногумусового горизонта ключевого участка 1М-13 значительно выше, на что указывает глыбисто-комковатая структура (табл. 3).

Таблица 3

Физические показатели PU горизонта агрогенно-трансформированных почв

Горизонт, глубина, см	Влажность, % (W)	Плотность сложения, г/см ³	Общая порозность, %
Залежь в окрестностях с. Куйтун (Р. 2К-13)			
PU (0-20)	11.1	1.43	47
Залежь в окрестностях с. Малый Куналей (Р. 1М-13)			
PU (0-20)	19.8	1.18	54

Таким образом, восстановление растительности 10-15-летних залежей остепненных лугов на примере ключевых участков в окрестностях с. Куйтун и с. Малый Куналей представлены корневищной и кустарниковой стадиями. Самовосстановление агрогенно-преобразованных почв характеризуется увеличением содержания органического вещества и обменных катионов. Реакция среды меняется в сторону подкисления. Увеличивается доля илстой фракции, улучшается структурное состояние, снижается плотность.

Работа выполнена в рамках госзадания АААА–А1–117011810038–7, частично при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18–45–030033 р_а.

ЛИТЕРАТУРА

Земельные ресурсы и их использование (Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года). Т. 3. Улан-Удэ: Бурятстат, 2018. 106 с.

Сымпилова Д.П., Гынинова А.Б., Куликов А.И., Шахматова Е.Ю., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.-М.Н.,

Цыбикдоржиев Ц.Ц., Хаптухаева Н.Н., Мангатаев А.Ц., Бадмаев Н.Б. Особенности почвообразования на лесовых породах северного макросклона хр. Цаган-Дабан Западного Забайкалья // Известия РАН. Серия географическая. 2015. № 1. С. 98-110.

Новикова Л.А., Полозова М.О. Восстановление растительности на залежах «Островцовской лесостепи» // Вестник ОГУ, 2009. № 6. С. 286-290.

УДК 591.524.11(282.256.34)

Структура зообентоса небольших высокогорных озёр в верхнем течении р. Светлая (бассейн Верхней Ангары)

Тараканова К.В., Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Юрьев А.Л., Вокин А.И.

Иркутский государственный университет, Иркутск, matvbaikal@mail.ru

Аннотация. Исследованы количественные показатели и структура зообентоса двух высокогорных озёр (Светлинское и Талинское) в бассейне верхнего течения р. Светлой, притока р. Верх. Ангара. Доминирующими группами в структуре зообентоса обеих озёр являются хирономиды и двустворчатые моллюски. В оз. Светлинское на глубине 5 м средняя численность зообентоса составляет 1260 экз./м², а биомасса 1,217 г/м², а на 10 м – 375 экз./м² и 0,55 г/м² соответственно. В оз. Талинское на глубине 5 м средняя численность зообентоса составляет 12200 экз./м², а биомасса 13,414 г/м², а на 10 м – 1483,3 экз./м² и 1,449 г/м² соответственно. Установлено значительное воздействие выедания рыбами на количественные показатели зообентоса.

Zoobenthos structure of small alpine lakes in the upper reaches of the Svetlaya river (Verkhnyaya Angara basin)

Tarakanova K.V., Matveev A.N., Samusenok V.P., Yuriev A.L., Vokin A.I.

Irkutsk State University, Irkutsk, matvbaikal@mail.ru

Annotation. The quantitative indicators and structure of zoobenthos of two high-mountain lakes (Svetlinskoe, Talinskoe) of the basin of the upper reaches of the Svetlaya river, a tributary of the Verkhnyaya Angara river, have been investigated. The dominant groups in the macrozoobenthos structure of both lakes are chironomids and bivalve molluscs. In Lake Svetlinskoe, at a depth of 5 m, the average abundance of zoobenthos is 1260 ind/m², and the biomass is 1,217 g/m², and at 10 m, 375 ind/m² and 0,55 g/m², respectively. In Lake Talinskoe, at a depth of 5 m, the average abundance of zoobenthos is 12200 ind/m², and the biomass is 13,414 g/m², and at 10 m – 1483,3 ind/m² and 1,499 g/m², respectively. A significant impact of predation by fish on the quantitative indicators of zoobenthos was determined.

Биота небольших высокогорных озёр, расположенных в непосредственной близости от водоразделов, в отличие от более крупных нижерасположенных горных озёр, практически не исследовалась. Вместе с тем, именно через них происходит вероятное проникновение элементов флоры и фауны из одного водотока в другой, а также в сопредельные речные бассейны. До настоящего времени нет прямых доказательств проникновения ленской фауны в бассейн Байкала в результате стока вод реки в этом направлении, так и проникновения байкальской эндемичной фауны в бассейн Лены в результате трансгрессии вод Байкала. Тем не менее последние находки арктического гольца и пестроногого подкаменщика в бассейне Байкала (Андреев и др., 2020; Алексеев и др., 2021) свидетельствуют о высокой вероятности проникновения этих видов, а возможно и других гидробионтов через подобные приводораздельные участки контакта либо через перехваты русел в верховьях. Значительный интерес представляет и исследование особенностей функционирования сообществ водных беспозвоночных в экстремальных условиях высокогорий, как в присутствии многочисленных представителей ихтиофауны, так и без такового.

В основу работы положены материалы, собранные в ходе экспедиционных работ по обследованию горных озёр, направленных на поиск неизвестных популяций арктического гольца в бассейне оз. Байкал. С 21 по 23 августа 2010 г. было обследовано безымянное озеро в истоках р. Светлой, названное Светлинским, а 28–29 августа – названное Талинским безымянное озеро в среднем течении р. Лев. Тала (басс. Талы – Илокалуя – Светлой), расположенное через перевальный хребет от оз. Светлинское. Сбор материала осуществлялся дночерпателем Петерсена (малая модель) с площадью захвата 0,02 м². В оз. Светлинское было отобрано 11, в оз. Талинское – 18 проб макрозообентоса. Пробы обработаны в соответствии с общепринятыми в гидробиологии методами.

Озеро Светлинское расположено в осевой части Баргузинского хребта на высоте 1766 м над у. м. значительно выше верхней границы леса. Это среднее по положению наиболее крупное озеро в каскаде из пяти озёр, расположенных в истоках р. Светлой. Западный, северный и северо-восточный берега образованы крутыми склонами, покрытыми спускающимися в воду курумниками, юго-восточный берег пологий, здесь котловина озера открывается в сторону широкого плоскогорья, откуда начинается долина Светлой. Озеро состоит из боковой части и двух мелководных заливов глубиной до 3–5 м, значительно врезанных в сушу. Длина озера 1700 м, наибольшая ширина 600 м, максимальные глубины находятся ближе к крутому северо-западному береговому склону и составляют 30–35 м, в период исследований прозрачность воды составляла 7 м, температура в приповерхностном слое 13 °С, на глубине 33 м – 5,7 °С. В литоральной зоне грунты представлены крупными каменными глыбами и валунами, на глубинах более 5 м отмечены серо-коричневые или серые илы с небольшой примесью смытых в водоём растительных остатков. В литорали озера полностью отсутствуют макрофиты. В составе ихтиофауны обнаружен арктический голец (*Salvelinus alpinus*), представленный весьма многочисленными карликовой и мелкой формами, а также обычные для подобных водоёмов региона обыкновенный голяк *Phoxinus phoxinus* и сибирский голец *Barbatula toni* (Самусенок и др., 2006).

Озеро Талинское расположено на высоте 1386 м над у. м. в главной долине Лев. Талы в двух километрах выше её слияния с Прав. Талой. Ниже озера долина реки сильно врезается в склон северного окончания Баргузинского хребта, весьма значительный перепад высот по руслу обусловил невозможность заселения вышерасположенного участка бассейна реки рыбами. Котловина озера имеет характерную округло-вытянутую форму, в центре озёрной чаши возвышается небольшой (около 100 м в поперечнике) остров. Длина озера составляет 1200 м, максимальная ширина около 500 м. Наибольшая глубина составляет 32 м.

Отбор проб в оз. Светлинское осуществлялся на глубинах 5, 10 и 30 м. В составе макрозообентоса отмечены только три таксономические группы: нематоды, двустворчатые моллюски и хирономиды. Первые две группы отмечены лишь в диапазоне глубин до 5 м., а хирономиды – до 10 м. В двух пробах с глубины 30 м организмы зообентоса обнаружены не были. Средняя численность организмов на пятиметровой глубине составляла 1260 экз./м², а биомасса 1,217 г/м², на десятиметровой глубине эти показатели были соответственно равны 375 экз./м² и 0,55 г/м². В этих зонах глубин доминирующее положение в структуре зообентоса занимали хирономиды, составляющие на 5 м 55,5 % по численности и 64,7 % от общей биомассы организмов, а на 10 м – 93,3 и 99,9 % соответственно. В зоне глубин до 5 м довольно высоким было значение двустворчатых моллюсков (28,6 % и 32,0 % соответственно), представленных единственным видом *Euglesa granum*.

В расположенном на 400 м ниже безрыбном оз. Талинское пробы отобраны на глубинах 5, 10, 15 и 30 м. В составе зообентоса были отмечены нематоды, олигохеты, амфиподы, остракоды, двустворчатые моллюски, хирономиды и куколки прочих двукрылых. Все указанные группы организмов отмечаются только в зоне глубин до 5 м, на десятиметровой глубине из состава зообентоса выпадают олигохеты и прочие двукрылые, а на пятнадцатиметровой – амфиподы. На максимальных глубинах в составе зообентоса отмечены только личинки хирономид. На пятиметровой глубине численность и биомасса зообентоса была практически в 10 раз выше, чем в оз. Светлинское, составляя 12 200 экз./м² и 13,414 г/м² соответственно. Как и в первом озере, основу численности и биомассы составляли хирономиды (66,2 % по численности и 52,2 % от биомассы). Субдоминантами являются двустворчатые моллюски, составляющие 24,8 % по численности и 25,8 % от биомассы. Достаточно высокой в этой зоне глубин была биомасса амфипод (*Gammarus lacustris*), достигающая в среднем 0,738 г/м² при численности не более 65 экз./м², а также численность олигохет (в среднем 787,5 экз./м²) при биомассе 0,113 г/м², что обусловлено преобладанием видов сем. Naididae. Значение других групп организмов и по численности, и по биомассе было невысоким. В десятиметровой зоне глубин значения численности и биомассы организмов зообентоса снижаются практически в 10 раз (1483,3 экз./м² и 1,449 г/м²) при практически неизменной структурной

организации. Доминирующей группой остаются хирономиды (61,8 % по численности и 56,8 % от биомассы), а субдоминантной двустворчатые моллюски (25,3 % и 36,9 %). Как и предыдущей зоне глубин, достаточно высока биомасса *G. lacustris* (0,417 г/м²) при очень небольшой численности (8,3 экз./м²). В пятнадцатиметровой зоне глубин количественные показатели зообентоса несколько возрастают (1883,3 и 1,58 г/м²), не превышая, однако, величины погрешности расчётов. Значение двух основных групп – хирономид (61,9 и 62,8 %) и двустворчатых моллюсков (29,2 и 35,3 % соответственно) в структуре макрозообентоса ещё больше возрастает. На глубине в 30 м при наличии в пробах только личинок хирономид средняя численность зообентоса составила 375 экз./м², а биомасса 0,65 г/м².

В ходе исследований экологии арктического гольца в оз. Светлинском (Самусенок и др., 2006) установлено, что организмы зообентоса в его питании в августе имели второстепенное значение. Вместе с тем рацион около 8 % особей карликовой формы гольца состоял исключительно из организмов зообентоса. Незначительную роль зообентос играл и в питании мелкой формы. Возможно в другие сезоны, когда снижаются количественные показатели зоопланктона, значение зообентоса в питании обеих форм гольца может возрасти. Тем не менее, учитывая высокую численность гольцов обеих форм в озере, можно заключить, что воздействие вида заметно снижает количественные показатели макрозообентоса. Это подтверждается полученными нами ранее данными по структуре и количественным показателям зообентоса в оз. Фролиха (Матвеев и др., 2019), расположенном на высоте 525 м н. у. м. Озеро также населено арктическим гольцом, в питании которого доля зообентоса не превышает 5–6 % от массы пищи (Матвеев и др., 2020), несмотря на практически в 2–2,5 раза большие продукционные показатели этой группы по сравнению со Светлинским.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев С.С., Самусёнок В.П., Матвеев А.Н., Андреев Р.С. Самусёнок И.В., Вокин А.И., А. Л. Юрьев Обнаружение арктического гольца *Salvelinus alpinus* (Salmonidae) и пестроногого подкаменщика *Cottus* cf. *poecilopus* (Cottidae) в бассейне Верхней Ангары на водоразделе с системой Лены: новые данные о путях вселения представителей ленской ихтиофауны в бассейн Байкала // Вопр. ихтиологии. 2021. Т. 61. № 3. С. 31–44.

Андреев Р.С., Матвеев А.Н., Самусёнок В.П., Юрьев А.Л., Вокин А.И., Самусенок И.В., Алексеев С.С. Первые находки пестроногого гоподкаменщика (*Cottus* cf. *poecilopus* Heckel, 1837) в бассейне Байкала // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2020. Т. 31. С. 30–51.

Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Юрьев А.Л., Вокин А.И., Бондаренко Н.А., Рожкова Н.А., Ситникова Т.Я., Ербаева Э.А., Мишарина Е.А., Аров И.В., Тараканова К.В., Алексеев С.С. Биоразнообразие и структура биоты озера Фролиха (Северный Байкал, Восточная Сибирь) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2019. Т. 30. С. 58–92.

Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Юрьев А.Л., Вокин А.И., Самусенок И.В., Алексеев С.С. Биология рыб озера Фролиха (Северный Байкал, Восточная Сибирь) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2020. Т. 32. С. 50–82.

Самусенок В.П., Алексеев С.С., Матвеев А.Н., Гордеева Н.В., Юрьев А.Л., Вокин А.И. Вторая в бассейне Байкала и самая высокогорная в России популяция арктического гольца *Salvelinus alpinus* complex (Salmoniformes, Salmonidae) // Вопр. ихтиологии. 2006. Т. 46. № 5. С. 616–629.

УДК504.4.054

Сезонные изменения содержания фталатов в р. Селенга*Тараскин В.В., Будаева О.Д., Раднаева Л.Д.*

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, vvtaraskin@mail.ru

Аннотация. Фталаты – моно и диэфиры фталиевой кислоты представляют «новую» группу экотоксикантов, относящихся к веществам, разрушающим эндокринную систему человека. Впервые изучено содержание 5 фталатов в поверхностных водах р. Селенги – основного притока оз. Байкал в различные сезоны 2020 г. ДМФ и ДЭФ были обнаружены в летний и осенний периоды с концентрациями от 0,01 до 0,08 мкг/л и от 0,01 до 0,58 мкг/л соответственно. Содержание ДБФ достигало значений 18,90 мкг/л в осенний период. ББФ был обнаружен в концентрациях 0,01-29,29 мкг/л. Концентрация ДЭГФ составила 0,02 – 4,63 мкг/л. Установлено, что наибольшие концентрации фталатов характерны для участка реки с высокой антропогенной нагрузкой, с максимальными значениями в осенний и зимний периоды.

Seasonal changes of phthalate content in the Selenga River*Taraskin V.V., Budaeva O.D., Radnaeva L.D.*

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, vvtaraskin@mail.ru

Abstract. Phthalates are mono- and diesters of phthalic acid which represent a "new" group of ecotoxicants that might destroy the human endocrine system. In this research for the first time the content of 5 phthalates was studied in the surface waters of the Selenga River which is the main tributary of Lake Baikal, in different seasons of 2020. DMP and DEP were detected in summer and autumn periods with concentrations from 0.01 to 0.08 µg/L and from 0.01 to 0.58 µg/L, respectively. The content of DBP reached 18.90 µg / L in autumn. BBP was found in concentrations of 0.01-29.29 µg / L. The volume of DEHP was 0.02 - 4.63 µg / L. Thus, it was found that the highest concentrations of phthalates were found in river section with a high anthropogenic load, with maximum values in autumn and winter periods.

В современном мире, значительные изменения в гидросфере Земли связаны с возрастанием антропогенных нагрузок. На водные экосистемы всё большее влияние оказывает антропогенное загрязнение органическими экотоксикантами, тяжелыми металлами и хозяйственно-бытовыми сточными водами. В последних присутствуют десятки загрязняющих веществ, включающих в себя не только «старые» поллютанты, такие как ПАУ, ПХБ, но и ксенобиотики «нового поколения» – фармацевтические препараты, ароматизаторы, синтетические поверхностно-активные вещества и фталаты. В большинстве случаев фталаты применяются в качестве пластификаторов при производстве эластичного ПВХ, используемого в различных областях народного хозяйства. Несмотря на то, что фталаты подвергаются процессам распада, они могут накапливаться в некоторых компонентах экосистем до уровней опасных для живых организмов. Необходимость мониторинга фталатов в природных водах объясняется способностью представителей этой группы веществ к разрушению эндокринной системы человека и повсеместностью присутствия в воде. (Rahman, 2004).

Исследования фталатов в объектах Байкальской природной территории не многочисленны, а изучения содержания этих веществ в р. Селенга ранее не проводилось. Хотя р. Селенга, являясь основным притоком оз. Байкал, несущая до 50% всего стока, оказывает значительное влияние на экологическое состояние озера. Системный государственный мониторинг данного класса загрязнителей в России отсутствует.

Таким образом, целью настоящей работы явилось определение содержания 6 фталатов, таких как диметилфталат (ДМФ), диэтилфталат (ДЭФ), дибутилфталат (ДБФ), бензилбутилфталат (ББФ), бис(2-этилгексил) фталат (ДЭГФ) и ди-н-октилфталат (ДОФ) в поверхностных водах р. Селенги.

Объектом исследования служили пробы поверхностной воды, отобранные в различные сезоны (зима, лето, осень) 2020 г, от пгт. Наушки до Мурзино вниз по течению реки Селенги. Воду отбирали в бутылки из темного стекла, емкостью 1 л, с прокладкой из промытой хлористым метиленом фольги под крышку (в трёх параллелях). Пробы хранили при температуре +4 °С до анализа не более суток, в случае невозможности обработки в течение суток – консервировали азотной кислотой до концентрации 1 % (об.) и хранили не более недели при температуре +4 °С. Пробы воды экстрагировали по методу US EPA 3510C. Полученные экстракты анализировали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent 7890В с масс-спектрометрическим детектором 7000 С, в режиме SIM (мониторинг выбранного иона) (метод US EPA 8270D). Стандарты и индивидуальные фталаты были приобретены в фирме Sigma Aldrich (все чистотой 98 % и выше).

ДМФ и ДЭФ были обнаружены в летний и осенний периоды с концентрациями от 0,01 до 0,08 мкг/л и от 0,01 до 0,58 мкг/л соответственно. Содержание ДБФ отмечалось на порядок выше, чем ДМФ и ДЭФ, и достигало значений 18,90 мкг/л в осенний период при нормировании 200 мкг/л (ПДКк-б) и 1 мкг/л (ПДКрх) соответственно. На сегодня отсутствуют какие-либо нормативные документы, регламентирующие содержание ББФ, однако его содержания (0,01-29,29 мкг/л), обнаруженные в наибольшем количестве в зимний и осенний период, вносят определяющий вклад в сумму этих веществ. Концентрация ДЭГФ, обнаруженного во всех исследуемых пробах, составила 0,02 – 4,63 мкг/л. Анализ и сопоставление полученных данных показали, что наибольшее содержание суммы фталатов в реке Селенга характерны для точек «Новоселенгинск», «Выше Улан-Удэ» и «Ниже Улан-Удэ». Как известно, основными источниками фталатов являются стоки неочищенных хозяйственно-бытовых и промышленных вод, несанкционированные свалки мусора в водоохраных зонах, мойка автотранспорта на малых реках и др. Кроме того анализ данных литературы свидетельствует и о возможном биогенном происхождении фталатов. Так, Гвильдис Д.Э. и соавторами обнаружены эндогенные фталаты у растений *in situ* и *in vitro*. В модельных экспериментах выявлено подавление фталатами формирования биопленок бактериальных фитопатогенов. Предполагается, что фталаты имеют функциональное значение и прежде всего, участвуют в защитных реакциях растений на воздействие фитопатогенов (Гвильдис, 2018). Эти соединения обнаружены в красных и пресноводных водорослях, цианобактериях, а также в растениях различных семейств. Низкие содержания фталатов в точке «Наушки», по-видимому, могут быть связаны с высокими концентрациями в речных водах микроорганизмов, поскольку известно, что бактерии являются основным фактором, снижающим содержание 65 фталатов в поверхностных водах и донных отложениях. Исследования, выполненные в разное время, показали, что приграничный участок р. Селенги характеризуется повышенным содержанием микроорганизмов (Ковадло, 2010). В межсезонном аспекте наблюдается значительная разница в сумме фталатов в зависимости от времени года (рисунок). Наибольшее количество фталатов отмечено в период зимней межени и осенью (68,83 и 109,71 мкг/л соответственно). В летнее время, содержание фталатов в разы уменьшается (1,57 мкг/л), ввиду высокой степени их биодеградации под воздействием бактерий, солнечного света и высоких температур.

Таким образом, нами впервые определено содержание фталатов в поверхностных водах российской части реки Селенги. Установлено, что наибольшие концентрации фталатов характерны для участка реки с высокой антропогенной нагрузкой, с максимальными значениями в осенний и зимний периоды. В связи с усилением антропогенной нагрузки, следует ожидать возрастания количества этих веществ в поверхностных водах, гидробионтах и водной растительности. Учитывая вышеизложенное, дальнейшие работы должны быть направлены на разработку системы мониторинга фталатов и их основных метаболитов с целью оценки и прогнозирования рисков загрязнения водных экосистем Байкальской природной территории и поиска путей минимизации антропогенного воздействия.

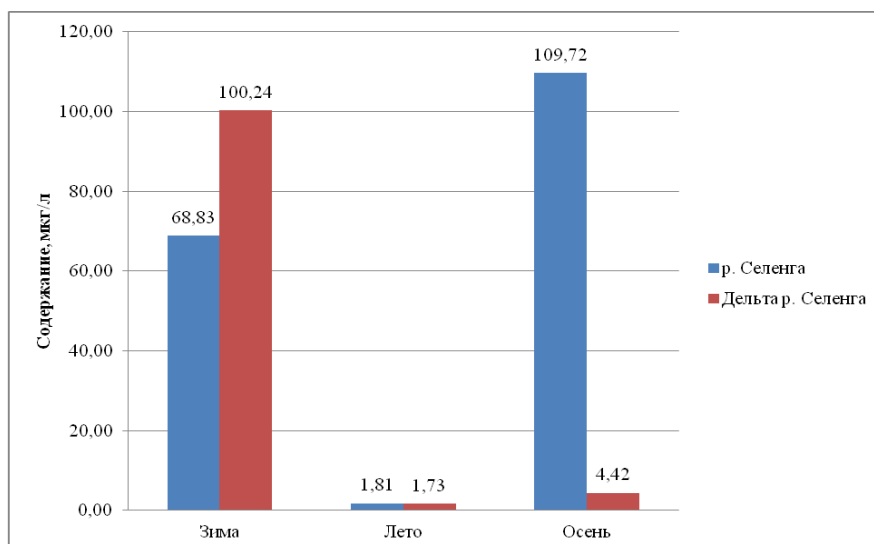


Рис. Суммарное содержание фталатов в р. Селенга и основных протоках дельты в различные сезоны

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Rahman, M. The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers and research trends to meet new challenges // *Progress in Polymer Science*. 2004. Vol. 29. P. 1223-1248.

Ковадло А.С., Дрюккер В.В. Изучение бактериопланктона реки Селенги и оценка качества вод по микробиологическим показателям // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле»*. 2010. – № 3. – С. 80–87;

Гвильдис Д. Э Фталаты растений и их участие в защитном ответе против фитопатогенов / Д. Э. Гвильдис, Ю. В. Омеличкина, С. В. Бояркина, Л. А. Максимова, А. А. Семёнов, А. Г. Еникеев, Т. Н. Шафикова // *Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды : Сборник материалов Годичного собрания Общества физиологов растений России, Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых (в 2-х частях) (Иркутск, 10–15 июля 2018 г.)*. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. – Ч. I. – С. 216–220

УДК 591.524.12

**Фитопланктон прудов-отстойников угольного разреза «Восточный»
(Улетовский район, Забайкальский край)***Ташлыкова Н.А.*

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, NatTash2005@yandex.ru

Аннотация. В работе приведены сведения о структуре фитопланктона прудов-отстойников угольного разреза «Восточный». В составе отмечено 65 таксонов водорослей рангом ниже рода. Наибольшее видовое богатство присуще диатомовым и зеленым водорослям. Доминирующий комплекс фитопланктона представлен 11 видами. Эколого-географическая характеристика водорослей планктона отражает экологическое состояние водоема и сложившиеся в нем условия. Распределение фитопланктона по обследованным водным объектам неравномерное. Значения индексов видового разнообразия и выравненности указывают на сложность структуры и высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества.

**Phytoplankton of settling ponds of the coal mine «Vostochny»
(Uletovsky district, Trans-Baikal Territory)***Tashlykova N.A.*

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, NatTash2005@yandex.ru

Abstract. This paper contains information on the structure of phytoplankton in the settling ponds of the coal mine “Vostochnii”. The composition includes 65 taxa of algae with a rank below the genus. The greatest species richness is inherent in diatoms and green algae. The dominant phytoplankton complex is represented by 11 species. The ecological and geographical characteristics of plankton algae reflect the ecological state of the reservoir and the conditions prevailing in it. The distribution of phytoplankton over the surveyed water bodies is uneven. The values of the indices of species diversity and evenness indicate the complexity of the structure and high biodiversity of the phytoplankton community.

Татауровское месторождение бурых углей находится в Улетовском районе Забайкальского края, в 60 км к юго-западу от краевого центра (г. Чита). Разрез располагается по левобережью р. Ингода, в лесостепной зоне. Климат района исследований резко континентальный, с большими амплитудами температур и высокой относительной влажностью воздуха (Курмазова, 2016). Особые гидрогеологические условия расположения угольного разреза, связанные с близостью подрусовых вод р. Ингоды, создают условия накопления карьерных вод. Для осушения месторождения производится водоотведение. Отводимые карьерные воды собираются в каскадную систему прудов-отстойников, где происходит очистка их от загрязняющих веществ и примесей.

Отбор и обработка проб фитопланктона проводились согласно общепринятым гидробиологическим методам (Садчиков, 2003).

В результате проведенных наблюдений в фитопланктоне исследованных водотоков зарегистрировано 56 видов водорослей (65 таксонов рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида) из 8 отделов, 12 классов, 27 порядков, 32 семейств, 48 родов.

Наибольшее видовое богатство присуще диатомовым и зеленым водорослям, в совокупности составляющим 75,4 % идентифицированных видов, разновидностей и форм. Заметную долю видового богатства составляют золотистые водоросли (9,2 % от общего количества видов, разновидностей и форм) и цианобактерии (4,6 %). Прочие отделы водорослей играют значительно меньшую роль в таксономическом составе фитопланктона. Доля идентифицированных видов, разновидностей и форм, принадлежащих к отделам Dinophyta, Cryptophyta, Charophyta и Euglenophyta составляет 10,8 % от общего.

Доминирующий комплекс фитопланктона представлен 11 видами, разновидностями и формами из 3 отделов, в том числе: Bacillariophyta – 8 (*Lindavia comta*, *Tabularia tabulata*,

Meridion circulare, *Aulacoseira islandica*, *Ulnaria ulna*, *Tabellaria fenestrata*, *Hannaea arcus*), Chrysophyta – 1 (*Chrysococcus rufescens*), Chlorophyta – 2 (*Oocystis lacustris*, *Lemmermannia komarekii*). К доминантам относится 6 % от общего количества идентифицированных в водоеме таксонов, в их составе преобладают виды отдела Bacillariophyta, доля которых составляет 72,7 %.

Эколого-географический анализ показал, что в составе фитопланктона преобладали космополитные виды (91,4 %), преимущественно бентосно-планктонные и бентосные формы (75,9 %). По отношению к солености воды наиболее разнообразны индифференты, составляющие 25,81 % от общего числа видов. По отношению к кислотности среды преобладали алкалифилы (64,52 %) при значительной доле индифферентов (25,81 %).

Распределение фитопланктона по обследованным водным объектам было неравномерным. Количество водорослей изменялось от 16,56 до 163,68 тыс. кл./л. Значение биомассы колебалось от 20,82 до 255,69 мг/м³. Среднее значение численности фитопланктона составляло 56,47±12,6 тыс. кл./л, при среднем значении биомассы – 93,21±24,6 мг/м³. Структуру альгоценозов в период исследований определяли диатомовые водоросли (53,3-97,4 % от общей численности и 65,7-99,7 % от общей биомассы). На некоторых станциях отмечена обильная вегетация зеленых водорослей, которые составляли 2-61,50 % от общего количества.

Индекс Шеннона изменялся от 2,85 до 4,15 (средняя величина 3,46±0,13), индекс Пиелу – от 0,74 до 0,87 (0,81±0,02), индекс Симпсона – 0,08-0,19 (0,13±0,01).

Таким образом, проведенные исследования фитопланктона позволили идентифицировать 65 таксонов водорослей рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида из 8 отделов, 12 классов, 27 порядков, 32 семейств и 48 родов. По таксономическому составу фитопланктон имеет хлорофито-диатомовый характер. По географическому распространению в фитопланктоне доминируют космополиты, по отношению к солености – индифференты и по отношению к активной реакции среды – алкалифилы при значительной доле индифферентов, по местообитанию – планктонно-бентосные и бентосные виды, что в целом отражает экологическое состояние водоема и сложившиеся в нем условия. Диапазон численности в обследованных участках изменялся от 16,56 до 163,68 тыс. кл./л. биомассы – от 0,82 до 255,69 мг/м³. Максимальные значения индексов видового разнообразия и выравненности указывают на сложность структуры и высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества.

Работа выполнена в рамках Проекта FUFР-2021-0006 «Геоэкология водных экосистем Забайкалья в условиях современного климата и техногенеза, основные подходы к рациональному использованию вод и их биологических ресурсов».

ЛИТЕРАТУРА

Курмазова Н. А. Расчет количества пыли посредством взвешивания фильтров на угольном разрезе «Восточном» Забайкальского края //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. №. 3. С. 19-24.

Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Изд-во «Университет и ШКОЛА», 2003. 157 с.

УДК 581.9 : 581.55

Поясно-зональные закономерности распространения крыловоковыльных степей в Даурии и Восточной Монголии

Ткачук Т.Е.

Государственный природный биосферный заповедник «Даурский», с. Нижний Цасучей
mailto:oleggoroshko@mail.ru
Забайкальский государственный университет, Чита, tetkachuk@yandex.ru

Аннотация. Степные ландшафты Монголии и Даурии образуют самый большой нераспаханный массив степей в мире. Это позволяет исследовать природные закономерности их распространения на большом протяжении. Степная формация с доминированием плотнокустового злака *Stipa krylovii* изучалась нами на примере 97 сообществ между 47° и 52° с.ш. С продвижением на каждом градусе с севера на юг высота распространения крыловоковыльных сообществ в среднем увеличивается на 60 м. Наибольшее количество сообществ в наиболее разнообразных почвенных условиях было зарегистрировано в средней части ареала между 49 и 51° с.ш. в диапазоне высот 550-770 м н.у.м. что соответствует северной (верхней) части степного пояса. На юге и севере ареала вид проявляет относительную специфичность по отношению к почвенным условиям.

Belt-zonal patterns of distribution of *Stipa krylovii* steppes in Dauria and Eastern Mongolia

Tkachuk T.E.

Daursky State Nature Biosphere Reserve, Nizhny Tsasuchey
Transbaikal State University, Chita, tetkachuk@yandex.ru

Abstract. The steppe landscapes of Mongolia and Dauria form the largest unplowed steppe massif in the world. This makes it possible to study the natural patterns of their distribution over a large area. We studied a steppe formation dominated by dense sod forming plant *Stipa krylovii* using the example of 97 communities between 47° and 52° N. With an advancement of each degree from north to south, the height of distribution of *Stipa krylovii* communities increases by 60 m on average. The greatest number of communities in the most diverse soil conditions was recorded in the middle part of the distribution range between 49° and 51° N in the range of heights 550-770 m above sea level which corresponds to the northern (upper) part of the steppe belt. In the south and north of the range, the species shows relative specificity in relation to soil conditions.

Широтная зональность и высотная поясность определяют главные черты структуры экосистемного покрова Земли. Центральная Азия (Inner Asia) – внутриконтинентальный регион, высоко приподнятый над уровнем моря. Здесь наблюдается совместное действие этих двух явлений на формирование ландшафтов, распределение сообществ и видов. Степные ландшафты занимают в Центральной Азии заметное место, образуя сплошной массив на территории Монголии, Даурии и Северо-Восточного Китая, представляя собой самый большой в мире массив нераспаханных степей. Высокая степень сохранности степей позволяет исследовать их в естественном состоянии, в том числе закономерности распределения растительности на больших территориях. Мы исследовали распространение растительных сообществ крыловоковыльной (*Stipa krylovii*) формации в Даурии и Северной Монголии, где данная формация распространена очень широко и относится к наиболее типичным. Территория исследования простирается примерно на 450 км с севера на юг: от приононских степей до равнин Монголии южнее Керулена и имеет абсолютные высоты от 500 до 1700 м

Stipa krylovii – плотнокустовой крупнодерновинный ксерофитный злак широкой экологической амплитуды. Он встречается в разнообразных местообитаниях – от каменистых вершин степных сопок до пухлых солончаков в озерных депрессиях. По типу ареала это собственно степной центральноазиатский вид (Малышев, Пешкова, 1982), распространенный в

Средней и Центральной Азии. Большая экологическая амплитуда обуславливает широкое распространение и разнообразие сообществ с участием этого вида.

Крыловоковыльная формация имеет широкое географическое распространение. Это следствие высокого разнообразия сообществ формации *Stipa krylovii*, обусловленного эври-топностью доминанта формации и его широким географическим распространением. Нами описано 97 сообществ с доминированием *Stipa krylovii* в Восточном Забайкалье и сопредельных районах Монголии, из них 57 на территории России. Довольно разнообразная крыловоковыльная формация в районе исследования имеет сравнительно мало видов высокого постоянства ($\geq 60\%$): *Stipa krylovii* (100 %); *Artemisia frigida* (81 %); *Leymus chinensis* (76 %); *Cleistogenes squarrosa* (74 %); *Allium tenuissimum* (61 %). Все виды, постоянные для данной формации, широко распространены в даурских и монгольских степях и имеют широкую экологическую амплитуду.

Горный характер региона определяет зависимость распространения растительности как от широты, так и от высоты. При продвижении с севера на юг наблюдается увеличение высот распространения крыловоковыльных степей. С продвижением на каждый градус с севера на юг высота распространения крыловоковыльных сообществ увеличивается в среднем на 60 м. Самые южные описанные нами сообщества приурочены к местообитаниям с наибольшими абсолютными высотами (966 и 1045 м н.у.м.).

Наибольшее количество сообществ было зарегистрировано между 49 и 51 ° с.ш. в диапазоне высот 550-770 м н.у.м. (см. рисунок), что соответствует северной (верхней) части степного пояса.

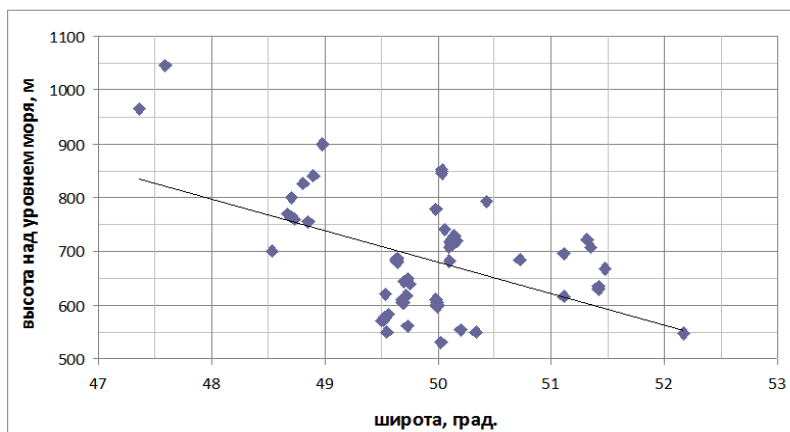


Рис. Распространение сообществ формации *Stipa krylovii* в Даурии и Восточной Монголии в градиентах географической широты и высоты над уровнем моря

В этой части ареала крыловоковыльные степи встречаются в разнообразных почвенных условиях, на разных высотах. Сообщества, описанные в этой части ареала, отнесены нами к семи группам ассоциаций. Здесь были описаны различные эдафо-орографические варианты крыловоковыльных степей:

- петромезоксерофитная на сильнокаменистых почвах,
- петрофитная на сильнокаменистых почвах,
- петрофитная на среднекаменистых почвах,
- гликогалопетрофитная на среднекаменистых почвах,
- галопетромезоксерофитная на слабокаменистых почвах,
- галопетрофитная на среднекаменистых почвах,
- галопелитоксерофитная на слабокаменистых тяжелых почвах.

Наиболее южные местонахождения крыловоковыльных степей обнаруживаются на средне- и слабокаменистых почвах тяжелого механического состава со слабым и средним засолением. Такое сочетание почвенных условий означает лучшие условия увлажнения за счет влагоемкости почв, а местами – и неглубокого залегания грунтовых вод. На севере аре-

ала крыловоковыльные степи встречаются преимущественно на сильнокаменистых незасоленных почвах, отличающихся высокой водопроницаемостью. Такая специфика в эдафической приуроченности обусловлена, на наш взгляд, различием в количестве осадков, выпадающих на севере и юге.

Таким образом, распространение крыловоковыльных степей подчиняется общим поясно-зональным закономерностям. При этом в средней части ареала вид выступает как эвритоп, а на южной и северной окраине ареала выявляется специфичность эдафической приуроченности.

ЛИТЕРАТУРА

Мальшев Л.И., Пешкова Г.А.. Особенности и генезис флоры Сибири. Предбайкалье и Забайкалье. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1984. -265 с.

УДК 58(571.54)

Редкие виды мхов в бриофлоре Бурятии (Красная книга РБ)

Тубанова Д.Я.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия, tdolgor@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются виды мхов из Красной книги Республики Бурятия (2013), в связи с таксономическими обработками некоторых групп с применением молекулярно-генетических методов. Из списка охраняемых видов предлагается исключить *Tomentypnum falcifolium* (Renauld ex Nichols) Tuom., *Neckera borealis* Noguchi, *Didymodon perobtus* Broth. и *Haplocladium angustifolium* (Hampe & Müll.Hal.) Broth и рассмотреть в качестве кандидатов для включения: *Afoninia dahurica* Ignatova, Goffinet et Fedosov, *Brachythecium irinae* Ignatov, *Bryoerythrophyllum inaequalifolium* (Taylor) R.H.Zander, *Bryum salinum* I.Hagen ex Limpr., *Lyellia aspera* (I.Hagen & C.E.O.Jensen) Frye, *Scopelophila ligulata* (Spruce) Spruce, *Stegonia latifolia* (Schwägr.) Venturi ex Broth., *Pararhexophyllum sollmanianum* (J.A. Jiménez, M.J. Cano & Shevock.) Jan Kučera, *Pseudotaxiphyllum subfalcatum* (Austin) X.Q. Li, Q. Zuo & Y.F. Wang.

Rare mosses in the bryoflora of Buryatia (Red Data Book)

Tubanova D.Ya.

Institute of General and Experimental Biology, Ulan-Ude, Russia, tdolgor@mail.ru

Abstract. The moss species from the Red Data Book of the Republic of Buryatia (2013) were examined following the taxonomic treatments using molecular genetic methods. Several species are suggested to exclude from the list of protected species as follows: *Tomentypnum falcifolium* (Renauld ex Nichols) Tuom., *Neckera borealis* Noguchi, *Didymodon perobtus* Broth. and *Haplocladium angustifolium* (Hampe & Müll.Hal.) Broth. Some species are considered as candidates for inclusion: *Afoninia dahurica* Ignatova, Goffinet et Fedosov, *Brachythecium irinae* Ignatov, *Bryoerythrophyllum inaequalifolium* (Taylor) R.H.Zander, *Bryum salinum* I.Hagen ex Limpr., *Lyellia aspera* (I.Hagen & C.E.O.Jensen) Frye, *Scopelophila ligulata* (Spruce) Spruce, *Stegonia latifolia* (Schwägr.) Venturi ex Broth., *Pararhexophyllum sollmanianum* (J.A. Jiménez, M.J. Cano & Shevock.) Jan Kučera, *Pseudotaxiphyllum subfalcatum* (Austin) X.Q. Li, Q. Zuo & Y.F. Wang.

В настоящее время для Республики Бурятия известно около 640 видов и 9 разновидностей и подвидов мхов. Из них 519 видов имеются в гербарии УУН, остальные 135 известны по литературным данным. За последние 8 лет список пополнился почти 110 новинками, поскольку ранее было известно около 530 (Красная..., 2013), а с 2007 года увеличился на 190 видов мхов (Tubanov et al., 2007). Список пополнился в основном за счет довольно редких видов выявляемых результате флористических исследований территории, либо новыми для науки видами, которые описывались в результате таксономических ревизий родов и семейств, и составляет примерно 1/3 флоры мхов Бурятии с местонахождением вида 1-3 раза (Флора ..., 2017, 2018, 2020; и др.).

Мхи впервые были включены во второе издание Красной книги РБ (2008), где их насчитывалось 30 видов. В третьем издании из списка подлежащих охране видов был исключен *Brachythecium buchananii* (Hook.) A.Jaeger, который оказался довольно широко распространенным, и были дополнительно включены 4 вида: *Gollania turgens* (Müll.Hal.) Ando, *Ditrichopsis baikalensis* Ignatova et Afonina, *Hilpertia velenovskyi* (Schiffn.) R.H. Zander, *Lindbergia grandiretis* (Lindb. ex Broth.) Ignatov et Ignatova. Таким образом, в 3-е издание Красной книги Республики Бурятия занесено 33 вида мхов (Красная..., 2013).

В настоящее время этот список необходимо пересматривать. Таксономические исследования с применением молекулярно-генетических методов очень сильно поменяли положение большинства видов, включенных в Красную книгу (Игнатов и др., 2017, 2018, 2020; и др.). Так, в результате виды рода *Anomodon* теперь рассматриваются в разных родах и принадлежат разным семействам (указаны в скобках): *A. rugelii* (Müll. Hal.) Keissl. – *Anomodontopsis*

rugelii (Müll. Hal.) Ignatov & Fedosov (Anomodontaceae), а *A. attenuatus* (Hedw.) Huebener – *Pseudanomodon attenuatus* (Hedw.) (Neckeraceae). *Mielichhoferia mielichhoferiana* (Funck) Loeske исключена из списка флоры мхов Бурятии в результате таксономического анализа этого рода, а все образцы с этого региона вошли в новый вид *M. asiatica* Tubanova & Ignatova. Вид, ранее принимаемый как *Tetrodontium brownianum* (Dicks.) Schwägr., теперь необходимо принимать как *T. ovatum* (Funck) Schwägr. И, в новое издание Красной книги, они должны быть включены как *Mielichhoferia asiatica* и *Tetrodontium ovatum*. В результате перестройки системы мхов у 4 видов изменились семейственные положения с сохранением видового и родового статуса: *Aongstroemia julacea* (Hook.) Mitt. образовала отдельное семейство и из Dicranaceae перешла в Aongstroemiaceae; другой вид, *Forsstroemia noguchii* L.R. Stark, перебазирована из семейства Сруphaeaceae в Neckeraceae; а *Indusiella thianschanica* Broth. & Müll.Hal. и *Jaffuelobryum latifolium* (Lindb. et Arnell) Thér. из семейства Grimmiaceae вместе с 2 другими родами образовали новое семейство Phychomitriaceae.

Кроме выше перечисленных изменений в таксономии с сохранением статуса охраняемых видов, из Красной книги должны быть исключены некоторые виды. Например, должен быть выведен из списка *Tomentypnum falcifolium* (Renauld ex Nichols) Tuom., который исключен из флоры мхов России и известен в настоящее время по результатам таксономических исследований этого рода с применением молекулярно-генетических методов только из северной Америки. Исключение коснется и *Neckera borealis* Noguchi, который по современным данным имеет распространение в России только на острове Кунашир, а образцы с нашей территории относятся к одному из скрытых комплексов другого широко распространенного вида *Neckera pennata* Hedw. И, скорее всего, необходимо удалить из списка охраняемых видов или перевести в резервный список *Didymodon perobtus* Broth. и *Haplocladium angustifolium* (Hampe & Müll.Hal.) Broth., поскольку найдено много дополнительных местообитаний этих видов и их состоянию пока ничто не угрожает.

В следующее издание Красной книги РБ в качестве кандидатов для включения можно рассмотреть следующие виды: *Afoninia dahurica* Ignatova, Goffinet et Fedosov, *Brachythecium irinae* Ignatov, *Bryoerythrophyllum inaequalifolium* (Taylor) R.H.Zander, *Bryum salinum* I.Hagen ex Limpr., *Lyellia aspera* (I.Hagen & C.E.O.Jensen) Frye, *Scopelophila ligulata* (Spruce) Spruce, *Stegonia latifolia* (Schwägr.) Venturi ex Broth., *Pararhexophyllum sollmanianum* (J.A. Jiménez, M.J. Cano & Shevock.) Jan Kučera, *Pseudotaxiphyllum subfalcatum* (Austin) X.Q. Li, Q. Zuo & Y.F. Wang.

Afoninia dahurica Ignatova, Goffinet et Fedosov – эндемик Забайкалья, известен из нескольких местонахождений Забайкальского края и юга Бурятии, где растет в 2-х местонахождениях: Закаменского района в пойме р. Булуктай и Джидинского района в окрестностях с. Хулдат, в обоих случаях на мелкозем на выходах коренных пород, со спорофитами.

Brachythecium irinae Ignatov найден в Кабанском районе в верховьях реки Большой Май. Растет в субальпийском поясе на почве по берегу реки среди зарослей бодяка разнолистного. В России имеются единичные находки вида в Якутии, Красноярском крае, на Камчатке, Чукотке и Алтае.

Bryoerythrophyllum inaequalifolium (Taylor) R.H.Zander собран в Селенгинском районе на хребте Харуха в двух точках и в окрестностях села Новоселенгинск. С выводковыми телами. В России этот вид растет на Алтае, в Забайкальском крае и Амурской области.

Bryum salinum I.Hagen ex Limpr. отмечен один раз в Кяхтинском районе в окрестностях с. Усть-Киран. Со спорофитами. В России изредка встречается на Полярном Урале, в Карелии, Оренбуржье, Якутии, на Таймыре и Сахалине.

Lyellia aspera (I. Hagen & C.E.O. Jensen) Frye обнаружен в примеси к другим мхам в Курумканском районе в Джергинском заповеднике. В России вид имеет распространение в Якутии, на Таймыре, Чукотке, в Магаданской области, в Забайкальском крае и на Камчатке.

Scopelophila ligulata (Spruce) Spruce обнаружен один раз в Тункинском районе в окрестностях с. Хойтогол. В России вид известен из единичных местонахождений на Дальнем Востоке.

Stegonia latifolia (Schwaegr.) Venturi ex Broth. найден в Окинском районе на Китайском хребте. Вид в России имеет единичные местонахождения из многих регионов.

Pararhexophyllum sollmanianum (J.A. Jiménez, M.J. Cano & Shevock.) Jan Kučera в Бурятии представитель нового рода найден один раз в Тункинском районе, на южном макросклоне. Вид имеет местонахождение в Забайкальском крае и Китае.

Pseudotaxiphyllum subfalcatum (Austin) X.Q. Li, Q. Zuo & Y.F. охраняется в Байкальском заповеднике в Кабанском районе, второе местонахождение вида зафиксировано на Дальнем Востоке России.

В Бурятии на западной границе своего ареала отмечены такие интересные виды как *Dicranum japonicum* Mitt., *Dicranum hakkodense* Cardot, *Symblypharis vaginata* (Hook. ex Harv.) Wijk & Margad., *Pylaisia curviramea* Dixon, которые распространены в основном по южной части на Дальнего Востока России.

И это далеко не полный список редких видов, которые мы рекомендовали бы включить в новое издание Красной книги Республики Бурятия. Таким образом, следует тщательно пересмотреть список мхов, подлежащих охране на этой территории.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИОЭБ СО РАН № 121030900138-8.

ЛИТЕРАТУРА

Tubanov D.Ya., Bardunov L.V., Kazanovsky S.G. Bryophytes of Buryatia (Russia, East Siberia): History of Investigations and Preliminary Results // *Chenia*. 2007. Vol. 9. P. 223–230.

Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 688 с.

Флора мхов России. Том 2. Oedipodiales – Bartramiales. М.: Тов-во научн. изд. КМК, 2018. 560 с.

Флора мхов России. Том 4. Bartramiales – Aulacomniales. М.: Тов-во научн. изд. КМК, 2018. 543 с.

Флора мхов России. Том 5. Hypopterygiales – Hypnales (Plagiotheciaceae – Brachytheciaceae). М.: Тов-во научн. изд. КМК, 2020. 600 с.

УДК 543.635.3: 582.89

**Оценка возможности использования состава жирных кислот
в таксономии растений рода *Bupleurum* L.**Тыхеев Ж.А.^{1,2}¹ Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, gagarin199313@gmail.com² Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, Улан-Удэ

Аннотация. *Bupleurum* L. является одним из крупных родов семейства Umbelliferae. На данный момент, нет единой общепринятой схемы внутривидовой классификации володушек. В то же время, одним из наиболее информативных способов хемотаксономической идентификации видов является химический состав жирных кислот. В настоящей работе представлена оценка возможности использования состава жирных кислот в таксономии растений рода *Bupleurum* L.

**Evaluation of the possibility of using the fatty acids composition data
in the taxonomy of *Bupleurum* L.**Tykheev Zh.A.^{1,2}¹ Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, gagarin199313@gmail.com² Banzarov Buryat State University, 24a Smolina St., Ulan-Ude

Abstract. *Bupleurum* L. is one of the largest genus of the Umbelliferae family. At the moment, there is no currently accepted species differentiation system of *Bupleurum*. At the same time, one of the most informative methods of chemotaxonomic identification of species is the chemical composition of fatty acids. This paper presents an assessment of the possibility of using the composition of fatty acids in the taxonomy of plants of the genus *Bupleurum* L.

Bupleurum L. (володушка) является одним из крупных родов семейства Umbelliferae, включающий более 200 видов, большая часть которых распространена в Северном полушарии (Северной Африке и Евразии). Он включает в себя однолетние и многолетние поли- или монокарпические травянистые растения или реже вечнозеленые кустарники, с разветвленными каудексами или стержневыми корнями (Пименов, 2012). На данный момент, нет единой общепринятой схемы внутривидовой классификации володушек. Наиболее разработанные – систематика по Koso-Polljansky (Koso-Polljansky, 1915) и Wolff (Wolff, 1910). Анализ филогенетических взаимосвязей володушек, основанный на данных последовательности спейсерной ДНК ядерной рибосомальной ДНК не показал корреляций с известными на сегодня внутривидовыми классификациями рода (Neves and Watson, 2004). В то же время, одним из наиболее информативных способов хемотаксономической идентификации видов является химический состав жирных кислот. Характерные профили жирных кислот, кодируемые определенными генотипами, широко используются в качестве биохимических «отпечатков пальцев» для таксономии различных семейств растений. Профили жирных кислот и некоторые неспецифичные и эссенциальные жирные кислоты описаны как значительные генетически-детерминированные индикаторы в систематической классификации и филогенетических взаимосвязях различных групп растений. Так уже показана возможность характеристики видов на основе анализа состава липидных биомаркеров семян для *B. croceum*, *B. flavum* and *B. rotundifolium* (Ozcan, 2016). Таким образом, состав жирных кислот может использоваться в качестве дополнительного хемотаксономического инструмента для лучшего понимания таксономических пределов и филогенетических взаимосвязей растений рода *Bupleurum* L.

На основе собственных результатов и данных литературы проведен мультивариационный анализ жирнокислотного состава растений рода *Bupleurum* L. Установлено, что для многолетних видов характерно накопление длинноцепочечных насыщенных жирных кислот 22:0, 23:0, 24:0 и 26:0. В то время как для однолетних – насыщенные 8:0, 11:0 и ненасыщен-

ные 14:1n9, 15:1n9, 18:3n9 кислоты. Накопление длинноцепочечных насыщенных жирных кислот в составе липидов многолетних видов, вероятно, свидетельствует об их адапционном механизме, направленном на долговременную защиту от действия неблагоприятных факторов внешней среды, например, перепадов температур. В этом случае возможно предполагать, что длинноцепочечные насыщенные жирные кислоты впоследствии транспортируются в корневую систему, способствуя ее устойчивости в стрессовых условиях среды. Однолетнему же растению, видимо, нет необходимости или энергетически невыгодно синтезировать длинноцепочечные жирные кислоты. Содержание жирных кислот в растениях изученных видов рода *Bupleurum* соответствует внутривидовому подразделению лишь частично, а в некоторых случаях противоречит ему, что, в свою очередь, говорит о необходимости сплошного фитохимического исследования видов и выявления, какие именно группы БАВ являются таксономически важными для *Bupleurum* L.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Пименов М.Г., Остроумова Т.А. Зонтичные (Umbelliferae) России. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. 477 с.
- Koso-Polljanski B. Epitome Bupleurorum Rossiae. Tabulis 1–14 // Acta Horti Petropolitani. 1915. Vol. 30. Fas. II. P. 135–333.
- Neves S.S., Watson M.F. Phylogenetic relationships in *Bupleurum* (Apiaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequence data // Annals of Botany. 2004. Vol. 93. P. 379–398.
- Ozcan T. Patterns of lipid biomarkers in the fruit of *Bupleurum* L. growing wild in Turkey // Plant Biosystems. 2016. Vol. 150, No 3. P. 459–467.
- Wolff H., *Bupleurum* // In: Engler A, ed. *Das Pflanzenreich Regnis Vegetabilis Conspectus*. IV.228. Leipzig. Germany: Verlag von Wilhelm Engehnann. 1910. P. 36–173.

УДК 631.4:911.2:528.94

Результаты и перспективы эколого-биологических и биоагрогеохимических исследований почв и экосистем Внутренней Азии

Убугунов Л.Л.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, l-ulze@mail.ru

Аннотация. По результатам многолетних исследований в России и Монголии и современных научных позиций рассмотрены особенности почвообразования в бассейне озера Байкал и прилегающих к нему природных территориях. Представлены составленные на основе субстативно-генетического подхода и единой методологии карты «Почвы бассейна оз. Байкал» и «Почвы Центральной экологической зоны бассейна оз. Байкал» и проведенное почвенно-экологическое районирование данной территории по биоклиматическим (провинции), лито- и геоморфологическим (округа) показателям. Выявлены и количественно оценены социально-деструктивные процессы в экосистемах и разработана технология риск-анализа опасности опустынивания ландшафтов. Изучены биогеохимические особенности, плодородие почв и биопродуктивность основных типов естественных растительных сообществ и агроценозов. Разработаны эколого-агрохимические приемы оптимизации корневого питания растений за счет новых видов удобрительных композиций. Представлены результаты негативных техногенных последствий в бассейне озера Байкал и вопросы их разрешения. Предложены приоритетные направления почвенных, биоагрогеохимических и эколого-биологических исследований на территории Внутренней Азии.

Results and prospects of ecological-biological and bio-agro-geochemical studies of soils and ecosystems of Inner Asia

Ubugunov L.L.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, l-ulze@mail.ru

Abstract. The features of pedogenesis within the basin of the Lake Baikal and adjacent natural areas, based on the results of long-term studies in Russia and Mongolia, are discussed in the light of modern scientific positions. The paper presents the maps «Soils of the Lake Baikal Basin» and «Soils of the Central Ecological Zone of the Lake Baikal Basin», compiled using the substantive-genetic approach and uniform methodology, and fulfilled soil-ecological zoning of this territory according to bioclimatic (provinces), litho- and geomorphological (districts) indicators. The social-destructive processes in ecosystems were identified and quantified, and a technology for Risk Analysis of the landscape desertification danger was developed. The biogeochemical characteristics, soil fertility, and biological productivity of the main types of natural plant communities and agroecosystems have been studied. Ecological and agrochemical methods have been developed for optimizing plant root nutrition due to new types of fertilizing compositions. Besides, negative technogenic consequences within the Lake Baikal basin and the issues of their solving are presented. The priority trends of soil, bio-agro-geochemical and ecological-biological researches on the territory of Inner Asia were proposed.

На основе многолетних исследований, анализа и обобщения имеющихся крайне разрозненных по бассейну озера Байкал и прилегающих территориях почвенно-картографических работ, использования субстативно-генетического классификационного подхода и единой методологии исследований нами (коллективом почвоведов ИОЭБ СО РАН) были составлены почвенная карта Бурятии (Убугунов и др., 2011) и совместно с иркутскими и монгольскими учеными карты почв бассейна оз. Байкал (Белозерцева и др., 2015; Убугунов и др., 2018), Байкальского региона (Белозерцева и др., 2018), Центральной экологической зоны бассейна оз. Байкал на территории Республики Бурятия (Убугунов и др., 2021) и другие. На них представлены разнообразие и закономерности пространственного распределения почв и установлено их существенное отличие по морфологии и многим свойствам от почв Западной Сибири и европейской части России, расположенных на той же широте.

Специфика факторов почвообразования в бассейне оз. Байкал и прилегающих территориях характеризуется многообразием форм рельефа, экстраконтинентальным и континентальным климатом с резкой пространственной сменой климатических показателей. В целом

выявлено, что в формировании почвенного покрова обнаруживаются явления инверсии, миграции и интерференции природных зон: проникновение аридных почв по соляным склонам в горы, опускание мерзлотных горно-таежных почв в днища котловин, внедрение криоаридных и засоленных почв глубоко на север. Геологическое строение изученной территории специфично тем, что преобладающими почвообразующими породами являются продукты выветривания щелочных гранитов крупнейшего на планете Ангаро-Витимского батолита (Прибайкалье и Забайкалье), Хэнтэйского и Хангайского (Монголия). Это практически не учитывалось в почвенных исследованиях и во многом объясняет многие «необычные» свойства почв. Особенностью исследованного региона является также многообразие типов мерзлоты (Бадмаев и др., 2011).

На территориях, находящихся в местах разгрузки гидротермальных вод, проявляется влияние эндогенных факторов почвообразования: за счет выходящих на земную поверхность с термальными водами в больших объемах газов, вещества и энергии происходят значительные изменения в почвообразовании зон тектонических разломов. В этих местах формируются необычные по морфологическому строению почвы с «неклассическим» залеганием почвенных слоев и своеобразным геохимическим составом (Убугунов В.Л. и др., 2018; Хитров и др., 2019).

Как известно, из всех компонентов экосистем почва обладает наиболее выраженной способностью к отражению географической среды, которую она хранит в морфологическом строении профиля и свойствах почв. Именно почвенный покров выступает носителем информации о функционировании и формировании ландшафта. Поэтому логическим результатом исследования разнообразия почв и закономерностей их пространственного распространения явилось проведенное совместно с иркутскими и монгольскими почвоведом почвенно-экологическое районирование бассейна оз. Байкал (Убугунов и др., 2019). Нами был использован новый подход в исследовании почв, который позволяет рассматривать почвенный покров как целостную экологическую систему. В выделенных 9 почвенно-экологических провинциях объединены выделы почв с относительно близкими биоклиматическими факторами (индекс сухости по М.М. Будыко, сумма биологически активных температур, тип и продуктивность растительности), играющими ведущую роль в их формировании. Также на основе литолого-геоморфологических особенностей, имеющих региональный уровень (геологические и почвообразующие породы, особенности рельефа) выделено 28 почвенно-экологических округов. Представленная почвенно-экологическая карта является своеобразным интегрированным информационным носителем, на котором комплексно отражаются экзогенные факторы почвообразования.

Почва, как известно, представляет собой интегральный показатель взаимодействия абиотических и биотических компонентов. Нами установлена связь геоморфологии (высотного положения), типового разнообразия и свойств почв, видового обилия и биомассы растений и беспозвоночных в кайнозойских котловинах Байкальского рифта (Баргузинская котловина) и мезозойских котловинах (Иволгинская котловина). Совместно с учеными-энтомологами и геоботаниками изучена пространственно-временная структура почвенного и растительного покровов, обилия и биомассы напочвенных и почвенных беспозвоночных. Динамика численности доминантов растений выявила следующую закономерность: за вегетационный период заметно выделяются 2 периода: 1 – весенне-раннелетний – с доминированием полупустынно-сухостепных видов растений и средне- и позднелетний – с доминированием мезофитных видов растений. То же самое обнаружено при учете обилия и динамике численности напочвенных и почвенных беспозвоночных животных (Хобракова и др., 2010).

На территории Внутренней Азии, в том числе в бассейне оз. Байкал из-за глобальных изменений климата и усиливающегося антропогенного воздействия происходят деградация почв и опустынивание ландшафтов (Куликов и др., 2014). Этому способствуют горный рельеф, континентальный климат, маломощность почвенных профилей и неблагоприятные для экологической устойчивости и плодородия свойства почв: легкий гранулометрический состав, слабая водоудерживающая способность, малое содержание гумуса и питательных эле-

ментов, низкая буферирующая способность. В пойменно-долинных ландшафтах мезозойских котловин это еще связано с наличием засоленных и/или заболоченных почв и происходящими процессами вторичного засоления и/или заболачивания. Следует учитывать, что значительная часть почв региона являются потенциально экологически слабоустойчивыми, или вообще неустойчивыми.

Опустынивание происходит в результате действия различных стационально-деструкционных процессов (СДП) – дефляции, водной эрозии, засоления, затопления, загрязнения почв, вод, воздуха и других негативных воздействий. Объектами-мишенями же данных процессов являются не только почвы, но и растительность, поверхностные и грунтовые воды, приземная атмосфера. Для изученного региона выделен еще и мерзлотный (криогенный) СДП, когда проявляются криоэрозия, криосолифлюкция, термокарстовые явления (Убугунов и др., 2016).

На основании построенной диаграммы Парето проведено ранжирование СДП в порядке их негативной значимости для сельхозугодий. Выявлено, что наибольшую опасность для них представляет дефляция (ветровая эрозия), 2-я роль принадлежит водной эрозии, 3-я – совместному проявлению дефляции и водной эрозии, 4-я – засолению. Меньшую опасность представляют процессы затопления, подтопления и осолонцевания. Например, пашня на территории Бурятии на 80 % подвергается первым двум процессам деструкции, при этом 60 % площади этих угодий разрушается только при дефляции. Подобные негативные явления характерны и для Монголии. Поэтому борьба с дефляционными и водно-эрозионными процессами с бассейне оз. Байкал и прилегающих территориях должны иметь несомненный приоритет, особенно на пахотных угодьях, а связанные с этим мероприятия – самую высокую эффективность.

Многолетними исследованиями агрохимиков-почвоведов Института общей и экспериментальной биологии СО РАН изучена взаимосвязь почвенно-геохимической среды с биологическим круговоротом и типом химизма в естественных и агроэкосистемах. Выявлены закономерности и особенности формирования биопродуктивности основных типов богарных и орошаемых естественных и агроэкосистем (сенокосы, пастбища, сеяные травосмеси, агроценозы) в зависимости от свойств и плодородия почв. Исследованы содержание и распределение макро- и микроэлементов в экосистемах сухой и галоксероморфной степи, пойменных и приозерных территорий и дана оценка степени их аккумуляции растениями в зависимости от почвенно-геохимических, агрохимических и экологических условий. Изобретены и запатентованы технологии новых видов удобрительных композиций из местного органического и минерального сырья и дефицитных редкоземельных (La, Nd, Sm, Se) и микроэлементов (11 патентов на изобретение).

За последние годы из-за возрастающего антропогенного воздействия возникает техногенная деградация ландшафтов. Например, в пригородной зоне, а также на территории самого города Закаменска находятся шлейфы и техногенные пустоши, оставшиеся в результате ранее проводимых разработок вольфрамово-молибденового месторождения. Подобные негативные явления наблюдаются и на Ермаковском бериллиевом месторождении (Кижингинский район Республики Бурятия). Сотрудниками лаборатории биогеохимии и агрохимии ИОЭБ СО РАН были проведены научные исследования и экологический контроль рекультивационных мероприятий на техногенно нарушенных территориях. Ими установлены степень фитоэкстракции поллютантов растениями-гипераккумуляторами, вынос кадмия и свинца растениями из почв, загрязненных техногенными песками (ТП) Джидинского ГОКа, проведена оценка токсичности металлов для растений и почвенной микробиоты, разработаны ориентировочные нормативы металлов в почвах в зависимости от видовой специфики растений и буферности почв. Также получены экспериментальные результаты стандартных методов рекультивации, которые в условиях экстроконтинентального климата исследованной территории оказались абсолютно непригодными для внедрения. В связи с этим, проводятся исследования по разработке других методов рекультивации техногенно нарушенных земель, которые, кстати, уже дают обнадеживающие результаты.

Многие годы наши исследования проводились в составе российско-монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ на территории не только монгольской части бассейна оз. Байкал, но всей Монголии. Было изучено разнообразие, функционирование и биопродуктивность почв и растительного покрова пойменно-долинных экосистем Монголии, их современное экологическое состояние, разработаны и предложены агрохимические и водно-мелиоративные методы повышения плодородия аллювиальных почв и урожайности пойменных лугопастбищных угодий. Результаты исследований представлены во многих рейтинговых журналах и монографиях, а также были использованы (при нашем соавторстве) при создании карты «Ecosystems of Mongolia» (1995) и опубликовании Атласа «Ecosystems of Mongolia Atlas» (2019).

Для дальнейшего развития эколого-биологических и биоагрогеохимических исследований почв и экосистем Внутренней Азии, в том числе бассейна оз. Байкал и непосредственно прилегающих к нему территорий актуальную научную, практическую и природоохранную перспективу имеют, на наш взгляд, научные изыскания по следующим важнейшим направлениям:

- Эволюция, функционирование и эколого-биогеохимическая роль различных типов почв как базового компонента ландшафтного и биологического разнообразия экосистем во Внутренней Азии в условиях аридизации, опустынивания и других экологических вызовах.
- Разнообразие почвенного покрова внутриконтинентального Байкальского рифта и установление влияния эндогенного фактора (*грязевой вулканизм, глубинные грунтовые и термальные минерализованные воды и др.*) на формирование биоразнообразия экосистем.
- Изучение баланса и круговорота химических элементов в травяных и агроэкосистемах и оптимизация их макро- и микроэлементного состава для улучшения корневого питания естественных и культурных растений.
- Биогеохимическое, агропочвенное и почвенно-мелиоративное районирование территории бассейна озера Байкал и прилегающих территорий.
- Разработка теоретических основ и технологии создания новых мелиоративно-удобрительных композиций из региональных месторождений агроруд, местного нетрадиционного органического сырья, редкоземельных и микроэлементов (лантана, неодима, селена, йода и др.) и эколого-агрохимическая оценка их эффективности на деградированных почвах и при восстановлении нарушенных техногенных ландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

- Бадмаев Н.Б., Куликов А.И., Миронов И.А. Мерзлота // Бурятия. Энциклопедический справочник в двух томах. Т. 1. Природа. Общество. Экономика. Улан-Удэ: Экос, 2011. С. 54-55.
- Белозерцева И.А., Убугунов Л.Л., Бадмаев Н.Б., Доржготов Д., Батхишиг О., Убугунова В.И., Гынинова А.Б., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.-М.Н., Цыбикдоржиев Ц.-Д.Ц., Сороковой А.А. Карта «Почвы бассейна оз. Байкал». Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2015.
- Белозерцева И.А., Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Доржготов Д., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Сороковой А.А., Бадмаев Н.Б. Почвы Байкальского региона и прилегающих территорий // Успехи современного естествознания. 2018. № 8. С. 96-105.
- Куликов А.И., Убугунов Л.Л., Мангатаев А.Ц. О глобальном изменении климата и его экосистемных следствиях // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 3. С. 5-13.
- Убугунов В. Л., Хитров Н. Б., Убугунова В. И., Жамбалова А. Д., Рупышев Ю. А., Аюшина Т. А., Парамонова А., Цыремпилов Э. Г., Насатуева Ц. Н. Эндогенный фактор и морфогенетическое строение почв в зоне влияния Кучигерских гидротерм (Байкальская рифтовая зона, север Баргузинской котловины) // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2018. № 4. С. 54-72.
- Убугунов Л.Л., Бадмаев Н.Б., Убугунова В.И., Гынинова А.Б., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.-М.Н., Убугунов В.Л., Цыбикдоржиев Ц.-Д.Ц. Почвы // Бурятия. Энциклопедический справочник в двух томах. Т. 1. Природа. Общество. Экономика. Улан-Удэ: Экос, 2011. С. 66-73.
- Убугунов Л.Л., Белозерцева И.А., Убугунова В.И., Сороковой А.А. Экологическое районирование почв бассейна озера Байкал // Сибирский биологический журнал. 2019. № 6. С. 640-653.

Убугунов Л.Л., Белозерцева И.А., Убугунова В.И., Сороковой. Разнообразие почв и почвенные ресурсы центральной экологической зоны Байкальской природной территории (в границах Республики Бурятия) // География и природные ресурсы. 2021. № 2.

Убугунов Л.Л., Куликов А.И., Убугунов В.Л. Разнообразие, риски деградации и агрохимические технологии управления плодородием почв Внутренней Азии // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 2. С. 3-9.

Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Белозерцева И.А., Гынинова А.Б., Сороковой А.А., Убугунов В.Л. Почвы бассейна оз. Байкал: итоги исследования за 1980-2017 гг. // География и природные ресурсы. 2018. № 4. С. 76-87.

Хитров Н. Б., Убугунов В. Л., Убугунова В. И., Рупышев Ю. А., Аюшина Т. А., Жамбалова А. Д., Цыремпилов Э. Г., Парамонова А. Е., Насатуева Ц. Н. Морфологическое строение почв в ближайшей зоне влияния Кучигерских гидротерм (Баргузинская котловина) // Почвоведение. –2019.– № 12.– С. 1430–1453.

Хобракова Л.Ц., Лаврентьева И.Н., Данилов С.Н., Убугунова В.И., Убугунов Л.Л. Численность, биомасса и сезонная динамика беспозвоночных животных чиевой степи Западного Забайкалья / Вестник БГСХА им. Филиппова. 2010. № 2(19). С. 112-122.

Ecosystems of Mongolia (The map scale 1:1 000 000) / Гунин П.Д., Огуреева Г.Н. и др. Moscow Москва. 1995. 16 п.л.

Ecosystems of Mongolia Atlas» / P.D,Gunin, M. Saandar (Eds). Ulaanbaatar. Admon. 2019. 264 с.

УДК. 574

История и развитие исследований биологического разнообразия в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН

Убугунов Л.Л., Балданова Д.Р., Козырева Л.П.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, l-ulze@mail.ru

Аннотация. Исследования ИОЭБ СО РАН традиционно направлены на изучение: генезиса, структуры, механизмов функционирования и сохранения биологического разнообразия экосистем Внутренней Азии; разрешения актуальных биоэкологических и медико-биологических вызовов; разнообразия и закономерностей пространственной организации и свойств почвенного покрова Байкальского региона и прилегающих к нему территорий; лекарственных растений Забайкалья. Полученные многолетние данные заложили основы разработки технологий восстановления и оптимизации продуктивности почв; разработки на основе принципов традиционной медицины эффективных и безопасных средств из растительных ресурсов с использованием инновационных биотехнологий.

History and development of biological diversity research at the Institute of General and Experimental Biology SB RAS

Ubugunov L.L., Baldanova D.R., Kozyreva L.P.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, l-ulze@mail.ru

Annotation. The studies of the IGEB SB RAS are traditionally aimed at studying: the genesis, structure, mechanisms of functioning and conservation of biological diversity of ecosystems in Inner Asia; resolving urgent bioecological and medico-biological challenges; the diversity and regularities of the spatial organization and properties of the soil cover of the Baikal region and adjacent territories; medicinal plants of Transbaikalia. The obtained long-term data laid the foundations for the development of technologies for the restoration and optimization of soil productivity; for the development of effective and safe remedies from plant resources based on the principles of traditional medicine using innovative biotechnologies.

Историю Института общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН, как отдельного научного учреждения, мы отсчитываем с 1981 г., с момента объединения биологических подразделений Бурятского института естественных наук и Отдела биологически активных веществ индо-тибетской медицины Бурятского филиала АН СССР. Но если смотреть глубже, то история биологических исследований началась с момента создания Бурятского комплексного научно-исследовательского института СО АН СССР. В отделе биологии БКНИИ велись исследования биологии и селекции сельскохозяйственных животных, экологии многолетних травянистых растений и др. В отделе почвоведения под руководством выдающегося ученого и организатора науки доктора геолого-минералогических наук О.В. Макеева было проведено биогеохимическое районирование Сибири и Дальнего Востока, сформулирована концепция о криогенезе, как факторе почвообразования, подготовлены почвенные карты для «Атласа Забайкалья».

С созданием Бурятского филиала СО АН СССР в 1966 г. лаборатории и отделы естественнонаучного направления БКНИИ преобразовали в Бурятский институт естественных наук. Основные направления института в области биологии формулировались как изучение проблем почвоведения, биологической роли микроэлементов, разработка биологических основ интенсификации растениеводства, животноводства и лесного хозяйства. С 1969 по 1975 г. институт возглавлял д.в.н., проф. В. Р. Филиппов. При нем в БИЕН получили развитие генетика и селекция, биохимия сельскохозяйственных животных, изучение аборигенных пород в целях их сохранения.

Основные научные направления организованного в 1981 г. Института биологии определили как изучение биологических ресурсов Бурятской АССР; разработка экологических ос-

нов их рационального использования и охраны; изучение биологически активных веществ лекарственных препаратов индо-тибетской медицины. Директором института стал член-корр. ВАСХНИЛ, д.б.н. Э.Л. Климашевский. Под его руководством научные исследования приобрели более фундаментальный характер, значительно был усилен экологический аспект. В 1985 г. Институт возглавил доктор биологических наук А.Д. Орлов, но он, к большому сожалению, преждевременно скоропостижно скончался по болезни.

С 1986 г. по 2006 г. Институтом руководил д.б.н., а затем чл.-к. РАН В.М. Корсунов. Именно при нем произошло становление института как полноправного научного учреждения. Основной акцент научных исследований был сделан на изучении биологического разнообразия в Байкальском регионе, разработке технологий его сохранения и рационального использования. Большое внимание уделялось вопросу пространственной организации почвенного и растительного покрова Байкальского региона, защите почв от деградации и опустынивания и повышению их плодородия. В 1997 г. в связи с реформированием РАН, Институт получил современное название.

С 2007 г. и по настоящее время Институтом руководит доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат премии РАН им. Д.Н. Прянишникова Л.Л. Убугунов, специалист в области почвоведения, экологии и биоагрогеохимии.

На протяжении последних 8 лет в связи с проведенными реформами РАН Институт был передан сначала в ведение ФАНО России, а затем, в 2018 г., – в ведение Министерства науки и высшего образования РФ. Следует отметить, что эти преобразования практически не изменили направления исследований.

Основные стратегические цели в исследованиях: получение фундаментальных научных знаний о биологическом разнообразии экосистем глобального значения, их структуре, функционировании и эволюции; разработка теоретически обоснованных методов и технологий оценки, сохранения, воспроизводства и рационального использования биологических, почвенно-земельных и лекарственных ресурсов. Решаемые для реализации данных целей задачи заключаются в проведении следующих исследований:

- установление генезиса, структуры, механизмов функционирования и сохранения биологического разнообразия экосистем Внутренней Азии, разрешения актуальных биоэкологических и медико-биологических вызовов;
- изучение разнообразия и закономерностей пространственной организации и свойств почвенного покрова Байкальского региона и прилегающих к нему территорий, анализа процессов и степени их деградации, разработки технологий восстановления и оптимизации продуктивности естественных и агроценозов;
- изучение лекарственных растений в Байкальском регионе и разработки на основе принципов традиционной медицины эффективных и безопасных средств из растительных ресурсов с использованием инновационных биотехнологий.

Исследовательская программа ориентирована на дальнейшее эффективное развитие выше указанных фундаментальных направлений деятельности научных подразделений Института. Также она рассчитана на осуществление новых поисковых исследований, связанных с вызовами, открывающимися в связи с глобальным и региональными изменениями климата и усиливающейся антропогенной деятельностью. Это, в первую очередь:

а) разработка научных основ для краткосрочных и долгосрочных прогнозов развития наземных и водных экосистем и качества окружающей среды при различных сценариях социально-экономического развития в условиях меняющегося климата, в том числе рисков их деградации и опустынивания ландшафтов;

б) подготовка системы мониторинга биоразнообразия экосистем бассейна оз. Байкал, прежде всего подверженных интенсивному антропогенному влиянию;

в) оценка ресурсов и химического состава лекарственных растений, перспективных для фармацевтической отрасли;

г) разработка биоагрогеохимических природоподобных технологий ускоренного восстановления аграрно деградированных почв;

д) биологическая рекультивация и ремедиация техногенно нарушенных земель.

Расширение и углубление научных исследований планируется через расширение сотрудничества с азиатскими и европейскими партнерами и российскими научными организациями и ВУЗами. Планируется дальнейшее развитие инфраструктуры исследований и разработок. Это будет проводиться следующим образом:

- более эффективное использование и совершенствование уникальной экспериментальной базы института: приборного и другого оборудования, коллекций, гербария, вивария;
- активизация использования в экспериментально-полевых и экспедиционных работах научных стационаров Института, усиление комплексного подхода в исследованиях;
- заключение договоров о сотрудничестве и развитие совместных исследований с научными сотрудниками ООПТ, расположенных на территории Байкальского региона;
- развитие в Институте технологий разработки медицинских препаратов и их внедрения в клиническую и профилактическую медицину.

В настоящее время ИОЭБ СО РАН успешно развивается. В коллективе Института работает 113 работников, из них научных сотрудников 65 человек. За прошедшие 40 лет у нас выросло немало ученых высшей квалификации – кандидатов и докторов наук, работающих по разным научным направлениям. Этому способствуют собственные научные школы эколого-биологического, почвенно-агрохимического и медико-фармакологического направлений. Имеется аспирантура по биологическим и сельскохозяйственным наукам, фундаментальной медицине и фармации. В Институте многие годы работает диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по направлениям 14.03.06 – фармакология, клиническая фармакология (медицинские науки) и 14.04.02 – фармацевтическая химия, фармакогнозия (фармацевтические науки). С 2012 г. данный Диссовет стал функционировать как Объединенный с Бурятским госуниверситетом Минобрнауки РФ и Иркутским государственным медицинским университетом Министерства здравоохранения РФ. С 1997 г. по 2019 г. успешно функционировал диссертационный совет по направлениям 03.00.27 – почвоведение (биологические науки) и 06.01.04 – агрохимия (биологические науки). Планируется подготовка и представление материалов в МНиВО РФ по организации Диссовета по специальностям «почвоведение» (биологические науки) и/или 03.02.08 – экология (биологические науки).

В Институте идет планомерная смена поколений, в том числе и среди руководителей структурных подразделений. Принесли свои плоды международное сотрудничество и сотрудничество с научными и образовательными учреждениями России, улучшилась структура публикационной активности сотрудников, увеличилось число статей в рейтинговых журналах, в том числе в журналах 1 и 2 квартиля WoS, издаются фундаментальные научные монографии и т.д. За последние годы значительно обновилась приборная база, работают 5 стационаров в разных экологических зонах.

Перед учеными Института общей и экспериментальной биологии СО РАН стоит приоритетная цель – сохранение озера Байкал, как уникального природного объекта, для этого необходимо сохранение не только его экосистемы, но и всего водосборного бассейна. ИОЭБ СО РАН может выступать как один из главных консультантов и экспертов при решении проблем, связанных с природосберегающими агро- и биотехнологиями, быть разработчиком этих технологий, содействовать внедрению научных достижений в области охраны и экологически безопасной эксплуатации окружающей среды, осуществлять постоянный квалифицированный и независимый мониторинг состояния объектов окружающей среды.

В настоящее время ИОЭБ вносит существенный вклад в усиление научного потенциала республики, познание биоразнообразия, разработку методов охраны и рационального использования биологических ресурсов, в том числе устойчивого землепользования в Байкальском регионе.

УДК 631.4:551.4

**Почвы «шовной» зоны Монгольско-Охотского орогенного пояса
(Верхнекеруленская котловина, Хэнтэй, Монголия)**

Убугунова В.И.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, ubugunova57@mail.ru

Аннотация. Почвы верхнего течения реки Керулен (Хэнтэй, Монголия) формируются в широкой Верхнекеруленской котловине. Ее образование связано с мезозойско-кайнозойской геологической историей развития и с позднплейстоценовым оледенением. Пойма имеет густую речную сеть, многочисленные меандры, старицы и острова самой магистральной реки. Особенностью морфологического строения аллювиальных почв является маломощность профиля, отсутствие слоистости и глеевых процессов. Типовые различия почв выражены по перегнойно-темногумусовой и серогумусовой аккумуляциям. В местах разгрузки хлоридно-гидрокарбонатных и магниевно-натриевых вод отмечается засоление почв.

**Soils of the joint zone of the Mongol-Okhotsk Orogenic Belt
(Upper-Kerulen depression, Khentei, Mongolia)**

Ubugunova V.I.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, ubugunova57@mail.ru

Abstract. In the upper reaches of the Kerulen River (Khentei, Mongolia), soils are formed within the wide Upper-Kerulen depression. Its development is associated with the Mesozoic-Cenozoic geological history and the Late Pleistocene glaciation. The Kerulen floodplain has a dense network of the river tributaries, numerous meanders, oxbows and islands of the mainstream. Small depth of the profile, the absence of layering and gley processes are the feature of the morphological structure of alluvial soils. Differences between soil types are expressed in mold-dark-humus and gray-humus accumulations. In the places with chloride-hydrocarbonate and magnesium-sodium waters discharge, soil salinization is noted.

Сохранение биоразнообразия горных экосистем и совершенствование системы землепользования высокогорных ландшафтов являются одной из актуальных приоритетных задач. Для этих целей необходима достоверная информация по всем компонентам экосистем. В настоящее время достаточно подробно изучено геоморфологическое, геологическое, тектоническое строение Монголии, разнообразие растительного и животного мира (Ecosystems..., 2019). По почвам пойменных экосистем до настоящего времени имеются противоречивые сведения, предполагающие развитие аллювиальных торфянисто-глеевых почв в верховьях рек (лесная зона), аллювиальных темногумусовых – в среднем течении (лесостепь) и аллювиальных светлогумусовых – нижнем (сухостепная, полупустынная).

Формирование аллювиальных почв в пределах сейсмически активного Монголо-Охотского орогенного пояса имеет существенные отличия от классических схем. Цель данного сообщения – изучить морфогенетические особенности и классификационное положение почв горных пойм в пределах подтаежного лесного и степного поясов верхнего течения р. Керулен. Эта река отражает гидрологическую историю эволюции Амурского бассейна (Сорокин и др., 2010).

Исследования почв пойм верхнего течения реки Керулен проводились в пределах Верхнекеруленской котловины. В геолого-тектоническом отношении эта депрессия является крупнейшей отрицательной структурой Хэнтэйского нагорья. Впадина заложена в позднюрское время. Фундамент сложен докембрийскими образованиями, сильнодислоцированными позднепалеозойскими отложениями, прорванными карбоновыми и поздне триасово-раннеюрскими гранитоидами. Мощность мезокайнозойских осадков достигает 1 км.

Развитие впадины связано с непрерывной позднемезозойско-кайнозойской (поздняя юра–голоцен) эндогенной активностью (Смекалкин и др., 2015) и позднплейстоценовым

оледенением Хэнтэйско-Даурского сводового поднятия, формированием ледниково-подпрудных палеозер и последующим их спуском (Еникеев, Старышко, 2009). Косвенным свидетельством этих процессов являются ледниковые отложения и остатки конечных морен супесчано-гравийного состава на речных террасах, в руслах реки и ее притоков.

В северной части котловины (35 км) пойма Керулена наиболее широкая. Магистральная река течет по центральной части котловины, образуя многочисленные острова, принимая левосторонние притоки, берущие начало на хр. Норовсаталыннуру (Хойт Хорот, Дунд Хорот, Тэйун-Гол, Дзоргол-Гол, Увхирийн-Гол). Горный русловой аллювий представлен в основном галькой с песчанисто-гравийным наполнителем. Для грубообломочного материала характерна слабая сортировка материала и отсутствие слоистости. Аллювиальные отложения имеют супесчано-суглинистый состав. Этот участок впадины расположен в контактной зоне горной тайги с островными лиственничными лесами и с горными степями. В растительном покрове по долинам горных ручьев и небольших рек, впадающих в Керулен, наиболее типичны ерниковые заросли. На дренированных местообитаниях произрастает ивово-кустарниковая урема, основную поверхность расширения поймы занимают кобрезиево-злаковые, богато-разнотравно-кобрезиевые с кустарниками, кобрезиево-злаково-разнотравные и кобрезиевые сообщества. В почвенном покрове значительные площади заняты аллювиальными маломощными почвами (около 40 см) с серогумусовой (AJ-C^{^^}) и перегнойно-темногумусовой аккумуляциями (AH-C^{^^}). Гумусовые горизонты (AJ, AH) резко сменяются галечниковыми отложениями. В изученных почвах не выражены процессы оглеения и торфообразования, характерные для пойм верховой рек. Значительный уклон поверхности, наличие массивно-кристаллических пород, обладающих высокой проницаемостью, насыщенность вод кислородом являются основными факторами, препятствующими развитию торфяной толщи и оглеения. В изученных почвах отсутствуют какие-либо признаки слоистости и карбонатных аккумуляций. Профилеобразующими процессами являются серогумусовая и перегнойно-темногумусовая аккумуляции. Почвенный покров пойм этого участка Верхнекеруленской котловины представлен преимущественно аллювиальными перегнойно-темногумусовыми почвами. Горизонт AH имеет легкий гранулометрический состав (супесчаный, легкосуглинистый), содержание C высокое (6–10 %), соотношение C/N изменяется от 9 до 10. В органогенном горизонте встречаются незначительные фрагменты различной степени разложения растительных остатков. Следует отметить, что в поймах северной части котловины встречаются «не типичные» почвы с хлоридно-гидрокарбонатным и магниевонатриевым засолением. Эти участки засоленных почв приурочены к разломным зонам с разгружающимися углекислыми минеральными водами.

В центральной части Верхнекеруленской котловины река Керулен прижимается к отрогам хр. Норовсаталыннуру. С запада и северо-запада хорошо дешифрируются глубокие заходы в долину правосторонних притоков: Дэлэнзийн-Гола, Дзун-Бурхийн-Гола и Барун-Бурхийн-Гола. На этом борту долины находится активный Керуленский разлом, обладающий достаточно высоким сейсмическим потенциалом. Это прослеживается как по палеосейсмическим событиям, так и активизации его в голоценовое время (Смекалкин и др., 2015). Разрывы имеют заметное проявление на заболоченных участках пойм указанных рек и временных водотоках. Река течет в пределах степного пояса (Ecosystems..., 2019). В прирусловой части пойм произрастают ивовые заросли со злаково-осоковым травяным ярусом и ивовые заросли с тополем, в центральной и притеррасной частях – разнотравно-типчачково-келериевые, кобрезиевые с разнотравьем и кустарниками, твердоватоосочково-вострецово-типчачковые сообщества. По днищам мелких озер распространены маревые сообщества в сочетании с бескильницевыми и ячменево-вострецовыми, твердоватоосочково-вострецовыми с ирисом и степным разнотравьем.

В южной части котловины в месте впадения р. Барун-Бурхийн-Гола в Керулен долина сильно сужается, отмечается резкий поворот магистральной реки к правому борту долины. Далее на протяжении 32 км она постепенно меняет направление течения к юго-востоку и

прорезает горные отроги хребта Хэнтэя, по которым она течет среди высоких гор почти 50 км, не образуя пойменных участков.

В центральной и южной частях Верхнекеруленской котловины распространены аллювиальные темногумусовые почвы с профилем АU–С^л~. Следует отметить различный гранулометрический состав аллювиальных отложений: галечниковый, песчаный, супесчаный. В морфологическом строении почв проявляется окарбоначенность, оглеение, в некоторых почвах – слабое засоление и осолонцевание. Основным профилеобразующим процессом является темногумусовая аккумуляция. Мощность горизонта АU варьирует от 20 до 35 см. Он имеет различный гранулометрический состав: супесчаный, легкосуглинистый и среднесуглинистый. Содержание гумуса изменяется от 5 до 10 %, азота – от 0,46 до 1,0 %, сумма обменных оснований – от 20 до 25 мг-экв/100 г. почвы. Нижележащие горизонты имеют супесчаный и песчаный составы. Почвы увлажнены. В пределах профиля встречается грунтовая вода или мерзлота.

Проведенные исследования почв поймы верхнего течения р. Керулен (в пределах Верхнекеруленской впадины) показали, что эта территория характеризуется сложной гидрогеологической структурой и неоднородными условиями седиментогенеза аллювиальных отложений. Различия в отложениях связаны в значительной степени с меандрированием как основного русла Керулена, так и многочисленных временных и постоянных водотоков. В результате этих процессов образуется неоднородная по геоморфологическому строению и осадконакоплению пойма. На повышенных участках происходит быстрый спад паводковых вод из-за значительного уклона поверхности, а также высокой фильтрационной способности гравийно-галечниковых субстратов. В старичных понижениях, притеррасных участках поймы скорость паводкового стока минимальна, откладывается аллювий супесчаного и суглинистого состава.

Почвы горных пойм северной части Верхнекеруленской котловины формируются в подтаежном поясе. Поемно-аллювиальные процессы слабо выражены, поэтому в профиле почв отсутствует слоистость. Особенностью их морфологического строения является маломощность профиля, перегнойно-темногумусовая и серогумусовые аккумуляции. Глеевые процессы и торфонакопления не проявляются. Это связано с высокой скелетностью почв горных пойм, их высокой водопроницаемостью, хорошей аэрируемостью, отсутствием застоя вод. Типовые различия изученных аллювиальных почв выражены по проявлению биогео-аккумулятивного процесса и представлены аллювиальными перегнойно-темногумусовыми и аллювиальными серогумусовыми почвами. В местах разгрузки минеральных вод формируются аллювиальные засоленные почвы.

Почвы центральной и южной частей Верхнекеруленской котловины формируются в степном поясе. Для них характерно широкое распространение аллювиальных темногумусовых почв, в морфологическом строении которых проявляется окарбоначенность, оглеение, слабое проявление процессов засоления и осолонцевания.

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта №121030100228-4.

ЛИТЕРАТУРА

- Еникеев Ф.И., Старышко В.Е. Гляциальный морфогенез и россыпеобразование Восточного Забайкалья. Чита: ЧитГУ, 2009. – 370 с.
- Смекалин О.П., Чипизубов А.В., Имаев В.С. Палеосейсмогенные дислокации Верхнекеруленской впадины (юг Хэнтэй-Даурского мегасвода, Монголия) //Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 12. С. 2250—2262.
- Сорокин А.П., Махинов А.Н., Воронов Б.А., Сорокина А.Т., Артеменко Т.В. Эволюция бассейна Амура в мезозое–кайнозое и ее отражение в современной динамике рельефа // Вестник ДВО РАН. 2010. №3. С. 72–80.
- Ecosystems of Mongolia. 2019. Ulaanbaatar. Admon. 264

УДК 58.02: 630*182.21

Природные и антропогенные «катастрофы» в ельниках европейской части России: причины и последствия*Уланова Н.Г.¹, Каплевский А.А.¹*¹Московский государственный университет, Москва, Nulanova@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены основные тенденции изменения видового богатства фитоценозов после катастрофических природных (массовые поражения насекомыми, ветровалы) и антропогенных (сплошная вырубка) нарушений. Основным определяющим фактором видового богатства является интенсивность нарушения фитоценозов после катастроф. Показана динамика структурного разнообразия видового богатства на ряде примеров нарушений. Проанализирована восстановительная динамика фитоценозов после катастрофических нарушений.

Natural and anthropogenic "catastrophes" in spruce forests of the European part of Russia: causes and consequences*Ulanova N.G.¹, Kaplevsky A.A.¹*¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Nulanova@mail.ru

Abstract: We analyzed the main trends of the change in the species richness of plant communities after catastrophic natural (beetle outbreaks, windfalls) and anthropogenic (clear cutting) disturbances. We examined the dynamics of the structural diversity of species richness of herb-dwarf scrubs layer with different reforestation technologies after the death of spruce stands. The study of similarity and ordination of vegetation showed the proximity of the undamaged forest to the unharvested stand, and the difference of these plant communities from clear-cut. The main determining factor of species richness was the intensity of plant community disturbance after catastrophes. We analyzed the reforestation dynamics of plant communities after catastrophic disturbances.

Проблема сохранения биоразнообразия лесов остается важнейшей темой в биологии и экологии 20-21 веков и центральной задачей сохранения живой природы. Все антропогенные нарушения (сплошные рубки, лесные пожары на больших площадях, промышленное загрязнение) и природные (массовые поражения насекомыми, ветровалы) относят к негативным факторам, ведущим к сокращению биоразнообразия. Именно масштабная гибель лесов ведет к исчезновению разнообразия биотопов, фитоценозов, исчезновению видов и сокращению их внутривидового генетического разнообразия. Устоявшиеся представления основаны на сравнении данных разных исследователей, при построении пространственно-временных схем и т.д. Однако, только мониторинг биоразнообразия на постоянных пробных площадях в ряду фитоценозов по градиенту рельефа в течении длительного времени после катастрофических нарушений позволяет выявить закономерности в изменении видового состава сообществ.

Естественный природный механизм распада древостоя ели, как конечный этап динамики еловых фитоценозов на заключительной стадии сукцессии в европейской части России, реализуется массовыми ветровалами, пожарами или очагами сухостоя при вспышках численности короеда-типографа (*Ips typographus* L.).

1. Интенсивность нарушения фитоценозов после природных и антропогенных катастроф. Катастрофические природные явления, вызывающие гибель ельников, создают разные по масштабу нарушения. При пожарах происходит гибель значительной части древостоя и подпологовой растительности, при этом диапазон почвенных повреждений очень велик. При массовых ветровалах происходит варьирование масштабов гибели древостоя и напочвенного покрова при незначительных нарушениях почвенного покрова (Уланова, 2006). При частич-

ном сохранении древостоя и подроста на ветровалах в травяно-кустарничком ярусе (ТКЯ) происходит лишь перераспределение доминирования видов с незначительным изменением видового состава (Уланова, Чередниченко, 2012). В очагах усыхания ели при вспышках численности короеда-типографа почва и напочвенный покров практически не страдает, однако доля погибших елей изменяется от 0 до 100%. Степень нарушения экосистемы при катастрофах, ведущих к гибели ельников, и определяет скорость восстановления растительности на горельниках, ветровальниках и в очагах усыхания ели.

2. Увеличение биоразнообразия: видового богатства и структурного разнообразия. Природные и антропогенные катастрофы ведут к разной интенсивности трансформации исходных фитоценозов. В результате происходит увеличение биоразнообразия в новых сообществах, в очагах сухостоя ели незначительно, выше при массовых ветровалах. При полном уничтожении древостоя ели (не только погибшего) в ходе сплошной рубки происходит кардинальное изменение почвенного покрова и лесных сообществ в травяные и кустарниковые, что ведет к принципиальному изменению растительного покрова ельников. В новых луговых сообществах биоразнообразии резко увеличивается за счет нелесных видов (Уланова, 2006).

Проведенный мета-анализ результатов 238 исследований биоразнообразия в различных лесах мира также выявил увеличение видового богатства сосудистых растений после катастрофических ветровалов, гибели древостоя после вспышек численности короедов и вырубок (Thorn et al., 2018).

Рассмотрим пример изменения растительности в очагах усыхания ели 2012 года в западной части Московской области (Звенигородская биостанция МГУ). В сухостойном ельнике виды сохранили свое доминирование в ТКЯ. После рубки сухостоя по сравнению с ненарушенным ельником произошло увеличение флористического состава ТКЯ в 2 раза в результате гибели ТКЯ, нарушений мохового и почвенного покрова при вывозе древесины, сжигании рубочных остатков и последующего вселения новых видов. Доминирование перешло к другим видам. В результате значительных нарушений почвы возникла высокая мозаичность ТКЯ.

Ценотический спектр ТКЯ ельника после гибели ели соответствует спектру исходного леса. На второй год в ТКЯ произошло изменение встречаемости видов и вселение новых видов ценотических групп, характерных для исходного леса. Встречаемость видов мохового покрова сократилась вследствие затенения разросшейся лещиной. На рубке увеличение числа ценотических групп в два раза вызвано внедрением видов ТКЯ и мхов, не характерных для исходного сообщества. На рубке доля лесных видов значительно сокращена, возросла доля сорных, луговых и сорно-луговых. Фитоценоз рубки можно отнести к лесо-луговому типу.

3. Восстановительная динамика фитоценозов после катастрофических нарушений. При значительных нарушениях фитоценозов и почвы происходят сукцессии: демулации, вторичные неполночленные и квазипервичные. Изменения растительности зависят от исходного типа леса. Так, в очагах усыхания елей в Московской области в ельниках черничных, кислотно-черничных флуктуации идут через рябиновый лес с подростом ели. В ельниках зеленчуковых и сложных демулация проходит через стадию липняков с кленом и подростом ели. В ельниках сложных с лещиной неполночленная вторичная сукцессия заканчивается лещинником.

Альтернативный способ ведения лесного хозяйства (сохранение погибшего древостоя и естественное возобновление леса) возможен лишь в лесах, имеющих заповедный статус. Сохранение сухостоя и ветровальных участков ельников приводит к естественному ходу лесовосстановления, сохраняя лесные фитоценозы, изменяя лишь соотношение доминирующих пород в древостое. В результате образуется смешанный древостой с широколиственными породами, который обладает повышенной устойчивостью к вредителям и болезням леса. Сложные по структуре леса замещают монокультуры ельников, что способствует восстановлению разнообразия лесов, характерных для зоны хвойно-широколиственных лесов. Именно такие естественные леса, вероятно, характерны для зоны хвойно-широколиственных лесов.

Ведение лесного хозяйства в ельниках требует проведения сплошных санитарных рубок погибшего древостоя ели в случае вспышек короеда-типографа, расчистки массовых ветровалов и пожарищ. Массовое назначение сплошных рубок за последнее 10 лет привело к увеличению площади сплошных вырубок, на которых произошло образование луговых сообществ. В новых луговых сообществах биоразнообразие резко увеличивается за счет нелесных видов. С точки зрения биолога этот процесс нельзя считать негативным для природы. Ведение лесного хозяйства в ельниках требует проведения сплошных санитарных рубок погибшего древостоя ели в случае вспышек короеда-типографа, расчистки массовых ветровалов и пожарищ. Массовое назначение сплошных рубок за последнее 10 лет привело к увеличению площади сплошных вырубок, на которых произошло образование луговых сообществ. В новых луговых сообществах биоразнообразие резко увеличивается за счет нелесных видов (Уланова, 2006). С точки зрения биолога этот процесс нельзя считать негативным для природы. Если наша идеология требует увеличения разнообразия видов, то образование луговой растительности - это лучший вариант решения поставленной задачи. В последние годы появились публикации, поднимающие вопрос о важности первых сукцессионных стадий для увеличения биоразнообразия лесов (Blair et al., 2016; Fornwalt et al., 2018; Thorn et al., 2018).

Исследования выполнены в рамках государственного задания МГУ №121032500089-1.

Участие в конференции финансировано грантом РФФИ №19-04-01227.

ЛИТЕРАТУРА

Уланова Н.Г. Восстановительная динамика растительности сплошных вырубок и массовых ветровалов в ельниках южной тайги (на примере европейской части России): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. 2006. М. 46 с.

Уланова Н.Г., Чередниченко О.В. Механизмы сукцессий растительности сплошных ветровалов южнотаежных ельников // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 14. № 1(5). С. 1399-1402.

Blair D.P., McBurney L.M., Blanchard W., Bank S.C., Lindenmayer D.B.. Disturbance gradient shows logging affects plant functional groups more than fire // Ecological Applications. 2016. Vol. 26. P. 2280–2301.

Fornwalt P.J., Rhoades Ch.C., et al. 2018. Short-term understory plant community responses to salvage logging in beetle-affected lodgepole pine forests // Forest Ecology and Management. Vol. 409. P. 84–93.

Thorn S., Bäessler C., Brandl R., et al. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis. // J. Appl. Ecol. 2018. Vol. 55. P. 279–289.

УДК 574.52:595.143

Влияние химического состава воды на структуру пиявок бассейна р. Большой Юган*Федорова Л.И.*

Сургутский государственный университет, Сургут, ludiko@list.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена эколого-фаунистическим исследованиям пиявок в бассейне реки Большой Юган, расположенном в Западной Сибири. В статье приведены сведения о распространении пиявок в зависимости от абиотических факторов среды. Приведены основные закономерности и степень влияния различных показателей воды на разнообразие и распространение гирудинид.

Influence of the chemical composition of water on the structure of leeches in the river basin Bolchoy Yugan*Fedorova L.I.*

Surgut State University, Surgut, ludiko@list.ru

Abstract. This article is devoted to ecological and faunistic studies of leeches in the basin of the Bolshoi Yugan River, located in Singapore, Siberia. The article provides information on the distribution of leeches depending on abiotic environmental factors. The main regularities and the degree of various indicators of water on the diversity and distribution of hirudinids are given.

Охрана качества воды в северных районах России играет исключительно важную роль в связи с тем, что загрязняющие вещества, попадающие в водотоки, переносятся от места сброса на значительные расстояния, накапливаются в водной среде, гидробионтах и донных отложениях, а затем мигрируют по пищевым цепочкам. В связи с чем, становится очевидной необходимость проведения исследований, направленных на изучение взаимосвязи между биоразнообразием, функционированием водных экосистем и их экологической стабильностью.

Применение водных организмов для оценки степени воздействия на окружающую среду имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными методами химического, физического и санитарно-микробиологического анализов. Связано это с тем, что гидробионты отражают степень воздействия совокупности факторов и параметров, дают возможность установить факт нерегулярных или скрытых химических воздействия на достаточно продолжительном временном отрезке, а также отображают скорость происходящих в воде изменений.

Среди беспозвоночных, применяемых для оценки состояния природных вод, зачастую используются представители типа Annelida. Помимо применяемых в биоиндикации олигохет, потенциально полезными для оценки экологического состояния природных вод являются пиявки. Состояние их видового состава и структуры и численности могут служить показателем чистоты или загрязнения водных объектов (Koperski, 2017; Cortelezzi et al., 2018). В тоже время, для их применения в качестве индикаторов состояния поверхностных вод требуется проведение более детальных исследований, посвященных изучению влияния на гирудинид различных физико-химических факторов.

В этой связи, целью данной работы является изучение пространственной неоднородности распределения пиявок и степени влияния на их фаунистический состав различных факторов водной среды в пределах бассейна реки Большой Юган.

Материалы и методы. Биологический материал был собран во время экспедиционных работ в сентябре 2020 года на территории 12 водоемов и водотоков, относящихся к бассейну реки Большой Юган (таблица).

Таблица

Список географических точек отбора проб

№	Водоем	Координаты	
		Широта	Долгота
1.	р. Малый Юган	60°31'22.3"	74°28'01.9"
2.	р. Вачем-пеу	60°16'34.0"	73°55'18.0"
3.	Протока р. Вачем-пеу	60°16'17.08"	73°55'22.10"
4.	Протока р. Большой Юган	60°17'38.0"	73°53'32.0"
5.	Протока р. Большой Юган	60°17'33.0"	73°53'38.0"
6.	Оз. Безымянное	60°18'19.0"	74°00'15.0"
7.	Оз. Саксантор	60°17'11.0"	74°01'43.0"
8.	Старица р. Негусь-ях	60°10'40.9"	74°13'51.7"
9.	Старица р. Негусь-ях	60°11'05.0"	74°13'37.0"
10.	р. Негусь-ях	60°11'55.0"	74°12'54.0"
11.	р. Лунгунигый	60°11'43.0"	74°12'20.0"
12.	Старица р. Негусь-ях	60°12'05.0"	74°13'25.0"
13.	р. Пачь-пеу	60°11'53.0"	74°14'22.0"
14.	р. Негусь-ях	60°11'19.0"	74°14'34.0"
15.	р. Угутка	60°29'17.0"	74°03'41.0"
16.	р. Угутка	60°29'26.0"	74°03'45.0"
17.	оз. Египамынглор	60°30'26.0"	74°11'42.0"
18.	Искусственный водоем	60°32'08.0"	74°02'26.0"
19.	Старица р. Сухая	60°31'25.0"	74°00'55.0"
20.	р. Большой Юган	60°31'27.0"	74°01'17.0"

Анализ морфологических признаков гирудинид проводился в лабораторных условиях с использованием бинокулярного микроскопа МСП-2 (ЛОМО). Видовая принадлежность пиявок определялась по систематическим ключам и в соответствии с современной классификацией (Лукин, 1976; Nesemann, Neubert, 1999). Все биологические образцы промаркированы и определены на хранение в коллекцию Сургутского государственного университета.

Наряду с этим, в точках сбора, проводилось измерение температуры и отбор проб воды для лабораторного анализа в соответствии с общими требованиями к отбору проб, отображенному в ГОСТ Р 51592-2000.

Химико-аналитические работы по определению состава воды проводились на базе Центра коллективного пользования Научно-образовательного центра института Естественных и технических наук Сургутского государственного университета. В целом, были определены следующие показатели: температура в момент отбора проб, рН, общая щелочность, оптическая плотность, цветность, электропроводимость, концентрация гидрокарбонатов и массовая концентрация нефтепродуктов.

Статистический анализ данных проведен с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2016.

Результаты и обсуждения. По результатам экспедиционных работ в гирудофауне бассейна р. Большой Юган было выявлено восемь видов пиявок, относящихся к четырем родам и двум семействам. Пространственное распределение и видовой состав рассматриваемой группы организмов в бассейне р. Большой Юган характеризуются неравномерностью. Гирудиниды были обнаружены в 70% отобранных проб. При этом, наиболее распространенными на рассматриваемой территории являются представители рода *Erpobdella* и *Helobdella*.

Для определения специфики влияния абиотических факторов среды на гирудофану был проведен корреляционный анализ, результаты которого отображены в виде тепловой карты (рисунок).

Полученные результаты дали основание полагать, что на число видов пиявок оказывает незначительное влияние повышения уровня нефтепродуктов в воде, в меньшей степени по-

казатели плотности и электропроводимости. Положительная корреляция видового обилия наблюдается с уровнем рН составила 0,37.

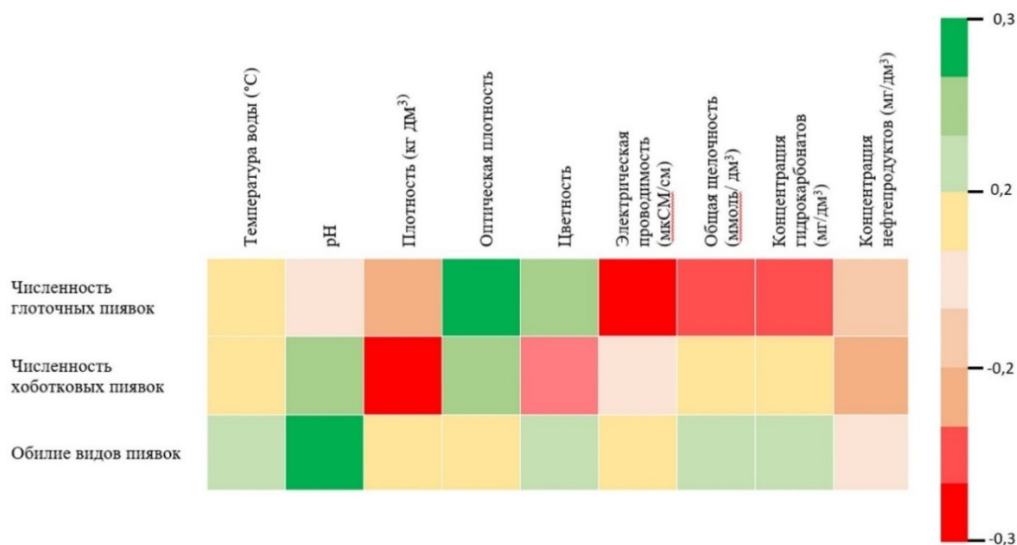


Рис. Тепловая карта корреляционных взаимосвязей между количественными показателями гиродофауны и абиотическими факторами окружающей среды

Согласно рассматриваемым результатам, на численность хоботковых пиявок положительное влияние оказывает возрастание рН и оптической плотности воды, что отражается в положительных значениях корреляции. Такие показатели как плотность воды, концентрация нефтепродуктов и цветность находятся в пределах (-0,3 ... -0,15), что обуславливает не значительное влияние рассматриваемых факторов на колебание численности плоских пиявок.

Положительная корреляция глоточных пиявок отмечена с оптической плотностью и цветностью воды. Отрицательный показатель взаимосвязи наблюдается у электрической проводимости и составляет -0,35.

Таким образом, можно сделать заключение, что такие показатели как видовой состав и численность плоских пиявок обуславливает рН воды, обилие глоточных пиявок находится в взаимосвязи с оптической плотностью и электрической проводимостью воды. В тоже время, низкие концентраций нефтепродуктов не оказывают влияние ни на один из рассматриваемых показателей гиродофауны.

Автор выражает признательность в.н.с. Юганского заповедника Звягиной Е.А. за помощь в проведении экспедиционных работ, а также сотрудникам центра коллективного пользования СурГУ Гусельниковой М.В., Пятовой П.Н. и Широковой А.А. за получение сведений о химическом составе проб воды.

ЛИТЕРАТУРА

- Лукин Е.И. Пиявки пресных и солоноватых водоемов (фауна пиявок СССР). Л.: Наука, 1976. 284 с.
- Cortezzi A. et al. Assessing the sensitivity of leeches as indicators of water quality // Science of the Total Environment. 2018. 624. P. 1244-1249.
- Koperski P. Taxonomic, phylogenetic and functional diversity of leeches (Hirudinea) and their suitability in biological assessment of environmental quality // Knowl Manag Aquat Ecosyst. – 2017. – 418 (49). – P. 1-14.
- Nesemann H., Neubert E. Clitellata, Branchiobdellada, Acanthobdellada, Hirudinea // Susswasserfauna von Mitteleuropa. Heidelberg / eds.: J. Schwoebel, P. Zwig. Berlin: Spectrum Akademischer Verlag, 1999. Vol. 6 (2). 178 p.

УДК 574.472

Структурные изменения почвенной микобиоты в условиях антропогенного загрязнения почв

Федосеева Е.В.¹, Иванова А.Е.^{2,3}, Терехова В.А.²

¹Российский национальный исследовательский медицинский университет, Москва,
elenfedoseeva@gmail.com

²Факультет почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,
Москва, vterekhova@gmail.com

³Институт проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова РАН, Москва, ivanovaane@gmail.com

Аннотация. Грибы являются активным компонентом почвенных микробиомов, определяющих устойчивое функционирование наземных экосистем. Структурные характеристики грибных сообществ выполняют роль ключевых индикаторов изменений качества почвы, происходящих, в том числе, под воздействием токсикантов и ксенобиотиков. Цель работы - изучение структуры грибных сообществ в загрязненных тяжелыми металлами почвах агроценозов с разным содержанием органического вещества. Анализировали влияние углеродсодержащих добавок (биочара и гуматов) на изменение структурных характеристик микобиоты. Микологические показатели в целом отражали действие внесенных добавок, при этом к наиболее информативным в случаях загрязнения тяжелыми металлами следует отнести: долю резистентных меланинсодержащих видов, долю патогенов и индексы видового разнообразия. Обсуждается большая устойчивость к химическому загрязнению микобиоты сильногумусированных почв.

Structural changes in communities of soil mycobiota in conditions of anthropogenic soil pollution

Fedoseeva E.V.¹, Ivanova A.E.^{2,3}, Terekhova V.A.²

¹Russian National Research Medical University, Moscow, elenfedoseeva@gmail.com

²Faculty of Soil Science of Moscow State University, Moscow, vterekhova@gmail.com

³Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences ivanovaane@gmail.com

Abstract. Fungi are an active component of soil microbiomes that determine the sustainable functioning of terrestrial ecosystems. Structural characteristics of fungal communities are key indicators of changes in soil quality, including those under the influence of toxicants and xenobiotics. The aim of this work was to study the structure of fungal communities in the soils of agrocenoses contaminated with heavy metals with different contents of organic matter from two natural and climatic zones. The effect of carbon-containing additives (biochar and humates) on the changes in the structural characteristics of mycobiota was analyzed. Mycological indicators generally reflected the effect of the added additives, while the most informative ones in cases of heavy metal contamination are the proportion of resistant melanin-containing species, the proportion of pathogens, and indices of fungal species diversity. The greater resistance to chemical contamination of highly humic soils is discussed.

Микробиомы почв ответственны за устойчивое функционирование наземных экосистем. Активным компонентом почвенных микробиомов являются грибы. В почвенной микобиоте выделяют три доминирующие группы грибов: сапротрофы, мутуалисты и грибы-патогены или паразиты (Clocchiatti et al., 2020). Сапротрофные грибы широко распространены в почвах естественных и близких к естественным экосистем, тогда как в агроценозах и урбоценозах обилие сапротрофов снижается (Clocchiatti et al., 2020). Разнообразие грибов, особенно сапротрофов, является важным условием для выполнения ими полного спектра функций и поддержания устойчивого функционирования почв. Поэтому структурные показатели грибных сообществ относят к ключевым индикаторам экологического качества почв (Марфенина, 2005; Korneykova and Lebedeva, 2018; Терехова и др., 2021).

Формирование микробного сообщества происходит под действием естественных физико-химических свойств почвы и антропогенных факторов. Загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) стало одной из важных антропогенных угроз для протекающих в почве биологических

процессов. В ответ на воздействие ТМ грибные сообщества способны применять одну или несколько адаптационных стратегий (Марфенина, 2005; Korneykova and Lebedeva, 2018). Морфологические и физиологические стратегии адаптации включают: внеклеточную секвестрацию и седиментацию металлов; подавление поступления и усиление оттока ионов металлов; продукцию внутри- и внеклеточных ферментов; связывание металлов с клеточными стенками грибов; внутриклеточную секвестрацию и комплексообразование. В структуре грибных сообществ появляются виды грибов, толерантные к ТМ. В загрязненной почве изменяется структура грибных комплексов, а именно увеличивается обилие и частота встречаемости условно-патогенных грибов (оппортунистов) (Korneykova and Lebedeva, 2018).

Из естественных факторов на формирование грибного сообщества оказывает значительный эффект состав и содержание органического вещества (ОВ) почв (Martínez-García et al., 2018). В условиях большего содержания ОВ увеличивается численность сапротрофных грибов, что, соответственно, приводит к изменению соотношения грибы:бактерии (Martínez-García et al., 2018). Высокая биомасса сапротрофных грибов увеличивает содержание углерода и азота в почве существенно по сравнению с бактериями (Martínez-García et al., 2018).

Таким образом, почвы являются сложной гетерогенной биокостной системой, поддержание долгосрочного устойчивого функционирования которой представляет собой комплексную задачу. Целью работы являлось изучение структуры грибных сообществ в загрязненных ТМ почвах с разным содержанием органического углерода (гумуса).

Работа проводилась на образцах почв двух типов: чернозем и агрозем (содержание органического углерода $5,5 \pm 0,02\%$ и $1,5 \pm 0,02\%$, соответственно). Предварительно высушенные измельченные образцы почвы выравняли по влажности (60%) и выдерживали при комнатной температуре в течение 5 дней для достижения равновесия. Затем в образцы почвы вносили сухую смесь солей ТМ (по 5 ОДК солей Zn, Cu и Pb). На 20-ый день эксперимента контрольные и загрязненные ТМ части почв еще раз делили на две части, в одну из которых вносили органические добавки: 5 % биочар в сухой форме, 0.25 % раствор лигногумата и их смесь. Таким образом, для каждого типа почвы сформировано по 8 экспериментальных вариантов: 4 контрольных и 4 с внесением смеси ТМ. Экспозиция длилась 90 дней при температуре 22-25°C. Инокуляцию грибов из каждого варианта опыта проводили на три питательные среды в повторности для каждой по 3-5 чашки Петри.

За время экспозиции сообщества почвенных микромицетов претерпели трансформацию. Исходный образец агрозема характеризовался большим видовым богатством, чем контрольный образец чернозема. Полиметаллическое загрязнение оказывало стрессовое воздействие, приводя к увеличению количества видов в образцах чернозема и уменьшению количества видов в образцах агрозема. Более ранние работы (Терехова и др., 2021) показали, что в целом воздействие ТМ на структуру микробных сообществ в большей степени проявляется в слабогумусированной почве. Это совпадает с выводами многих опубликованных работ, в которых отмечается большая устойчивость к химическому загрязнению сильногумусированных почв.

В общем, в образцах чернозема и агрозема присутствовали представители родов *Trichoderma*, *Geomyces*, *Acremonium*, *Talaromyces*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Clonostachys* и других. За время экспозиции с ТМ происходили изменения присутствия этих групп микромицетов. В загрязненных образцах наиболее распространенными видами являлись *Penicillium simplicissimum*, *Talaromyces funiculosus*, *T. pinophilus*, *T. minioluteus*, а также *Purpureocillium lilacinum* (таблица 1). Таким образом, появление и развитие некоторых видов мицелиальных грибов могут служить индикаторами неблагополучия почв, например *Purp. lilacinum*, *Clonostachys rosea* и *T. funiculosus*. Штаммы грибов, выделенные из загрязненной почвы, потенциально обладают большей патогенностью, чем штаммы, выделенные из чистой почвы (Korneykova and Lebedeva, 2018).

Как отмечалось выше, в загрязнённых средах увеличивает свое обилие и разнообразие группа грибов-оппортунистов, которая характеризуется, в том числе, клеточным меланизмом (Марфенина, 2005; Korneykova and Lebedeva, 2018). Среди подобных условно патогенных грибов, для которых характерен меланогенез, встречается много представителей родов *Aspergillus*,

Cladosporium, *Lecanicillium*, *Phoma*, а также *Mucor*. Кроме того, среди грибов-оппортунистов много пигментообразующих видов из родов *Penicillium* и *Talaromyces*. Согласно Тереховой и др. (2021), внесение ТМ привело к существенно большему росту доли темноокрашенных микромицетов в слабогумусированной агродерново-подзолистой почве, что можно расценивать как защитную реакцию обедненной гумусом почвы. В текущей работе внесение ремедиантов вызвало сдвиг структуры микосообщества: зарегистрировано увеличение обилия грибов целлюлозолитической группы (*Isaria*, *Trichoderma* и других), и напротив, снизилось обилие темнопигментированных и фитопатогенных грибов (*Fusarium*, *Acremonium*, *Paecilomyces*) и видов рода *Aspergillus*, нетипичных для кислых почв.

Таблица

Доминирующие виды микромицетов в незагрязненных (контрольных) и загрязненных ТМ почвах

Чернозем	
без ТМ	с ТМ
<i>Penicillium corylophilum</i> <i>Talaromyces minioluteus</i>	<i>P. simplicissimum</i> <i>T. funiculosus</i> <i>P. diversum</i> <i>Purpureocillium lilacinum</i>
Агрозем	
<i>T. pinophilus</i> <i>P. simplicissimum</i> <i>Purp. lilacinum</i> <i>Clonostachys rosea</i>	<i>T. funiculosus</i> , <i>T. pinophilus</i> , <i>T. minioluteus</i> <i>Purp. lilacinum</i> <i>C. rosea</i>

Несмотря на высокую степень изменчивости, микологические показатели могут быть информативными при определенных видах антропогенных воздействий. При анализируемом воздействии (загрязнение ТМ) к таковым можно отнести показатели видового разнообразия, долю устойчивых к разным воздействиям меланинсодержащих видов, долю фитопатогенных и потенциально патогенных для человека видов. Разнообразие грибов, в первую очередь, сапротрофных, является необходимым условием для поддержания устойчивого функционирования почв, так как в значительной степени определяет активность биогеохимических циклов, процесс круговорота ОВ и, в итоге, плодородие и здоровье почвы.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова "Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды".

ЛИТЕРАТУРА

- Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 195 с.
- Терехова В.А., Федосеева Е.В., Бельфег Ю.В., Кирюшина А.П., Рычагова А.Г., Верховцева Н.В. Структура микробных комплексов при моделировании полиметаллического загрязнения и ремедиации агродерново-подзолистых почв // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2021. № 1. С. 38-45.
- Clocchiatti A., Hannula S.E., van den Berg M., Korthals G., de Boer W. The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of shortterm stimulation by organic amendments // Applied Soil Ecology. 2020. No 147. 103434.
- Korneykova M.V., Lebedeva E.V. Opportunistic fungi in the polluted soils of Kola Peninsula // Geography, Environment, Sustainability. 2018. Vol. 11, No 2, P. 125-137
- Martínez-García L.B., Korthals G., Brussaard L., Jørgensen H.B., De Deyn G.B. Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2018. No 263. P. 7–17.

УДК 595.121:577.15

Активность протеолитических ферментов в кишечнике леща *Abramis brama* при паразитировании в нем цестод *Caryophyllaeus laticeps* (Cestoda, Caryophyllidea)

Фролова Т.В.¹, Соловьев М.М.^{2,3}, Извекова Г.И.¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок,
bianka28061981@gmail.com, izvekova@ibiw.ru

²Институт Систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, yarmak85@mail.ru

³Томский государственный университет, Томск

Аннотация. Исследована активность протеолитических ферментов вдоль кишечника леща, зараженного цестодами *Caryophyllaeus laticeps* и способность этих червей ингибировать активность протеиназ. Протеолитическая активность слизистой кишечника представлена в основном сериновыми протеиназами. Установлено незначительное увеличение общей протеолитической активности, а также активности трипсина и химотрипсина от переднего к заднему отделу кишечника леща. Показано, что как среда инкубации, так и экстракт цестод *C. laticeps* достоверно снижают протеолитическую активность слизистой оболочки кишечника леща и коммерческого препарата трипсина. Влияние этих препаратов на исследуемую активность сопоставимо с аналогичным действием ингибитора сериновых протеиназ PMSF. Установлено наличие трех общих полос на фореграммах среды инкубации и экстракта цестод *C. laticeps*, указывающих на наличие белков, возможно, ответственных за ингибирующую способность цестод.

Activity of proteolytic enzymes in the intestine of bream *Abramis brama* infected with cestodes *Caryophyllaeus laticeps* (Cestoda, Caryophyllidea)

Frolova T.V.¹, Solovyev M.M.^{2,3}, Izvekova G.I.¹

¹Papanin Institute for Biology of Inland Waters, RAS, Borok, izvekova@ibiw.ru

²Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS, yarmak85@mail.ru

³Tomsk State University, Tomsk

Abstract. The study describes the activity distribution of proteolytic enzymes along the gut of the bream infected with intestinal cestodes *Caryophyllaeus laticeps* and characterizes the capacity of these worms to inhibit proteinase activity. Mucosal proteolytic activity was mainly presented by serine proteinases. The research revealed an upward trend in total proteolytic activity from the anterior to posterior part of the gut accompanied with changes in proportions of various proteinase subclasses along the intestine. The trypsin and chymotrypsin activities changed in the same direction. Both the incubation medium of the worms and their extract had a significant inhibitory effect on mucosal proteolytic activity and commercial trypsin samples. In both instances, the effect size was comparable with that of a synthetic serine protease inhibitor, PMSF. SDS-PAGE electrophoregrams of the incubation medium of *C. laticeps* and its extract revealed three common protein bands.

В условиях Рыбинского водохранилища лещ имеет важное промысловое значение. *Caryophyllaeus laticeps* – типичный представитель группы монозоичных ленточных червей, заканчивающий свое развитие в кишечнике карповых рыб. Основной окончательный хозяин этого вида червей – лещ. Цель работы – определить активность протеолитических ферментов вдоль кишечника леща, выявить возможное влияние на эту активность обитающих в нем цестод *C. laticeps*, их способность ингибировать протеиназы хозяина и некоторые характеристики возможных ингибиторов. Для исследований отобрано 15 лещей, зараженных цестодами *C. laticeps*, стандартная длина тела которых составила 34.4 ± 0.8 см. Интенсивность инвазии леща цестодами колебалась от 46 до 150 экз. Извлеченных из кишечника червей 3 раза тщательно промывали в 10 мл раствора Рингера с целью удаления ферментов хозяина. Червей разделили на пять групп массой 0.91–1.73 г каждая и инкубировали в 5 мл раствора Рингера в течение 24 часов при 10°C. В течение всего времени инкубации черви оставались живыми. После инкубации червей гомогенизировали и гомогенат разводили раствором Рингера в соотношении масса – объем 1:9. Суммарную активность протеиназ в гомогенате слизистой кишечника леща и активность коммерческого препарата трипсина определяли с использованием в качестве субстрата 0.3%-ного раствора азо-казеина в трис-буфере, pH 7.5 (Alarcón et

al., 2002). Активность трипсина в гомогенате слизистой оболочки кишечника определяли с использованием синтетического субстрата BAPNA (Holm et al., 1988), химотрипсина – синтетического субстрата BTEE (Worthington, 1991). Анализ белкового состава среды инкубации и экстракта *C. laticeps* проводили с помощью денатурирующего электрофореза в полиакриламидном геле (12.5%) в присутствии 10% раствора додецил-сульфата натрия (SDS) в восстановливающих условиях (Laemmli, 1970).

Определение протеолитической активности в различных отделах кишечника леща показало незначительное ее повышение от переднего отдела к заднему. При этом содержание белка в слизистой оболочке кишечника в среднем отделе достоверно ниже, чем в переднем и заднем. В тоже время показано изменение соотношения различных подклассов протеиназ вдоль кишечника леща. От 55 до 73% в зависимости от отдела кишечника протеолитическая активность представлена активностью сериновых протеиназ. В среднем отделе в отличие от переднего и заднего не отмечено активности цистеиновых протеиназ и несколько снижается активность металлопротеиназ. Установлено незначительное увеличение активности трипсина и химотрипсина от переднего к заднему отделу кишечника леща. В среднем отделе кишечника обнаружены черви *C. laticeps*. Наиболее существенные изменения отмечены в этом отделе кишечника. Возможно, снижение активности трипсина и более значительные изменения спектра протеиназ (отсутствие активности цистеиновых протеиназ и снижение активности металлопротеиназ) в среднем отделе кишечника связано с тем, что в нем обитают цестоды *C. laticeps*. Исследована способность этих червей противостоять действию протеолитических ферментов хозяина с помощью ингибиторов протеиназ. Для этой цели использовали среду инкубации и экстракт цестод. Ингибиторы протеиназ – важный природный инструмент регуляции протеолитической активности, предотвращающий нежелательный гидролиз белков. Для выживания в организме хозяина паразитическим червям необходимо наличие специфических ингибиторов протеиназ, которые способны эффективно инактивировать протеиназы хозяина в их среде обитания. Установлено, что как при использовании в качестве ингибитора среды инкубации, так и экстракта цестод протеолитическая активность слизистой оболочки кишечника леща достоверно снижается ($p < 0.05$). При этом влияние обоих источников сопоставимо с влиянием на активность протеиназ слизистой оболочки синтетического ингибитора – PMSF. Была проверена способность среды инкубации и экстракта *C. laticeps* ингибировать активность коммерческого трипсина в сравнении с аналогичным действием PMSF. Установлено достоверное снижение активности трипсина обоими используемыми препаратами. Полученные нами данные свидетельствуют о способности исследованных цестод ингибировать активность протеиназ. Судя по тому, что среда инкубации ингибирует как протеолитическую активность слизистой оболочки кишечника, так и активность коммерческого препарата трипсина, сильнее, чем экстракт червя, ингибитор скорее выделяется в среду, чем ассоциируется с поверхностью гельминтов. Анализ белкового состава среды инкубации и экстракта цестоды *C. laticeps* в ПААГ выявил соответственно 17 и 28 белковых полос на фореграммах исследованных препаратов. Согласно вычисленным ориентировочным молекулярным массам этих белков, общими можно считать 3 полосы: с массой 47 кДа, 40 кДа и 19 кДа. Возможно, именно эти полосы ответственны за способность цестод ингибировать протеиназы хозяина.

ЛИТЕРАТУРА

Alarcón F.J., Martínez T. F., Barranco P. et al. Digestive proteases during development of larvae of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Curculionidae) // Insect Biochem. Mol. Biol. 2002. V. 32. P. 265–274.

Holm H., Hanssen L.E., Krogdahl A., Florholmen J., High and low inhibitor soybean meals affect human duodenal proteinase activity differently: in vivo comparison with bovine serum albumin // J. Nutr. 1988. 118, 515–520.

Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage // Nature. 1970. Vol. 4(227), N 5259. P. 680–685.

Worthington Biochemical Corporation, 1991. Worthington Enzyme Manual: Enzymes, Enzyme Reagents. Freehold, N.J.

УДК 593.161.13

Зараженность голяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из Забайкалья паразитами крови

Хамнуева Т.Р., Балданова Д.Р.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия khamnu@mail.ru

Аннотация. Проведено исследование мазков крови голяна из Забайкалья. Обнаружены жгутиконосцы рода *Trypanosoma*. Экстенсивность инвазии рыб в ручье Шара-Горхон составила 10 %, в р. Баян-Гол 15, 4 %.

Invasion of minnow from Transbaikalia by blood parasites

Khamnueva T.R., Baldanova D.R.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, khamnu@mail.ru

Abstract. A study of blood smears of minnow from Transbaikalia was carried out. Flagellates of the genus *Trypanosoma* were found. The extensity of fish invasion in the Shara-Gorkhon brook was 10%, Bayan-Gol - 15.4%.

Обыкновенный голян *Phoxinus phoxinus* (L.) широко распространен в водоемах Европы и Азии, отмечен практически во всех притоках и озерах бассейна оз. Байкал. В настоящее время имеется много работ по исследованию паразитов голяна из разных водоемов (Голикова, 2005, Доровских, Степанов 2010, 2012, 2014, Герман, Пронин, 2010, Доровских, Степанов, Чугунова, 2016 и др.).

Паразитофауна обыкновенного голяна из бассейна озера Байкал насчитывает 25 видов паразитов из 8 классов (Русинек, 2007), среди них нет паразитов крови.

Нами были исследованы голяны из ручья Шара-Горхон 10 экз. и из реки Баян-Гол 13 экз. из Еравнинского района Республики Бурятия. Сухие мазки периферической крови были зафиксированы 96% этиловым спиртом и окрашены по методу Романовского-Гимза. Морфометрия выполнена на световом микроскопе Axio Imager с использованием программы AxioVision.

При исследовании мазков крови впервые у голяна из Забайкалья обнаружены жгутиконосцы рода *Trypanosoma*. Экстенсивность инвазии рыб в ручье Шара-Горхон составила 10 %, в р. Баянгол 15, 4 %.

Все найденные трипаносомы были классической (зрелой) формы и имели сходную морфологию. Тело тонкое, удлинненное, змеевидное с заостренным задним концом и хорошо развитой ундулирующей мембраной. Ширина овального ядра, лежащего в середине или в передней части тела, равна ширине тела. Свободная часть жгутика больше половины длины тела. Кинетопласт заметно крупнее, чем у других видов трипаносом и находится недалеко от заднего конца тела. Цитоплазма гомогенная мелкозернистая. Расстояние от кинетопласта до заднего конца тела варьирует от 0,5 до 1,5 мкм. Длина тела 41,84-47,91, его ширина 1,74-5,9, ширина ундулирующей мембраны 0,94-1,92, длина свободной части жгутика 5,38-26,37, Расстояние от ядра до кинетопласта 18,81-22,41, от ядра до переднего конца тела 15,54-19,91, длина ядра 2,76-4,92, ширина 1,4-5,32 мкм.

Определение видовой принадлежности обнаруженных паразитов возможно только после изучения их жизненного цикла и проведения молекулярно-генетического анализа.

Работа выполнена в рамках темы гос. задания (регистрационный номер 0271-2021-0002 (FWSM-2021-0002)).

ЛИТЕРАТУРА

Герман Ю.К., Пронин Н.М. Паразитофауна и особенности сообщества паразитов голяна обыкновенного *Phoxinus phoxinus* (LINNAEUS) рек Енисей и Кача // Паразитология. 2010. Т. 44. Вып. 1. С. 3-11.

Голикова Е.А. Экология паразитов голяна обыкновенного и их сообществ в условиях малых рек бассейна Вычегды // автореф. дисс. 2005. 22с.

Доровских Г.Н., Степанов В.Г. Паразитофауна и структура компонентных сообществ паразитов голяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из водоемов западных склонов приполярного Урала // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2014. № 3. С. 47-56.

Доровских Г.Н., Степанов В.Г., Чугунова Ю.К. Паразитофауна и структура компонентных сообществ паразитов голяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из реки Енисей // Ихтиопаразитология. 2016. № 6. С.8-28.

Русинек О.Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования) //М: Товарищество научных изданий КМК. 2017. 571с.

УДК 581.5

**Видовое разнообразие светлохвойных лесов в условиях воздействия
алюминиевых заводов в Иркутской области***Харпухаева Т.М.¹, Калугина О.В.², Афанасьева Л.В.¹, Оскорбина М.В.²*¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, afanl@mail.ru²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, olignat32@inbox.ru

Аннотация. Основная цель работы – оценить флористическое разнообразие в лесах, произрастающих в условиях воздействия аэропромвыбросов Братского (БрАЗ), Иркутского (ИркАЗ) и Тайшетского (ТаАЗ) алюминиевых заводов, а также на фоновых (незагрязненных) территориях, сходных с загрязненными по природным и лесорастительным условиям. Установлено, что по мере приближения к алюминиевым заводам – к ИркАЗу и, особенно БрАЗу, снижается проективное покрытие и высота травяного яруса, уменьшается общая численность видов, изменяется их видовой состав в сторону преобладания фотофильных видов.

Forest species diversity in the impact zones of aluminium smelter in Irkutsk region*Kharpukhaeva T.M.¹, Kalugina O.V.², Afanasyeva L.V.¹, Oskorbina M.V.²*¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, afanl@mail.ru²Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, olignat32@inbox.ru

Abstract. The aim of work was to assess the diversity in the forests polluted by the air emissions from the Bratsk, Irkutsk and Taishet aluminum smelters, as well as in the background (non-polluted) territories, similar to those by natural and forest-growing conditions. It's established that as we approach the aluminium plants – to the IRKAZ and especially BRAZ, the projective cover and the role of grass tier decreases, the total number of species decreases, and their species composition changes in the direction of the predominance of photophilic species.

На территории Байкальского региона воздействие техногенных эмиссий является одним из приоритетных негативных факторов, оказывающих влияние на состояние лесных экосистем. Здесь сосредоточены крупные промышленные центры теплоэнергетики, топливной, химической и нефтехимической промышленности, при этом ведущей отраслью экономики является металлургическая, в частности алюминиевая промышленность. В силу технологической специфики они поставляют в атмосферу значительное количество опасных веществ, таких как фторсодержащие соединения, диоксид серы, оксид углерода, аэрозоли тяжелых металлов, а также смолистые возгоны, содержащие полициклические ароматические углеводороды. В настоящее время в регионе действуют два мощных алюминиевых завода – Братский (БрАЗ) и Иркутский (ИркАЗ), выпускающие ежегодно около 1,5 млн т алюминия. При этом с выбросами БрАЗа в атмосферу поступает около 80 тыс. т загрязняющих веществ; ИркАЗа – 25,2 тыс. т (Государственный доклад ..., 2020). В 2020 г. введен в эксплуатацию еще один завод по производству алюминия – Тайшетский (ТаАЗ). Учитывая, что загрязнение атмосферного воздуха и почв приводит к трансформации растительного покрова, вплоть до полного уничтожения естественной растительности, целью данной работы было оценить изменения флористического состава лесных сообществ по мере удаления от заводов, отличающихся технологиями производства.

Район исследования расположен на Среднесибирском плоскогорье и включает в себя Ангаро-Ленское плато (с более мелкими геоморфологическими единицами) и Иркутскую равнину, расположенную в зоне Иркутско-Черемховского прогиба. В 2020 г. в период с 15 июля по 11 августа нами были обследованы светлохвойные леса на территориях, подвергающихся воздействию выбросов БрАЗа, ИркАЗа и ТаАЗа. На разном удалении от заводов произведена закладка пробных площадей (ПП) с учетом особенностей рельефа и локальной циркуляции воздушных масс. Обследование древостоев проводилось с использованием рекомендаций

международного руководства ICP Forests (Manual..., 2010). Геоботанические описания проводились по стандартным методикам.

Обследованные территории входят в зону темнохвойных и лиственничных таёжных лесов, которые в настоящее время заменены долгопроизводными сукцессионными рядами сосновых и лиственнично-сосновых лесов (окрестности ТаАЗ и БрАЗ), а также в зону подтаежных сосновых лесов (окрестности ИркаЗа). Основные типы почв – серая лесная и подзолистая. С 1955 по 1961 гг. площадь хвойных лесов Иркутской области уменьшилась на 10%, а лиственных увеличилась на то же значение (Атлас лесов ..., 1973). В настоящее время исходные темнохвойные леса на траптовых грядах (Пармузин, 1964) в районе исследования замещены преимущественно сосново-березовыми и сосново-осиновыми лесами. Всего в описаниях растительности выявлено 13 видов деревьев, 15 видов кустарников, 5 видов кустарничков, 154 вида травянистых растений, 26 видов напочвенных лишайников и 13 видов мхов. В составе древесного яруса на обследованной территории, как показал анализ геоботанических описаний, доминирует сосна (*Pinus sylvestris* L.).

На территории, подверженной воздействиям выбросов ТаАЗа растительные сообщества сильно нарушены в результате рубок, пожаров и рекреации. Количество видов в описаниях варьирует от 33 в северо-восточном до 38 в южном и юго-восточном направлениях. В составе древесного яруса доминируют сосна и береза, лиственница встречается редко. В подлеске и подросте преобладает сосна, хорошо возобновляется лиственница, ель, кедр, рябина. В примеси часто присутствуют береза, осина и пихта. Древостои, как правило, средневозрастные, многоярусные, средние по высоте. Травянистый ярус представлен разнотравьем, отличается высокой плотностью и сплошным задернением. В видовом составе встречаются как виды темнохвойной тайги, так и светлохвойной. Первые представлены семейством лютиковых (*Trollius asiaticus* L., *Atragene sibirica* L., *Anemonastrum crinitum* (Juz.) Holub, *Aconitum septetirionale* Koelle, *A. volubile* Pall. ex Koelle, и др.) и прочими (*Veratrum lobelianum* Bernh., *Linnaea borealis* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Moehringia lateriflora* (L.) Fenzl, *Trientalis europaea* L. и др). Вторые представлены видами: *Artemisia tanacetifolia* L., *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz., *Pyrola asarifolia* Michaux, *Rubus saxatilis* L., *Sanguisorba officinalis* L. Часто встречается орляк (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.), проективное покрытие которого может достигать до 90%. Кустарниковый и кустарничковый ярус развит плохо, маловидовой. В окрестностях завода (0,5 км от промзоны) зафиксировано наибольшее количество видов – 52 вида за счет заносных и луговых видов (*Lathyrus pratensis* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Plantago major* L., *Trifolium medium* L., *T. pratense* L., *T. repens* L., *Agrimonia pilosa* Ledeb. и др). Наименьшее количество видов (10 видов) обнаружено в лесопосадках и на территориях, пройденных ленточными рубками.

Основной перенос от БрАЗа приходится на северное и северо-восточное направления – в сторону г. Братск и Братского водохранилища. Именно в этих направлениях была заложена большая часть ПП. Установлено, что количественные и качественные показатели растительности в сообществах менялись в зависимости от расстояния от промзоны. Так, в 0,5 км на северо-восток от БрАЗа было выявлено 17 видов сосудистых растений, 2 вида мхов, 1 вид лишайников на почве. В первом и втором ярусах на большом удалении друг от друга встречаются отдельно стоящие деревья сосны и лиственницы. На ПП преобладают загущенный молодняк и пнёвая поросль лиственных пород (береза, осина, ива (*Salix bebbiana* Sarg.)), подрост хвойных (ель, лиственница) встречается единично в сильно угнетенном состоянии, присутствуют некрозы. Кустарники и кустарнички встречаются в единичных экземплярах, угнетенные, с малочисленными пораженными листьями. Мощный эпигейный моховой покров (проективное покрытие – 100%) представлен видом *Bryum argenteum* Hedw. с вкраплениями *Polytrichum commune* Hedw. Его развитие, вероятно, связано с сильным подкислением почв компонентами техногенных выбросов, которые выжгли травянистый ярус. Изредка встречаются первичные слоевища лишайника *Cladonia* sp., поверх мхов разрастаются маты цианобактерий. Внеярусные элементы, такие как валежник, поросли теми же видами мха – 100%. Среди них встречаются лишайники: *Cladonia* sp., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Ims-*

haugia aleurites (Ach.) S. L. F. Meyer, *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale с деформированными талломами без вегетативных органов размножения. На ПП, расположенной на удалении 2 км от завода, количество видов сосудистых растений возрастает до 38. Сообщество многоярусное, с развитым подлеском и кустарниковым ярусом. Первый древесный ярус представлен отдельными деревьями сосны, зато второй ярус имеет высокую сомкнутость. Вследствие заболачивания присутствует *Ledum palustre* L., рудеральные виды встречаются вдоль дорог (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Trifolium repens* L.). Прочие ПП, как и фоновые, схожи по видовому составу и структуре сообществ, из ряда выбиваются лишь 3-летняя гарь и лесопарк в границах г. Братск. В первом случае видовой состав обеднен (8 видов), а во втором видовой состав обогащен заносными и сорными видами (49 видов). На фоновых ПП флористический комплекс насчитывает от 22 до 30 видов.

В составе древесного яруса в зоне воздействия выбросов ИркАЗа преобладает сосна, в примеси часто встречается береза и осина. Древостои средневозрастные, многоярусные, средние по высоте. По мере приближения к ИркАЗу встречается обильный подрост мелколиственных видов – осины и березы высотой от 1 до 3,5 м, возобновление хвойных пород на удалении до 3 км от завода неудовлетворительное, по мере увеличения расстояния количество семян сосны увеличивается. В среднем, на исследованных ПП в описаниях приводится по 26 видов сосудистых растений, на фоновых – 19 видов, в окрестностях ИркАЗа (0,5 км) их количество выше – от 37 до 45 видов. Связано это с тем, что в окрестностях завода расположены папоротниковые и разнотравные сосновые леса с высоким проективным покрытием травянистого яруса и с присутствием луговых и таежных видов.

В целом, как показали результаты проведенных исследований, нарушение древесного полога в лесах при воздействии техногенных выбросов открывает возможность для замещения типичных лесных видов опушечными лесолуговыми видами, либо усилением ценотической роли травянистых видов, особенно злаков, таких как *Calamagrostis langsdorfii* (Link) Trin. Так, если на фоновых ПП в травяном покрове доминируют лесные виды, то на удалении до 10 км от ТаАЗа и БрАЗа они замещаются на лесолуговые, обладающие высокой конкурентной способностью, устойчивые к механическим повреждениям, толерантные к уплотнению почвы и ксерофитизации экотопов (*Agrostis* sp., *Bromopsis* sp., *Alopecurus pratensis* L.). Рудеральные виды занимают экологические ниши, освобожденные после исчезновения лесных видов растений, так как последние, как правило, не обладают высокой резистентностью к негативному воздействию открытой среды. В промышленной зоне заводов (0,5 км), вдоль дорог и на техногенных ландшафтах наблюдается обилие рудеральных видов, таких как: *Trifolium repens* L., *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Erodium cicutarium* (L.) L'Нйг., *Lappula* sp., *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* F. H. Wigg., *Artemisia vulgaris* L., *Sonchus arvensis* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus, *Urtica dioica* L., *Serratula centauroides* L., *Cirsium* sp., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Euphrasia* sp., *Chenopodium album* L., и др. Высокое проективное покрытие и сильное задернение (свыше 70%) можно трактовать как последствия нарушения древесного полога.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-44-380009.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас лесов СССР. М.: ГУГК, 1973.

Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Иркутской области в 2019 г». Иркутск, ООО «Мегапринт», 2020. 314 с.

Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessments, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest/ UNECE, ICP Forest programme Coordinating Centre, 2010. Hamburg <http://www.icp-forest.org/Manual.htm/>

Пармузин Ю. П. Средняя Сибирь. Очерк природы. М.: Изд-во «Мысль», 1964. 313 с.

УДК 595.762.12

Таксономическая, экологическая и ареалогическая структура фауны жуков жужелиц (Coleoptera, Carabidae) юга Восточной Сибири и Северной Монголии

Хобракова Л.Ц., Рудых С.Г.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, khobrakova77@mail.ru

Аннотация. Впервые приводится характеристика фауны жужелиц юга Восточной Сибири и Северной Монголии на основе литературных и собственных данных. Современная структура фауны жужелиц юга Восточной Сибири и Северной Монголии определяется экотонным эффектом географического положения региона на стыке сибирской тайги и монгольской степи. Таксономический состав её насчитывает 577 видов из 76 родов, что составляет 1% от общей фауны мира и 5% от фауны Палеарктики. Основу фауны жужелиц региона составляют 5 родов – *Amara*, *Bembidion*, *Pterostichus*, *Harpalus* и *Carabus*. В экологической структуре фауны жужелиц доминируют лесные, степные и лесостепные виды; преобладают хищники, обитающие в почве и подстилке залесённых территорий и растительноядные виды со смешанным питанием, характерные для открытых пространств. В ареалогической структуре фауны жужелиц преобладают виды с бореальным и суббореальным распространением, а также для неё характерен выраженный эндемизм, разнообразие и специфичность подродовой структуры присущие для горных территорий юга Восточной Сибири и Северной Монголии.

Taxonomic, ecological and geographical structure of the fauna ground beetles (Coleoptera, Carabidae) on south of Eastern Siberia and Northern Mongolia

Khobrakova L.Ts., Rudykh S.G.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, khobrakova77@mail.ru

Abstract. For the first time, a characteristic of the fauna of ground beetles in the south of Eastern Siberia and Northern Mongolia is given on the basis of literary and own data. The modern structure of the fauna of ground beetles in the south of Eastern Siberia and Northern Mongolia is determined by geographical location of the region at the junction of the Siberian taiga and the Mongolian steppe. Its taxonomic composition has 577 species from 76 genera, which is 1% of the total fauna of the world and 5% of the fauna of the Palearctic. The fauna ground beetles of the region are based on 5 genera - *Amara*, *Bembidion*, *Pterostichus*, *Harpalus* and *Carabus*. The ecological structure of the fauna of ground beetles is dominated by forest, steppe and forest-steppe species; predators dominate, living in the soil and soil underlying surface in the forest areas and herbivorous species with mixed nutrition, characteristic of open spaces. In the geographical structure of the fauna ground beetles, species with a boreal and subboreal distribution prevail, as well as it is characterized by pronounced endemism, diversity and specificity of the subgenus structure inherent in the mountainous territories of southern Eastern Siberia and Northern Mongolia.

Фауна жуков жужелиц юга Восточной Сибири и Северной Монголии характерна для переходной зоны Палеарктики, которая распространена на стыке взаимовлияний двух природных регионов — таёжной Сибири и безлесной аридной Центральной Азии. Изучено и проанализировано 450 литературных источников по фауне жужелиц региона. Просмотрены и изучены коллекции жужелиц ИОЭБ СО РАН (Улан-Удэ, РФ), ИГУ (Иркутск, РФ), МПГУ (Москва, РФ), ЗИН РАН (Санкт-Петербург, РФ), ИСиЭЖ СО РАН (Новосибирск, РФ), Венского музея естественной истории (Вена, Австрия), Биологического центра Верхнеавстрийского музея (Линц, Австрия), ИОЭБ Монгольской академии наук (Улан-Батор, Монголия).

Фауна жужелиц региона отличается высоким таксономическим разнообразием: 577 видов, 608 подвидов из 76 родов, что составляет 1% от общей фауны мира, 5% от фауны Палеарктики и 24% от фауны России (Lorenz, 2005; Bouchard et al., 2011; <http://insectoid.info>; Löbl, Löbl, 2017; Макаров и др. по <https://www.zin.ru>; Хобракова, Шиленков, Дудко, 2014).

Большинство родов жужелиц региона, как показали наши исследования, имеет преимущественно голарктическое распространение (71%), меньше палеарктическое (22%) и реже тропическое или всесветное (7%). Основу фауны жужелиц региона составляет 5 родов –

Amara, *Bembidion*, *Pterostichus*, *Harpalus* и *Carabus*, на которые приходится 320 видов или 55,3% видового обилия (ВО) всей фауны.

Также значение для характеристики фауны жуужелиц имеют 14 родов (162 вида): *Dyschirius*, *Agonum*, *Nebria*, *Cymindis*, *Dicheirotichus*, *Poecilus*, *Trechus*, *Notiophilus*, *Elaphrus*, *Cicindela*, *Cylindera*, *Pogonus*, *Chlaenius*, *Pseudotaphoxenus*. На остальные 57 родов приходится 95 видов (16% ВО), которые представлены по 1-4 видам. Подродовая структура большинства преобладающих родов жуужелиц отличается разнообразием и региональной специфичностью.

Фауна жуужелиц на юге Восточной Сибири и Северной Монголии характеризуется разнообразием высотно-поясных групп (7 групп). Это связано с тем, что широтная зональность в регионе резко нарушена горно-котловинным рельефом с хорошо прослеживающейся вертикальной поясностью. Спектр высотно-поясных групп показал, что фауна жуужелиц региона сформировалась в пределах трёх природных зон – тайги, лесостепи и степи. В карабидофауне доминируют лесные, степные, лесостепные и тундрово-таёжные виды, доля остальных групп незначительна.

В регионе преобладают лесные виды жуужелиц (224 вида, 38,8% ВО). Степные виды немного уступают лесным (127 видов, 22% ВО). Лесостепные виды занимают третье место по численности (103 вида, 17,9% ВО). Тундрово-таёжные виды характерны для высокогорного и таёжного пояса гор (65 видов, 11,3% ВО). Альпийские виды характерны для горных систем региона (28 видов, 4,9% ВО). Пустынно-степные виды малочисленны в регионе (27 видов, 4,7% ВО). Полизональные виды, характерные более чем для двух высотных поясов (3 вида, 0,5%).

В фауне жуужелиц региона нами выявлено 19 вариантов жизненных форм. Соотношение зоофагов и миксофитофагов представлено 405 видами (70,2%) (71%) и 172 видами (29,8%). Среди зоофагов доминируют стратобионты-скважники поверхностно-подстилочные (134 вида, 23,2%) и стратобионты зарывающиеся подстилично-почвенные (62 вида, 10,8%), а среди миксофитофагов – геохортобионты гарпалоидные, характерные для открытых безлесных пространств (151 вид, 26,2%).

Фауна жуужелиц региона исследования гетерогенна, в её ареалогической структуре отмечается разнообразие групп по сочетанию широтной и долготной составляющей (20 групп), что связано с его расположением на границе нескольких природных зон – тайги, лесостепи и степи. По широтной составляющей ареалов доминируют бореальные, суббореальные гумидные и суббореальные субаридные виды. Остальные группы имеют незначительную долю.

Бореальные виды обильно представлены в регионе (179 видов, 31% ВО). Они тракуются широко и включают аркто-бореальные виды, распространенные на севере до тундровой зоны, и борео-монтанные, встречающиеся на юге в горных регионах далеко за пределами таёжной зоны (*Nebria*, *Notiophilus*, *Diacheila*, *Blethisa*, *Elaphrus*, *Loricera*, *Dyschiriodes*, *Miscodera*, *Patrobus*, *Pterostichus*, *Agonum*, *Platynus*, *Amara*, *Dicheirotichus*, *Harpalus*). Среди бореальных видов доминируют трансголарктические, восточнопалеарктические и транспалеарктические виды. Самая малочисленная группа представлена восточнопалеарктическо-неарктическими или азиатско-американскими видами.

Суббореальные гумидные виды также многочисленны (156 видов, 27% ВО). Северная граница суббореальных гумидных видов проходит в лесостепи или в южной части таёжной зоны. В Южной Сибири они часто распространены только в узкой лесостепной зоне, а на западе и востоке их ареал расширяется и охватывает зоны мелколиственных и широколиственных лесов. Особенно они многочисленны в Прибайкалье. Большинство видов жуужелиц относится к восточнопалеарктической группе.

Суббореальные субаридные виды в регионе занимают третью позицию (144 вида, 24,9% ВО). Они распространены, преимущественно, в степной и полупустынных зонах, некоторые охватывают и лесостепную зону. Доминируют центральнопалеарктические виды из родов *Harpalus*, *Amara*, *Bembidion*, а также *Cymindis*, *Pogonus*. Остальные группы немногочисленны. К субаридной группе также относятся небольшие или даже монотипические роды, кото-

рые и не вносят большой вклад в видовое разнообразие, но «усиливают» своеобразие аридных регионов, например, представители родов *Reflexisphodrus*, *Neophygas*, *Microderes*, *Masoreus*, *Corsyra*, *Lionedya*.

Полизоная группа широко распространена в бореальном и суббореальном поясах (42 вида, 7,3% ВО). Среди них многочисленны транспалеарктические виды (21) с очень широким диапазоном толерантности к климатическим условиям.

Мультирегиональная группа включает только *Perigona nigriceps* (0,2% ВО), его распространение выходит далеко за пределы Голарктики – в Индо-Малайскую (= Ориентальную) и Афротропическую (= Эфиопскую) области.

Горные эндемики выделены в отдельную группу, их распространение почти не зависит от широтных и долготных климатических градиентов. Для региона характерно присутствие большого количества горных эндемиков (50 видов, 8,7% ВО), указывающих на автохтонный характер формирования фауны. Это относительно немного по сравнению с Алтаем и Кузнецким Алатау, где доля эндемичных видов составляет 15% ВО (Дудко, Любечанский, 2002; Дудко, Маталин, Федоренко, 2010). В основном, горные эндемики представлены видами и подвидами из родов *Nebria*, *Carabus*, *Trechus*, *Bembidion*, *Pterostichus* и др. Степных эндемиков немного, в основном, они распространены в северной части Гоби – из родов *Cicindela*, *Calosoma*, *Pogonus*, *Pseudotaphoxenus*, *Cymindis* (5 видов, 2% ВО).

В целом, как показывают результаты наших исследований, фауна жуков юга Восточной Сибири и Северной Монголии характерна для экотонной зоны между тайгой и степью. Эти особенности отражаются в структуре карабидофауны. Более половины видового обилия фауны жуков региона приходится на рода *Amara*, *Bembidion*, *Pterostichus*, *Harpalus* и *Carabus*. В фауне жуков доминируют лесные, степные и лесостепные виды. Среди жизненных форм жуков преобладают хищники, обитающие в почве и подстилке залесённых территорий и растительноядные виды со смешанным питанием, характерные для открытых пространств. В фауне жуков преобладают виды с бореальным и суббореальным распространением, а также для неё характерен выраженный эндемизм, разнообразие и специфичность подродовой структуры присущий для горных территорий юга Восточной Сибири и Северной Монголии.

Выполнение работ частично профинансировано в рамках государственного задания ИОЭБ СО РАН, проект 0271-2021-0001.

ЛИТЕРАТУРА

Bouchard P., Bousquet Y., Davies A.E., Alonso-Zarazaga M.A., Lawrence J.F., Lyal Ch.H.C., Newton A.F., Reid Ch.A.M., Schmitt M., Slipinski S.A., Smith A.B.T.. Family-group names in Coleoptera (Insecta) // ZooKeys. 2011. Vol. 88. P. 1-972. <http://insectoid.info/insecta/coleoptera/carabidae/>

Löbl I., Löbl D. (eds.). Catalogue of palaeartic Coleoptera. Archostemata–Mухophaga–Adephaga. Revised and updated edition. Brill, Leiden, Boston. 2017. 1. 1443 pp.

Lorenz W. Systematic List of Extant Ground Beetles of the World (Coleoptera «Geadephaga»: Trachypachidae and Carabidae, inc. Paussinae, Cicindelinae, Rhysodinae). Tutzing, Germany. 2005. Second edition. 530 pp.

Дудко Р.Ю., Любечанский И.И. Фауна и зоогеографическая характеристика жуков (Coleoptera, Carabidae) Новосибирской области // Евразийский энтомологический журнал. – 2002. – Т. 1. – № 1. – С. 30–45.

Дудко Р.Ю., Маталин А.В., Федоренко Д.Н. Фауна жуков (Coleoptera, Carabidae) Юго-Восточного Алтая // Зоол. журн. 2010. Т. 89. № 11. С. 1312–1330.

Макаров К.В., Крыжановский О.Л., Белоусов И.А., Замотайлов А.С., Кабак И.И., Катаев Б.М., Шиленков В.Г., Маталин А.В., Федоренко Д.Н. Систематический список жуков (Carabidae) России. <http://www.zin.ru> 2003-2020.

Хобракова Л.Ц., Шиленков В.Г., Дудко Р.Ю. Жуки-жуки (Coleoptera, Carabidae) Бурятии. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2014. 380 с.

УДК 581.526.33

Растительность болот на севере Сахалина в связи с мерзлотными процессами*Царенко Н.А.¹, Скирина И.Ф.², Скирин Ф.В.²*¹ Ботанический сад-институт ДВО РАН, ул. Маковского, 142, г. Владивосток, 690024, Россия.

E-mail: ntsarenko@mail.ru

² Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио, 7, г. Владивосток, 690041, Россия.

E-mail: sskirin@yandex.ru.

Аннотация. Приведена характеристика болотной растительности косы Чайво на севере Сахалина. Многолетние наблюдения показали, что на глубине 45-70 см залегает льдистая мерзлота, приводящая к образованию однолетних и многолетних миграционных бугров пучения. Приведено краткое описание изменения растительности на буграх, выявлено избирательное отношение лишайников при заселении этих бугров.

Vegetation of swamps in the north of Sakhalin due to freezing processes*Tsarenko N.A.¹, Skirina I.F.², Skirin F.V.²*¹ Botanical Garden-Institute Far East Branch of Russian Academy of Science Makovskii str. 142,

Vladivostok, 69002, Russia. E-mail: ntsarenko@mail.ru

² Pacific institute of geography Far East Branch of Russian Academy of Science, Radio str., 7,

Vladivostok, 690041, Russia. E-mail: sskirin@yandex.ru.

Abstract. The characteristics of the bog vegetation of the Chayvo Spit in the north of Sakhalin are given. Long-term observations have shown that icy permafrost lies at a depth of 45-70 cm, leading to the formation of annual and perennial migratory pingo of heaving and changes in vegetation on them.

Доля заболоченных земель на Сахалине составляет 16,5% от всей площади территории, из них на олиготрофные болота приходится 86,8% (Вомперский и др., 2005). Особый интерес вызывают болота с образованием миграционных бугров пучения. Несмотря на то, что Сахалин расположен южнее границы вечной мерзлоты, она встречается здесь отдельными пятнами. В середине прошлого века исследование структуры растительного покрова болот с буграми пучения было проведено в общих чертах Н.В. Властовой (1960) и отмечено влияние мерзлотных процессов в торфяниках Сахалина на смену растительности болот. Данная проблема не потеряла актуальности и в настоящее время в связи с изменением климатических условий, напрямую влияющих на формирование таких бугров, что может сказаться и на изменении растительности болот, многие из которых на севере Сахалина используются в качестве пастбищ для оленей (Древилло, 2013).

Наши исследования были направлены на изучение современного состояния растительного покрова болот с мерзлотными процессами на примере косы Чайво, расположенной на северо-востоке Сахалина. Коса разграничивает залив Чайво со стороны открытой части Охотского моря и входит в состав Северо-Сахалинской низменности, ее ширина, в среднем, составляет 2,68 км и представляет собой низкую песчаную морскую террасу с преобладающей высотой 2-4 м. Поверхность косы образована системой многочисленных древних береговых валов и разделяющих их межваловых понижений, которые заболочены и часто заняты мелкими пресными озерами или узкими протоками, вытекающими из озер. Возникновение в современном виде косы связывают с повышением уровня океана в среднем голоцене около 3200 лет назад. Формирование узкой прибрежной полосы шириной до 1 км произошло 500-1000 лет назад (Бровко и др., 2014).

Флористические исследования на косе Чайво проводились в июле-августе 2006, 2015, 2020 гг. и выполнялись маршрутным методом (Толмачев, 1974), а исследования почв – в эти

же месяцы 2008-2012 гг. Идентификация собранного биологического материала осуществлялась по стандартным методикам.

По итогам выполненных работ на косе Чайво выявлено 54 вида моховидных, 70 видов лишайников, 99 видов сосудистых растений. Обследованная территория входит в состав Циркумбореальной флористической области, что подтверждается видовым разнообразием семейств *Cyperaceae*, *Ericaceae*. Растительный покров косы представлен двумя основными растительными формациями: разреженными лиственничниками с кедровым стлаником на береговых валах и кустарничково-осоково-сфагновыми болотами в межваловых понижениях. Имеется ряд крупных и мелких устоявшихся озёр. Непосредственно у края воды произрастают *Carex caespitosa*, образуя крупные кочки, *Comarum palustre*, *Carex cryptocarpa* и другие.

Органогенные горизонты почв в межваловых понижениях сложены торфом, зольность которого в среднем составляет 3,9-4%, что позволяет отнести рассматриваемые болота к олиготрофному типу. Почвы с низкой степенью разложения подповерхностных горизонтов, сильнокислые по pH водному, очень высококислые по гидролитической кислотности, с очень низкой насыщенностью поглощающего комплекса кальцием и преимущественно низкой насыщенностью магнием, средние по содержанию азота, бедные по содержанию фосфора, очень бедные по содержанию калия. Гранулометрический состав минеральных горизонтов, вскрытых на глубине около 1 м, – легкосуглинистый опесчаненный: содержание физического песка (79,2%) почти в четыре раза превышает содержание физической глины (20,8%), а среди отдельных фракций заметно преобладает (44,8%) мелкий песок с размером зерен 0,05-0,25 мм. На глубине 45-60 см в августе месяце в годы исследований фиксировалась льдистая мерзлота, вследствие чего сформировались миграционные бугры пучения разных размеров (от 40-60 см до 2-3-х м в длину и 25-60 см высоты), от округлых до вытянутых по форме.

На береговых валах, примыкающих к межваловым понижениям, и крупных буграх пучения из кустарников встречаются *Pinus pumila* и *Duschekia fruticosa*. Наблюдения показали, что поверхность крупных бугров пучения занята такими видами кустарничков, как *Rubus chamaemorus*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis-idaea* и *Ledum palustre*, при этом высота последнего достигает 30-40 см. По мере продвижения вглубь болота бугры пучения многочисленны, но значительная их часть небольших размеров (40-45 см в диаметре). Растительный покров большинства таких бугров не отличается от такового между ними, что указывает на их сезонность. Сфагновые мхи образуют сплошной покров, в котором обычны такие виды, как *Sphagnum girgensohnii*, *S. rubellum*, *S. magellanicum* и ряд других. Среди травянистых растений доминируют *Carex rariflora* и *C. rotundata*. Кустарнички все низкорослые, включая *Ledum palustre*, высота которого как на буграх, так и между ними, не превышает 10-15 см.

Процесс возникновения и деградации бугров сопровождается постепенным изменением растительного покрова, поскольку при их повышении над поверхностью болота происходит осушка сначала верхушек, а затем и склонов. Сфагновые мхи постепенно замещаются лишайниками. На маленьких буграх лишайники еще либо отсутствуют, либо видовое разнообразие их очень низкое – 1-3 вида (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *Cetraria laevigata*), имеющих широкую экологическую амплитуду к факторам среды обитания. Чем выше бугор, тем больше разнообразие лишайников. Так, часть бугров как вблизи береговых валов, так и на удалении от них, почти полностью занята эпигейными кустистыми лишайниками, среди которых доминируют виды рода *Cladonia*: *C. arbuscula*, *C. ciliata*, *C. tenuiformis*, *C. rangiferina*. Крайне редко на буграх встречаются голые пятна незадернованные растительностью, частично эти участки заняты лишайниками с бокальчатыми подециями (*Cladonia chlorophaea*, *C. coccifera*, *C. cryptochlorophaea*, *C. pleurota*). Активное участие в формировании лишайникового покрова бугров принимают и представители семейства *Parmeliaceae*: *Cetraria laevigata*, *Gowardia nigrescens*, *Bryocaulon divergens*, *Flavocetraria cucullata*, *F. nivalis*. Значительно реже и ближе к более сухим участкам береговых валов из семейства *Parmeliaceae* встречается *Alectoria ochroleuca*. Из семейства *Sphaerophoraceae* часто встречается *Sphaerophorus fra-*

gilis. Занимая в первую очередь верхушки бугров, лишайники постепенно разрастаются и на их склонах, занимая практически весь бугор. Этот факт свидетельствует о том, что бугры вполне сформировались и сохраняются в течение нескольких лет. В ходе исследований была также отмечена неоднородность видового состава лишайников на буграх. На одних буграх преобладает *Flavocetraria cucullata* с вкраплениями *Cetraria laevigata*, *Cladonia rangiferina*, *Sphaerophorus fragilis*, на других доминируют *Gowardia nigrescens*, *Bryocaulon divergens*. Было отмечено, что часто на одной стороне бугра произрастают, например *Flavocetraria cucullata*, *Cetraria laevigata*, *Cladonia amaurocraea*, а на другой – только *Cetraria laevigata*. При этом строгой приуроченности лишайников к сторонам света на буграх не отмечено. В понижениях между буграми встречаются *Flavocetraria cucullata*, *F. nivalis*, *Cetraria laevigata*, *Gowardia nigrescens*, *Cladonia rangiferina*, *C. maxima*, *Sphaerophorus fragilis*. На крупных буграх, особенно вблизи береговых валов, наблюдается постепенное вытеснение лишайников кустарничками и кустарниками.

В результате многолетних наблюдений было отмечено увеличение размеров некоторых бугров на болотах косы Чайво, на которых хорошо прослеживается процесс замещения, в первую очередь, мхов лишайниками, а они в свою очередь постепенно начинают замещаться травами и кустарничками. Особенно активно эти процессы протекают на буграх, расположенных вблизи береговых валов, но и на отдельных буграх, далеко расположенных от береговых валов. По мере удаления от периферии болотного массива, бугры многочисленные, но мелкие, растительный покров на них либо совсем не отличается от такового между ними, либо в его составе появились лишайники. Было отмечено увеличение доли лишайников в составе растительности некоторых мелких бугров.

Таким образом, современное состояние растительного покрова болот на косе Чайво указывает на то, что в результате промерзания торфяников сформировались как многолетние, так и многочисленные однолетние (сезонные) бугры пучения. За время наблюдений отмечено увеличение доли многолетних бугров, покрытых лишайниками.

Необходимость изучения в будущем изменений болотной растительности в местах распространения криогенных процессов на севере Сахалина обусловлена еще и изменением климатических условий в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- Бровко П.Ф., Малюгин А.В., Микишин Ю.А. Типы клифов и абразия берегов северного Сахалина // Вестник Сахалинского музея. 2014. № 1 (21). С. 247-257.
- Властова Н. В. 1960. Торфяные болота Сахалина. М.-Л.: Изд-во академии наук СССР. 167 с.
- Вомперский С.Э., Сирин А.А., Цыганова О.П., Валяева Н. А., Майков Д. Р. Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия // Известия РАН. Серия географическая. 2005. № 5. С. 39-50.
- Древилло М.С. Мерзлотные процессы на северном Сахалине // Вестник государственной полярной академии. 2013. № 2 (17). С. 82-87.
- Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во ЛГУ. 1974. 244 с.

УДК 502.51:574.5: 556.114

Экологическое состояние озера Арей в условиях природно-антропогенного воздействия

Цыбекмитова Г.Ц.¹, Морозова М.О.²

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, gazhit@bk.ru¹,
marina_matveeva_94@inbox.ru²

Аннотация. Экосистема озера Арей испытывает определенную антропогенную нагрузку. Данное влияние связано со стихийной рекреацией и поступлением сточных вод с баз отдыха, расположенных в водосборном бассейне озера. В соотношении пигментов планктона высока доля каротиноидов. О неустойчивом состоянии экосистемы указывают также высокие показатели пигментного индекса. По показаниям первичной продукции органического вещества в 2019-2020 гг. оз. Арей относится α -мезотрофному типу водоемов. Биогенные элементы и органическое вещество подвержены сезонным колебаниям.

The ecological state of the Lake Arey in conditions of natural and anthropogenic impact

Tsybekmitova G.Ts.¹, Morozova M.O.²

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the SB RAS,
Chita, gazhit@bk.ru¹, marina_matveeva_94@inbox.ru²

Abstract. The ecosystem of the Lake Arey is experiencing a certain anthropogenic load. This influence is associated with spontaneous recreation and the flow of wastewater from recreation centers located in the drainage basin of the lake. The proportion of plankton pigments contains a high proportion of carotenoids. The unstable state of the ecosystem is also indicated by the high values of the pigment index. According to indications of primary production of organic matter in 2019-2020 Lake Arey belongs to the α -mesotrophic type of water bodies. Nutrients and organic matter are subject to seasonal fluctuations.

Одной из важнейших задач гидробиологии считается оценка состояния и прогнозирование изменений водных экосистем под влиянием внешних и внутренних факторов (Алимов и др., 2013). Озеро Арей является центральным объектом одноименного природного парка регионального значения. Площадь озера – 4,6 км², глубина – 13,5 м, уровень водного зеркала – 996,2 м, расположено в координатах: 50°59'23" с.ш. 111°14'42" в.д. Озеро используется в рекреационных целях (организованный и стихийный отдых, любительская ловля рыбы, заготовка грязи для бальнеологических целей) не только местными жителями, но и отдыхающими из других регионов.

Анализ материалов экспедиционных исследований оз. Арей в 2019-2020 гг. показали, что биогенные элементы и органическое вещество в течение года подвержены сезонным колебаниям. При этом содержание нитритов изменяется от 0,001 до 0,019 мг/л, нитратов – до 0,040 мг/л, ионов аммония – от 0,005 до 0,038 мг/л, фосфатов – от 0,002 до 0,016 мг/л, общего фосфора – от 0,06 до 0,18 мг/л, перманганатная окисляемость – от 1,46 до 24,84 мгО/л, бихроматная окисляемость – от 3,36 до 37,08 мгО/л. Трофический статус озера Арей по содержанию органического вещества меняется от олиготрофного (весна и осень) к эвтрофному состоянию (лето и зима).

В соотношении планктонных пигментов преобладают каротиноиды (51,5-86,3 %). Доля хлорофилла *a* незначительна (9,7-13,6 %). В июле-сентябре увеличивается содержание хлорофилла *b* – выше 30 %. При неблагоприятных условиях для фитопланктона в первую очередь разрушается хлорофилл *a*, что сопровождается накоплением более устойчивых к разрушению каротиноидов. Увеличение доли каротиноидов указывает, что экосистема оз. Арей испытывает определенную антропогенную нагрузку (рекреационную, поступление сточных вод, заготовка грязи и т.п.), хотя в более загрязненных водоемах повышается содержание фе-

офитина (Минеева, 2004). В оз. Арей концентрации феофитина – отрицательные. В то же время получены высокие показатели пигментного индекса (от $2,3 \pm 0,12$ до $3,6 \pm 0,17$), показывающие о неустойчивости экосистемы озера и превалировании гетеротрофного над автотрофным метаболизмом в сообществе фотосинтетиков.

Наибольшая первичная продукция планктона (ПП) наблюдается в июле и в сентябре месяцах, когда наиболее прогреваемый поверхностный горизонт воды обладает высокой ПП. По мере углубления в водную толщу в условиях уменьшения проникновения солнечного света (прозрачность соответствовала 1,9 м) происходит уменьшение ПП, вплоть до 18 раз в придонном слое по сравнению с поверхностным горизонтом в июле и не выявлена ПП в сентябре. Прекращение продукции органического веществ фитопланктоном в придонных слоях в марте и в сентябре связано с конкурентной взаимосвязью по использованию питательных веществ организмами фитобентоса и фитоперифитона и деструкцией органического вещества микробным сообществом (Stevenson and Smol, 2003).

С учетом классификации озер по первичной продукции (Абдурахманов и др., 2007), установлено, что в 2019-2020 гг. оз. Арей относится α -мезотрофному типу водоемов. При возможном увеличении существующего антропогенного пресса и с наступлением многоводных лет, может увеличиться трофический статус озера.

Работа выполнена в рамках Проекта FUFР-2021-0006 «Геоэкология водных экосистем Забайкалья в условиях современного климата и техногенеза, основные подходы к рациональному использованию вод и их биологических ресурсов».

ЛИТЕРАТУРА

Абдурахманов Г.М., Иванов В.П., Сокольская Е.А., Панков А.Г., Винникова В.Н., Сокольский А.Ф. Первичная продукция фитопланктона и трофический статус Северного Каспия // Юг России: экология, развитие. 2007. № 4. С. 54-59.

Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология. СПб: Наука, 2013. 339 с.

Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ. М.: Наука, 2004. 156 с.

Stevenson R. J., Smol J. P. Use of algae in environmental assessments // Freshwater Algae of North America, Ecol. and Classification / Wehr J. D., Sheath R. G. (eds.). San Diego: Academic Press, 2003. P. 775–804.

УДК 631.47

Классификационное положение залежных почв центральной части Верхнего куйтуна Баргузинской котловины*Цыремпилов Э.Г., Насатыева Ц.Н.*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
e-mail: enhetsyrempilov@mail.ru

Аннотация. В Баргузинской котловине в условиях сухой степи на плосковершинных песчаных возвышенностях Верхний куйтун располагаются основные площади залежных земель, которые были выведены из сельскохозяйственного оборота около 30 лет назад. Залежные почвы отнесены к почвам отдела агроземы и представлены агроземами аккумулятивно-карбонатными и агроземами. Содержание гумуса в изученных почвах варьирует в пределах от 0,45 до 1,77%, с глубиной их содержание резко убывает до 0,10%. Почвы отдела агроземы характеризуются нейтральной и щелочной реакцией среды (рН 7,35-8,72) в агрогумусовых горизонтах, максимальное значение (рН 9,52) отмечается в почвообразующей породе.

Classification position of deposit soils of the central part of the Upper Kuytun of the Barguzinsky basin*Tsyrempilov E.G., Nasatueva Ts.N.*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
e-mail: enhetsyrempilov@mail.ru

Abstract. In the Barguzinsky basin in the conditions of a dry steppe on the flat-top sandy elevations of the Upper Kuitun there are the main areas of fallow land that were withdrawn from agricultural circulation about 30 years ago. Deposit soils are assigned to the soils of the agrozema department and are represented by accumulative-carbonate and agrozems. The content of humus in the studied soils varies from 0.45 to 1.77%, with a depth of their content sharply decreases to 0.10%. The soils of the agrozema department are characterized by a neutral and alkaline reaction of the medium (pH 7.35-8.72) in the agro-humus horizons, the maximum value (pH 9.52) is noted in the soil-forming rock.

Основные площади степных почв Баргузинской котловины формируются на плосковершинных песчаных возвышенностях, которые делятся на три основных массива: Лесной куйтун, Верхний куйтун и Нижний куйтун. Большая часть почвенного покрова Верхнего и Нижнего куйтуна были распаханы во время поднятия целины в шестидесятых годах прошлого столетия. И лишь малая доля по ее окраинам осталась не затронутой сельскохозяйственной деятельностью. После распада СССР и перестройки аграрного сектора России большая часть распаханых земель Баргузинской котловины были переведены в залежь, в том числе и земли Верхнего и Нижнего куйтуна. Одними из факторов перевода земель куйтунов в залежь явились низкое плодородие почв, весенне-раннелетние засухи, активное проявление ветровой эрозии. Исследования проводились на модельном полигоне, которая была заложена на плосковершинной песчаной возвышенности «Верхний куйтун». Объектами исследования явились залежные почвы, которые были выведены из сельскохозяйственного оборота около 30 лет назад. На модельном полигоне преобладает грядово-бугристая форма рельефа. Климат региона резко континентальный, характеризуется отрицательной среднегодовой температурой $-2,56^{\circ}\text{C}$ и низким атмосферным увлажнением 355 мм. Почвообразующей породой изученных почв являются песчаные отложения. Фоновая степная растительность целинных земель представлена ковыльно-твердоватоосоковыми сообществами. Основная площадь почвенного покрова изученной территории представлена почвами отдела агроземов, и лишь малая ее часть почвами отделов палево-метаморфических, светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных, органо-аккумулятивных и слаборазвитых почв. Отдел палево-метаморфических почв представлен криоаридным типом, генетическое строение которого имеет формулу АК-ВРЛ-ВСА-Сса. Содержание гумуса в изученной почве достигает 1,95%, с

глубиной постепенно снижается до 0,22% в песчаной почвообразующей породе. Реакция среды щелочная (рН 7,9-9,0), максимальное ее значение отмечается в аккумулятивно-карбонатном горизонте.

Почвы отдела агроземов представлены агроземами аккумулятивно-карбонатными с формулой профиля Р-ВСА-Сса и агроземами – Р-Сса. Содержание гумуса в агрогумусовых горизонтах варьирует от 0,45 до 1,77%, с глубиной их содержание резко убывает до 0,10%. Реакция среды изученных почв характеризуется от нейтральной до щелочной (рН 7,35-8,72) в агрогумусовых горизонтах, максимальное значение (рН 9,52) отмечается в почвообразующей породе. Участки развеваемых песков проявляются в местах активного проявления эоловых процессов. На данных участках формируются почвы слабо развитого отдела. Морфологическое строение данных почв представлено гумусово-слабо развитым горизонтом W с резким переходом в слоистую почвообразующую породу Сса. Содержание гумуса в гумусово-слабо развитом горизонте данных почв очень низкое – 0,35%, содержание карбонатов достигает до 2,44%. Реакция среды характеризуется щелочной. Также на изученных почвах полигона наблюдаются сильные дефляционные процессы в виде песчаных наносов и выдувания верхнего гумусового горизонта. Залежные почвы по сравнению с целинными вариантами очень сильно обеднены наиболее ценными фракциями физической глины. На подтиповом уровне возможно выделение процессов стратификации и абразии. Таким образом, проведенные исследования показали, что залежные почвы Верхнего куйтуна представлены почвами отдела агроземов (агроземи аккумулятивно-карбонатные, агроземи), целинные варианты степных почв – криоаридным типом. В местах проявления активной ветровой деятельности формируются почвы начальной стадии почвообразования (псаммоземы гумусовые).

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта № 121030100228-4

ЛИТЕРАТУРА

- Волковинцер В. И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Наука, 1978. 207 с.
- Иванов А. Д. Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. Изд-во БКНИИ СО АН СССР. Улан-Удэ, 1966. 232 с.
- Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Убугунов В. Л., Убугунова В. И., Цыремпилов Э. Г. Почвы и формы рельефа Баргузинской котловины. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. 212 с.

УДК 597.2/5

Характеристика нерестового стада байкальского омуля (*Coregonus migratorius*) реки Баргузин

Цырендылыкова М.Ц.^{1,2}, Коновалова В.В.^{1,2}

¹Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («БайкалНИРО»), Улан-Удэ, mgomboeva@yandex.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения, Улан-Удэ, konovalo-vv@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты мониторинга за состоянием нерестовой популяции байкальского омуля реки Баргузин. Данные характеризуют размерно-возрастной состав и плодовитость байкальского омуля р. Баргузин в 2019 году.

Biological characteristics of the spawning stock of the Baikal omul (*Coregonus migratorius*) of the Barguzin River

Tsyrendylykova M.Ts.^{1,2}, Konovalova V.V.^{1,2}

¹Baikal Branch of “VNIRO” (“BaikalNIRO”), Ulan-Ude, mgomboeva@yandex.ru,

¹FSBIS Institute of General and experimental biology SB RAS, Ulan-Ude, konovalo-vv@mail.ru

Abstract. The results of monitoring the state of the spawning population of the Baikal omul of the Barguzin River are presented. The data characterize the size-age composition and fertility of the Baikal omul r. Barguzin in 2019.

Байкальский омуль - *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) относится к полупроходным сиговым рыбам. Он нагуливается в озере Байкал, на нерест идет в его притоки. Основными нерестовыми реками байкальского омуля являются Селенга, Верхняя Ангара, Кичера, Баргузин. Река Баргузин представляет ценность как один из центров воспроизводства байкальского омуля. Баргузинское нерестовое стадо омуля представляет собой сложно структурированную популяционную систему, сформированную представителями всех трех морфогрупп байкальского омуля (Майстренко, 1980; Шулев, 1980).

Для рационального использования запасов омуля необходимы учет численности и биологическая оценка нерестовых стад в наиболее важных аспектах, таких как расовый, размерный и возрастной составы. Особое значение эти вопросы приобрели в период запрета промышленного лова омуля в оз. Байкал.

Цель данной работы – изучение биологии и структуры стада омуля воспроизводящейся в бассейне реки Баргузин.

Материал и методы исследования. Мониторинговые наблюдения и сбор материала для оценки численности, возрастной структуры, интенсивности хода нерестового стада байкальского омуля в р. Баргузин проводились на контрольной тони в районе с. Зорино, расположенном в 25 км от устья реки. Учет численности нерестового омуля производился сплавными сетями с ячейей 30-36 мм, длиной 60 м и высотой 3м. Для определения площади поперечного сечения реки выполнялись промеры глубин и ежедневные замеры уровня воды. Ежедневно проводились контрольные сплавы, их количество определялось интенсивностью хода рыбы, но с обязательным соблюдением периодичности ловов и их регулярности. Биологический анализ рыб и определение индивидуальной абсолютной плодовитости проводились по общепринятым методикам (Правдин, 1966; Чугунова, 1959). При проведении биологического анализа рыб проводилось измерение, взвешивание, определялся пол и стадия зрелости, масса гонад. У всех рыб бралась чешуя для определения возраста.

Объем собранного ихтиологического материала осенью 2019 г. составил 667 экз. рыб. Для определения плодовитости взято 120 проб икры.

Результаты исследования и обсуждение. Нерестовая миграция байкальского омуля начинается в конце августа при температуре воды 19-20°C и продолжается, ослабевая, вплоть до ледостава. На протяжении всего периода учета нерестового омуля ход рыбы был слабым – до 2 тысяч производителей, пика миграции нерестового омуля в р. Баргузин не наблюдалось. Численность омуля, нерестящегося в р. Баргузин и его притоке р. Ине, в 2019 году ниже среднемноголетней (0,28 млн. экз.). В целом за весь нерестовый период предположительно в р. Баргузин зашло около 60 тысяч производителей байкальского омуля.

На нерест в р. Баргузин заходит смешанное в расовом отношении стадо омуля. По результатам наших исследований в 2019 г. выявлено следующее соотношение морфогрупп в нерестовом стаде: прибрежный омуль – 46,2%, пелагический – 35,1%, придонно-глубоководный – 18,7%. Несмотря на количественные изменения заходящего на нерест омуля, в анализируемый период неизменно доминирует байкальский омуль прибрежной морфогруппы.

Популяция байкальского омуля р. Баргузин, представлена рыбами промысловой длиной 25,2 - 44,5 см, массой тела 204 - 1047 г. Средняя промысловая длина омуля составила 33,5 см и вес 510,2 г. В нерестовом стаде присутствовали особи десяти возрастных групп от 4+ до 13+. Возрастной состав байкальского омуля показан в таблице 1.

Таблица 1

Возрастной состав нерестового омуля реки Баргузин в 2019 г., %

Пол	Возраст, лет										Средний процент	Средний возраст	N, экз.
	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+			
Омуль прибрежной МЭГ													
Самки	1,3	14,3	33,8	44,2	5,2			1,3			25,0	6,4	77
Самцы	4,3	18,6	30,7	30,3	10,4	3,9	1,3	0,4			75,0	6,4	231
Оба пола	3,6	17,5	31,5	33,8	9,1	2,9	1,0	0,6			100	6,4	308
Омуль пелагической МЭГ													
Самки			27,0	50,8	13,9	4,9	3,3				52,1	7,0	122
Самцы			25,0	58,9	13,4	2,7					47,9	6,9	112
Оба пола			26,1	54,7	13,7	3,8	1,7				100	7,0	234
Омуль придонно-глубоководной МЭГ													
Самки				4,3	7,1	18,6	31,4	30,0	7,1	1,4	56,0	10,0	70
Самцы				7,3	3,6	18,2	41,8	18,2	10,9		44,0	9,9	55
Оба пола				5,6	5,6	18,4	36,0	24,8	8,8	0,8	100	10,0	125

Примечание: МЭГ – морфо-экологическая группа

Размерный состав нерестового стада омуля прибрежной морфогруппы колеблется от 25,2 до 39 см, а масса от 204 до 940 г, возрастные группы от 4+ до 12+. Наибольшее значение в них имеют рыбы длиной 28 - 33 см (86,5%), массой 204 - 500 г (90,3%) и возрастными группами 6+ - 7+ (65,3%). Самцы представлены особями длиной от 25,2 до 39 см, массой от 204 до 860 г и возрастными группами 4+ - 11+. Самки несколько крупнее самцов и встречаются особи длиной от 27,7 до 38,9 см, массой от 245 до 940 г и возрастом от 4+ до 11+. Средняя длина самцов составляет 30,8 см, средняя масса - 374,5 г, средний возраст 6,4. Средние значения длины, массы и возраста самок - 31,4 см, 424,4 г и 6,4 соответственно (таблица 1 и 2).

Омуль пелагический морфо-экологической группы представлен особями промысловой длиной 31,2 - 44,5 см, массой от 330 до 1010 г и возрастными группами 6+ - 10+. Наиболее часто в уловах встречались рыбы длиной от 33 до 38 см (82,6 %), массой тела от 400 до 700 г (80,3%), возрастом 7+ (54,7%). Средние показатели длины омуля пелагической морфогруппы – 35,8 см, средняя масса – 595,3 г, средний возраст 7+. Самцы представлены рыбами длиной тела от 31,2 до 40,5 см, массой от 330 до 810 г, а самки длиной от 32 до 44,5 см, массой от 347 до 1010 г. Самки оказываются длиннее и по весу крупнее самцов: средняя длина самцов

Таблица 2

Биологические показатели байкальского омуля р. Баргузин осенью 2019 г.

МЭГ	омуль прибрежной МЭГ			омуль пелагической МЭГ			омуль придонно-глубоководной МЭГ		
	L, см	Q, г	N	L, см	Q, г	N	L, см	Q, г	N
Самки	<u>31,4±0,2</u>	<u>424,4±11,19</u>	77	<u>36,4±0,2</u>	<u>639,3±11,60</u>	12	<u>36,3±0,2</u>	<u>714,3±14,89</u>	70
	<u>1</u>	245,0 –		<u>2</u>	347,0 –	2	<u>3</u>	500,0 –	
	27,7 –	940,0		32,0 –	1010,0		32,8 –	1047,0	
	38,4			44,5			42,0		
Самцы	<u>30,7±0,1</u>	<u>374,5±6,80</u>	23	<u>35,1±0,1</u>	<u>547,0±8,68</u>	11	<u>35,0±0,2</u>	<u>589,6±12,41</u>	55
	<u>5</u>	204,0 –	1	<u>8</u>	330,0 –	2	<u>3</u>	452,0 –	
	25,2 –	860,0		31,2 –	810,0		32,2 –	865,0	
	39,0			40,5			40,7		
Оба пола	<u>30,9±0,1</u>	<u>386,0±5,94</u>	30	<u>35,8±0,1</u>	<u>595,3±7,94</u>	23	<u>35,7±0,1</u>	<u>660,1±11,47</u>	12
	<u>3</u>	204,0 –	8	<u>5</u>	330,0 –	4	<u>7</u>	452,0 –	5
	25,2 –	940,0		31,2 –	1010,0		32,2 –	1047,0	
	39,0			44,5			42,0		

Примечание: L – длина тела от начала рыла до конца чешуйного покрова, см; Q – масса рыбы, г; N – количество экземпляров. Над чертой приводится среднее значение, под чертой – колебания признака.

составляет 35,1 см, самок - 36,4 см, средняя масса самок – 639,3 г, самцов 547 г. Средние показатели возраста самок и самцов пелагического омуля представлены в таблице 1.

Придонно-глубоководный омуль состоит из особей промысловой длины 32,2 - 42 см, массой 452 - 1047 г, возрастными рядами 7+ - 13+. Превалировали особи размерами тела от 34 до 37 см (73,4%), массой тела от 500 до 800 г (58,3%) и возрастными группами 9+ - 11+ (79,2%). Самцы встречаются промысловой длиной тела от 32,2 до 40,7 см, массой от 452 до 865 г и возрастными группами 7+ - 12+. Средние показатели размера тела самцов придонно-глубоководного омуля 35 см, массы 589,6 и возраста 9,9. Самки представлены размерами тела от 32,8 до 42 см, массой от 500 до 1047 г и в возрасте от 7+ до 13+. Средняя длина самок 36,3 см, средний вес – 714,3 г и средний возраст -10+ (Таблицы 1 и 2).

Абсолютная индивидуальная плодовитость байкальского омуля связана с длиной и весом и варьирует от 5,4 до 27,2 тыс. икринок. Самую высокую среднюю индивидуальную плодовитость имели самки омуля придонно-глубоководной морфогруппы, составляя 20,7 тыс. икринок, у самок пелагической и прибрежной морфогрупп она равнялась 16,9 и 9,5 тыс. икринок соответственно.

В 2019 г. потенциальный фонд отложенной икры омуля составил 0,35 млрд. икринок. Возможный фонд икры, отложенной омулем на нерестилищах реки Баргузин у прибрежной морфоэкологической группы - 0,07 млрд. икринок, пелагической - 0,17 млрд. икринок, придонно - глубоководной 0,11 млрд. икринок.

Выводы. Нерестовое стадо омуля р. Баргузин состоит из омулей трех морфоэкологических групп: на долю прибрежного омуля приходится – 46,2%, пелагического – 35,1%, придонно-глубоководного – 18,7%.

Омуль р. Баргузин представлен особями размерами от 25,2 до 44,5 см. Масса особей колеблется в пределах от 204 до 1047 г. Возрастной состав стада представляли рыбы в возрасте 4+ - 13+.

Абсолютная индивидуальная плодовитость байкальского омуля варьирует от 5,4 до 27,2 тыс. икринок.

ЛИТЕРАТУРА

- Майстренко С.Г. Биология и численность нерестового омуля из р. Ины // Рыбы и рыбное хозяйство Восточной Сибири. Труды Востсибрыбниипроект. Улан-Удэ, 1980. Т.1. Вып.2. С. 117-125
- Шулев В.В. Биология и численность нерестового омуля из реки Баргузин // Рыбы и рыбное хозяйство Восточной Сибири. Труды Востсибрыбниипроект. Улан-Удэ, 1980. Т.1. Вып.2. С. 103-116
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: АН СССР, 1959. 164 с.

УДК 579(571.5)

Фототрофные сообщества пресных озер Прибайкалья

Цыренова Д.Д.¹, Зайцева С.В.¹, Дагурова О.П.¹, Дамбаев В.Б.¹,
Батурина О.А.², Бархутова Д.Д.¹

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, baldanovad@rambler.ru

²Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия,
baturina@niboch.nsc.ru

Аннотация. Были изучены пресные озера Дикое и Котокельское, расположенные в прибрежной полосе озера Байкал, в период цветения водоемов. По содержанию хлорофилла *a* озера соответствовали мезотрофному (оз. Котокельское) и эвтрофному (оз. Дикое) типам водоемов. По результатам молекулярно-биологических исследований доминирующими филумами являлись *Proteobacteria*, *Cyanobacteria*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. Микроскопирование микробных матов показало присутствие цианобактерий, зеленых и диатомовых водорослей. Среди цианобактерий доминировали *Microcystis aeruginosa* и *Leptolyngbya tenuis* - потенциально токсичные виды. Активное развитие цианобактерий в экосистемах озер обусловлено изменением гидрологических и физико-химических характеристик. Было выявлено, что экосистема оз. Дикое оказалась более подвержена сезонным колебаниям физико-химических параметров среды, чем экосистема оз. Котокельское, что, по-видимому, связано с мелководностью озера, меньшей площадью и отсутствием притоков.

The phototrophic communities of the fresh lakes in Baikal region

Tsyrenova D.D.¹, Zaitseva S.V.¹, Dagurova O.P.¹, Dambaev V.B.¹,
Baturina O.A.², Barkhutova D.D.¹

¹Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, 670031, Russia,
baldanovad@rambler.ru

²Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, 630090, Russia,
baturina@niboch.nsc.ru

Abstract. Freshwater lakes Dikoe and Kotokel'skoe, located in the coastal strip of Lake Baikal, were studied. Previously in lakes observed water bloom. According to the content of chlorophyll *a*, the lakes were assigned to the mesotrophic (Lake Kotokel'skoe) and eutrophic (Lake Dikoe) reservoir types. According to the results of molecular biological studies, the dominant phyla were *Proteobacteria*, *Cyanobacteria*, *Actinobacteria*, and *Bacteroidetes*. Microscopy of microbial mats showed the presence of cyanobacteria, green algae and diatoms. *Microcystis aeruginosa* and *Leptolyngbya tenuis* were dominant among cyanobacteria in the lakes, a potentially harmful species. According to the results of the canonical correspondence analysis, the physicochemical characteristics of the habitat had the greatest impact on the distribution of cyanobacteria of the lake Dikoe. Distribution of samples of Lake Kotokel'skoe was largely due to the microbial diversity of cyanobacterial community.

В последние десятилетия уделяется большое внимание антропогенному эвтрофированию поверхностных вод, следствием которого является изменение биоты и бурное развитие водорослей, приводящее к «цветению воды». Цианобактериальное цветение становится все более распространенным в пресноводных экосистемах в ответ на изменение климата (Woodhouse et al., 2018). Повышение температуры, изменение гидрологических параметров, обогащение питательными веществами приводят к существенному влиянию на разнообразие и активность микробных сообществ (Carey et al., 2011). Рост продуктивности приводит к накоплению органического вещества в водоеме, ухудшению качества воды и образованию токсинов, опасных для здоровья людей и животных.

Озера Дикое и Котокельское, расположенные в прибрежной зоне озера Байкал, ранее были одними из продуктивных водоемов Забайкалья и приоритетным местом отдыха местных жителей. В результате природных и антропогенных процессов в озерах усилились процессы эвтрофикации, в итоге водоемы потеряли рыбохозяйственное и рекреационное значение (Озеро Котокельское..., 2013).

Целью работы являлось комплексное изучение микробного разнообразия озер в условиях интенсивной эвтрофикации и выявление цианобактерий, являющихся потенциальными участниками процессов эвтрофикации и интоксикации водоемов.

Пресные озера Дикое и Котокельское были исследованы в период негативных изменений (2015-2017 гг.), связанных с интенсивным цветением водоемов. На этапе исследований озера характеризовались щелочными значениями pH воды. По содержанию хлорофилла *a* озера соответствовали мезотрофному (оз. Котокельское) и эвтрофному (оз. Дикое) типам водоемов. Основными доминирующими филумами в микробном сообществе воды исследованных озер являлись *Proteobacteria*, *Cyanobacteria*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*.

Фототрофы в микробном сообществе были представлены цианобактериями, диатомовыми и зелеными водорослями. Максимальное разнообразие цианобактерий в оз. Дикое отмечено в 2015 г. – 8 видов. Доминирующими видами являлись *Microcystis aeruginosa* и *Leptolyngbya tenuis*. Максимальное разнообразие в оз. Котокельское выявлено в 2016 г. - 9 видов цианобактерий, а также различные виды диатомей и зеленых водорослей. Доминантами являлись *Microcystis aeruginosa*, *M. pulverea* и *Cyanobacterium cedrorum*. *Microcystis aeruginosa* в процессе жизнедеятельности продуцирует токсин микроцистин, губительный для животных и опасный для человека (Codd et al., 1999; Колмаков, 2006; Belykh et al., 2011).

Активное развитие цианобактерий в экосистемах озер обусловлено влиянием гидрологических и физико-химических характеристик. Было выявлено, что экосистема оз. Дикое оказалась более подвержена сезонным колебаниям физико-химических параметров среды, чем экосистема оз. Котокельское, что, по-видимому, связано с мелководностью, меньшей площадью и отсутствием притоков.

ЛИТЕРАТУРА

- Колмаков В.И. Методы предотвращения массового развития цианобактерии *Microcystis aeruginosa* Kutz emend. Elenk. в водных системах // Микробиология. 2006. Том 75. №2. С. 149-153.
- Озеро Котокельское: природные условия, биота, экология. Отв. ред. Н.М. Пронин, Л.Л. Убугунов, Рос. академия наук, Сиб. отд-ние. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 340 с.
- Belykh O.I., Sorokovikova E.G., Fedorova G.A., Kaluzhnaya O.V., Korneva E.S., Sakirko M.V., Sherbakova T.A. Presence and genetic diversity of microcystin-producing cyanobacteria (*Anabaena* and *Microcystis*) in Lake Kotokel (Russia, Lake Baikal Region) // *Hydrobiologia*. 2011. V. 671. № 1. P. 241-252.
- Carey C.C., Ibelings B.W., Hoffmann E.P., Hamilton D.P. and Brookes J.D. Eco-physiological adaptations that favour freshwater cyanobacteria in a changing climate // *Water Res.* 2011. Vol. 46. P. 1394–1407. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.12.016>.
- Codd G.A., Bell S.G., Kaya K. et al. Cyanobacterial toxins, exposure routes and human health // *Europ. J. Phycol.* 1999. Vol. 34. P. 405–415.
- Woodhouse J.N., Ziegler J., Grossart H-P. and Neilan B.A. Cyanobacterial community composition and bacteria–bacteria interactions promote the stable occurrence of particle-associated bacteria // *Front. Microbiol.* 2018. Vol. 9 (777). P. 1-11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00777>.

УДК 631.481

Разнообразие мерзлотных почв Центральной Якутии

Чевычелов А.П., Алексеев А.А., Ермолаева С.В.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия, chev.soil@list.ru

Аннотация. В условиях различных высотных геоморфологических ярусов Центрально-Якутской равнины, криоаридного климата, пестрого растительного покрова, представляющего чередование таежно-лесных и лугово-степных фитоценозов, сплошного распространения многолетней мерзлоты, зональное почвообразование отличается максимальной дивергенцией и инверсией по факторам-почвообразователям. Частные почвообразовательные процессы, протекающие на фоне криогенеза, приводят к формированию максимально контрастного почвенного покрова и большому разнообразию мерзлотных почв, когда систематический список последних включает 19 типов зональных, азональных и интразональных почв.

The diversity of permafrost-affected soils of Central Yakutia

Chevychelov A.P., Alekseev A.A., Ermolaeva S.V.

Institute of Biological Problems of the Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia, chev.soil@list.ru

Abstract. In the conditions of different high-altitude geomorphological tiers of the Central Yakut plain, cryoarid climate, variegated vegetation cover, representing the alternation of taiga-forest and meadow-steppe phytocenoses, continuous permafrost distribution, zonal soil formation is characterized by maximum divergence and inversion in terms of soil formation factors. Particular soil-forming processes occurring against the background of cryogenesis lead to the formation of the most contrasting soil cover and a large variety of permafrost soils, when the systematic list of the latter includes 19 types of zonal, azonal and intrazonal soils.

В исследуемом регионе частные почвообразовательные процессы, протекающие на фоне криогенеза, приводят к формированию максимально контрастного почвенного покрова и большому разнообразию мерзлотных почв, когда систематический список последних включает 19 типов зональных, азональных и интразональных почв (табл. 1).

Таблица 1

Систематический список типов мерзлотных почв Центральной Якутии

Зональные почвы	Азональные почвы	Интразональные почвы
1. Подбуры	1. Дерново-карбонатные	1. Аллювиальные слоистые
2. Подзолы	2. Перегнойно-карбонатные	2. Аллювиальные серогумусовые
3. Солоди		3. Аллювиальные темногумусовые
4. Палево-бурые		4. Болотные низинные
5. Палевые		5. Сапропели
6. Черноземы		6. Солончаки
7. Лугово-черноземные		7. Солонцы
8. Черноземно-луговые		
9. Дерново-луговые		
10. Лугово-болотные		

Исследованные типы почв были в разное время описаны и изучены на территории Центральной Якутии (Зольников, 1954; Еловская и др., 1966; Еловская, 1987; Чевычелов и др., 2009; Скрыбыкина, 2017 и др.), а при анализе их географии и генезиса почти все исследователи указывали на специфичность их свойств и состава (табл. 2), которые обусловлены оригинальным сочетанием ландшафтно-климатических факторов почвообразования в условиях сплошного распространения многолетней мерзлоты.

Таблица 2

Физико-химические свойства основных типов мерзлотных почв Центральной Якутии

Гори- зонг	Глуби- на, см	pH _{H2O}	Гу- мус, %	Обменные катионы, (смоль)экв/кг почвы				Сумма частиц, %		CO ₂ карбо- натов, %
				Ca ⁺²	Mg ⁺	Na ⁺	H ⁺	<0,00 1 мм	<0,01 мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лесные почвы										
Подбур оподзоленный, разрез 4Т-05										
О	0-2	5,5	-	58,2	6,9	-	10,1	-	-	Н.о.
A1	2-8	5,9	10,5	10,7	1,7	-	2,5	5,1	10,3	-/-
A2B1	12-22	5,7	0,3	3,8	1,5	-	0,9	5,2	8,7	-/-
f	35-45	5,4	0,4	4,7	0,6	-	0,9	11,0	13,3	-/-
B2f	60-70	5,7	0,4	4,1	0,2	-	0,9	6,5	8,1	-/-
BCf	83-93	5,8	0,1	-	-	-	0,5	6,2	6,9	-/-
C										
Подзол иллювиально-гумусово-железистый, разрез 2БС-18										
О	0-4	5,7	88,7*	-	-	-	-	-	-	-
A0A1	4-12	5,1	46,4*	23,1	10,9	-	2,8	-	-	-
A2	12-18	4,7	3,4	3,8	1,2	-	2,6	4,8	12,5	-
Bf	20-30	5,6	0,8	2,2	1,7	-	0,2	3,2	5,3	-
Bf,h	38-48	6,0	1,6	8,7	1,7	-	0,7	5,7	19,3	-
BCf	48-58	6,3	0,3	3,5	1,6	-	0,2	4,0	7,7	-
Солодь, разрез 1БС-18										
О	0-4	5,6	86,3*	47,7	12,2	-	-	-	-	-
A1A2	4-8	4,9	33,2*	45,0	11,8	0,3	-	-	-	-
A2	14-24	5,2	4,7	15,3	7,2	0,2	-	11,5	35,6	Н.о.
B1ca,	28-38	8,5	4,4	19,3	6,4	0,7	-	25,7	47,9	5,1
s	44-54	8,9	2,9	13,3	7,1	0,6	-	14,7	34,3	4,4
B2ca	70-80	8,7	1,6	10,2	6,1	1,5	-	16,9	33,0	4,5
BCca	90-100	8,8	0,8	12,2	5,1	-	-	18,0	40,0	4,4
Cca										
Палево-бурая оподзоленная, разрез 3ЧТ-03										
A0A1	0-4	5,7	40,6*	36,2	14,3	2,5	Н.о.	-	-	-
A1A2	4-9	4,1	6,4	5,1	3,0	0,9	0,8	10,7	18,5	-
A2B	10-20	4,8	1,4	1,9	1,7	0,4	1,1	8,7	24,2	-
B	30-40	4,8	0,7	5,7	3,0	0,6	1,0	18,5	36,0	-
BC	60-70	5,0	0,1	2,1	1,5	0,3	0,1	4,6	17,6	-
C	120-130	6,4	-	-	-	-	-	3,3	5,0	-
Палевая серая, разрез 8БС-18										
A0A1	3-8	6,1	51,6*	52,4	22,4	-	-	-	-	Н.о.
A1	10-20	5,9	13,9	15,8	7,9	-	-	11,7	25,5	-/-
ABca	25-35	8,9	1,1	11,2	8,1	-	-	18,0	40,0	4,3
Bca	45-55	9,0	0,5	9,1	6,1	-	-	16,3	34,7	4,2
BC	75-85	8,6	0,3	11,4	8,1	-	-	13,3	26,4	-/-
C	100-110	9,2	0,2	4,0	1,7	-	-	3,3	6,4	-/-
Перегноино-карбонатная, разрез 5БС-18										
О	0-5	6,0	91,0*	68,2	39,6	-	-	-	-	Н.о.
A0A1	5-8	6,4	81,3*	60,0	34,1	-	-	-	-	-/-
A	10-20	8,0	6,9	15,7	13,6	1,1	-	8,5	20,7	-/-
ABca	26-36	8,6	6,5	12,3	11,3	1,0	-	10,5	22,4	2,3
Bca	50-60	9,1	0,9	9,1	3,0	0,7	-	12,8	24,6	5,3
BC	75-85	8,8	0,2	7,1	3,0	0,4	-	8,2	14,9	-/-
Cca	90-100	9,1	0,1	5,0	2,0	0,1	-	4,6	5,6	2,5

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лугово-степные почвы										
Чернозем, разрез 2ЧТ-03										
A	1-11	6,3	5,4	15,4	2,4	1,8	Н.о.	6,6	14,4	Н.о.
A	12-22	6,9	4,4	20,0	2,9	1,6	-/-	10,7	21,7	-/-
AB	25-35	7,5	2,9	18,0	5,3	3,0	-/-	10,3	29,5	-/-
Bca	40-50	7,8	1,4	18,7	11,1	2,3	-/-	11,5	28,2	3,2
BCca	60-70	8,2	0,6	8,3	6,3	0,7	-/-	6,6	14,4	2,7
C	90-100	7,5	0,1	3,3	2,6	0,3	-/-	3,3	4,5	-/-
Лугово-черноземная, разрез 10БС-18										
A	5-15	7,5	7,4	22,5	8,2	0,3	-	8,7	28,1	Н.о.
AB	17-27	8,7	5,2	12,3	10,3	0,2	-	21,9	44,8	-/-
Bca	35-45	9,1	1,5	11,7	8,1	0,1	-	20,5	41,0	5,6
BCca	70-80	9,7	0,6	7,1	6,0	0,1	-	10,7	22,9	3,2
C	92-102	9,4	0,4	6,0	5,0	0,1	-	10,4	21,5	-/-
Черноземно-луговая, разрез 3БС-18										
Av	0-3	8,0	29,0*	58,1	33,2	-	-	7,9	17,0	Н.о.
A	10-20	8,1	9,2	21,5	17,2	4,2	-	10,2	24,8	-/-
AB	40-50	8,5	3,7	9,5	10,5	2,3	-	13,7	29,1	-/-
BC	60-70	8,6	1,2	7,9	9,9	1,4	-	17,5	37,2	-/-
C	80-90	8,4	1,9	7,3	9,4	1,1	-	17,3	36,1	-/-
Дерново-луговая, разрез 1Д-03										
Av	0-4	6,2	13,7	29,3	20,2	1,1	-	6,2	17,6	Н.о.
ABca	4-13	6,7	6,1	46,9	22,4	1,2	-	12,3	29,9	1,6
B	20-30	7,8	2,8	27,6	22,8	1,0	-	13,6	25,4	0,7
BC	50-60	7,8	1,5	-	-	-	-	11,9	25,0	0,7
Солончак солонцеватый, разрез 7БС-18										
Aca,s	0-5	9,3	8,5	7,2	21,6	31,2	-	19,7	38,7	2,7
Aca,s	5-15	9,3	5,9	10,3	11,4	16,8	-	23,7	44,4	3,7
Bca	23-33	9,2	3,4	8,1	7,1	1,2	-	18,1	41,3	6,6
BCca	45-55	9,5	0,6	3,0	2,8	0,8	-	7,0	13,3	3,2
C	80-90	9,1	0,6	5,0	4,9	0,7	-	7,2	12,8	Н.о.

*Приведено значение потери при прокаливании. Н.о. – не обнаружено, прочерк – не определено.

Последнее подтверждается, прежде всего, составом почвенного покрова (ПП) изучаемого региона, где наряду с почвами элювиального ряда (подбурами оподзоленными, подзолами, солодами и палево-бурыми оподзоленными), развитыми под таежно-лесной растительностью, также выделяются почвы дернового типа почвообразования (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые и дерново-луговые), которые формируются под лугово-степной растительностью. Необходимо особо отметить, что в условиях криолитозоны Центральной Якутии с криоаридным климатом, даже при незначительном изменении влияния факторов-почвообразователей, происходит резкая смена направлений и темпов почвообразовательных процессов (дивергенция и инверсия), приводящая к максимальной контрастности состава ПП и генетическому разнообразию почв исследуемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

- Еловская Л.Г., Коноровский А.К., Саввинов Д.Д. Мерзлотные засоленные почвы Центральной Якутии. М.: Изд-во «Наука», 1966. 274 с.
- Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 172с.
- Зольников В.Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 55-221.
- Скрыбыкина В.П. Подзолы Центральной Якутии // Наука и образование. 2017. № 2. С. 83-90.
- Чевычелов А.П., Скрыбыкина В.П., Васильева Т.И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2009. № 6. С. 648-657.

УДК 631.481

Вариационно-статистические показатели свойств и состава мерзлотных лугово-черноземных почв Центральной Якутии*Чевычелов А.П., Захарова О.Г., Кузнецова Л.И.*

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия, chev.soil@list.ru

Аннотация. Изучены вариационно-статистические показатели (пределы изменения содержания, среднее значение и его ошибка, стандартное отклонение, коэффициент вариации) свойств и состава, а именно: рН_{H₂O}, содержания гумуса и общего азота, суммы обменных оснований и суммы солей, количества частиц ила (<0,001 мм) и глины (<0,01 мм) мерзлотных лугово-черноземных почв Центральной Якутии. Данные почвы формируются в условиях криоаридного климата, преобладают в структуре почвенного покрова лугово-степных ландшафтов и являются основой агро-реклимативного фонда земель в исследуемом регионе.

Variational and statistical indicators of properties and composition of permafrost meadow-chernozem soils of Central Yakutia*Chevychelov A.P., Zakharova O.G., Kuznetsova L.I.*

Institute of Biological Problems of the Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia, chev.soil@list.ru

Abstract. The variational and statistical indicators (limits of content change, mean value and its error, standard deviation, coefficient of variation) of properties and composition, namely: рН_{H₂O}, humus and total nitrogen content, the sum of exchange bases and the sum of salts, the number of silt particles (<0,001 mm) and clay (<0,01 mm) of permafrost meadow-chernozem soils of Central Yakutia, were studied. These soils are formed in a cryoarid climate, predominate in the structure of the soil cover of meadow-steppe landscapes and are the basis of the agro-reclamation fund of land in the studied region.

В почвенном покрове лугово-степных ландшафтов Центральной Якутии абсолютно преобладают мерзлотные лугово-черноземные почвы, формирующиеся под остепненными разнотравно-злаковыми лугами. Данные почвы также являются основой агро-реклимативного фонда земель в исследуемом регионе (Еловская, 1961, 1964). В связи с этим интересно было оценить статистические параметры распределения в этих почвах основных физико-химических показателей (табл. 1-7), полученных на основе изучения свойств и состава шести почвенных разрезов лугово-черноземных почв данной территории.

Из всех изучаемых показателей наименее вариабельным оказался рН водной вытяжки (табл. 1). Здесь отмечались наименьшие значения коэффициента вариации V, равные 3-9 %, причем в гор. Вса, ВС и С значения V составляли всего 3%. В целом исходя из средних значений рН, полученных для отдельных генетических горизонтов исследуемых лугово-черноземных почв, можно констатировать, что в гор. А и АВ реакция среды характеризуется как щелочная, а в гор. Вса, ВС и С – как сильнощелочная (Мякина, Аринушкина, 1979).

Содержание гумуса в изучаемых почвах в гор. А и АВ изменяется в пределах средней вариабельности, когда V составляет 26-28 % (< 30%), тогда как в нижележащих гор. Вса и ВС данных почв общее количество гумуса варьирует уже более существенно, а показатели коэффициента вариации достигают значений более 70 %. Исходя из известных градаций (Орлов и др., 1985) можно оценить среднее содержание гумуса в гор. А – как среднее, в гор. АВ – как низкое, в гор. Вса и ВС – как очень низкое, а профильное распределение – как резко убывающее (табл. 2).

Также преимущественно как низкое может быть оценено распределение общего N в данных почвах на основе его средних значений, при главном образом, высокой вариабельности изменения содержания данного показателя (табл. 3). При этом максимальные значения коэффициентов вариации, составляющие 67-83 %, соответственно отмечаются в гор. Вса и ВС

исследуемых лугово-черноземных почв. Внутривертикальное распределение общего N, также как и гумуса в данных почвах можно оценить как резкоубывающее.

Таблица 1

Статистические показатели* распределения рН_{н2о} в мерзлотных лугово-черноземных почвах

Горизонт	n	lim	x	S	Sx	V, %
A	6	7,4-9,0	8,1	0,6	0,2	7
AB	6	8,1-9,4	8,7	0,8	0,3	9
Bca	6	8,6-9,5	9,2	0,3	0,1	3
BC	5	8,9-9,7	9,2	0,3	0,1	3
C	7	8,5-9,5	9,2	0,3	0,1	3

*Здесь и далее: n – объем выборки, lim – пределы изменения содержания, x – среднее значение, S – стандартное отклонение, Sx – ошибка среднего, V – коэффициент вариации.

Таблица 2

Статистические показатели распределения гумуса в мерзлотных лугово-черноземных почвах

Горизонт	n	lim	x	S	Sx	V, %
A	6	2,6-9,5	4,3	2,7	1,1	26
AB	6	2,1-3,5	2,5	0,7	0,3	28
Bca	6	0,4-2,4	1,1	0,8	0,3	73
BC	5	0,3-1,6	0,7	0,5	0,2	71

Таблица 3

Статистические показатели распределения общего азота в мерзлотных лугово-черноземных почвах

Горизонт	n	lim	x	S	Sx	V, %
A	6	0,05-0,21	0,13	0,05	0,02	38
AB	6	0,02-0,14	0,06	0,05	0,02	83
Bca	5	0,02-0,06	0,03	0,02	0,01	67
BC	6	0,01-0,03	0,02	0,01	0,004	50

Таблица 4

Статистические показатели распределения суммы обменных оснований в мерзлотных лугово-черноземных почвах

Горизонт	n	lim	x	S	Sx	V, %
A	6	18,8-31,0	25,4	5,9	2,4	23
AB	6	15,7-23,1	18,8	3,4	1,4	18
Bca	6	7,3-19,2	12,4	3,9	1,4	31
BC	5	10,0-18,3	13,7	3,1	1,4	23
C	6	7,5-18,2	11,6	3,7	1,5	32

Таблица 5

Статистические показатели распределения суммы солей в мерзлотных лугово-черноземных почвах

Горизонт	n	lim	x	S	Sx	V, %
A	6	0,107-0,569	0,236	0,188	0,076	80
AB	6	0,123-0,529	0,347	0,138	0,056	40
Bca	6	0,175-0,610	0,321	0,156	0,064	49
BC	5	0,181-0,366	0,255	0,068	0,030	27
C	5	0,116-0,285	0,169	0,066	0,029	39

Таблица 6

Статистические показатели распределения ила (< 0,001 мм) в мерзлотных лугово-черноземных почвах

Горизонт	n	lim	x	S	Sx	V, %
A	6	7,6-32,2	13,3	9,4	3,8	29
AB	6	12,9-38,5	20,1	9,6	3,9	48
Bca	6	7,1-37,3	16,7	11,1	4,5	66

BC	5	7,3-38,6	15,7	13,0	5,8	37
C	7	5,3-26,1	10,2	7,2	2,7	71

Таблица 7

Статистические показатели распределения глины (< 0,01 мм) в мерзлотных лугово-черноземных почвах

Горизонт	n	lim	x	S	Sx	V, %
A	6	20,3-32,2	26,4	5,2	2,1	20
AB	6	28,6-44,8	35,4	5,6	2,3	16
Bca	6	13,1-41,0	28,9	10,7	4,4	37
BC	5	16,5-38,6	26,8	8,1	3,6	30
C	7	8,5-26,1	17,1	6,0	2,3	35

Средние значения суммы обменных оснований (S) в изучаемых мерзлотных лугово-черноземных почвах изменяются внутрипрофильно по основным генетическим горизонтам почв менее значительно, чем таковые гумуса и общего азота. Так, если среднее значение S в гор. C данных почв равно 11,6, а в гумусово-аккумулятивном гор. A – 25,4 смоль(экв)/кг почвы, то есть возрастает только в 2,2 раза, последнее указывает на то, что внутрипрофильное распределение S в данных почвах носит сверху–вниз постепенно-убывающий характер (табл. 4).

В связи с этим нужно отметить, что по такому же типу в изучаемых почвах отмечается внутрипрофильное распределение суммы солей (табл. 5), а также фракций ила и физической глины (табл. 6, 7). Так, среднее содержание солей в данных почвах изменяется минимально от 0,169 % в гор. C до максимального значения, равного 0,347 % в гор. AB. В связи с этим можно констатировать, что исследуемые мерзлотные лугово-черноземные почвы формируются в основном на незасоленных почвообразующих породах преимущественно супесчаного гранулометрического состава. Данные почвы также характеризуются в общем как слабо и средnezасоленные, легко- и среднесуглинистые и в целом отличаются невысокой вариабельностью внутрипрофильного изменения содержаний физической глины, когда значения коэффициента вариации данного показателя составляют 16-37 %.

ЛИТЕРАТУРА

- Еловская Л.Г. Почвы территории Чочур-Муранской опытно-биологической лаборатории // Научные сообщения. 1961. Вып. 5. Биология. С. 3-11.
- Еловская Л.Г. Почвы земледельческих районов Якутии и пути повышения их плодородия. Якутск: Якутск. книжн. изд-во, 1964. 76 с.
- Мякина Н.Б., Аринушкина Е.В. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 63 с.
- Орлов Д.С., Лозанская И.Н., Попов П.Д. Органическое вещество почв и органические удобрения. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 98 с.

УДК 504.05 631.42

Тяжелые металлы в почвах несанкционированных свалок г. Улан-Удэ*Чередова Т.В.¹, Чудинова О.Н.²*¹ Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, cheredova-tv@yandex.ru² Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, chudinova1980@inbox.ru.

Аннотация. В статье представлены результаты оценки химического состава почвы в районах несанкционированных свалок г. Улан-Удэ. Эксперимент проводился с образцами почвы с четырех свалок, основными критериями выбора которых являлись их месторасположение, ориентировочный состав и объем накопленных отходов, предположительный «возраст» свалки. В работе проведена количественная оценка содержания в почве никеля, марганца, меди, цинка, кадмия и свинца. Во всех исследуемых пробах почвы со свалок наблюдается превышение концентрации тяжелых металлов от 1,08 до 15,84 раз по сравнению с фоновыми пробами.

Heavy metals of soil in the areas of unauthorized landfills of Ulan-Ude*Cheredova T.V.¹, Chudinova O.N.²*¹ Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, cheredova-tv@yandex.ru² East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, chudinova1980@inbox.ru

Abstract. The article represents the results of evaluation the chemical compounds in areas of unauthorized landfills of Ulan-Ude. Experiments was made with soil samples from four landfills which were taken because of location, compounds and volume of waste and estimated age of the landfill. In article was made a quantitative assessment of the content in the soil of nickel, manganese, copper, zinc, cadmium and lead. All samples from landfills how exceeding heavy metals concentration from 1.08 to 15.84 times in contrast with background areas.

В процессе почвообразования на урбанизированных территориях антропогенный фактор становится в настоящее время во многом преобладающим над естественными факторами, способствуя формированию новых специфических типов почв и почвоподобных тел (Григорьева, 2015). Антропогенная нагрузка в условиях городской среды приводит к привнесению в почву несвойственных для нее компонентов, ключевое место в загрязнении занимают промышленные предприятия, степень воздействия которых зависит от специфики производств, а также промышленные и бытовые свалки, образующие локальные геохимические аномалии тяжелых металлов (Убугунов Л. Л., Убугунов В. Л. 2013.).

Целью проведенного исследования являлась оценка содержания тяжелых металлов в почвах в районе несанкционированных свалок г. Улан-Удэ.

Для проведения исследования была проведена инвентаризация свалок на территории города. Выявлено более 114 мест несанкционированного размещения коммунальных отходов общей площадью более 3,2 га. На основании проведенной инвентаризации в качестве модельных площадок для дальнейшего исследования было выбрано 4 несанкционированных свалки (рецепторные точки), размещенные в каждом административном районе г. Улан-Удэ:

Рецепторная точка № 1. Свалка п. Батарейка, Советский район г. Улан-Удэ. Площадь свалки 375 м². Особенностью свалки является ее возраст, который, по словам местных жителей, составляет около 20 лет. Свалка за это время не убиралась. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов около 90 м³. На свалке накоплены коммунальные отходы, отходы садоводческих хозяйств, частично не крупногабаритные строительные отходы (кирпич, шифер).

Рецепторная точка № 2. Свалка п. Кирзавод, Железнодорожный район г. Улан-Удэ. Площадь свалки 70 м². Особенностью свалки является ее близость к границе промплощадки ТЭЦ-1. Свалка расположена в санитарно-защитной зоне предприятия, образована вокруг

контейнерной площадки. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов около 21 м³. Компонентный состав накопленных отходов представлен в основном коммунальным мусором, источником которого является население, проживающее в соседнем общежитии.

Рецепторная точка № 3. Свалка п. Восточный, Железнодорожный район г. Улан-Удэ. Площадь свалки 5600 м². Свалка образована, прежде всего, компонентами строительного мусора (золошлаковые отходы, древесина, лом бетона, цемента), крупногабаритными отходами (мебель), а также коммунальными отходами, которые «рассеяны» по всей территории свалки. По результатам визуального осмотра свалка подвергалась горению. На некоторых участках свалки наблюдаются явления вторичной экологической сукцессии, которые проявляются в виде формирования плодородного слоя и восстановлении растительного слоя степного биоценоза. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов около свыше 1500 м³.

Рецепторная точка № 6. Свалка п. Сосновый, Октябрьский район г. Улан-Удэ. Площадь свалки 600 м². По компонентному составу накопленных отходов выбранная свалка аналогична рецепторной точке № 1 (п. Батарейка), однако данная свалка используется местными жителями не только для складирования ТКО, но также для слива жидких коммунальных отходов, кроме того, верхний слой свалки периодически срезается и вывозится на захоронение. По результатам визуального осмотра количество накопленных на свалке отходов на момент проведения эксперимента составляло около 285 м³.

На каждой модельной площадке были отобраны пробы почв в соответствии с существующими требованиями (Руководство, 1993; ГОСТ Р 53123-2008; ГОСТ 17.4.4.02-2017). Кроме того, для каждой свалки была выбрана фоновая точка – участок с подобным типом почв, не загрязненный отходами.

Количественную оценку содержания в почве тяжелых металлов проводили с применением атомно-абсорбционного метода с плазменной атомизацией на атомно-абсорбционном спектрометре Spectr AA 240 (РД 52.18.191-89). Для этого были отобраны навески проб массой 0,2 кг методом квартования. Навеска почвы просеивалась через крупное и мелкое сито, измельчалась в фарфоровой ступке и сушилась в сушильном шкафу при температуре 100⁰С в течение 3 часов. После просушивания бюксы были помещены в эксикатор, наполненный безводным хлористым кальцием до полного остывания. Результаты количественной оценки содержания тяжелых металлов в почвах с территории несанкционированных свалок представлены в таблице.

Результаты анализа показали, что на участках, длительное время используемых для складирования коммунальных отходов, наблюдается накопление содержания тяжелых металлов в почвах. Так, превышение концентрации тяжелых металлов на участках складирования отходов по сравнению с фоновыми показателями на всех участках за исключением рецепторной точки № 2 (п. Кирзавод) варьируется от 1,08 раз (по меди) до 15,84 раз (по цинку). Для свалки, характеризующейся длительным накоплением отходов («старая свалка», п. Батарейка), выявлено превышение норм ПДК по цинку в 3,5 раза на всем участке складирования отходов. Фоновые концентрации тяжелых металлов в рецепторной точке № 2, напротив, были выше или примерно равны аналогичным показателям с участка складирования отходов, что может объясняться влиянием промышленной зоны ТЭЦ-1.

Таким образом, проведенные исследования показали, что несанкционированное размещение коммунальных отходов на незащищенных участках приводит к росту содержания тяжелых металлов в почвах, нарушению санитарно-гигиенических нормативов, что требует необходимости дополнительной рекультивации территории свалок после их ликвидации.

Таблица

Содержание тяжелых металлов в почвах с несанкционированных свалок

Наименование элемента	Концентрация, мг/кг					ПДК, мг/кг
	Фоновая точка	Точки отбора проб на свалке				
		Точка № 1	Точка № 2	Точка № 3	Сред.знач.	
Рецепторная точка № 1						
Никель	0,33±0,05	0,80±0,20	0,45±0,11	0,54±0,14	0,6±0,15	20
Марганец	-	-	-	-	-	1500
Медь	0,91±0,23	2,74±0,69	2,50±0,63	1,39±0,35	2,21±0,56	33
Цинк	9,20±2,30	86,0±21,5	52,7±13,2	192,8±48,2	110,5±27,63	55
Кадмий	0,25	0,20±0,05	0,14±0,04	0,19±0,05	0,18±0,05	0,5
Свинец	2,30±0,56	3,11±0,78	4,53±1,13	5,5±1,4	4,38±1,10	32
Рецепторная точка № 2						
Никель	0,29±0,07	0,14±0,03	-	0,16±0,04	0,15±0,04	20
Марганец	17,44±4,36	16,44±4,11	7,67±1,92	13,44±3,36	12,52±3,13	1500
Медь	1,02±0,26	2,03±0,51	1,07±0,27	1,49±0,37	1,53±0,38	33
Цинк	54,84±13,71	16,65±4,16	6,72±1,68	16,63±4,16	13,33±3,33	55
Кадмий	0,40±0,10	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5
Свинец	5,69±1,42	7,42±1,85	6,47±1,62	5,51±1,38	6,47±1,62	32
Рецепторная точка № 3						
Никель	-	-	0,47±0,12	0,59±0,15	0,53±0,14	20
Марганец	4,29±1,07	9,64±2,41	32,5±8,13	44,2±11,05	28,78±7,2	1500
Медь	0,50±0,13	0,55±0,14	0,25±0,24	0,82±0,21	0,54±0,2	33
Цинк	0,64±0,16	1,71±0,43	8,16±2,04	20,56±5,14	10,14±2,54	55
Кадмий	-	-	-	-	-	0,5
Свинец	0,25±0,06	0,2	2,71±0,68	0,69±0,17	1,2±0,43	32
Рецепторная точка № 6						
Никель	-	-	-	-	-	20
Марганец	5,83±1,46	25,30±6,33	6,69±1,67	6,72±1,68	12,90±3,23	1500
Медь	0,23±0,06	0,86±0,22	0,52±0,16	0,69±0,17	0,76±0,17	33
Цинк	1,60±0,40	41,65±10,41	12,72±3,18	9,01±2,25	21,13±5,28	55
Кадмий	-	-	-	-	-	0,5
Свинец	0,50±0,12	1,39±0,35	3,90±0,97	0,51±0,13	1,93±0,48	32

Примечания. Жирным шрифтом выделены превышения нормативов ПДК. «-» – менее чувствительности прибора

ЛИТЕРАТУРА

Григорьева Е.Е. Экология городской среды / под ред. К.Ф. Саевича – Минск: «Вышэйшая школа», 2015 –

Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы / Под ред. Подуновой А. Г., М. 1993.

Убугунов Л. Л., Убугунов В. Л. Техногенное загрязнение почв Бурятии тяжелыми металлами: источники, современное состояние, ремедиация // Международный журнал прикладных фундаментальных исследований. 2013. №8-1. С. 19-21.

УДК 636.09, 620.1, 602,42

Цеолит – концентрация водородных ионов и микробный фон*Чернов А.Н., Прищепенко Е.А., Афордоаны Д.М., Газизов Р.Р.*

Татарский НИИАХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия, rt-kazan@mail.ru

Аннотация. Получение безопасной и качественной продукции АПК с использованием природных агроминералов является залогом, успешного развития любого государства. По результатам проведенных исследований установлено, что оптимальной для изменения ростовой среды для биологических патогенных микроорганизмов является фракция активированного цеолита размером 0-0,2 мм, происходит изменение среды с увеличением показателя щелочности. Установлена отличительная особенность изменения концентрации водородных ионов у различных фракций активированного цеолита. Исследования показали, что после внесения цеолита в дистиллированную воду происходит изменение концентрации водородных ионов. Установлено, что независимо от времени и концентрации данный показатель сохраняется во всех разведениях от 1:1 до 1:10, с показателем pH>10. Наименьшее изменение pH раствора происходило у фракции 0,8-2,5 мм, далее наблюдался незначительный рост у других фракций. По результатам проведенных бактериологических исследований установлено, что в нативном цеолите отсутствуют грибы продуценты микотоксинов. КОЕ культуры бактерий на корнях растений колебались от минимального значения у первой отобранной пробы $3,88 \times 10^7$ до $4,97 \times 10^7$ у второй отобранной пробы, всего было выделено 24 изолята бактерий. С целью подтверждения проведенных исследований, использован метод качественной ПЦР для определения наличия грибов и бактерий в нативном цеолите и на корнях растений, который дал также отрицательный результат.

The determination of optimal fractions of activated zeolite on hydrogen ion concentration in changing the reaction of medium*Chernov A.N., Prishchepenko A.E., Afordoanyi D.M., Gazizov R.R.*

Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science of FRC Kazan Scientific Center of RAS, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia, rt-kazan@mail.ru

Abstract. Obtaining a safe and high-quality agricultural product with the use of natural agro minerals is the key to the successful development of any state. According to the results of the research, it was found that the optimal growth medium for biological pathogenic microorganisms is a fraction of activated zeolite with a size of 0-0.2 mm. This causes a change in the medium with an increase in the alkalinity index. A distinctive feature of the change in the concentration of hydrogen ions in various fractions of activated zeolite is established. Studies have shown that after the introduction of the zeolite in distilled water there is a change in hydrogen ion concentration. It was found that regardless of time and concentration, this indicator is preserved in all dilutions from 1:1 to 1: 10, with a pH>10. The smallest change in the pH of the solution occurred in the 0.8-2.5 mm fraction, followed by a slight increase in other fractions. Based on the results of bacteriological studies, it was found that native zeolite does not contain mycotoxin-producing fungi. CFU cultures of bacteria on plant roots ranged from a minimum value of 3.88×10^7 in the first sample to 4.97×10^7 in the second sample, a total of 24 bacterial isolates were isolated. In order to confirm the research, a qualitative PCR method was used to determine the presence of fungi and bacteria in native zeolite and on plant roots, which also gave a negative result.

Введение. Получение безопасной и качественной продукции АПК с использованием природных агроминералов является залогом успешного развития любого государства. Каждый организм должен находить в окружающей среде вещества, необходимые в качестве источника энергии и материала для клеточного биосинтеза. В естественных условиях микроорганизмы растут, обеспечивая питательными веществами свои потребности (Равилов и др., 1999).

Существенное значение на рост микроорганизмов оказывает концентрация водородных ионов. Микроорганизмы, растущие при низких значениях pH, называют ацидофилами, при высоких — алкалифилами, при течениях, близких к нейтральному — нейтрофилами. При конструировании и использовании питательных сред необходимо создавать условия, поддерживающие оптимум pH для данного вида, включая в среду вещества, обладающие буферными свойствами. Многие патогенные бактерии способны существовать в относительно уз-

ком диапазоне рН, поэтому большинство диагностических сред имеют значение рН около 7. Поэтому изменение концентрация водородных ионов приводит к нарушению метаболизма условно-патогенной микрофлоры и ее гибели (Kennedy, 1999; Cotter et. al., 2003).

Применение синтетического цеолита для микробной фильтрации и антимикробного действия было продемонстрировано в большинстве научных публикаций. Интересны исследования противогрибковых свойств цеолита фаужазита с серебром на бактерии и изоляты грибов (Ferreira et. al., 2012). Известно, что цеолит поглощает бактериальные клетки в зависимости от рН за счет поверхностной гидрофобности бактериальной клетки (Kubota et. al., 2008).

Цель исследования - определить в цеолите концентрацию водородных ионов и микробный фон.

Материал и методы исследований. Пять растений с участка добычи природного цеолита. Нативный (неактивированный) цеолит.

Изучали концентрацию водородных ионов различных фракции активированного цеолита (табл. 1), с разведением в дистиллированной воде в соотношении 1:1, 1:2, 1:4, 1:6, 1:8, 1:10, с периодом экспозиции 30 сек, 10 мин, 15 мин, 30 мин. Изучали концентрацию водородных ионов нативного цеолита, с разведением в дистиллированной воде в соотношении 1:1, 1:2, 1:4, 1:6, 1:8 с периодом экспозиции 30 сек, 10 мин, 15 мин, 30 мин. Использовали: прибор Ph-метр Hanna edge; дистиллированная вода рН-6,9. Температура в ходе эксперимента не менялась и составила 25⁰С. Шейкер-инкубатор (Biosan ES-20, Орбитальный шейкер-инкубатор).

Определяли КОЕ бактерий и грибов на корнях растений с использованием среды LB агар.

Для определения наличия грибов и бактерий в нативном цеолите и на корнях растений был использован метод качественной ПЦР.

Условия амплификации: 1 цикл предварительной денатурации и активации полимеразы – 95⁰С 10 мин; 40 циклов – денатурация 95⁰С 15с, отжиг 55⁰С 20с, элонгация 72⁰С 4мин. Измерения флуоресценции проводились в конце каждого цикла отжига и в дополнительной точке на 80⁰С (за 1с), для детекции образовавшихся димеров праймеров в процессе амплификации. Анализ кривой плавления был сделан за счет повышения температуры от 65 до 95⁰С ступенчато в 0,5⁰С за 5с в каждом цикле.

Результаты исследований. На первом этапе провели исследования активированного цеолита, в соотношении 1:1 с дистиллированной водой (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации водородных ионов в цеолитном растворе, соотношение 1:1

Размер цеолита, мм	рН цеолитной суспензии, в зависимости от времени			
	30 сек	10 мин	15 мин	30 мин
0-0,04	8,01	8,2	8,15	8,1
0-0,2	10,05	10,35	10,44	10,38
0,2-0,8	8,5	8,45	8,58	8,46
0,8-2,5	8,33	7,71	7,79	7,89
2,5-5	8,96	8,58	8,64	8,77

Как видно из таблицы, наибольшая рН цеолитного раствора, в зависимости от времени была у фракции размером 0-0,2 мм, которая была минимальна рН- 10,05 через 30 сек после внесения цеолита в дистиллированную воду, а максимальной рН-10,44.

Аналогичным образом получили результаты после внесения активированного цеолита в дистиллированную воду, в соотношении 1:2, 1:4, 1:6, 1:8, 1:10.

Активированного цеолит, в соотношении 1:10 с дистиллированной водой (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, активированный цеолит размером 0-0,2 в соотношение 1:10 наиболее эффективно меняет реакцию любой среды.

С образцов проб пяти растений из участка добычи природного цеолита Дрожжановский район, Республика Татарстан определяли колониеобразующие единицы (КОЕ) бактерий и

грибов. Для этого отобранные 200 мг образца корня растений помещали в 10 мл стерильного фосфатного буферного раствора (PBS) и перемешивали в течение 10 минут в шейкер-инкубаторе. (КОЕ) бактерий и грибов определяли путем нанесения 100 мкл серийных разведений до 10⁻⁵ и 10⁻⁴ на чашки Петри с средой LB агар. Контролем служила ростовая среда с LB агаром с внесением в него фосфатно-буферного раствора (рисунок 2 а, б, в).

Таблица 2

Концентрации водородных ионов в цеолитном растворе, соотношение 1:1

Размер цеолита, мм	рН цеолитного раствора, в зависимости от времени			
	30 сек	10 мин	15 мин	30 мин
0-0,04	8,96	8,93	8,95	8,92
0-0,2	10,25	10,27	10,27	10,3
0,2-0,8	9,1	9,21	9,21	9,13
0,8-2,5	8,27	8,31	8,29	8,36
2,5-5,0	8,79	8,77	8,77	8,75

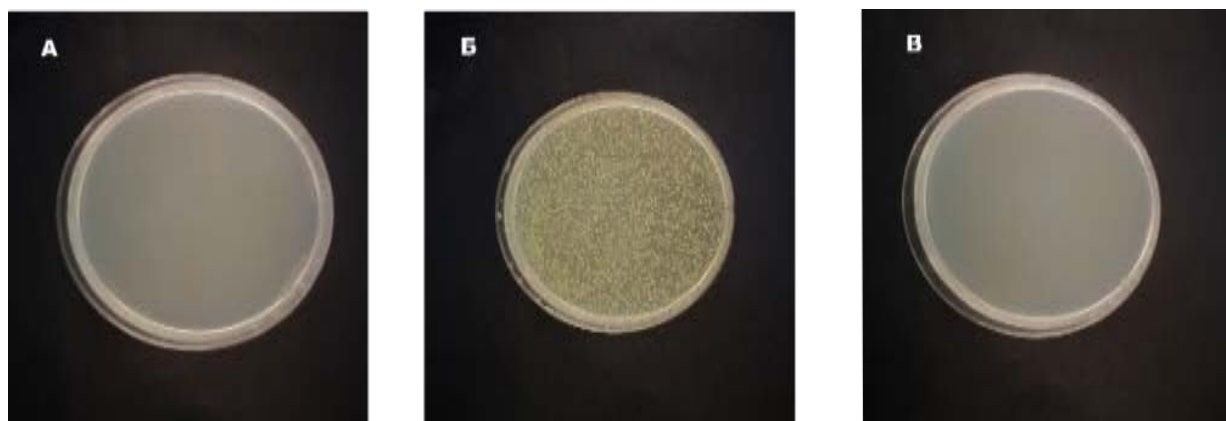


Рис. 2. Среда с LB агаром а) контроль б) бактерии в) грибкового мицелия нет

Нами установлено, что на всех чашках Петри грибкового роста грибов нет. С целью подтверждения полученных результатов нами проведено выделение ДНК и количественная ПЦР на присутствие грибов в нативном цеолите, которая дала отрицательный результат.

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что фракция активированного цеолита размером 0-0,2 мм, происходит изменение среды с увеличением показателя щелочности. По результатам проведенных бактериологических исследований установлено, что в нативном цеолите отсутствуют грибы продуценты микотоксинов. С целью подтверждения проведенных исследований, использован метод качественной ПЦР для определения наличия грибов и бактерий в нативном цеолите и на корнях растений, который дал также отрицательный результат.

ЛИТЕРАТУРА

- Равилов, А.З. Микробиологические среды / А.З. Равилов, Р.Я. Гильмутдинов, М.Ш. Хусаинов // Казань. – изд. «Фэн». – 1999. – С.168
- Cotter, P. D. Surviving the acid test: responses of gram-positive bacteria to low pH / Cotter Paul D., Colin Hill // *Microbiology and molecular biology reviews.* – 2003. – P. 429-453
- Kennedy, A. C. Bacterial diversity in agroecosystems. Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes / A. C. Kennedy // Elsevier. –1999. – P. 65-76
- Ferreira, L. Antimicrobial activity of faujasite zeolites doped with silver / L. Ferreira, A. M. Fonseca, G. Botelho, C. Almeida-Aguiar, & I. C. Neves // *Microporous and Mesoporous Materials.* – 2012, – 160, – С. 126-132.
- Kubota, M. Selective adsorption of bacterial cells onto zeolites / M. Kubota, T. Nakabayashi, Y. Matsumoto, T. Shiomi, Y. Yamada, K. Ino, H. Yamanokuchi, M. Matsui, T. Tsunoda, F. Mizukami, K. Sakaguchi // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* – 2008, – 64.1, – С. 88-97.

УДК 504

Последствия от потепления климата на южной границе распространения многолетней мерзлоты

Чимитдоржиева Г.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, galdorj@gmail.com

Аннотация. Изменения в природной среде мерзлотных территорий Еравнинского района Бурятии заметны визуально, с начала 50-х годов прошлого века, когда стали появляться в низких местах термокарстовые озера разных размеров, с периодичностью исчезновения и заполнения водой. Появления бугров пучения заметны, в особенности на автомобильных трассах, и в хозяйствах - нарушения деревянных построек, уходом их в глубину. В связи с этим и наука столкнулась с последствиями потепления, когда они коснулись изменений в свойствах и режимах почвенной ниши, вызывая отклик биоты, адаптированной к эволюционно устоявшейся природе.

Consequences of climate warming at the southern border the spread of permafrost

Chimitdorzhieva G.D.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, galdorj@gmail.com

Annotation. Changes in the natural environment of the permafrost areas of the Yeravninsky district of Buryatia are noticeable visually, since the beginning of the 50s of the last century, when thermokarst lakes of various sizes began to appear in low places, with the frequency of disappearance and filling with water. The appearance of heaving mounds is noticeable, especially on highways, and in farms - violations of wooden buildings, their going into the depths. In this regard, science also faced the consequences of warming, when they affected changes in the properties and regimes of the soil niche, causing a response from a biota adapted to an evolutionarily established nature.

Введение. Проблема глобального потепления, актуальная для всей планеты, имеет особое значение для Участка Мирового Наследия с оз. Байкал, когда она вызвала ряд неблагоприятных экосистемных откликов, в частности, деградацию многолетней мерзлоты, вызвавшую полигональность рельефа и развитие разного рода криоморфозов. Примечательно, что в последнее десятилетие среднегодовая температура воздуха в Забайкалье пересекает нулевой рубеж, становясь положительной, что ранее отмечалось эпизодически. Это радикальным образом изменило термодинамические условия. Термокарстовые озера, занимавшие 70-80 лет назад значительные площади, в настоящее время высыхают, а бугры пучения оседают.

Автором приводятся результаты полевых и лабораторных исследований почвенного покрова юга Витимского плоскогорья за период 2000-2019 годы на стационаре с. Сосново-Озерск Еравнинского района Республики Бурятия. Характеристика природных условий с описанием фитоценоза и почв приведены ранее (Чимитдоржиева, 1990, 2017).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. 1. Георадарное исследование бугров пучения позволило установить положение кровли мерзлоты на глубине 3,2 м в период измерений 09.08.2017 г., тогда как по данным Н.Л. Мельничука (1966), температура нижней части профиля изучаемой почвы (290-300см) в течение вегетационного периода составляла - 0,1...-0,2°C, т.е. *мерзлота уходит вглубь*.

2. Морфологически микрорельеф исследуемых территорий представляет собой *чередование бугров и западин* разных форм и размеров, который вызывает варьирование мощности горизонта А1 от 25 в понижениях до 30 см в буграх при величине 24,5±4,0 см ($n=25$; $V=16\%$) в окружающих почвах. Наряду с увеличением мощности гумусового горизонта почв, меняется и *реакция среды: в буграх*, вследствие подъема глубинных почвенных вод и газов она приобретает слабощелочной характер: 7,71±0,66 при рН=6,52-7,15 в окружающих почвах. Реакция среды почв из понижений щелочная - 8,02-8,40±0,07.

3. В почвах бугров увеличивается *плотность* до $1,25 \text{ г/см}^3 \pm 0,26$ в 0-10 см при $1,05 \pm 0,02$ в фоновых, а в понижениях - аналогична с окружающими.

4. Процессы коагуляции и дегидратации органо-минеральных соединений, привели к накоплению в почвах бугров легких фракций, отсюда они *супесчаные и легкосуглинистые*, а понижений – *легко и средне суглинистые*, при тяжелосуглинистых фоновых почвах.

5. Протекающие в возвышениях и понижениях криогенные процессы кардинально нарушают эволюционно сформировавшийся баланс окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) фоновых почв – 390-400 мв. Почвы бугров пучения характеризуются умеренно- и слабо- окислительно-восстановительными показателями Eh (321-329) на протяжении всего профиля. Снижение ОВ-потенциала обусловлено тесной связью с характером водного раствора и микробиологической деятельностью в отдельных микроразонах. Практически во всех буграх пучения на глубинах 80-100 см обнаружены железисто-охристые, ржавые включения, охристые полосы с прослойкой ржаво-охристой линзы, свидетельствуя о восстановительной обстановке.

Плотность почв играет важную роль в ОВП, в уплотненных слоях бугров и понижений сохраняются более восстановительные условия. При высоком уплотнении почв затрудняется поступление кислорода, и при нормальной микробиологической активности его расход не восполняется, что приводит к возникновению анаэробных процессов, и тогда в качестве источника кислорода анаэробные микроорганизмы используют связанный кислород. В различных частях почвенных горизонтов как бугров, так и понижений, протекают диаметрально противоположные реакции окисления и восстановления, ведущие к образованию и к одновременному сосуществованию на близких расстояниях соединений разной степени окисленности и восстановленности, тогда как в фоновых почвах окислительно - восстановительная система более стабильна.

6. *Общий углерод* в буграх достигает $11,10 \pm 2,69\%$ вследствие подтягивания из глубины литогенного и пирогенного происхождения, а еще больше в понижениях $17,56 \% \pm 2,26$, объяснимое длительной аккумуляцией органического вещества в водной стадии при содержании его в фоновых почвах $-7,54 \pm 0,12$. Отсюда запасы $C_{об}$ в понижениях в 0-20 см слое составляют $33,6 \text{ кг С/м}^2$, на глубине 0-50 см - 43,6, а в буграх меньше – 21,1 и 42,8 кг, которые соответственно превышают таковые фоновых почв: 14,3 и 16,7.

7. Такие морфологические и физико-химические изменения, произошедшие в почвенной среде мерзлотных почв в результате потепления, не могли не сказаться на биоте, особенно при изменении почвенного водного раствора (Гамзиков, Мангатаев, Пигарева, 1991), когда в нем возрастают общая щелочность, токсичные анионы, как хлор, сульфаты и катионы натрия. Фитосообщество трансформируется на почвах северных склонов бугров на разнотравно-злаково-полынное с доминантами из плотнокустовых ксерофитов и мезофитов, а на южных - эта же растительность с пониженным проективным покрытием - 80% с теми же доминантами, однако с появлением здесь осоки твердоватой (*Carex duriuscula* Meyer). В понижениях меняется на злаковое разнотравье с покрытием 70-80%, где доминантами являются пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), лапчатка сжатая (*Potentilla conferta* Bunge), млечник приморский (*Glaux maritima* L.). А на понижениях с заросшим озером доминируют хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), встречаются осока Редовского (*Carex parallela* subsp. *redowskiana* Meyer), лапчатка сжатая (*Potentilla conferta* Bunge) и редко подорожник прижатый (*Plantago depressa* Schlecht L.).

На западинах с пересыхающим озером с кустарниками по краям, появляются непродуктивные: осока остистая (*C. Atherodes* Sprengel), осока Редовского (*Carex parallela* subsp. *redowskiana* Meyer), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), подорожник прижатый (*Plantago depressa* Schlecht L.). Биопродуктивность травостоя с почв бугров составила $2,08 \text{ кг/м}^2$, что находится наравне с пастбищным вариантом фоновых почв – 2,05, и значительно ниже таковой понижений - $2,50 \text{ кг/м}^2$.

8. Максимум $C_{мб}$ в буграх составляет - $83,70 \pm 93 \text{ мг/100 г}$ в 0-10 см, понижений - $178,1 \pm 32,3 \text{ мг}$, объяснимое обилием ризосферной микрофлоры, при содержании в фоновых

почвах $144,2 \pm 25,4$ мг на 100 г почвы. В естественных условиях при эволюционно устоявшемся равновесии мерзлотных черноземов наблюдаются максимальные запасы С_{мб} в слое 0-100 см – 1,16 кг С/м², тогда как в буграх 0,18 - 0,80, в понижениях - 0,43, то есть заметно ослабление микробной активности.

9. Аэробные *актиномицеты и бактерии* могут существовать при относительно небольших запасах кислорода, что делает понятным их размножение в глубоких слоях почвы. Выявлено, что максимальные показатели бактерий и длины актиномицетного мицелия наблюдались в почвах бугров (0,04 м/г почвы), что приурочено к карбонатному горизонту (60-70 см). В почвах понижений длина мицелия была ниже.

10. Согласно первой стадии гумификации развиваются в почвах вначале *грибы и сапрофитные бактерии*. Наибольшая численность спор грибов отмечена в буграх 0,09 м/г почвы, низкая в понижениях - 0,02 мг. Если микроорганизмов в фоновых почвах наибольшая в верхних горизонтах, то в буграх в слое 0-10 см численность бактерий минимальна $0,52 \cdot 10^9$ кл/г, объясняемое иссушением верхнего слоя. С глубиной этот показатель увеличивается до $3,49 \cdot 10^9$ (в 30-40 см). Однако, начиная с глубины 40 см, наблюдается заметное их снижение, обусловленное невысоким уровнем энергетического материала. Распределение бактерий по профилю *понижения* отличалось равномерностью. В верхнем слое (0-10 см) численность бактерий составила $1,64 \cdot 10^9$ кл/г почвы, наибольшая плотность этой группы микроорганизмов сосредоточена в слое 10-20 см ($2,78 \cdot 10^9$), вниз убывает. В них наблюдается та же тенденция снижения численности вниз по профилю при общей низкой численности клеток, как и на бугре.

11. Появляющиеся в конце процесса гумификации *актиномицеты*, использующие уже трудноразлагаемые компоненты, наблюдались в почвах бугров пучений (0,04 м/г почвы), где их максимум приурочен к карбонатному горизонту (60-70 см), который всегда отличается обилием актиномицетного населения. В почвах термокарстовых понижений длина мицелия была существенно ниже.

12. Общая биологическая активность квазиглеевых черноземов, выражаемая степенью *эмиссии диоксида углерода*, составила $115,0 \pm 35,0$ мг СО₂/м²час⁻¹, из почв бугров - $103,7 \pm 55,3$ мг. А выделение углекислоты из понижений было значительным - $185,37 \pm 24,9$ мг, отличающееся обилием общей фитомассы и соответственно лучшей микробиологической деятельностью.

ВЫВОДЫ

Глобальное потепление климата привело повсеместному экосистемному изменению морфологического облика мерзлотного ландшафта, который усеян разными формами и размерами бугров пучения и термокарстовых озерков, заполненных различными объемами вод, которые время от времени высыхают и вновь появляются. Последние привели к изыманию значительной площади плодородных земель из сельскохозяйственного оборота. Подземные растворенные вещества и газы, поднимаясь с разной интенсивностью, создают различные микрзоны окисленности и восстановленности для функционирования приспособляющейся к ним микробиоты, обуславливая при этом внутренние локальные физико-химические реакции, которые, в свою очередь, вызывают перестройку наземного фитоценоотического ареала с присущей специфичностью.

Тревожным является возрастание в почвенном покрове общего количества углерода, вызванного его растворенными формами глубинного как литогенного, так и пирогенного характера, который увеличивает долю степени эмиссии двуокиси углерода, внося лепту в парниковый эффект.

Работа выполнена по теме госзадания № 121030100228-4

ЛИТЕРАТУРА

Чимитдоржиева Г.Д. Гумус холодных почв: экологические аспекты). Новосибирск: Наука Сибирское отделение, 1990. 145 с.

Чимитдоржиева Г.Д. Органическое вещество холодных почв. Улан-Удэ. Изд-во БНЦ СО РАН. 2016. 387 с.

Мельничук Н.Д. Подземные воды Еравнинского и Верхне-Удинского Артезианского бассейнов. В кн. Методика гидрогеологических исследований и ресурсы подземных вод Сибири и Дальнего Востока. М.:Наука. 1966. С. 217-227.

Гамзиков Г.П., Мангатаев Ц.Д., Пигарева Н.Н. Плодородие лугово-черноземных мерзлотных почв. Новосибирск: Наука Сибирское отделение. 1991. 130 с.

УДК: 633.88

Лекарственные растения Байкальского заповедника

Чмыхов А.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
chmyhov1998@gmail.com

Аннотация. Представлена характеристика лекарственных растений Байкальского государственного природного заповедника. Материалом послужили данные полевых геоботанических описаний, составленных автором в ходе полевых исследований на территории заповедника летом 2019 года. Для анализа таксономического и эколого-ценотического состава видов лекарственных растений, их лечебных свойств использованы данные БД «Лекарственные растения России», составленной для Медико-географического атласа России «Целебные источники и растения» на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова. На территории заповедника произрастает 56 официальных видов сосудистых растений из 26 семейств, большинство из них относится к бореальной, луговой и лугово-степной эколого-ценотическим группам и произрастает в горно-таёжном поясе. Лечебные свойства растений могут применяться при лечении широкого круга заболеваний по МКБ-10.

Medicinal plants of Baikal Natural Reserve

Chmykhov A.A.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, chmyhov1998@gmail.com

Abstract. This article considers the characteristics of Baikal natural reserve's medicinal plants. The data collected during the field research in the summer of 2019 served as the material for the article. The database "Medicinal plants of Russia" created for Medico-geographical atlas "Healing springs and plants" was used for taxonomic, ecological and coenotic analysis of medicinal plants and their pharmacological properties. As a result 56 official species of 26 families, have been identified on the Reserve's territory. Most of them belong to the boreal, meadow and meadow-steppe ecological-coenotic groups, growing in the mountain-taiga belt. The medicinal properties of plants can be used in the treatment of a wide range of diseases according to International Statistical Classification of Diseases.

Лекарственные растения представляют собой важное сырьё для производства лекарственных препаратов и являются ценным природным ресурсом. На территории Российской Федерации произрастает более 240 видов лекарственных растений, используемых в научной медицине (Медико-географический..., 2019). Они произрастают в разных природных зонах и интразональных ландшафтах, в самых различных местообитаниях. Те лекарственные растения, которые включены в Государственный реестр лекарственных средств, называются официальными. Данные растения используются для изготовления лекарственных препаратов, используемых для лечения самых различных заболеваний, которые в соответствии с Международной статистической классификацией болезней относятся к 19 классам болезней (<https://icd.who.int>).

Целью исследования являлось выявление состава лекарственных растений Байкальского заповедника и их эколого-географической дифференциации на территории заповедника.

В ходе изучения растительности Байкальского заповедника летом 2019 г. было составлено 64 геоботанических описания в различных типах сообществ и в различных высотных поясах. Список лекарственных растений был выявлен в результате сравнения флористического списка заповедника (Абрамова, 2011) с базой данных «Лекарственные растения России» (www.biomar.ru). Всего в Байкальском заповеднике выявлено 56 видов сосудистых растений, входящих в официальную фармакопею, что составляет 4% от всей флоры заповедника (Абрамова, 2011). Данные виды относятся к 26 семействам, самыми распространёнными из которых являются следующие: 1) Asteraceae (10 видов): левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjin), мать-и-мачеха обыкновенная

(*Tussilago farfara* L.) и др.; 2) Rosaceae (7 видов): шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.) и др.; 3) Ericaceae (4 вида): брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), багульник (*Ledum palustre* L.) и др. Официальные виды заповедника представлены следующими жизненными формами: деревья – 4 вида; кустарники – 5 видов; кустарнички – 5 видов; многолетние травы – 42 вида.

Большинство видов лекарственных растений произрастает в горно-таёжном поясе. Это объясняется, главным образом тем, что горнотаежные леса преобладают по площади на территории и представляют высокое разнообразие биотопов в высотных пределах от 500 до 1400 м над уровнем моря. Кроме горнотаежного, лекарственные растения произрастают в сообществах субальпийского и гольцового поясов, а также в прирусловых местообитаниях и на каменистых обнажениях в разных высотных поясах. Эколого-ценотический анализ флоры официальных видов помогает выявить все разнообразие экологических и ценотических условий, в которых они распространены. Был проведен анализ принадлежности каждого вида к определенной эколого-ценотической группе и установлено, что официальные растения заповедника входят в состав 11 эколого-ценотических групп (ЭЦГ). Наиболее многочисленна бореальная ЭЦГ, в которую входит почти пятая часть всех официальных видов (19%). Эти виды связаны с горно-таежными кедровыми, пихтово-кедровыми и мелколиственно-хвойными лесами (пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и др.). Широко распространены лекарственные виды луговой и лугово-степной групп, на долю которых в сумме приходится 24%. Данные виды распространены в лугово-степных сообществах и в лиственничных остепненных лесах на южном макросклоне Хамар-Дабана (душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis* Georgi) и др.).

На южном макросклоне Хамар-Дабана распространены светлохвойные леса, образованные сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницей сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Этим объясняется наличие видов, относящихся к боровой эколого-ценотической группе (плаун годичный (*Lycopodium annotinum* (L.) A. Haines), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и др.). Доля этих видов – 5% от общего числа.

10% видов лекарственных растений относятся к бореальному высокотравью. Данные виды распространены преимущественно на северном макросклоне, в темнохвойных пихтовых, кедрово-пихтовых и долинных лесах в условиях достаточного увлажнения, которое вызвано влиянием озера Байкал (клопогон вонючий (*Actaea cimicifuga* L.), борец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle), чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum* Berhn) и др.).

В меньшей степени представлены среди лекарственных растений петрофитная (родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.), олиготрофная (багульник болотный (*Ledum palustre* L.), водно-болотная (вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.), неморальная ЭЦГ (папоротник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) SCHOTT).

Довольно много видов лекарственных растений входит в состав антропогенной ЭЦГ (17%), которые произрастают в речных долинах и в нарушенных местообитаниях (например, на гарях), занимающих значительную площадь в заповеднике (мать-мачеха (*Tussilago farfara* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.) и др.).

Произрастающие на территории Байкальского заповедника лекарственные растения обладают различными фармакологическими свойствами, которые позволяют использовать их для лечения многих заболеваний. Эти растения используются при лечении 14 классов заболеваний (Абрамова, 2011; www.biomar.ru). Согласно проведенному нами анализу, наибольшее число лекарственных видов растений применяется при лечении органов пищеварения – 32 вида (сушеница топяная (*Gnaphalium uliginosum* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) и др.); на втором месте – виды, используемые при лечении заболеваний органов дыхания (20 видов); и на третьем месте – системы кровообращения (17 видов) (рис.1).

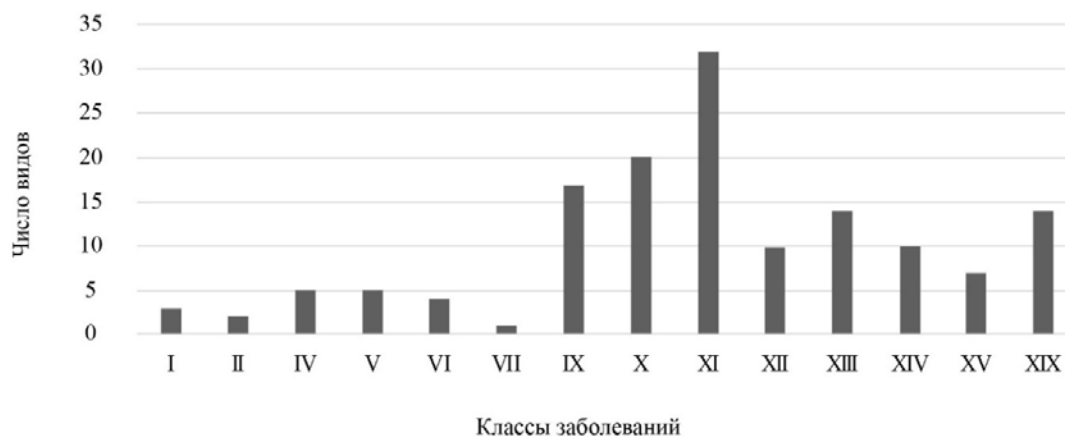


Рис. 1. Распределение лекарственных растений Байкальского заповедника по классам болезней, при лечении которых они используются. Классы заболеваний: I – некоторые инфекционные и паразитарные болезни; II – новообразования; IV – болезни эндокринной системы и расстройства питания; V – психические расстройства и расстройства поведения; VI – болезни нервной системы; VII – болезни глаза и его придаточного аппарата; IX – болезни системы кровообращения; X – болезни органов дыхания; XI – болезни органов пищеварения; XII – болезни кожи и подкожной клетчатки; XIII – болезни кожно-мышечной системы и соединительной ткани; XIV – болезни мочеполовой системы; XV – беременность, роды и послеродовой период; XIX – травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (<https://icd.who.int/>).

Обобщая вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

Во флоре Байкальского заповедника официальные растения представлены 56 видами, относящихся к 26 семействам. Наиболее представительны семейства Asteraceae, Rosaceae и Ericaceae.

Лекарственные растения Байкальского заповедника разнообразны по экологии и ценотической приуроченности. Они относятся к 11 эколого-ценотическим группам, из них самыми распространёнными являются: бореальная, антропогенная, луговая и лугово-степная группы.

Лекарственные растения Байкальского заповедника по своим фармакологическим свойствам могут быть использованы при лечении 14 классов болезней, наиболее многочисленны виды, используемые при болезнях органов пищеварения (XI класс) органов дыхания (X) и системы кровообращения (IX).

Изучение состава лекарственных растений, произрастающих на территории заповедника, важно для оценки природно-ресурсного потенциала окружающих районов, решения проблем их рационального использования и охраны.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова Л.А. Сосудистые растения Байкальского заповедника [Текст]: (аннотированный список видов)/ Л.А. Абрамова, П. А. Волкова; под ред. В. С. Новикова. - Москва: Добросвет, 2011. - 112 с. // Флора и фауна заповедников / Комис. Российской акад. наук по сохранению биологического разнообразия (Секция заповедного дела), Байкальский гос. природный биосферный заповедник; вып. 117.

Медико-географический атлас России «Целебные источники и растения» / под ред. С.М. Малхазовой. М. Географический факультет МГУ, 2019. 304 с.

<http://www.biomar.ru> – База данных Лекарственные растения России (DB)/ Авторы: Малхазова С.М., Микляева И.М., Леонова Н.Б., Крайнов В.Н./#2018621769 от 9 ноября 2018.

<https://icd.who.int/> International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (ICD-10).

УДК 631.4

Стратегический проект «СуперЭкоЧернозем»*Шаблин П.А.*

ООО «Научно-Производственное Объединение ЭМ-Центр», Улан-Удэ, nro@shablin.ru

Аннотация. Гумус - основное продуктивное вещество почвы из-за интенсивной эксплуатации катастрофически снижается по всей планете. Минеральные удобрения не могут его заменить, так как в лучшем случае дают увеличение урожайности на 15-20 %. В естественных условиях гумус накапливается в почвах столетиями, а у человечества нет возможности ждать. Эту проблему можно решить массовым и ускоренным производством гумусообразующих удобрений из органических и минеральных отходов, которых образуется сотни миллиардов по всей планете. Только ферментированные бактериальными симбиозами миллиарды тонн гумусообразующих удобрений могут остановить деградацию возделываемых почв.

Strategic project «СуперЭкоЧернозем»*Shablin P.A.*

ООО «Scientific and production association EM-Center», Ulan-Ude, nro@shablin.ru

Abstract. Humus – a major resourceful mass of soil, which due to the extensive exploitation decreases all around the world dramatically. Mineral fertilizers cannot replace it, because they can only give the increase of crop capacity by 15-20 % at most. In natural conditions humus may accumulate in soil for centuries, but humanity cannot wait long. This issue may be resolved by means of massive and accelerated production of humus-forming fertilizers from organic and mineral wastes that are formed in hundreds of billions around the planet. Only billions of tonnes of humus-forming fertilizers fermented with bacterial symbioses can terminate the degradation of cultivated soil.

Содержание гумуса в почве катастрофически падает по всей планете. В естественных условиях он накапливается столетиями, а население планеты растет. Впереди массовая безработица из-за цифровизации и роботизации, климатические катастрофы и голод. Нужны гумусообразующие удобрения для повышения продуктивности почв, способные восстановить гумус в почвах планеты за несколько лет. Для этого разработана ЭМ- технология, которая с помощью регенеративной микрофлоры может перерабатывать органические отходы, а их на планете накапливается сотни миллиардов тонн. Идея состоит в том, чтобы превращать эти отходы в доходы. Доходы — это гумусообразующие удобрения, способные увеличить продуктивность почв на 200-400%.

Проект «СуперЭкоЧернозем» (СЭЧ) – создание натуральной почвы со стабильно высоким содержанием биогумуса и микрофлоры, характерной для девственных черноземов.

СуперЭкоЧернозем—это ферментированные препаратами «Байкал-ЭМ» и «Тамир» органические и минеральные отходы: навоз, помет, жмых, жом, лузга, солома, кормовые, пищевые отходы, угольная зола, некондиционный уголь, илы очистных сооружений, лигнины целлюлозно-бумажных производств, органика ТБО и т.д.

Микробиологические препараты «Байкал-ЭМ» и «Тамир» созданы из устойчивых саморегулирующихся природных симбиозов. Обладают высочайшими регенеративными свойствами, что подтверждается множественными экспериментами в разных регионах страны и планеты. Призваны восстанавливать нарушенное динамическое равновесие в природе между регенеративной и дегенеративной микрофлорой, что очень важно для предотвращения пандемий, ведь, именно почва является главным хранилищем микрофлоры планеты.

«СуперЭкоЧернозем» в отличие от минеральных удобрений позволяет увеличивать естественную продуктивность почв в разы, повсеместно развивать органическое земледелие и обеспечивать население планеты экологически безопасной сельскохозяйственной продукцией. Таким образом, повсеместное производство «СуперЭкоЧернозема» –это не просто переработка сотен миллиардов тонн отходов, но и решение проблемы голода и пандемий на

планете. Здесь уместно отметить, что за миллиарды лет эволюции, когда бактерии еще оставались один на один с вирусами, на планете сохранились в основном те бактерии, которые научились защищаться от вирусов. А это означает, что именно симбионтная бактериальная флора обеспечивает высшим организмам естественную противовирусную защиту. С этой точки зрения медицина опять ошибается, избрав единственной стратегией в борьбе с коронавирусом, вакцинацию. Было бы куда эффективнее укреплять симбионтную микрофлору устойчивыми симбиозами. Существом жизни является симбиоз, а сутью симбиозов- устойчивые механизмы саморегуляции.

«СуперЭкоЧернозем» - проект стратегически крайне важный для России. В России ежегодно образуется миллиарды тонн органических отходов. При этом гумус в почвах повсеместно катастрофически падает. Если в Российских черноземах содержание гумуса до Революции было в пределах 18%, сейчас содержание гумуса - 6-8%, и это в лучших черноземах России. Что говорить про нечерноземные и лесостепные зоны (1-1,5%), с урожайностью зерновых культур всего 14-16 центнеров. При такой низкой урожайности не возможно создать кормовую базу, а это приводит к уменьшению поголовья скота. Для развития животноводства, птицеводства в таких регионах необходимо в разы увеличивать урожайность зерновых и кормовых культур, что невозможно сделать при использовании только минеральных удобрений, которые в лучшем случае увеличивают урожайность на 20-30 процентов, при необходимом для нас увеличении урожайности на 200-300%. Это можно сделать только с помощью органических удобрений типа «СуперЭкоЧернозема». Например, в Бурятии при крайне низком плодородии почв накопилось 9 млн. тонн угольной золы только от ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, не говоря о золоотвалах Гусиноозерского ГРЭС. Экологи не знают, как захоронить или переработать эти отходы, также как и огромные объемы опилок в каждом районе республики, которые десятилетиями не утилизируются. Карты очистных сооружений переполнены илом. Свинофермы и птицефабрики также испытывают трудности с утилизацией своих отходов. Между тем, все эти отходы имеют огромную ценность, поскольку их можно превратить с помощью микробных препаратов «Байкал-ЭМ» и «Тамир» в «СуперЭкоЧернозем», который позволит быстро накопить в почвах гумус и увеличить урожайность на 200-500%, то есть получать урожаи не хуже, чем в Краснодарском или Алтайском краях.

Уже сегодня миллионы дачников и огородников на своих участках посредством ЭМ-технологии получают ЭМ- компост, с помощью которого увеличивают урожайность своих культур в разы. ЭМ-компост - аналог «СуперЭкоЧернозема», только в качестве отходов дачники используют листву, ботву, сорняк, пищевые отходы и др., а на заводах будут использоваться угольная зола, ил очистных сооружений, опилки, щепа, жмыхи, навоз, помет, солома, кустарник, торф, уголь.

В России и в мире нет аналогов заводов по производству «СуперЭкоЧернозема». Нужно построить первый завод, который будет служить в качестве положительного примера для их строительства по всей России.

Необходимо помнить, что в естественных условиях гумус накапливается сотнями лет, но у человечества нет времени ждать. А это значит, что без заводского массового воспроизводства органических удобрений гумус просто исчезнет. Повсеместное производство «СуперЭкоЧернозема» позволит не просто утилизировать всевозможные отходы, но и восполнить катастрофически уменьшающийся гумус в возделываемых почвах планеты.

Уже в ближайшее время грядет массовая безработица городского населения. Необходимо обеспечить отток городского населения в сельскую местность и помочь с обеспечением самозанятости людей в сфере производства сельхозпродуктов. Но сельский труд в ДФО должен стать рентабельным, иначе безработные будут искать возможности покинуть эту территорию, что для ДФО станет просто катастрофой. По некоторым прогнозам, уже к 2025 году население ДФО может сократиться вдвое. То есть на огромной территории, а это 40% территории России, может остаться всего 4 млн человек.

Так как рентабельность сельскохозяйственного производства будет очень зависеть от продуктивности почв, то массовое производство «СуперЭкоЧернозема» и подобных органи-

ческих удобрений становится стратегически важной задачей. К сожалению, первый пилотный завод по производству «СуперЭкоЧернозема» сейчас проектируется не в Бурятии, а в Ярославской области - пока только там «ЭМ-центр» нашел поддержку со стороны властей и инвесторов.

Так как самозанятость населения относится к мелкотоварному производству, «СуперЭкоЧернозем» будет востребован, прежде всего, в тепличном бизнесе. Там, где можно выжать из «СуперЭкоЧернозема» максимальный потенциал. Для выживания на селе переселенцам понадобятся, прежде всего, корма. А кормовой базы в Бурятии нет. На помощь могут прийти круглогодично функционирующие энергоэффективные теплицы по производству зелёных сочных кормов и овощей. Такая теплица уже построена в пригороде Улан-Удэ. Сейчас идёт апробация разных технологий энергосбережения, ультрафиолетовой подсветки, выращивания с использованием не только «СуперЭкоЧернозема», но и его жидких производных для капельного полива и аэропоники, автоматизации процессов, конвейерного потока. Такая теплица, по задумке разработчиков, должна стать «дойной коровой» для каждой сельской семьи ДФО.

Существуют разные способы промышленного компостирования навоза и помёта. К их основным недостаткам относятся слишком большая длительность компостирования, огромные площади занятые под навоз и помёт (в России более 2 млн гектаров, что представляет серьёзную экологическую угрозу), огромные выбросы газов (потери углерода и азота составляют до 40% от общей массы) и низкая рентабельность применения в качестве удобрения (недостаточная гумусообразующая функция и огромные затраты на вывоз и внесение в почвы).

Для проведения эффективного компостирования и получения эффективного «СуперЭкоЧернозема» необходимо иметь специальную мощную технику, необходимо организовать автоматизированную площадку, иметь большое количество целлюлозосодержащих отходов, угольных отходов (некондиционный уголь и ее зола) и прочее разнообразное по элементному составу сырьё (усиливающее гумусообразование), мощные кавитаторы, экструдеры, собственное производство газа и электроэнергии для снижения энергозатрат, микробиологическое производство, огромные ферментаторы. А это уже отдельный завод с комплексом процессов.

ЛИТЕРАТУРА

Митина Н.Н., Гнетов Е.М. «Утилизация промышленных отходов в России и в мире: проблемы и решения» // Журнал «Neftegas.ru» (3, 2020).

Сагдеева Г.С., Патракова Г.Р. «Переработка отходов производства и потребления» // УДК 574.3 cyberleninka.ru.

Шаблин П.А. «ЭМ-технология: перспективы и реальность» // Сборник научно-исследовательских отчётов, 2008.

УДК 65.32

Стресспротективная активность экстрактов на основе экидистероидсодержащих растений флоры Бурятии

Шантанова Л.Н., Гуляев С.М., Шоболов Б.П.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, shantanova@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментального исследования сухих экстрактов, полученных из надземной части *Rhaponticum uniflorum*, *Serratula centauroides* и *Asparagus burjaticus* являющихся сверхконцентраторами экидистероидов. Фитоэкстракты оказывают стресс-протективное действие при остром и хроническом эмоциональном стрессе у белых крыс, препятствуя развитию признаков, индуцированных однократным и длительным воздействием стрессогенных факторов. При остром стрессе на фоне введения фитосредств отмечалось менее выраженное развитие признаков «триады Селье», а при хроническом – признаков истощения адаптационных (защитно-компенсаторных) систем организма и тревожно-депрессивного синдрома.

Stress-protective activity of extracts from ecdysteroid-containing plants of the Buryatia flora

Shantanova L.N., Gulyaev S.M., Shobolov B.P.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude shantanova@mail.ru

Abstract. The work presented the findings of experimental studies of dry extracts obtained from the aerial parts of *Rhaponticum uniflorum* and *Serratula centauroides* which are known to be concentrators of ecdysteroids. The plant extracts have a stress-protective effect in acute and chronic emotional stress in white rats, preventing from the development of signs induced by a single and long-term impact of stress-producing factors. In acute stress, against the background of the plant remedies introduction, there was noted the less pronounced development of the “Selye’s triad” signs; in chronic stress, the signs of adaptive (protective-compensative) systems of the body and anxiodepressive syndrome were also less pronounced.

Введение. В современных условиях одним из основных факторов риска развития сердечнососудистых и онкологических заболеваний, депрессивных и невротических расстройств, нарушений системы иммунитета и других социально значимых заболеваний является психо-эмоциональный стресс. В этой связи актуальной проблемой является разработка новых средств, предназначенных для повышения стрессоустойчивости организма. Перспективным направлением представляется использование растительных экидистероидов – аналогов стероидных гормонов человека, обладающих высокой адаптогенной активностью (Volodin, Mataev, 2011). В клинической практике применяется экстракт жидкий левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*), основными действующими веществами которого являются экидистероиды. С целью расширения перечня указанных средств нами разработаны экстракты сухие на основе растений – накопителей экидистероидов: левзеи одноцветковой (*Rhaponticum uniflorum* (L.) DC.), серпухи васильковой (*Serratula centauroides* M.Bieb.) и аспарагуса бурятского (*Asparagus burjaticus* Peschkova).

Целью работы явилось определение стресс-протективных свойств указанных экстрактов на моделях острого и хронического психо-эмоционального стресса.

Материалы и методы. Эксперименты проведены на крысах линии Wistar обоего пола массой 170–180 г. Организация и порядок проведения исследований соответствовало «Правилам лабораторной практики» (GLP) и Правилами «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных или в иных научных целях», ETS № 123 от 18.03.1986 (Страсбург, 1986). Дизайн и протокол экспериментальных исследований согласован с этической комиссией Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (протокол № 1 от 15.01.2018 г.). Животным опытных групп исследуемые

экстракты вводили *per os* в виде водных растворов в дозе 100 мг/кг многократно 1 раз в день. В качестве препарата сравнения использовали dealкоголизированный раствор спиртового экстракта *Rhaponticum carthamoides* в экспериментально-терапевтической дозе в аналогичном режиме.

Модель острого эмоционального стресса воспроизводили методом водной иммерсии (Overmier, 1986); хронический непредсказуемый стресс воспроизводили по 4-х недельному протоколу (Parr and Moryl, 1996). Для оценки антистрессорного действия экстрактов определяли выраженность признаков «Триады Селье»; в сыворотке крови и плазме определяли концентрацию ТБК-активных продуктов, восстановленного глутатиона, активность супероксиддисмутазы и каталазы, содержание адреналина, норадреналина, адренкортикотропного гормона, кортикостерона и альдостерона методом твердофазного иммуноферментного анализа. При хроническом стрессе через 4 недели эксперимента проводили тестирование с использованием методов «крестообразный приподнятый лабиринт», сахарозный тест, «подвешивания за хвост», «вынужденного плавания».

Результаты. Исследование стресспротективной активности экстрактов *R. uniflorum*, *S. centauroides* и *A. burjaticus* на модели острого эмоционального стресса показало, что их превентивное 7-дневное введение в дозе 100 мг/кг сопровождается уменьшением выраженности признаков «Триады Селье» у белых крыс: гипертрофии надпочечников, инволюции иммунных органов и развития деструкций в слизистой оболочке желудка. На фоне острого эмоционального стресса отмечалось значимое угнетение эндогенной антиоксидантной системы организма (АОС) с закономерной индукцией процессов свободнорадикального окисления (СРО) и накоплением продуктов перекисидации. Превентивное введение испытуемых фитоэкстрактов способствовало ограничению процессов свободнорадикального окисления СРО, на что указывает достоверное уменьшение концентрации ТБК-активных продуктов в сыворотке крови животных опытных групп. Ингибирующее действие испытуемых экстрактов обусловлено активацией АОС, о чем свидетельствовало повышение концентрации восстановленного глутатиона соответственно в среднем в 3 раза, а также достоверное повышение активности каталазы и супероксиддисмутазы по сравнению с данными крыс контрольной группы.

Установлено, что испытуемые фитоэкстракты действуют не только на периферическую АОС, но и центральные стресс-лимитирующие системы организма, ограничивая их гиперактивацию при остром эмоциональном стрессе. Так, было показано, что профилактическое введение экистероидсодержащих экстрактов сопровождается снижением активности пускового звена стресс-реакции - симпато-адреналовой, о чем свидетельствует уменьшение в крови крыс опытных групп концентрации адреналина и норадреналина в среднем на 30% по сравнению с данными крыс контрольной группы. Также отмечено снижение содержания адренкортикотропного гормона и кортикостерона, что свидетельствует об ограничении активности гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы в условиях острого эмоционального стресса.

Длительное действие стрессорных факторов умеренной силы сопровождается развитием у белых крыс картины хронического стресса, на что указывают характерные изменения органов мишеней стрессорных факторов, развитие тревожно-депрессивного состояния с признаками ангедонии и нарушениями поведенческой активности животных. Курсовое введение испытуемых экстрактов на этом фоне препятствовало стрессорному истощению внутренних органов: масса надпочечников, тимуса и селезенки у крыс опытных групп была достоверно больше, чем в контроле и оставалась практически на уровне физиологической нормы. Выявлено также наличие выраженного антидепрессивного действия, о чем свидетельствует уменьшение времени иммобильности животных в среднем в 2 - 4 раза по сравнению с данными контрольной группы. Другим признаком наличия антидепрессивного действия испытуемых фитосредств было уменьшение признаков ангедонии, оцениваемых с помощью «сахарозного теста». Установлено, что у крыс опытных групп объем потребления сахарозы

был в среднем 1,4 раз больше, чем в контроле и не отличался от такового показателя у интактных животных.

Хронический стресс у белых крыс характеризовался также изменениями поведенческой активности, свидетельствующими о высоком уровне тревожности: у крыс контрольной группы время пребывания в открытых рукавах «приподнятого крестообразного лабиринта» и количество заходов в них было значительно меньше, чем у интактных крыс. Также снижался уровень поисково-исследовательской активности, сопровождаемый вегетативными расстройствами в виде возрастания актов дефекации. Курсовое введение исследуемых экстрактов на фоне хронического стресса способствовало повышению стрессоустойчивости животных и снижению уровня тревожности, подавляя чувство боязни открытого пространства, стимулируя двигательную поисково-исследовательскую активность крыс опытных групп. Так, количество заходов в открытые рукава ПКЛ, а также время пребывания в них у крыс, получавших испытуемые экстракты увеличилось в среднем в 3 – 5 раз по сравнению с данными в контроле. В тесте «открытое поле» у крыс опытных групп отмечено преобладание вертикальной активности над горизонтальной, а также стимуляция норкового рефлекса, что свидетельствует об активации поисково-исследовательского поведения животных. На фоне введения экстрактов вертикальная активность увеличилась в среднем в 4 раза, а показатель норкового рефлекса (оцениваемый по количеству заглядываний в норки) соответственно в среднем в 3 раза по сравнению с данными в контроле. Наряду с этим, под влиянием экстрактов отмечено достоверно значимое уменьшения числа болюсов, свидетельствующее об уменьшении признаков вегетативного компонента тревожной реакции.

Таким образом, экстракты *R. uniflorum*, *S. centauroides* и *A. burjaticus* оказывают стресс-протективное действие, повышая неспецифическую резистентность организма при эмоциональном стрессе, вызванном однократным и длительным действием стрессорных факторов. При остром эмоциональном стрессе исследуемые экстракты препятствуют развитию «Триады Селье», а при хроническом – предупреждают истощение защитно-компенсаторных систем организма. Курсовое введение исследуемых экстрактов при хроническом умеренном стрессе уменьшает выраженность проявлений тревожно-депрессивного синдрома. Реализация стресс-протективных свойств испытуемых экстрактов носит многофакторный характер, связана с ограничением гиперактивации центральных и периферических стресс-реализующих систем организма и обусловлена высоким содержанием экидистероидов, обладающих высоким адаптогенным потенциалом.

ЛИТЕРАТУРА

Volodin, V.V.; Mataev, S.I. Ecdysteroid-containing plants as sources for new adaptogenes // Vestnik Biotech. and Phys-Chim Biol. 2011. № 7. С. 52-59.

Overmier, J. The ulcerogenic effect of a rest period after exposure to water-restraint stress // Behav. Neural. Biol. 1986. № 46. С. 372–386.

Papp, M.; Willner, P.; Muscat, R. An animal model of anhedonia: attenuation of sucrose consumption and place preference conditioning by chronic unpredictable mild stress // Psychopharmacology. 1991. Т. 104. С. 255–59.

УДК: 630.114:631.423.4

Характеристика органического вещества постпирогенных почв кедровых лесов Южного Прибайкалья с помощью термического анализа

Шапченкова О.А., Краснощеков Ю.Н.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия, shapchenkova@mail.ru, kyn47@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследования влияния пожаров разной интенсивности на органическое вещество органогенных горизонтов почв кедровых лесов Южного Прибайкалья. Образцы исследовали методом термогравиметрии в атмосфере воздуха при скорости нагрева 10 °С/мин от 25 до 700 °С. Выявлено, что пожар высокой интенсивности оказал долговременное воздействие на органогенный горизонт почвы. Результаты термогравиметрии свидетельствуют о снижении относительного содержания органического вещества и термолабильных компонентов в его составе при увеличении доли термостабильных полифенольных и других конденсированных ароматических соединений.

Characterization of organic matter of postpyrogenic soils in *Pinus sibirica* forests of the southern Baikal by thermal analysis

Shapchenkova O.A., Krasnoshchekov Yu.N.

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia, shapchenkova@mail.ru, kyn47@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of the effect of fires of different intensities on the organic matter of organic soil horizons in *Pinus sibirica* forests of the southern Baikal. The samples were analyzed by thermogravimetry in an air atmosphere at a heating rate of 10 °C/min from 25 to 700 °C. It was revealed that high intensity fire had a long-term effect on the organic soil horizon. The results of thermogravimetry showed a decrease in the relative content of organic matter and thermolabile components in its composition and an increase in the proportion of thermostable polyphenolic and other condensed aromatic compounds.

Лесные почвы в горном Прибайкалье формируются при регулярном воздействии пирогенного фактора. По тяжести и масштабности воздействия на почвы из всех антропогенных факторов лесные пожары резко выделяются (Евдокименко, Краснощеков, 2017). В литературе неоднократно отмечается, что пожары и вообще огонь следует включить в число важных факторов, влияющих на развитие и функционирование лесных экосистем (Фурьев, 1996). В Прибайкалье и Забайкалье наиболее полно изучены вопросы о влиянии пожаров на формирование древостоев и сукцессионные стадии формирования живого напочвенного покрова в светлохвойных лесах (Евдокименко, 2011). Слабо изученным остается вопрос о влиянии огня на почву (Краснощеков, 2018.). Данные о влиянии пожаров на почвы темнохвойных лесов практически отсутствуют. Цель работы – выявить изменения в органическом веществе (ОВ) поверхностных органогенных горизонтов почв кедровых лесов Южного Прибайкалья, подверженных низовым подстильно-гумусовым пожарам разной интенсивности, с помощью термического анализа.

Исследования проводились на южной оконечности хр. Б. Хамар-Дабан в кедровнике кустарничково-зеленомошном на высоте 940 м над уровнем моря в 10 км на юг от с. Тибельти (Слюдянское лесничество, Быстринская лесная дача). Пробные площади (Пр.пл.) расположены в приводораздельной выположенной части склона северной экспозиции, крутизной 5-6 °, где летом 2002 г. произошел пожар, повредивший 15 га лесных насаждений. Образцы органогенных и органогенных пирогенных горизонтов (подстилки) отбирали спустя 8 лет после прохождения пожаров. Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев на пробных площадях приведена в таблице 1. В почвенном покрове распространены подзолы грубогумусовые хрящевато-легкосуглинистые. Подготовка образцов для термического анализа

заключалась в их размалывании до гомогенного состояния. Образцы исследовали методом термогравиметрии (TG 209 F1, Netzsch, Germany) в атмосфере воздуха при скорости нагрева 10°С/мин от 25 до 700°С. Повторность измерений трехкратная.

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика объектов исследования*

№ Пр.пл.	Интенсивность пожара	Состав насаждения	Возраст, лет	Класс бонитета	Средняя		Полнота	Запас древесины, м ³ /га
					Высота, м	Диаметр, см		
1	Контроль	10К ед С, Б	120	IV	18,0	23,0	0,70	284
2	Средняя	тот же	120	IV	20,0	30,0	0,40	162
3	Высокая	<i>Ко времени наблюдения полное усыхание всего древостоя</i>						

* по данным М.Д. Евдокименко.

Лесные пожары способствуют снижению содержания и изменению состава органического вещества почвы. В природных условиях сгорание поверхностного органогенного горизонта почвы (подстилки) часто оказывается неполным; поэтому основным результатом лесных пожаров является поступление древесного угля в почву. С точки зрения состава, огонь увеличивает неоднородность органического вещества почвы, потому что ни один исходный компонент не удаляется полностью, и в то же время образуются новые термически конденсированные ароматические соединения вследствие химических реакций, вызванных воздействием высоких температур (González-Pérez et al., 2004). Термогравиметрический метод анализа позволяет охарактеризовать состав органического вещества постпирогенных почв по потере массы при различных температурах в условиях программируемого нагрева.

На рисунке приведены ДТГ-кривые образцов органогенных и органогенных пирогенных горизонтов, пройденных пожаром 8 лет назад. По форме ДТГ-кривых и температуре пиков образцы близки. Три пика на ДТГ-кривых соответствуют трем последовательным стадиям потери массы и обусловлены потерей гигроскопической влаги, деградацией термолабильных (полисахариды, протеины) и термостабильных (полифенольные и другие конденсированные ароматические соединения, включая лигнин) компонентов органического вещества соответственно (табл. 2).

Потеря массы вследствие удаления гигроскопической влаги (пик₁) была существенно больше для органогенного пирогенного горизонта, подвергавшегося пожару высокой интенсивности, по сравнению с контролем. Это свидетельствует о бóльшей гигроскопичности органогенного пирогенного горизонта, по-видимому, за счет присутствия частиц угля. Гигроскопическая влажность древесного угля может колебаться от 7 до 15 % при ~20 °С и влажности воздуха ~70–80 %.

Таблица 2

Параметры термодеструкции поверхностных органогенных и органогенных пирогенных горизонтов почв

Пр.пл.	T _{пик1} , °С	ПМ ₁ , %	T _{пик2} , °С	ПМ ₂ , %	T _{пик3} , °С	ПМ ₃ , %	ОМ, %
1	66,4±3,7	6,4±1,2	319,6±1,0	53,2±1,5	442,9±1,3	33,4±1,4	5,3±0,2
2	64,6±5,7	7,0±1,0	320,1±1,5	51,4±0,7	442,7±0,8	34,3±1,4	5,8±0,7
3	65,6±1,6	7,9±0,5	316,0±1,3	45,9±1,8	436,7±0,3	37,6±1,3	7,5±0,6

Примечание: T_{пик1}– температура пика, ПМ₁– потеря массы, ОМ – остаточная масса, ± – стандартное отклонение.

На термолабильные компоненты органического вещества (пик₂) приходится основная доля потери массы образцами, что согласуется с результатами других исследователей. Потеря массы образцом органогенного пирогенного горизонта после пожара средней интенсивно-

сти оказалась сопоставима с контролем. На Пр.пл. 3 выявлено значительное снижение доли термолабильных компонентов ОВ даже спустя 8 лет после прохождения пожара высокой интенсивности, а также более низкая температура пика на ДТГ-кривой. Это свидетельствует о медленном восстановлении органогенного горизонта почвы и о присутствии в составе ОВ более термолабильных соединений.

Доля термостабильных компонентов ОВ (пик₃) на Пр.пл. 2 была сопоставима с контролем, а на Пр.пл. 3 – выше на 4 %. При этом температура пика на ДТГ-кривой образца органогенного пирогенного горизонта Пр.пл. 3 оказалась ниже на 6 °С. Отчасти, это может быть обусловлено тем, что термодеструкция частиц угля, присутствующих в образце, протекает при более низкой температуре, чем основная часть ароматических соединений в образце органогенного горизонта контрольной Пр.пл. Это влияет на температуру пика на ДТГ-кривой. Наши предыдущие исследования термодеструкции частиц угля, образовавшихся при пожаре высокой интенсивности в сосняках Юго-Западного Прибайкалья, показали, что максимумы скорости потери массы наблюдались при температуре 362, 394, 456 и 636°С.

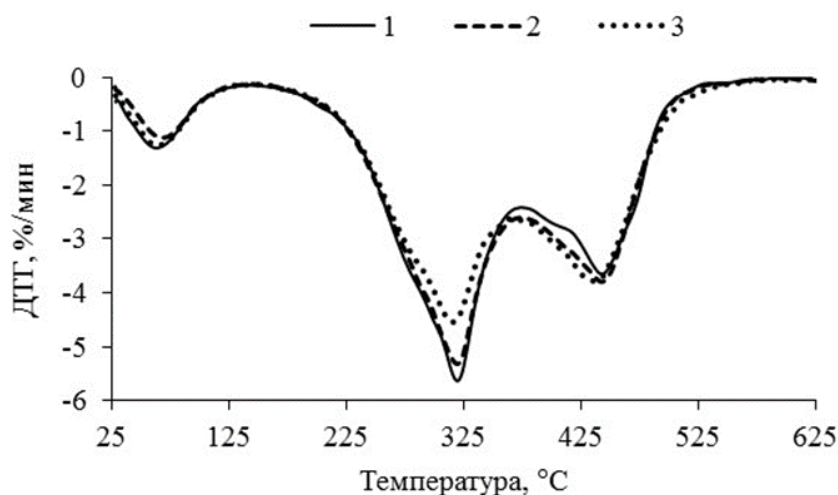


Рис. ДТГ-кривые образцов поверхностных органогенных и органогенных пирогенных горизонтов почв: 1 – Пр.пл.1, 2 –Пр.пл. 2, 3 –Пр.пл. 3

По сравнению с контролем, общая потеря массы ОВ (термолабильные и термостабильные компоненты) на Пр.пл. 3 ниже, а доля остаточной массы выше, что указывает на увеличение доли минеральных веществ в органогенном пирогенном горизонте после пожара высокой интенсивности.

Спустя 8 лет после пожара средней интенсивности мы не выявили существенных изменений в параметрах термодеструкции органогенного пирогенного горизонта, что, по-видимому, обусловлено меньшим воздействием огня и более быстрым восстановлением напочвенного покрова, следовательно, и поступлением растительных остатков на поверхность почвы.

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что прошедший низовой пожар высокой интенсивности в кедровнике кустарничково-зеленомошном оказал долговременное влияние на содержание и компонентный состав ОВ в поверхностном органогенном пирогенном горизонте почвы. Отмечено снижение относительного содержания ОВ и термолабильных компонентов в его составе при увеличении доли термостабильных полифенольных и конденсированных ароматических соединений.

ЛИТЕРАТУРА

Евдокименко М.Д. Лесозоологические последствия пожаров в светлохвойных лесах Забайкалья // Экология. 2011. № 3. С. 191–196.

Евдокименко М. Д., Краснощеков Ю.Н. Лесоэкологические последствия пирогенных аномалий в бассейне озера Байкал // Сибирский лесной журнал. 2017. № 4. С. 66–77.

Краснощеков Ю.Н. Почвы горных лесов Прибайкалья и их трансформация под влиянием пожаров // Почвоведение. 2018. № 4. С. 387–401.

Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 253 с.

González-Pérez J.A., González-Vila F.J., Almendros G., Knicker H. The effect of fire on soil organic matter – A review // Environment International. 2004. Vol. 30. P. 855–870.

УДК 631.4:631.841.42

**Влияние интенсивности пожаров на свойства почв
в сухих сосновых лесах Западного Забайкалья***Шахматова Е.Ю.*

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, ekashakhmat@mail.ru

Аннотация. В сосновых лесах Западного Забайкалья исследовались почвы гарей, образованных низовыми пожарами различной интенсивности. Выявлена дифференциация морфологических, физических и химических свойств почв, связанная с интенсивностью пирогенного воздействия. Установлено, что водопроницаемость почв, гигроскопическая влажность, общая порозность, содержание углерода, азота, обменных катионов, оксалатрасстворимого железа заметно различались в верхних горизонтах почв в исследуемых сосняках, подвергнутых низовым пожарам. Увеличение интенсивности огня вызвало более значительные и длительные по степени проявления пирогенные изменения свойств почв, что было обусловлено высокими температурами горения. В связи с этим, пожары средней и высокой интенсивности несут негативные последствия, так как являются причиной частичной или полной трансформации почв сосновых лесов региона.

**Influence of the severity of fires on the properties
of soils in dry pine forests of Western Transbaikalia***Shakhmatova E.Yu.*

Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, Russia, ekashakhmat@mail.ru

Abstract. Soils of burnt areas formed by ground fires of varying intensity in the pine forests of Western Transbaikalia were studied. The differentiation of morphological, physical and chemical properties of soils, associated with the intensity of the pyrogenic effect, was revealed. It was found that water-repellency of soils, air-dry moisture content, total porosity, the content of carbon, nitrogen, exchangeable cations, oxalate-soluble iron differed markedly in the upper soil horizons in the studied pine forests exposed to ground fires. An increase in the intensity of fire caused more significant and prolonged pyrogenic changes in soil properties, which was caused by a high combustion temperatures. Therefore, the influence of fires of medium and high intensity has negative consequences, since it is the cause of partial or total transformation of the soils of the pine forests in the region.

Пожары являются одним из ведущих факторов трансформации и деградации лесных почв. Хорошими индикаторами влияния пожаров на почвы служат постпирогенные признаки, отражающие изменения свойств почв. В зависимости от интенсивности воздействия огня эти изменения могут быть слабовыраженными или сильными, поверхностными или глубокими и, соответственно обладать кратковременным или длительным эффектом их проявления.

Известно, что при слабом пирогенном воздействии послепожарные следы отмечаются в подстилке и в верхних органогенных горизонтах профиля почв, а при сильном влиянии выражены и в минеральной части профиля, что может служить причиной деградации почв (Краснощеков, 2018; Pereira et al., 2018). Поэтому, для лучшего понимания постпирогенной реакции почв необходима оценка кратковременного и долговременного изменения их свойств, в связи с различной интенсивностью огня.

Почвы сосновых лесов в Западном Забайкалье формируются при активном воздействии пирогенного фактора, что обусловлено, засушливостью климата, рельефом и освоенностью территории. Как показано ранее, преобладающие в регионе низовые пожары в большей степени трансформируют нижние ярусы растительности и почвы (Шахматова, 2017). Тем не менее, не до конца изучено изменение почв под воздействием пожаров различной интенсивности.

Цель данной работы: оценить влияние пожаров на свойства почв на гарях, образованных низовыми пожарами разной интенсивности, а также временную динамику постпирогенных изменений.

Данные исследования проводились в сосновых лесах, расположенных в среднем течении реки Уда, в бассейне ее левого притока реки Воронка (Тарбагатайский район Республики Бурятия). Для оценки пирогенного воздействия на почвы были заложены серии пробных площадей (ПП) размером 20x25 м на гарях, сформированных низовыми пожарами различной интенсивности: I серия после пожаров слабой интенсивности (на 1-летней, 3-летней и 15-летней гарях), II серия после пожаров средней интенсивности (на 1-летней, 5-летней и 10-летней гарях) III серия после пожаров высокой интенсивности (на 1-летней, 3-летней и 10-летней гарях). Характеристики пробных площадей даны в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики пробных площадей

Местоположение	№ пробной площади	Возраст после пожара	Интенсивность пожара	Возраст насаждений	Тип леса
51° 37' 15.8" N, 107° 51' 15.0" E	ПП6-09	1 год	слабая	20-35	Сосняк редкотравный
51° 44' 13.5" N, 107° 47' 25.2 E	ПП3-12	3 года		35-40	Сосняк рододендроноворазнотравный
51° 37' 27.8" N, 107° 51' 03.6" E	ПП6-12	15 лет		20-30	Сосняк рододендроновокострецово-редкотравный
51° 37' 51.0" N, 107° 51' 18.3" E	ПП1-08	1 год	средняя	60-100	Сосняк мертвопокровный
51° 44' 07.0" N, 107° 47' 86.3" E	ПП2-08	5 лет		70-110	Сосняк злаково-разнотравный
51° 40' 75.3" N, 107° 48' 07.2" E	ПП3-08	10 лет		60-100	Сосняк рододендроноворазнотравно-лишайниковый
51° 43' 98.0" N, 107° 49' 16.8" E	ПП1-09	1 год	высокая	15-40	Сосняк мертвопокровный
51° 43' 58.5" N, 107° 49' 10.3" E	ПП4-12	3 года		20-40	Сосняк рододендроноворазнотравный
51° 43' 58.5" N, 107° 49' 10.3" E	ПП4-19	10 лет		20-40	Сосняк рододендроноволишайниковоразнотравный

На ПП измерялась мощность подстилки, определялась водопроницаемость почв, закладывались почвенные разрезы, изучалась морфология почв, отбирались образцы почв на физические и химические исследования. Давность пожаров определяли согласно «Книгам учета лесных пожаров» и отчетам агентства лесного хозяйства Республики Бурятия. Интенсивность или сила пожара рассчитывалась как обратная регрессия – высота пламени по высоте нагара на стволах деревьев согласно методическим рекомендациям П.А. Цветкова (Цветков, 2006). Определения основных физических и химических свойств почв выполнялись общепринятыми методами.

В почвенном покрове территории преобладающим типом почв являются дерново-подбуры, развитые на покровных песках. Общее строение профиля почв следующее: O – A_У – BF₁ – BF₂ – C. Анализ морфологии почв показал, после пожаров слабой интенсивности незначительные и кратковременные изменения свойств лесной подстилки и гумусового горизонта почв заметны в первый послепожарный год. После пожаров средней и сильной интенсивности в связи с трансформациями древостоя и подлеска, живого напочвенного покрова, происходят преобразования в подстилке и свойствах органогенных горизонтов почв. Важные характеристики почв, которые являются индикаторами воздействия огня на почву, это – цвет почвы, структура, гранулометрический состав, плотность твердой фазы, гигроскопическая влажность, водопроницаемость, рН, содержание обменных катионов и железа. По-

явление при пожаре углей и углистой пыли в лесной подстилке резко ухудшает физические свойства почв.

Почвы на горях характеризуются супесчаным гранулометрическим составом с низким содержанием илистой (<0,001 мм) фракции. Выявлено более заметное увеличение ила в гумусовых горизонтах почв на свежих горях и после пожаров сильной интенсивности, а также уменьшение этой фракции в почвах с более ранним пирогенным воздействием (табл. 2).

Таблица 2

Физические свойства горизонта АУ дерново-подбуров на пробных площадях

№ пробной площади	Глубина, см	Плотность сложения, г/см ³	Содержание частиц <0.001 мм	Общая порозность	Гигровлага	Коэффициент фильтрации K ₁₀ (мм/мин)
ПП6-09	1-4	1,35	2,73	49	1,13	6,57
ПП3-12	1-4/5	1,29	2,75	55	1,26	7,55
ПП6-12	1,5-6/7	1,15	2,90	57	1,55	8,41
ПП1-08	1-5	1,45	2,93	44	0,97	4,95
ПП2-08	1-8	1,38	2,42	47	0,76	5,27
ПП3-08	1-4	1,24	5,43	51	1,45	7,27
ПП1-09	1-4	1,67	3,26	42	0,75	2,89
ПП4-12	1-4	1,45	4,12	43	0,83	4,53
ПП4-19	1,5-5	1,30	4,97	49	0,95	6,41

В связи с нарушением структуры почв происходит уменьшение ее водопроницаемости, определяемой коэффициентом фильтрации воды в почвах. Это связано с уплотнением подстилки и гумусового горизонта, увеличением гидрофобности поверхности почвы и уменьшением объема влагопроводящих пор за счет заполнения их продуктами горения. Установлено, что с увеличением интенсивности пожаров и сгоранием органики, уменьшается содержание гигровлаги. Высокоинтенсивные пожары вызывали сильные изменения как физических, так и химических свойств дерново-подбуров (табл. 3).

Таблица 3

Химические свойства горизонта АУ дерново-подбуров на пробных площадях

№ пробной площади	Глубина, см	рНводн.	С	Азот	Обменные катионы, смоль (экв)/кг		Fe _{ок} , %
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	
ПП6-09	1,5-6	6,5	1,1	0,08	9,8	2,7	0,60
ПП3-12	1-6	6,2	1,1	0,11	9,6	2,1	0,55
ПП6-12	1,5-6	6,2	1,0	0,13	8,1	2,3	0,50
ПП1-08	1-5	6,5	1,5	0,07	10,8	9,5	0,64
ПП2-08	1-8	6,3	1,0	0,06	8,3	6,7	0,60
ПП3-08	1-4	6,1	1,1	0,08	14,3	3,6	0,48
ПП1-09	1-4	6,6	1,6	0,07	18,9	3,1	0,65
ПП4-12	1-4	6,5	1,3	0,07	15,3	3,3	0,58
ПП4-19	1,5-5	6,2	1,2	0,09	13,7	3,5	0,55

Было выявлено увеличение значения рН, обменных катионов, оксалатрастворимого железа, наряду с уменьшением содержания азота в почвах на свежих горях и после пожаров сильной интенсивности. Для почв характерны низкие показатели углерода и наблюдается его накопление сразу после воздействия огня. Также выявлено его снижение после средне- и высокоинтенсивных пожаров в почвах на старых горях.

Таким образом, выявленная дифференциация свойств почв после низовых пожаров тесно связана с интенсивностью пирогенного воздействия и длительностью постпирогенного пе-

риода. Пожары средней и высокой интенсивности, являясь причиной глубоких и длительных трансформаций почв, могут приводить к неблагоприятным почвенно-экологическим последствиям в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

Шахматова Е.Ю. Изменение свойств подстилки и почв на гарях в сосновых лесах Западного Забайкалья // Наука и образование. 2017. № 3. С. 101–106.

Краснощеков Ю.Н. Почвы горных лесов Прибайкалья и их трансформация под влиянием пожаров // Почвоведение. 2018. № 4. С. 381–401.

Цветков П.А. Нагар как диагностический признак // Хвойные бореальной зоны. 2006. Т. 23. № 3. С. 132–137.

Pereira P., Francos M., Brevik E.C., Ubeda X and Bogunovic I. Post-fire soil management // Current Opinion in Environmental Science & Health. 2018. Vol. 5. P. 26–32.

УДК 550.42(571.53)

Почвы Олхинского плато (Юго-Западное Прибайкалье) и содержание в них природных урана и тория

Швецов С.Г.

ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
shvetsov@sifibr.irk.ru

Аннотация. Были идентифицированы и исследованы следующие почвы: подзол иллювиально-железистый, дерново-подбур иллювиально-железистый оподзоленный, дерново-подбур иллювиально-железистый, дерново-элювозем глеевый. Валовое содержание урана в верхних горизонтах изменялась от 4,2 мг/кг в дерново-элювоземе глеевом до 6,6 мг/кг в дерново-подбуре иллювиально-железистом оподзоленном. Валовое содержание тория изменялось от 13,2 в дерново-элювоземе глеевом до 18 мг/кг в дерново-подбуре иллювиально-железистом. Проведенное исследование показывает, что содержание и распределение урана и тория в профиле таежных почв определяется, прежде всего, их концентрацией в почвообразующих породах и, по-видимому, другими особенностями почвообразования (климат, растительность, рельеф) на данной территории.

The content of natural uranium and thorium in the soils of the Olkhin plateau (Southwest Pribaikalye)

Shvetsov S.G.

Siberian Institute of Physiology and Plant Biochemistry, SB RAS, Irkutsk, shvetsov@sifibr/irk.ru

Abstract. The following soils were identified and investigated: podzols illuvial-ferruginous, sod-podbur illuvial-ferruginous, sod-podbur illuvial-ferruginous podzolic, sod-eluvozem gleyevy. Gross uranium content in the upper horizons varied from 4.2 mg/kg in the sod-eluvozem gleyevy to 6.6 mg/kg in the sod-podbur illuvial-ferruginous podzolic. Gross thorium content varied from 13.2 in the sod-eluvozem gleyevy to 18 mg/kg in the sod-podbur illuvial-ferruginous. The study shows that the content and distribution of uranium and thorium in the profile of taiga soils is determined, first of all, by their concentration in soil-forming rocks and, apparently, by other features of soil formation (climate, vegetation, terrain) in the area.

В настоящей работе приводятся результаты изучения таежных почв Олхинского плато и содержания в них естественных урана и тория. Район исследования расположен на территории бассейнов рек Малой Олхи и Большой Олхи на юго-западе Прибайкалья (40-60 км к югу от Иркутска). Это низкогорный переходный участок между восточными отрогами Восточного Саяна, хребта Тункинские гольцы и южной оконечностью Приморского хребта (Атлас Иркутской области, 1962). Здесь преобладают породы архейского возраста – граниты, гнейсы, мигматиты. Кембрийские породы представлены известняками, доломитами, алевролитами, песчаниками, ближе к Иркутску увеличивается доля пород юрского возраста (песчаники, алевролиты, конгломераты). Рельеф района холмисто-увалистый с округлыми и плоскими вершинами, неглубокими падами и распадками с большим количеством выходов на поверхность коренных горных пород в виде скал-останцов. На плоских поверхностях преобладают леса сосновые и лиственнично-сосновые бруснично-разнотравные часто с багульником, голубикой и подлеском из душекии; на склонах – лиственничные кустарничково-моховые леса (Белов А.В., 1973). Климат территории оптимально влажный, с умеренно теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой. Почвы формируются на элюво-делювиальных отложениях обычно легкосуглинистого состава со слабой или средней щебнистостью. На вершинных частях рельефа обычно встречаются подзолы; подбуры – на теневых склонах; дерново-подбуры – на склонах южной и юго-западной экспозиций. По днищам падей расположены оглеенные формы этих почв и дерново-элювоземы (Кузьмин В.А., 1988).

В ходе работы изучали морфологию почв; в почвенных образцах определяли $pH_{водн}$, содержание углерода, емкость катионного обмена по общепринятым методикам; содержание

урана и тория определяли по описанной ранее методике (Швецов С.Г., Воронин В.И., 2017). Подвижная фракция исследуемых элементов в почве оценивалась по их содержанию в кислотном (1 м НС1) экстракте. Для определения типологической принадлежности почв использовалась классификация 2004 года (Классификация ..., 2004). Были идентифицированы и исследованы следующие почвы: подзол иллювиально-железистый, дерново-подбур иллювиально-железистый оподзоленный, дерново-подбур иллювиально-железистый, дерново-элювозем глеевый. Количественные показатели приведены в таблице.

Подзол иллювиально-железистый. Почвенный разрез заложен на склоне северо-западной экспозиции (уклон 5°) в сосновом лесу (около 100 лет) с подростом сосны (5-7 лет, 30-70 см), березы (1,5-2,5 м), осины, ольхи. Кустарники и кустарнички – голубика, брусника, багульник болотный. Поверхность почвы бугристая, покрытая зеленым мхом, присутствуют выходы скальной породы. Почвообразующая порода – элювий продуктов выветривания архейских пород. Морфологические признаки почвы: горизонт O – буро-коричневый, рыхлый слой растительных остатков, залегает под слоем опада толщиной около 5 мм; горизонт AYe, серовато-бурый комковато-мелкозернистый легкий суглинок, в нижней части горизонта наблюдаются осветленные прослойки и пятна; горизонт BF –, коричневато-бурый легкий суглинок со слабовыраженной комковато-зернистой структурой; горизонт C, буроватый легкий суглинок, с большой примесью дресвы и камней. Толщина почвенного слоя (горизонты O, AYe, BF) – 28 см.

Дерново-подбур иллювиально-железистый оподзоленный. Почвенный разрез заложен в 350 м к западу от скалы-останца («Идол») на склоне 10-15° западной экспозиции в сосновом лесу с примесью лиственницы (в подросте сосна, береза, осина, редко - кедр), кустарники – багульник болотный, брусника. Поверхность почвы бугристая, валежник, редко валуны скальной породы. Почвообразующая порода – элюво-делювий продуктов выветривания архейских пород. Морфологические признаки почвы: горизонт O – буро-коричневый, рыхлый слой остатков растений, залегает под слоем опада толщиной около 5 мм; горизонт AYe – серовато-бурый комковато-мелкозернистый легкий суглинок, в нижней части горизонта осветленные прослойки и пятна; горизонт BF – коричневато-бурый легкий суглинок со слабовыраженной комковато-зернистой структурой; горизонт C – серовато-светлобурый легкий суглинок, с большой примесью дресвы и камней, бесструктурный. Толщина почвенного слоя 27 см.

Дерново-подбур иллювиально-железистый. Почвенный разрез заложен на террасе на левом берегу р. Олха, в 150 м от русла, в сосновом с примесью лиственницы лесу. В подросте сосна, кедр, береза, кустарники – багульник болотный, брусника, мох зеленый. Поверхность ровная, изредка встречается валежник. Почвообразующая порода – элюво-делювий продуктов выветривания горных пород архейского возраста. Морфологические признаки почвы: горизонт AY – серовато-светлобурый легкий суглинок, с комковатой структурой; горизонт BF – буровато-охристая супесь см слабо выраженной комковатой структурой; горизонт C – светло-бурая супесь. Толщина почвы (горизонты AY и BF) – 28 см.

Дерново-элювозем глеевый. Почвенный разрез заложен в пади левого притока р. Олхи в 300 м на запад от крупного скальника-останца («Витязь») в 40 м от русла безымянного ручья. Смешанный разреженный лес: сосна, ель, береза; голубика, ольха, обильно – кипрей, осока, поверхность ровная. Почвообразующая порода – элюво-пролювий архейских пород. Морфологические признаки: горизонт AY – серый средний суглинок с неясной комковатой структурой, уплотненный; горизонт EL – светло-серый, дресвяный, мелкозем легкий суглинок, бесструктурный, уплотненный; горизонт DG – серовато-сизый с ржавыми пятнами и разводами средний суглинок, бесструктурный. Толщина почвенного слоя (горизонты AY и EL) – 25 см.

Приведенные данные показывают, что обследованные почвы имеют укороченный профиль, от 25 до 28 см, маломощный гумусовый горизонт, кислую реакцию. Емкость катионного обмена в почвенных горизонтах изменялась от 48 в горизонте BF дерново-подбуре иллювиально-железистом оподзоленном до 18 мг-экв/100 г почвы в горизонте DG дерново-

элювозема глеевого. Содержание органического углерода было наибольшим (46-54%) в достаточно маломощных подстильно-торфяных горизонтах O. В серогумусовых горизонтах АУ содержание органического углерода изменялась в интервале от 5,1 до 2,3%. Эти показатели характерны для горно-таежных почв региона (Кузьмин, 1988).

Таблица

Распределение рН_v, органического углерода, емкости катионного обмена, валового и подвижного урана и тория в исследуемых почвах

Почва	Горизонт, глубина	рН _v	С, %	ЕКО, мг-зкв на 100 г	Уран, мг/кг		Торий, мг/кг	
					Общий	Подвижный	Общий	Подвижный
Подзол иллювиально-железистый.	O, 0-9 см	4,5	46	47	2,3	0,122	4,2	0,327
	E, 9-13 см	4,2	1,4	18	4,2	0,096	13,8	0,168
	BF, 13-28 см	5,5	1,6	44	5,5	0,145	15,3	0,223
	C, 28-50 см.	5,8	0,5	31	4,7	0,136	17,3	0,260
Дерново-подбур иллювиально-железистый оподзоленный	O, 0-5 см	5,4	4,5	57	1,5	0,105	3,4	0,271
	AУe, 5-10 см	5,1	5,2	40	6,6	0,172	15,2	0,293
	BF, 10-27 см	2,2	5,5	48	4,8	0,168	17,9	0,223
	C, 27-45 см	0,3	5,8	27	4,0	0,104	15,3	0,157
Дерново-подбур иллювиально-железистый	AУ, 0-8 см,	5,5	4,2	42	6,5	0,212	18,0	0,455
	BF, 8-28 см	5,2	1,2	27	4,6	0,134	13,3	0,257
	C, 28-50 см	5,5	0,2	18	3,3	0,111	11,8	0,232
Дерново-элювозем глеевый	AУ, 0-10 см	5,7	2,3	30	4,2	0,128	13,2	0,256
	EL, 10-25 см	5,0	1,2	19	3,6	0,101	10,7	0,184
	DG, 25-65 см	5,5	0,2	18	3,8	0,115	9,8	0,220

Валовое содержание урана в верхних горизонтах изменялась от 4,2 мг/кг в дерново-элювоземе глеевом до 6,6 мг/кг в дерново-подбуре иллювиально-железистом оподзоленном. Валовое содержание тория изменялось от 13,2 в дерново-элювоземе глеевом до 18 мг/кг в дерново-подбуре иллювиально-железистом. Эти значения существенно (в 2-3 раза) превысили величины, полученных нами для почвообразующих пород лесных экосистем, расположенных севернее исследуемого района, формирующихся на продуктах выветривания юрских и кембрийских пород (Швецов, Воронин, 2017). В целом, содержание урана и тория в почвообразующих породах исследуемых почв отражало их повышенную концентрацию в коренных горных породах, характерных для данной территории (Гребенщикова, Китаев и др., 2009, 2010). Распределение радионуклидов по почвенному профилю было различным. Так, в подзоле иллювиально-железистом концентрация урана и тория увеличивалась с глубиной, в дерново-подбуре иллювиально-железистом оподзоленном наивысшая концентрация урана и тория наблюдалась в иллювиальном горизонте. В дерново-подбуре иллювиально-железистом содержание исследуемых радионуклидов было наибольшим в серогумусовом горизонте АУ уменьшалось вниз по профилю. В дерново-элювоземе глеевом распределение радионуклидов было более равномерным.

Доля подвижных форм урана и тория не превышала нескольких процентов от их валового содержания и была наиболее высокой в горизонте «O» подзола иллювиально-железистого (уран – 5,3%; торий – 7,5%) и дерново-подбура иллювиально-железистого оподзоленного (уран – 7%; торий – 8%). В минеральных горизонтах почв относительное содержание подвижных форм исследуемых радионуклидов резко понижалась, причем доля подвижного урана была существенно выше, чем доля подвижного тория. Повышенное содержание подвижных урана и тория в органогенных горизонтах исследуемых почв было связано, воз-

можно, с высоким относительным содержанием этой формы в растительном опаде, который изначально формировал верхний горизонт почвы.

Проведенное исследование показывает, что содержание и распределение урана и тория в профиле таежных почв определяется, прежде всего, их концентрацией в почвообразующих породах и, по-видимому, другими особенностями почвообразования (климат, растительность, рельеф) на данной территории.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас Иркутской области. – М. – Иркутск: ГУГК, 1962. – 182 с.

Белов А.В. Карта растительности юга Восточной Сибири. Принципы и методы составления // Геоботаническое картографирование. – Л., 1973. – С. 16–30.

Гребенщикова В.И., Китаев Н.А., Лустенберг Э.Е., Медведев А.И., Ломоносов И.С., Карчевский А.Н. Распределение радиоактивных элементов в окружающей среде Прибайкалья (Сообщение 1. Уран). Сиб.экол. журн. 2009. № 1. С. 17-28

Гребенщикова В.И., Китаев Н.А., Лустенберг Э.Е., Медведев А.И., Ломоносов И.С., Карчевский А.Н. Распределение радиоактивных элементов в окружающей среде Прибайкалья (Сообщение 2. Торий и цезий-137). Сиб. экол. журн. 2010. № 3. С. 493-503.

Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И Герасимова – Смоленск: Ойкумена, 2004.- 324 с.

Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988. – 175 с.

Швецов С.Г., Воронин В.И. Распределение урана и тория в почве и растениях Восточной Сибири (Иркутская область) // Журнал СФУ. Биология, 2017, С.12-24.

УДК 57.08 (574.9)

Разработка подходов молекулярной идентификации редких видов растений Южной Сибири с целью контроля за их хозяйственным использованием на примере *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Пжн

Швецова Н.А.^{1,2}, Павличенко В.В.², Протопопова М.В.²

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, shvecovanatasha1997@gmail.com

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, marina.v.protopopova@gmail.com

Аннотация. Работа была направлена на адаптацию подходов ДНК-штрихкодирования для молекулярной идентификации марального корня, *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Пжн. Благодаря своим лекарственным свойствам вид подвержен неконтролируемому и незаконному сбору из природных популяций. На сегодняшний день, вид нуждается в охране и включен в Красные книги РФ и отдельных ее субъектов. Исследование проводили с использованием растений из природных популяций хр. Хамар-Дабан. В качестве молекулярных маркеров использовали нуклеотидные последовательности ядерной (ITS1-ITS2) и пластидной (*rbcL*) ДНК. Были установлены оптимальные параметры выделения суммарной ДНК, амплификации молекулярных маркеров и определены их нуклеотидные последовательности. Показано, что нуклеотидные последовательности ITS1-ITS2 и участка гена *rbcL* могут быть использованы для видовой идентификации *Rh. Carthamoides* с хр. Хамар-Дабан.

Development of molecular identification approaches to control the economic applications of South Siberian rare plant species using *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Пжн as an example

Shvetsova N.A.^{1,2}, Pavlichenko V.V.², Protopopova M.V.²

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, shvecovanatasha1997@gmail.com

²Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, marina.v.protopopova@gmail.com

Abstract. The study was aimed at adapting DNA-barcoding approaches for molecular identification of *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Пжн. Due to its officinal properties, the species is susceptible to uncontrolled and illegal harvesting from natural populations. Today, the species needs to be protected and therefore is included in the Red Data Books of the Russian Federation and the certain regions. The study using natural population plants from the Khamar-Daban Ridge were carried out. The nucleotide sequences of nuclear (ITS1-ITS2) and plastid (*rbcL*) DNA were used as molecular markers. The optimal parameters of total DNA isolation, molecular markers amplification established and their nucleotide sequences were determined. It was shown that the nucleotide sequences of the ITS1-ITS2 and part of *rbcL* gene can be used for the species identification of *Rh. carthamoides* from the Khamar-Daban Ridge.

В настоящее время активно развиваются методы молекулярной идентификации организмов, которые позволяют быстро и эффективно устанавливать их видовую принадлежность, в том числе по поврежденным, неполным частям или даже фрагментам организма. Использование этих подходов особенно актуально, когда определение образцов по морфологическим критериям является затруднительным. Суть метода заключается в определении уникальных нуклеотидных последовательностей коротких участков генома (молекулярных маркеров), которые будут являться генетическим штрих-кодом вида. Этот принцип лег в основу проекта по созданию глобальной генетической базы данных (BOLD) для идентификации организмов, а метод получил название ДНК-штрихкодирование (Hebert, 2003). Этот подход позволяет эффективно контролировать происхождение биологического сырья и готовых товаров на его основе с целью противодействия их фальсификации и незаконному промыслу редких видов (Протопопова, 2016).

В качестве универсального маркера для ДНК-штрихкодирования животных успешно используется последовательность фрагмента гена цитохром С оксидазы (*coxI*) (Hebert, 2003). В то же время, в виду отсутствия универсальных маркеров для идентификации растений, тре-

буется разработка таксоноспецифических методов (Protopopova et al., 2019). Целью данной работы была разработка подходов идентификации *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin с помощью ДНК-штрихкодирования.

Rh. carthamoides, большеголовник сафлоровидный (маралий корень) [\equiv *Leuzea carthamoides* (Willd.) DC. \equiv *Fornicium carthamoides* (Willd.) Kamelin] относится к семейству астровых и является уязвимым видом, включен в Красные книги Российской Федерации (2008), Кемеровской области (2012), Красноярского Края (2012), Республики Бурятия (2013), Республики Алтай (2017) и Иркутской области (2020).

Разработку подходов ДНК-штрихкодирования *Rh. carthamoides* проводили с использованием растений, собранных из природных популяций северного макросклона хр. Хамар-Дабан (верховья р. Сайбат и р. Снежная). Суммарную ДНК выделяли из высушенных в силикагеле листьев с использованием СТАВ метода с авторскими дополнениями (Protopopova et al., 2019). Для оценки чистоты препарата суммарной ДНК вычисляли отношение поглощения растворов при $\lambda = 260$ нм и 280 нм ($A_{260/280}$). Оценку качества препаратов общей ДНК проводили с помощью горизонтального электрофореза в агарозном геле. В качестве молекулярных маркеров в работе использовали нуклеотидные последовательности ядерной (ITS1-ITS2) и пластидной (участок гена *rbcL*) ДНК. Амплификацию ITS1-ITS2 региона проводили с использованием высокоточной Q5 ДНК-полимеразы (NEB, #M0491S) и универсальных праймеров на фланкирующие последовательности генов 18S и 26S рибосомальной РНК (Protopopova et al., 2019) в финальном объеме реакционной смеси – 25 мкл. Амплификацию *rbcL* проводили с использованием GoTaq Flexi ДНК-полимеразы (Promega, #M8295) и праймеров aF и cR для *Nicotiana tabacum* (Hasebe et al., 1994) в финальном объеме ПЦР смеси –

20 мкл. Для определения эффективных параметров амплификации отжиг праймеров проводили в течении 20 с (для Q5 ДНК-полимеразы) и 30 с (для GoTaq Flexi ДНК-полимеразы) в условиях температурного градиента, который устанавливали исходя из рассчитанных температур отжига праймеров с использованием online ресурсов фирм-производителей использованных ДНК-полимераз. Температурный градиент отжига праймеров для амплификации ITS1-ITS2 региона устанавливали в диапазоне 54,6-61°C, для *rbcL* – 56,3-64°C. Эффективность амплификации оценивали с помощью гель-электрофореза по интенсивности окрашивания полученных ПЦР-продуктов бромистым этидием и отсутствию неспецифически амплифицированных фрагментов. Выделение и очистку ПЦР продуктов проводили с использованием набора GeneJET Gel Extraction Kit (Thermo Fisher Scientific, США). Секвенирование ампликонов проводили по методу Сэнгера с использованием набора BigDye Terminator Cycle Sequencing kit v. 3.1 (Applied Biosystems, США) на генетическом анализаторе серии 3500 (Applied Biosystems, США). Полученные нуклеотидные последовательности идентифицировали с помощью алгоритма blastn (NCBI), осуществляющего поиск схожих последовательностей в генетической базе данных GenBank. Выравнивание последовательностей, полученных нами и экспортированных из GenBank, проводили с помощью алгоритма MUSCLE. Филогенетический анализ проводили в MEGA v. 7.0.26 с помощью метода ближайших соседей (NJ) с учетом нескорректированной *p*-дистанции для оценки возможности идентификации последовательностей путем их кластеризации и метода максимального правдоподобия (ML) с учетом оптимальных моделей нуклеотидных замен для установления филогении. Оценку достоверности филогении проводили с использованием bootstrap-метода при 1000 повторениях. Эффективность использования ITS1-ITS2 и *rbcL* в идентификации также оценивали с использованием критерия «best close match» в программе TaxonDNA v. 1.8. (Meier et al., 2006).

Концентрация суммарной ДНК в полученных образцах составила от 339 до 485 нг/мкл. Показатель $A_{260/280}$ находился в диапазоне 1,94 – 1,97, что свидетельствует об отсутствии белковой контаминации. Результаты электрофореза показали, что во всех образцах ДНК находилась в высокомолекулярной области, а степень ее деградации была незначительной. На следующем этапе были определены оптимальные температурные параметры проведения ПЦР для амплификации выбранных молекулярных маркеров. Наибольшую эффективность отжига праймеров для ITS1-ITS2 региона наблюдали при температурах 60,4-61°C. Отжиг

праймеров на фрагмент гена *rbcL* происходил с одинаковой эффективностью в пределах всего использованного температурного диапазона. Секвенирование амплифицированных фрагментов и последующее сопоставление полученных нуклеотидных последовательностей с информацией из GenBank подтвердило специфичность прохождения реакции для использованных маркеров. Размер полученного выравнивания для *rbcL* составил 1288 п.о., из них информативных сайтов (parsimony-informative sites) обнаружено только 6 (0,47%). Анализ участка *rbcL* гена с использованием 6 референтных последовательностей различных видов рода *Rhaponticum*, полученных из GenBank, выявил довольно низкий уровень межвидового полиморфизма ($p < 0.01$) в пределах рода. Анализ последовательностей из двух популяций *Rh. carthamoides* с хр. Хамра-Дабан не выявил наличие внутривидового полиморфизма, все последовательности объединялись в отдельную кладу как на NJ (bootstrap – 88), так и на ML–дереве (bootstrap – 85). Выявлен уникальный сайт, на 3'-концевом участке *rbcL*, который может быть использован для идентификации хамра-дабанских популяций. Возможность корректной идентификации последовательностей хамра-дабанских популяций в использованной выборке подтверждена также с помощью критерия best close match. Две последовательности *rbcL*, приведенные в GenBank для *Rh. carthamoides*, существенно (по 4 из 6 информативным сайтам) отличались от полученных нами и объединялись с *Rh. scariosum* Lam., *Rh. australe* (Gaudich.) Soskov и *Rh. coniferum* (L.) Greuter в общую кладу. С привлечением филогении, построенной на основе ITS1-ITS2, установлено, что эти неоднозначные последовательности *rbcL*, наиболее вероятно, принадлежат *Rh. cynaroides* (L.) O. Bolòs или *Rh. heleniifolium* Gren. & Godr. Длина анализируемого выравнивания с использованием 28 референтных последовательностей ITS1-ITS2 различных видов *Rhaponticum* вместе с участками инсерций/делеций составила 644 п.о. Филогенетический анализ показал, что все последовательности *Rh. carthamoides*, полученные нами и две, экспортированные из GenBank, образуют общую кладу как на NJ (bootstrap – 70), так и на ML–дереве (bootstrap – 86). Диапазон 95% значений попарных внутривидовых дистанций лежит в пределах 2%. В пределах значения 2% находятся только 14% попарных межвидовых дистанций, что может свидетельствовать о наличии разрыва между значениями меж- и внутривидовых дистанций – «barcoding gap». В то же время, критерий best close match показал, что не более 50% последовательностей в выборке могут быть однозначно идентифицированы до вида. Тем не менее, все последовательности *Rh. carthamoides* были корректно идентифицированы.

Таким образом, наши результаты показали, что использование описанной методики позволяет получать препараты суммарной ДНК из *Rh. carthamoides*, чистота и качество которых является достаточными для дальнейшего проведения ПЦР. Участок гена *rbcL* можно использовать для идентификации *Rh. carthamoides* с использованием фрагмента максимальной длины или же его 3'-концевого участка. По всей видимости, наиболее часто используемый в идентификации 5'-участок гена (*rbcLa*) может иметь меньшее значение для установления принадлежности *Rh. carthamoides*. Регион ITS1-ITS2 может также быть использован для видовой идентификации *Rh. carthamoides*, однако не всегда эффективен для других представителей рода.

Авторы благодарят ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН за предоставленный доступ к оборудованию и ЦКП «Биоресурсный центр» СИФИБР СО РАН за предоставленный доступ к работе с гербарием, д.б.н. Чепиного В.В. за помощь в морфологическом определении растений *Rh. carthamoides* из популяций с хр. Хамра-Дабан.

ЛИТЕРАТУРА

Протопопова М.В. Перспективы использования внутренних транскрибируемых спейсеров (ITS1 и ITS2) для идентификации редких видов растений на примере рода *Waldsteinia* (Rosaceae) // Известия иркутского государственного университета. Серия: биология. экология. 2016. № 17. С. 5-11.

Hasebe M. *rbcL* gene sequences provide evidence for the evolutionary lineages of leptosporangiate ferns // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1994. Vol. 91, I. 12. P. 5730-5734.

Hebert P.D.N., Ratnasingham S., Waard J.R. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species // *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 2003. Vol. 270, I. 1. P. 96-99.

Meier R., Shiyang K., Vaidya G., Ng P.K.L. DNA Barcoding and taxonomy in Diptera: a tale of high intraspecific variability and low identification success // *Syst. Biol.* 2006. Vol. 55. I. 5. P. 715–728.

Protopopova M., Pavlichenko V., Gnutikov A., Chepinoga V. DNA Barcoding of *Waldsteinia* Willd. (Rosaceae) Species Based on ITS and trnH-psbA Nucleotide Sequences. In: Bychkov I., Voronin V. (eds) *Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* // Cham: Springer Nature Switzerland. 2019. P. 107-115.

УДК 574:583 (285.2)

Особенности видового состава ракообразных (Crustacea, Copepoda: Calanoida, Cyclopoida) в водоемах Байкальской рифтовой зоны

Шевелева Н.Г.¹, Пенькова О.Г.², Криваль Е.А.³, Кривенкова И.Ф.⁴

¹Лимнологический институт СО РАН, 3, ул. Улан-Баторская, 664033, Иркутск, Россия
E-mail: shevn@lin.irk.ru

²Иркутский государственный университет, 3, ул. К. Маркса, 664003, Иркутск, Россия
E-mail: olg-penkova@yandex.ru

³Национальный парк «Тункинский», 69, ул. Ленина, 671010, Республика Бурятия, Россия
email ekrival@tunkapark.ru

⁴Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 16a, Nedorezova str., 672014, Chita, Russia
E-mail: krivenkova_iren@list.ru

Аннотация. Изучен таксономический состав ракообразных подкласса Copepoda отрядов Calanoida и Cyclopoida в водных объектах Тункинской долины, Станового и Потамского нагорий, территория которых входит в Байкальскую рифтовую зону (БРЗ). Наибольшее число таксонов (18 видов из 14 родов) отмечено в водоемах Тункинской долины. В водоемах Станового и Потамского нагорий найдено 11 видов из 10 родов. Общими для исследуемых озер БРЗ являются 3 вида каланид и 5 – циклопов. Из каланид это *Heterocope borealis*, *Acanthodiptomus tibetanus* и *A. denticornis*. В озерах Тункинской долины отмечен редкий для территории России вид *Arctodiptomus paulseni*. *A. tibetanus* и *A. paulseni* сохранились в рефугиумах плейстоценовых оледенений и, по всей вероятности, являются эндемиками этого региона.

Species composition of crustaceans (Crustacea, Copepoda, Calanoida, Cyclopoida) in water bodies of Baikal rift zone

Sheveleva N.G.^{1,2}, Pen'kova O.G., Krival E.A.³, Krivenkova I.F.⁴

¹Limnological Institute SB RAS, 3, ul. Ulan-Batorskaya, 664033, Irkutsk, Russia
E-mail: shevn@lin.irk.ru

²Irkutsk State University, ul. K. Marksa, 3, 664003, Irkutsk, Russia
E-mail: olg-penkova@yandex.ru

³Tunkinsky National Park, 69, ul. Lenina, 671010, Buryat Republic, Russia
E-mail: ekrival@tunkapark.ru

⁴Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, ul. Nedorezova, 16a, 672014, Chita, Russia
E-mail: krivenkova_iren@list.ru

Abstract. The taxonomic composition of the Copepoda subclass (Calanoida and Cyclopoida orders) in the water bodies of Tunka Valley, Stanovoy and Patomsky Range, the territory of which is a part of Baikal Rift Zone (BRZ) was studied. The largest number of the taxa (18 species of 14 genera) was recorded in Tunka Valley and 11 species belonging to 10 genera were encountered in the water bodies of Stanovoy and Patomsky mountain ranges. Three calanid (*Heterocope borealis*, *Acanthodiptomus tibetanus* and *A. denticornis*) and five cyclopoid species were common for all of the BRZ lakes studied. *Arctodiptomus paulseni* species rarely found in Russia was registered in lakes of Tunka Valley. *A. tibetanus* and *A. paulseni* species, most likely regional endemics, were found well preserved in the Pleistocene glacial refugia.

В неогеновый период в пределах Саяно-Байкальского свода проявились активные неотектонические движения, в ходе которых сформировалась новейшая тектоническая структура – Байкальская рифтовая зона (БРЗ), раскинувшаяся от озера Хубсугул на севере Монголии, через Байкал и далее на север Забайкалья и юго-западную окраину Республики Саха, общей протяженностью около 1800 км. В ходе рифтогенеза одни участки земной коры поднимались, и здесь формировались хребты, нагорья, высокие плоскогорья. В других местах земная кора опускалась, и тогда формировались впадины, часть из которых наполни-

лись водой, образуя озера. Геоморфологической особенностью территории БРЗ является система глубоких, линейно вытянутых впадин, простирающихся с юго-запада на северо-восток среди высоких горных хребтов.

Озера БРЗ являются резерватами реликтовой фауны и флоры (Плешанов, Тахтеев, 2008). На этой территории при неоднократных климатических изменениях представители фауны и флоры сохранились в качестве реликтовых популяций в рефугиумах. Большое число рефугиумов располагались в горных районах, которые сами по себе являются источниками эндемичных форм (Котов, 2016).

Материалом для данного сообщения послужили собственные сборы зоопланктона на двенадцати озерах Станового и Потамского нагорий и восьми водных объектов Тункинской долины. Орудием лова служила сеть Джели с конусом из мельничного сита (размер ячеи 100 мкм).

Состав веслоногих ракообразных зоопланктона исследуемых озер БРЗ представлен 21 видом, из них 8 – каланид и 13 – циклопов (табл.). Редкими видами для исследуемых водоемов БРЗ и в частности для высокогорных озер Восточной Сибири являются ракообразные *H. borealis*, *A. tibetanus*, *A. paulseni*, *C. scutifer*. Наиболее разнообразна фауна каланид и циклопов в водоемах Тункинской долины. Здесь нами найдено 18 таксонов, рангом ниже рода из них 5 вида каланид и 13 видов циклопов (Табл.). Каланиды *E. graciloides*, *A. denticornis* и *A. (Rh.) bacillifer* населяют, как правило, низменные и возвышенные равнины, редко встречаются в водоемах плоскогорья и среднегорья. Вид *A. tibetanus* и виды подрода *Arctodiatomus*, такие как *A. (S.) paulseni* – обитатели высокогорных водоемов. Они характерны для европейско-сибирской и восточно-сибирской фауны. *N. pachypoditus* относится к амуро-японской группе, обитает в водоемах возвышенных равнин и среднегорья (Степанова, 2011). Этот вид описан для Уссурийского края и ранее не был обнаружен западнее Байкала. *N. pachypoditus* был найден нами в водоеме на острове р. Ангары ниже плотины Иркутской ГЭС (Шевелева, Мишарина, Пенькова, 2017).

Наиболее разнообразна фауна циклопов. В исследуемых водоемах нами зарегистрировано 13 видов циклопов из 9 родов (табл.). По два вида содержат рода *Eucyclops*, *Cyclops*, *Megacyclops* и *Diacyclops*. Только пять видов присутствовали в озерах Тункинской долины и Станового и Потамского нагорий. Среди этих видов необходимо отметить *C. scutifer*. Наши исследования показали, что этот циклоп круглогодично обитает в водоемах Байкальской рифтовой зоны, и его популяция является одним из основных компонентов в сообществе зоопланктона (Sheveleva, Itigilova, Chananbaator, 2017). Известно, что *C. scutifer* населяет водоемы Северного полушария, предпочитает холодную воду, насыщенную кислородом.

Таким образом, нами изучен таксономический состав веслоногих ракообразных водоемов Байкальской рифтовой зоны, представленный 21 видом из 14 родов и 3 семейств. К редким ракообразным водоемов БРЗ, по всей вероятности, можно отнести *A. tibetanus* и *A. paulseni*, которые являются реликтами этого региона.

ЛИТЕРАТУРА

Котов А.А. Фаунистические комплексы Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) Восточной Сибири и дальнего Востока России // Зоол. Журнал, 2016. Т. 95. № 7. С. 748–768.

Плешанов А.С., Тахтеев В.В. Рефугиумы в Байкальской Сибири как резервуары уникального биоразнообразия. // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. Новосибирск: Наука. 2008. С. 358–370.

Степанова Л.А. Сравнительная морфология геникулирующей антеннулы пресноводных Calaniformes (Crustacea: Copepoda) и обоснование ее значения для таксономических построений на примере каланоид России // Биологическое разнообразие водных беспозвоночных в континентальных водоемах. СПб, 2011. С. 46–58.

Шевелева Н.Г., Мишарина Е.А., Пенькова О.Г. Редкие ракообразные (Crustacea: Branchiopoda, Maxilloroda) в водоемах Иркутской области // Изв. Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология» 2017. Т.19. С. 78–89.

Seveleva N.G., Itigiliva M.Ts., Chananbaator A. Morphology and biology of *Cyclops scutifer* Sars, 1863 in high mountain lakes of East Siberia (including Lake Amut) // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2017. vol.35. N 2. P. 258–264.

Таблица

Видовой состав ракообразных (Crustacea, Copepoda: Calanoida, Cyclopoidea) в озерах Байкальской рифтовой зоны

Вид	Озера Байкальской рифтовой зоны	
	Тункинская долина	Становое и Патомское нагорья
<i>Heterocope appendiculata</i> Sars, 1863	-	+
<i>Heterocope borealis</i> (Fischer, 1851)	+	+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	+	-
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski, 1887)	+	+
<i>Acanthodiptomus tibetanus</i> (Daday, 1908)	+	+
<i>Arctodiptomus</i> (Rh.) <i>bacillifer</i> (Koelbel, 1885)	-	+
<i>Arctodiptomus</i> (S.) <i>paulseni</i> (Sars, 1903)	+	-
<i>Neurodiptomus</i> (M.) <i>pachypoditus</i> (Rylov, 1925)	-	+
<i>Ectocyclops phaleratus</i> (Koch, 1838)	+	-
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	+	-
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+	+
<i>Eucyclops macruroides</i> (Lilljeborg,)	+	-
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	+	+
<i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863	+	+
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin, 18750)	+	-
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+	+
<i>Megacyclops gigas</i> (Claus, 1857)	+	-
<i>Diacyclops limnobioides</i> Kiefer, 1936	+	-
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	-
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	+	-
Итого	18	11

УДК 504.06+502.11

Исследование экосистемных функций/услуг древесных растений и почвенного покрова городских лесов Приангарья

Шергина О.В.¹, Михайлова Т. А.¹, Миронова А.С.¹

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, sherolga80@mail.ru

Аннотация. Исследования городских лесов проводились на территории Приангарья, в городах с высоким индексом загрязнения атмосферы (ИЗА до 20) и с высокой рекреационной нагрузкой. Получены данные для Иркутска, Ангарска, Усоля-Сибирского. Состояние лесных биогеоценозов оценивалось по параметрам древесных растений, лесной подстилки, горизонтов почвенного профиля. Исследовались морфоструктурные, физико-химические, биохимические, токсикологические показатели, отличающиеся высоким уровнем взаимных корреляций. Полученные результаты свидетельствуют, что степень выполнения регулирующей функции/услуги по поглощению поллютантов и очищению воздуха зависит не только от состояния городских лесов, она не равнозначна для лесов разных городов и более того – разных мест произрастаний и разных типов леса.

Research of ecosystem functions / services of tree-stands and the soil cover of the city forests in the Priangaria region

Shergina O.V.¹, Mikhailova T.A.¹, Mironova A.S.¹

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, sherolga80@mail.ru

Abstract. The studies of urban forests were carried out on the territory of the Priangaria region in cities with a high air pollution index (up to 20) and with a high recreational load. Data were obtained for Irkutsk, Angarsk, Usolye-Sibirskoye. The state of forest biogeocenoses was assessed by the parameters of woody plants, forest litter, horizons of the soil profile. A large set of indicators with a high level of cross-correlations was investigated– morphostructural, physical-chemical, biochemical, toxicological. The results obtained indicate that the degree of activity of the regulating function / service on the absorption of pollutants and air purification depends not only on the state of urban forests, it is not equivalent for the forests of different cities and, moreover, for different growing places and different types of forests.

Городские леса располагаются на землях городских поселений и входят в состав лесного фонда РФ. Существующая нормативная база отводит определяющее значение в создании и сохранении благоприятной экологической обстановки в городах именно этой категории лесов (Лесной кодекс, 2021). Поэтому необходимым и важным направлением городской экологии должно быть обеспечение сохранности этих лесных экосистем и повышение их природо-защитного потенциала с целью оптимального выполнения ими экосистемных функций и услуг. Важнейшие экосистемные функции/услуги лесов, в том числе городских, включают поддерживающие (круговорот питательных веществ, производство первичной продукции, почвообразование), которые необходимы для производства всех других экосистемных услуг, например, регулирующих (регулирование климата, очистка воздушной среды и других) (Пузаченко, 2012). В настоящее время исследования по этому направлению в России проводятся довольно активно, тем не менее, подходы и методы пока еще полностью не разработаны (Экосистемные..., 2016).

Цель нашей работы заключалась в исследовании экосистемных функций/услуг древесных растений и почвенного покрова городских лесов как важнейших компонентов, участвующих в создании комфортной среды на урбанизированных территориях. В данной работе рассматривается одна из наиболее актуальных для городов регулирующих функций/услуг – очищение воздушной среды города путем аккумуляции и детоксикации техногенных поллютантов почвенным покровом и поглощения и аккумуляции токсикантов в хвое и листьях древесных растений. Отправной точкой в исследованиях, на наш взгляд, должна быть наиболее полная оценка состояния рассматриваемых лесных экосистем, для чего требуется применение комплекса параметров (показателей), характеризующих их функционирование.

Исследования городских лесов проводились нами на территории Приангарья, в городах с высоким индексом загрязнения атмосферы (ИЗА до 20) и с высокой рекреационной нагрузкой, особенно на почвенный покров. Получены данные для Иркутска, Ангарска, Усолья-Сибирского. Состояние лесных биогеоценозов оценивалось по параметрам древесных растений, лесной подстилки, горизонтов почвенного профиля. Исследовались морфоструктурные, физико-химические, биохимические, токсикологические показатели, отличающиеся высоким уровнем взаимных корреляций, что отражает их индикационный характер в условиях негативного антропогенного воздействия.

Способность лесов выполнять исследуемую регулирующую функцию в первую очередь связана с процессами перераспределения биогеохимических потоков элементов и их соединений в экосистеме. Поскольку процесс миграции веществ во многом определяется кислотно-щелочными условиями среды, в городских лесах изучались изменения этих условий в системе «почва – растение» параллельно в хвое и листьях деревьев, лесной подстилке, надземной и подземной биомассе, гумусовых, минеральных, почвообразующих горизонтах почв. Результаты показали изменение кислотно-щелочного баланса в сторону увеличения щелочности, что особенно выражено в гумусовых горизонтах и лесной подстилке (рН достигает 8,5). Нарушение кислотно-щелочных условий в почвах приводило к изменению содержания обменных катионов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) в ППК, а также к накоплению и усилению миграции элементов-поллютантов, в том числе тяжелых металлов (ТМ), серы, хлора, фтора. Причем, активное перемещение и накопление подвижных форм ТМ происходило во всех генетических горизонтах, вплоть до почвообразующего. В то же время протекторная функция почвы проявлялась за счет адсорбции катионами ППК элементов-поллютантов, их иммобилизации вследствие образования соединений с низкой скоростью миграции, например, $K_2[Zn(OH)_4]$, $K_3[Cr(OH)_6]$, $K_3[Al(OH)_6]$, $Na_2[Pb(OH)_4]$, $Na_2[Zn(OH)_4]$, $Na_2[Cd(OH)_4]$, $Na[Al(OH)_4]$. Этот процесс способствовал уменьшению доступности токсичных ионов металлов для растений. Однако, при техногенном загрязнении хронического характера полного исключения миграции ТМ из почвы в растения не наблюдалось, накопление их в хвое и листьях деревьев имело место, коэффициент прямой корреляции достигал 0,86. Соответственно, обнаруживался выраженный дисбаланс элементов-биогенов (N, P, K) в ассимилирующей фитомассе древесных растений, особенно при накоплении свинца. Вместе с тем, следует учитывать, что аккумуляция поллютантов хвоей и листьями деревьев должна рассматриваться как суммарная от фоллиарного и почвенного их поступления, нами она рассчитывалась по коэффициенту концентрации всей суммы поллютантов (Zc). Так, в хвое и листьях деревьев городских лесов Иркутска превышение фонового уровня серы достигало 4 раз, хлора – до 7 раз, фтора – до 6 раз, свинца – до 20 раз, меди – до 15 раз, цинка – до 12 раз, железа – до 10 раз, кадмия – до 8 раз.

В условиях городской среды сильным фактором-синергистом техногенного загрязнения выступает рекреационная нагрузка на почвенный покров. Нарушая физико-химические и морфологические параметры почвы, а следовательно и ее питательный режим, этот фактор вызывает явное негативное влияние и на минеральное питание растений. Наиболее физиологически ослабленные древесные насаждения обнаружены в городских лесах с сильно нарушенной лесной подстилкой, с высокой плотностью верхних горизонтов и с неблагоприятными водно-воздушными условиями почвенного профиля.

Полученные результаты свидетельствуют, что уровни выполнения регулирующей функции/услуги по поглощению поллютантов и очищению воздуха зависят не только от состояния городских лесов, они не равнозначны для лесов разных городов и более того – разных мест произрастаний и разных типов леса. Наибольший уровень выполнения этой услуги характерен для оптимально функционирующих компонентов лесных биогеоценозов, что ожидается. Однако, пока не ясна динамика снижения регулирующей функции, а также ее специфика при разных типах атмосферного загрязнения лесов и влиянии сопутствующей антропогенной нагрузки. Отсюда следует необходимость изучения регулирующих функций/услуг в связке с наиболее значимыми поддерживающими экосистемными функциями городских лесов.

Это даст возможность разработать подход к составлению диагностической шкалы, оценивающей уровень выполнения регулирующей экосистемной услуги городскими лесами с учетом параметров, характеризующих наиболее значимые поддерживающие экосистемные услуги городских лесов, по существу, функциональное состояние основных продуцентов и почвы. Следует заметить, что в литературе нами не найдено сведений, касающихся подобной системной оценки применительно к городским лесам. Существующие подходы основаны, в лучшем случае, на суммировании количественных данных о поглощении того или иного поллютанта одним гектаром леса из атмосферного воздуха (Kraus, Krumm, 2013; De Groot et al., 2010). Однако, экстраполяция столь обобщенных данных, на наш взгляд, малоприменима к конкретному лесному биогеоценозу, поскольку в этом случае не учитывается его структурно-функциональное состояние, а также ряд природных и антропогенных факторов окружающей среды, влияющих на выполнение экосистемных функций/услуг.

Для практического применения результатов городскими природоохранными органами нами планируется разработать метод построения информативных легко читаемых карт-схем, отражающих разный статус городских лесов в плане выполнения ими экосистемных функций/услуг.

Исследования поддержаны грантом РФФИ и Правительства Иркутской области (№20-44-380016).

ЛИТЕРАТУРА

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ, ред. от 09.03.2021.

Пузаченко Ю. Г. Общие основания концепции устойчивого развития и экосистемных услуг // Известия РАН. Серия географическая. 2012. № 3. С. 22–39.

Экосистемные услуги России: прототип национального доклада. Услуги наземных экосистем. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с.

Kraus D., Krumm F. Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity. Freiburg: European Forest Institute. 2013. 284 p.

De Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L. and Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity. 2010. 7 (3): 260–272.

УДК 581.1

Внутривидовое варьирование листовых параметров степных растений Южной Сибири и Монголии

Шинэхуу Т.^{1, 2}, Иванов Л.А.^{2, 3}, Рупышев Ю.А.⁴, Мигалина С.В.^{2, 3}, Бажжа С.Н.⁵,
Цэрэнханд Г.^{6, 7}, Иванова Л.А.^{2, 3}

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

²Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

³Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

⁴Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия

⁵Институт экологии и эволюции РАН, Москва, Россия

⁶Ботанический институт и сад, АНМ, Улан-Батор, Монголия

⁷Улан-Баторский государственный университет, Улан-Батор, Монголия

Аннотация. Изучены функциональные параметры листьев 7 степных видов *Artemisia frigida*, *A. Scoparia*, *A. commutata*, *A. Ledebouriana*, *Potentilla acaulis*, *P. bifurca* и *Koeleria macrantha* в трех районах южной Сибири и Монголии. Толщина листа, удельная поверхностная плотность листа (УППЛ), интенсивность фотосинтеза и транспирации, а также объем клетки мезофилла показали высокую видоспецифичность как в средних значениях параметров, так и в реакции видов на антропогенную трансформацию сообщества.

Intraspecific variation of leaf functional traits in steppe plants of Southern Siberia and Mongolia

Shinekhuu T.^{1, 2}, Ivanov L.A.^{2, 3}, Rupyshev Yu.A.⁴, Migalina S.V.^{2, 3},
Bazha S.N.⁵, Tserenkhand G.^{6, 7}, Ivanova L.A.^{2, 3}

¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²Tyumen State University, Tyumen, Russia

³Botanical Garden, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

⁴Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude

⁵Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁶Botanic Garden and Research Institute, MAS, Ulan Bator, Mongolia

⁷Ulanbator State University, Ulan Bator, Mongolia

Abstract. We studied leaf functional traits for 7 plant species: *Artemisia frigida*, *A. Scoparia*, *A. Commutata*, *A. Ledebouriana*, *Potentilla acaulis*, *P. Bifurca* и *Koeleria macrantha* – in three steppe regions of Southern Siberia and Mongolia. Leaf thickness (LT), leaf mass per area (LMA), photosynthesis and transpiration rates, as well as the mesophyll cell volume showed a species specific response both in variation of leaf traits and in their response to anthropogenic transformation of the community.

Антропогенное воздействие на экосистемы приводит к ухудшению общего функционального состояния биосферы. В последние годы многие исследования показали, что экосистемы бассейна озера Байкала меняются под влиянием антропогенных факторов (Гунин и др., 2015). Возможность растений адаптироваться к меняющимся условиям среды зависит от способности вида к изменению его морфологических и физиологических параметров в ответ на действие неблагоприятных факторов. В связи с этим, актуальным является изучение пределов варьирования функциональных показателей видов в разных экологических условиях. Адаптация растений к экологическим условиям тесно связана с перестройкой фотосинтетического аппарата (Мокроносов, 1978). Так, тип строения мезофилла отражает условия произрастания вида, а изменение количественных параметров листьев показывает точную настройку фотосинтетической функции растений на изменение текущих условий среды (Иванов и др., 2007; Ivanova et al., 2019). Целью данной работы было изучить закономерно-

сти изменения функциональных параметров листьев степных растений на внутривидовом уровне в связи с адаптацией видов к конкретным условиям существования.

Нами были изучены функциональные параметры листьев 7 видов растений в степных сообществах в трех районах Южной Сибири и Монголии с разной степенью нарушенности: *Artemisia: A. Frigida, A. Scoparia, A. _ommutate, A. Ledebouriana, Potentilla acaulis, P. Bifurca u Koeleria macrantha*. Исследования проводили в трех географических районах – Курумканский и Баргузинский (Бурятия, РФ) и Шамар (Монголия) (табл.1). В июле-августе 2018 года мы собрали листья среднего яруса с 10-15 растений каждого вида в фазе цветения. Интенсивность фотосинтеза и транспирации, эффективность использования воды определяли с помощью портативной фотосинтетической системы Li-6400 XT (Li-COR, США) и плотность листовой пластинки (весовым методом). Для анатомического анализа высечки из листьев фиксировали в 3.5%-ном растворе глутарового альдегида в фосфатном буфере. Толщину листа, размеры хлоропластов измеряли на поперечных срезах с помощью цифрового анализатора Simagis Mesoplant (СИАМС, Екатеринбург) и светового микроскопа Zeiss Axiostar в лаборатории Ботанического сада Уро РАН. Количественные показатели мезофилла листа определяли по методу мезоструктуры листьев (Мокроносов, 1978, Ivanova et al., 2019). Статистический анализ данных проводили с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и для оценки уровня варьирования между географическими районами рассчитывали индекс варибельности $PI=(X_{max}-X_{min})/X_{max}*100$ (Valladares etc., 2000), где X_{max} – максимальное значение параметра, X_{min} – минимальное значение параметра.

Таблица 1

Характеристика модельных сообществ, в которых проведены исследования видов растений

№	Район	Сообщество	Степень нарушенности	N	СумПП, %
1	Баргузинский	Крылово-ковыльно-холодно-полынное	Контроль КАТ=40,5	34	84
2	Баргузинский	Разнотравно-твердовато-соковое	Средняя КАТ = 48,9	32	92
3	Баргузинский	Венично-полынно-твердовато-соковое	Сильная КАТ =81,8	17	55
4	Курумканский	Крылово-ковыльно-холодно-полынно-твердовато-осоковое	Контроль КАТ=34,8	19	75
5	Курумканский	Венично-полынно-голозубровковое	Средняя КАТ=39,3	12	33
6	Курумканский	Ледебуро-полынно-голозубровковое	Сильная КАТ=88,8	4	9
7	Шамар	Ильмовник приземистый гребенчато-житняково-разнотравный	Средняя КАТ=41,5	22	48
8	Шамар	Гребенчато-житняково-холодно-полынно-бесстебельно-лапчатковая степь	Сильная КАТ=70,4	11	52

Примечание: КАТ – коэффициент антропогенной трансформации, N – число видов в сообществе, СумПП – суммарное проективное покрытие сообщества.

Изученные сообщества значительно различались по суммарному проективному покрытию и степени антропогенной нарушенности (табл.1). Внутри изученных географических районов при увеличении антропогенной трансформации сообщества показано уменьшение числа видов и проективного покрытия сообщества. Среди изученных видов обнаружены разные типы строения листьев – изопалисадный, дорзовентральный и граминоидный тип мезофилла. Однофакторный дисперсионный анализ показал, что ряд количественных параметров структуры листа носил видоспецифичный характер. Так, толщина листа зависела от вида растения на 94%, а объем клеток на 96% (табл.2). Также видоспецифичным характером об-

ладала интенсивность транспирации, которая на 72% определялась видовой принадлежностью образцов. УППЛ, интенсивность фотосинтеза и эффективность использования воды (WUE) не зависела от таксона, но значение УППЛ и WUE определялись условиями произрастания и зависела на 70-82% от типа сообщества.

Таблица 2

Средние для вида значения параметров листьев, показателей структуры фотосинтетических тканей и результаты однофакторного дисперсионного анализа

Вид	<i>Artemisia frigida</i>	<i>Artemisia scoparia</i>		<i>Artemisia commutata</i>		<i>Artemisia ledebouriana</i>		<i>Potentilla acaulis</i>		<i>Potentilla bifurca</i>		<i>Koeleria macrantha</i>			
Тип мезофилл	ИП	ИП		ИП		ИП		ДВ		ДВ		Гр			
Места сбора	1, 2, 4, 8	1, 3, 4, 5		2, 4		5, 6		3, 4, 8		3, 4		1, 3, 7			
Пара-	<i>F</i>	Ср	Iv %	Ср	Iv %	Ср	Iv %	Ср	Iv %	Ср	Iv %	Ср	Iv %	Ср	Iv %
LT	30.5***	153	12	214	3	499	28	517	5	120	15	191	21	151	14
LMA	0.4	640	33	676	8	1074	31	981	5	837	4	878	17	935	11
Vcell	43.4***	3.7	47	5.1	48	13.6	7	15.6	6	2.2	29	4.5	19	6.9	32
Amax	2.1	9.4	47	12.1	26	18.8	0.2	13.4	58	11.4	57	8.3	47	11.4	57
E _{max}	4.69**	5.4	86	7.8	45	4.4	20	6.3	22	3.4	68	2.9	31	3.9	50
WUE	1.15	2.5	74	1.6	32	4.3	20	2.2	65	3.6	34	2.7	24	2.9	43

Примечание: LT – толщина листа, мкм; LMA – удельная поверхностная плотность листа, мг/дм²; Vcell – объем клеток, 10³ мкм³; Amax – интенсивность фотосинтеза, мкмоль С₂О/м² с; E_{max} – интенсивность транспирации, ммоль Н₂О/м² с; Iv% - индекс варибельности; *F*- *F*-критерий при однофакторном дисперсионном анализе. Уровень значимости *F* – критерия: *≤0.05; **≤0.01; ***≤0.001.

Наши результаты показали, что пределы внутривидового варьирования значений функциональных показателей зависят от признака. Структурные параметры листьев у степных растений варьируют в меньшей степени, чем физиологические. Изменение параметров листьев при антропогенной трансформации сообщества зависит от функциональных свойств вида.

ЛИТЕРАТУРА

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Казанцева Т.И., Мигалина С.В., Микляева И. М., Ронжина Д.А., Ариунболд Э., Хадбаатар С., Цоож Ш., Цэрэнханд Г. 2015. Региональные особенности процессов опустынивания экосистем на границе бассейна Байкала и центральноазиатского бессточного бассейна // Аридные экосистемы. Т. 21. № 3. С. 5-22.

Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Циглер Х., Дайгеле К., Гунин П.Д., Пьянков В.И. Влияние межвидовой конкуренции на функциональные свойства растений в горно-степных сообществах Гоби. Экология. 2007. № 3. С. 172-177.

Мокронос А.Т. Мезоструктура и функциональная активность фотосинтетического аппарата // Мезоструктура и функциональная активность фотосинтетического аппарата. Свердловск: Уральский университет, 1978. с.5-15.

Ivanova L.A., Ivanov L.A., Ronzhina D.A., Yudina P.K., Migalina S.V., Shinekhuu T., Tserenkhand Ts., Voronin P.Yu., Anenkhonov O.A., Bazha S.N., Gunin P.D. Leaf traits that indicate response of C3- and C4-plants to climate along a latitudinal gradient in Southern Siberia and Mongolia // Flora. 2019. V254.

P. 122-134. DOI: 10.1016/j.flora.2018.10.008.

Valladares, F., Martinez-Ferri, E., Balaguer, L., PerezCorona, E., and Manrique, E., Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy, *New Phytol.*, 2000, vol. 148, pp. 79–91.

УДК 547.913:615.322

Компонентный состав эфирных масел хвои *Pinus sibirica* и *Pinus pumila*, произрастающих в Бурятии*Ширеторова В.Г., Эрдынеева С.А., Раднаева Л.Д.*

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, vshiretorova@rambler.ru

Аннотация. В результате проведенного исследования методом гидродистилляции выделены эфирные масла из хвои *Pinus sibirica* и *Pinus pumila*, произрастающих на территории Республики Бурятия, выход составил 1,9-3,1% в пересчете на абсолютно сухое сырье. Методом газо-хромато-масс-спектрометрии установлен их компонентный состав. Качественный состав хвойных кедровых эфирных масел схож и остается относительно постоянным, изменения наблюдаются в количественном содержании компонентов в зависимости от времени и места сбора. Доминирующими компонентами являются монотерпены: альфа-пинен (36,2-55,5%), бета-пинен (2,2-7,9%), лимонен (2,2-20,6%), бета-фелландрен (5,2-17,4%) и сесквитерпены: гермакрен Д (0,9-8,5%) и дельта-кадинен (1,9-8,9%). В групповом составе преобладают монотерпеноиды (66-83%), обладающие широким спектром антибактериальной активности, что обуславливает перспективность применения данных эфирных масел в лечебно-профилактических целях.

Component composition of needles essential oils from *Pinus sibirica* and *Pinus pumila* growing in Buryatia*Shiretorova V.G., Erdyneeva S.A., Radnaeva L.D.*

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, vshiretorova@rambler.ru

Abstract. In this study essential oils from the needles of *Pinus sibirica* and *Pinus pumila* growing on the territory of the Republic of Buryatia were isolated by the method of hydrodistillation, the yield was 1,9-3,1% in terms of absolutely dry raw materials. The component composition was determined by gas chromatography-mass spectrometry. The qualitative composition of coniferous cedar essential oils was similar and remained relatively constant, changes are observed in the quantitative content of components depending on the time and place of collection. The dominant components are monoterpenes: alpha-pinene (36,2-55,5%), beta-pinene (2,2-7,9%), limonene (2,2-20,6%), beta-fellandrene (5,2-17,4%) and sesquiterpenes: germacrene D (0,9-8,5%) and delta-cadinene (1,9-8,9%). In the group composition monoterpenoids are dominated (66-83%), they have a wide spectrum of antibacterial activity, which makes promising using these essential oils for therapeutic and prophylactic purposes.

Род *Pinus* L. (Pinaceae) включает в себя 130 видов вечнозелёных деревьев и является одним из широко распространенных видов хвойных, произрастающих в Северном полушарии (The Plant List). Представители рода *Pinus* относятся к наиболее ценным лесообразующим деревьям Евразии и имеют большую хозяйственную ценность и огромное экологическое значение. Летучие вещества лесообразующих хвойных деревьев рода *Pinus* выделяются в атмосферу в большом количестве, оказывая влияние на многие атмосферные процессы, в том числе и на формирование аэрозолей, играют важную роль как сигнальные вещества для насекомых, обладают антибактериальной и антифунгальной активностью и широко используются как биологически активные вещества (Домрачев, 2011). Хвоя, побеги, почки и шишки сосен являются ценным сырьем для производства лекарственных препаратов, широкого спектра продуктов лечебно-профилактического, парфюмерно-косметического и технического назначения. Эфирные масла представителей рода *Pinus* известны широким спектром биологической активности, такой как противовоспалительная, антимикробная, анальгезирующая, а также антистрессовым действием и др. (Ioannou, 2014). Поскольку компонентный состав летучих соединений одного и того же вида растения может значительно меняться в зависимости от условий произрастания, что сказывается на проявляемой эфирными маслами биологической активности, определение состава терпеноидов эфирных масел кедровых сосен, произрастающих в Республике Бурятия, для территории которой характерен резко кон-

тинентальный климат с большими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха и неравномерным распределением атмосферных осадков по сезонам года, является актуальной задачей.

Цель работы: выделение ЭМ из хвои сосны сибирской (*Pinus sibirica*) и кедрового стланика (*Pinus pumila*), произрастающих на территории Бурятии, и определение его компонентного состава методом газохромато-масс-спектрометрии.

Отбор проб фитомассы сосны сибирской (*Pinus sibirica*) и кедрового стланика (*Pinus pumila*) проводили в местах естественного произрастания на фоновых территориях в соответствии с ГОСТ 21769-84 (образцы хвои снимали со срубленных побегов). Эфирное масло получали методом гидродистилляции в течение 6 часов в лабораторной установке с насадкой Клевенджера из навески измельченного (2-5 мм) сырья массой 100 г. Выход эфирного масла определялся волюмометрически в пересчете на воздушно сухое сырье. Компонентный состав эфирного масла исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Packard HP6890 с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973N) в качестве детектора. Разделение проводили на 30-метровой кварцевой колонке HP-5MS с внутренним диаметром 0,25 мм. Процентный состав эфирного масла вычисляли по площадям газохроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ был основан на сравнении рассчитанных значений линейных индексов удерживания, времен удерживания, полных масс-спектров с библиотекой хромато-масс-спектрометрических данных летучих веществ растительного происхождения. Вычисление линейных индексов удерживания RI выполняли в соответствии с (Ткачев, 2008). Количественный анализ выполняли методом внутренней нормировки по площадям пиков без использования корректирующих коэффициентов.

Полученные эфирные масла представляют собой прозрачные подвижные жидкости светло-желтого цвета со специфическим хвойным запахом. Выход эфирного масла составил 1,9-3,1% от абсолютно сухого сырья. Результаты хромато-масс-спектрометрического анализа показали, что в состав эфирных масел хвои *Pinus sibirica* и *Pinus pumila* входит от 56 до 79 компонентов. Среди идентифицированных компонентов два компонента имеют массовые концентрации более 10% - альфа-пинен и лимонен/бета-фелландрен. С концентрацией 1-10% обнаружено 16 веществ, содержание остальных компонентов составило менее 1%. Содержание монотерпенов составляет от 66 до 82 % от суммы компонентов, и изменяется в зависимости от сезона и места произрастания. Доминирующими компонентами эфирных масел хвои сосны сибирской из Бурятии являются монотерпены: альфа-пинен (43,1-54,2%), бета-пинен (2,2-4,1%), лимонен (2,2-19,8%), бета-фелландрен (5,2-17,4%) и сесквитерпены: гермакрен Д (0,9-8,5%) и дельта-кадинен (3,4-8,9%).

В групповом составе эфирного масла *Pinus pumila* также преобладают монотерпены – 78-83%. Доминирующими компонентами являются монотерпены – альфа-пинен (36,2-55,5%), камфен (0,8-5,9%), β -пинен (2,8-7,9%), лимонен (6,5-20,6%), бета-фелландрен (1,7-9,1%), терпинолен (1,4-5,9%) и сесквитерпены - гермакрен Д (0,6-6,4%) и дельта-кадинен (1,9-4,7%).

Анализ полученных данных показал, что качественный состав эфирных масел образцов хвои кедровых сосен остается относительно постоянным по времени сбора и месту произрастания, значительные изменения наблюдаются в количественном содержании компонентов. Содержание эфирного масла существенно изменяется также в течение годового цикла, так, максимальное его количество наблюдается в летне-осенний период. Вегетационное развитие растительного организма отражается и на составе масла. Преимущественно это выражается в изменении соотношения терпеновых соединений. Максимум монотерпеновых углеводородов найден в июльских образцах, в период полного развития фотосинтетической деятельности растения. Минимум запасов монотерпенов отмечался в весеннее время. Существенно изменяется относительное содержание кислородсодержащей и сесквитерпеновой фракции в течение годового цикла: в 2 и в 1,2–1,5 раза соответственно. Их минимальное ко-

личество найдено в июле, максимальное – в январе, когда организм находится в состоянии покоя.

Монотерпеновые углеводороды эфирных масел малотоксичны и обладают широким спектром активности в отношении как человека, так и болезнетворных микроорганизмов (Кинтя, 1990).

Таким образом, в результате проведенного исследования выделены эфирные масла из хвои *Pinus sibirica* и *Pinus pumila*, произрастающих на территории Республики Бурятия, выход составил 1,9-3,1% в пересчете на абсолютно сухое сырье. Методом газо-хромато-масс-спектрометрии установлен их компонентный состав. Качественный состав хвойных кедровых эфирных масел схож и остается относительно постоянным по времени сбора и месту произрастания, изменения наблюдаются в количественном содержании компонентов в зависимости от времени и места сбора. Доминирующими компонентами являются монотерпены: альфа-пинен (36,2-55,5%), бета-пинен (2,2-7,9%), лимонен (2,2-20,6%), бета-фелландрен (5,2-17,4%) и сесквитерпены: гермакрен Д (0,9-8,5%) и дельта-кадинен (1,9-8,9%). В групповом составе преобладают монотерпеноиды (66-83%), обладающие широким спектром активности в отношении болезнетворных микроорганизмов, что обуславливает перспективность применения данных эфирных масел в качестве как самостоятельных лекарственных средств, так и компонентов лекарственных препаратов.

Исследование выполнено в рамках госзадания БИП СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Домрачев Д.В., Карпова Е.В., Горошкевич С.Н., Ткачев А.В. Сравнительный анализ летучих веществ хвои пятихвойных сосен Северной и Восточной Евразии // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 89-98.

Кинтя П. К., Фадеев Ю. М., Акимов Ю. А. Терпеноиды растений. Кишинев: Штиинца, 1990. 151 с

Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: Офсет. 2008. 969 с

Ioannou, E., Koutsaviti, A., Tzakou, O. et al. The genus *Pinus*: a comparative study on the needle essential oil composition of 46 pine species // *Phytochem Rev.* 2014. №13: P. 741–768.

The Plant List [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/>

УДК 582.4

Культивирование некоторых лекарственных растений в Республике Бурятия*Шишмарев В.М., Шишмарева Т.М., Асеева Т.А.*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия
shishmarevslava@rambler.ru

Аннотация. В настоящей работе приведены данные по культивированию некоторых лекарственных растений в Республике Бурятия. Экспериментальные площадки были засеяны 20 видами лекарственных растений – это шлемник байкальский, астрагал перепончатый, змееголовник молдавский, ромашка аптечная, подорожник большой, якорцы стелющиеся, родиола розовая, расторопша пятнистая, календула лекарственная, пустырник сердечный, укроп пахучий, амарант, софора желтоватая, сапожниковия растопыренная, молочай Фишера, солодка уральская, девясил высокий, пион молочноцветковый, рапontiкум сафлоровидный и серпуха венценосная. Все растения дали всходы, развивали нормальную вегетативную массу, прошли стадию цветения и плодоношения. Для некоторых лекарственных растений, выращенных в условиях культуры, была изучена удельная сырьевая фитомасса. Содержание биологически активных веществ полученного лекарственного растительного сырья соответствует нормативным документам.

Cultivation of some medicinal plants in the Republic of Buryatia*Shishmarev V.M., Shishmareva T.M., Aseeva T.A.*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
shishmarevslava@rambler.ru

Abstract. This work presents data on the cultivation of some medicinal plants in the Republic of Buryatia. Experimental sites were sown with 20 species of medicinal plants – *Scutellaria baicalensis*, *Astragalus membranaceus*, *Dracopcephalum moldavicum*, *Matricaria recutita*, *Plantago major*, *Tribulus terrestris*, *Rhodiola rosea*, *Silybum marianum*, *Calendula officinalis*, *Leonurus cardiaca*, *Anethum graveolens*, *Amaranthus*, *Sophora flavescens*, *Saposhnikovia divaricata*, *Euphorbia fischeriana*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Inula helenium*, *Paeonia lactiflora*, *Rhaponticum carthamoides* and *Serratula coronata*. All plants sprouted, developed a normal vegetative mass, and passed the stage of flowering and fruiting. For some medicinal plants grown under culture conditions, the phytomass of raw material was studied. The content of biologically active substances of the obtained medicinal plant materials complies with the regulatory documents.

Введение. На сегодняшний день сырьевыми источниками лекарственного растительного сырья являются дикорастущие, культивируемые и интродуцируемые и импортируемые лекарственные растения. Изучение и заготовка дикоросов в Бурятии имеет давнюю историю. Первые научные сведения о полезных растениях флоры Забайкалья приведены Д.Г. Мессершмидтом (1725 г.) и академиком П.С. Палласом (1772 г.). Среди них: ремень «копытчатый», который вывозился в огромных количествах в Европу и право торговли им принадлежала царскому двору; корень астрагала «хун-чир», которому приписывалась высокие лечебные качества, китайцы вывозили возами; корень пузырницы физалисовой, за пуд которой давали пуд серебра; лиственничная губка и многие другие растения. На территории Бурятии насчитывается более 2000 видов высших растений, среди которых несколько десятков в настоящее время используется в научной медицине, некоторые виды можно заготавливать в значительных количествах для фармацевтической промышленности, а некоторые – для реализации в аптечной сети Республики Бурятия.

Отрасль лекарственного растениеводства является новой для нашего региона. Нами был обобщен многолетний опыт Всесоюзного института лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР), ботанических садов, специализированных хозяйств России и нашего института в этой области. Целью настоящей работы является создание пилотных площадок для получения лекарственного сырья на территории Республики Бурятия, культивирование некоторых видов лекарственных растений, изучение удельной сырьевой фитомассы сырья и разра-

ботка рекомендаций по выращиванию лекарственных растений в условиях Байкальской природной территории.

Материалы и методы. Исследования проводились нами в окрестностях г. Улан-Удэ, п. Иволгинск и п. Гурульба (Иволгинский р-н Республики Бурятия) в 2018-2020 гг. Нами засеяны лекарственными растениями пилотные площадки – всего 20 видов (шлемник байкальский, астрагал перепончатый, змееголовник молдавский, ромашка аптечная, подорожник большой, якорцы стелющиеся, родиола розовая, расторопша пятнистая, календула лекарственная, пустырник сердечный, укроп пахучий, амарант, софора желтоватая, сапожниковия растопыренная, молочай Фишера, солодка уральская, девясил высокий, пион молочноцветковый, рапontiкум сафлоровидный и серпуха венценосная).

Исследования проводили в фазу цветения и плодоношения лекарственных растений. Изучение удельной сырьевой фитомассы сырья осуществляли по общепринятым методам (Буданцев, Харитонов, 2006; Методика..., 1986; Методические..., 1988).

Результаты. *Шлемник байкальский.* В настоящее время в Республике Бурятия из семян агинской популяции в условиях культуры выращивается *S. baicalensis*. Удельная сырьевая фитомасса воздушно-сухого лекарственного сырья (корней) на первом году жизни шлемника составила 68.4 ± 13.5 г/м², на втором году – 163.8 ± 35.1 г/м², на третьем – 252.2 ± 51.9 г/м². В условиях загущенного посева корни шлемника стержневые, длиной – 15-20 см, весом – 4-10 г (свежее сырье). При посадке шлемника на расстоянии 30-40 см друг от друга развивается система придаточных корней, длиной – 18-20 см, весом – 15-25 г (свежее сырье).

При изучении содержания флавоноидов в органах (листья, стебли, корни) растений из природных и интродуцированных популяций шлемника установлено высокое содержание суммы флавоноидов, что соответствует нормативным документам. В надземной части (листья и стебли) образцов растений из природных и интродуцированных популяций общее содержание флавоноидов составляет 208.3-209.3 мг/г. В корнях шлемника байкальского в условиях культуры общее содержание флавоноидов составляет 210.1 мг/г, в природных популяциях – 226.3 мг/г

У культивируемых растений шлемника байкальского потенциальная семенная продуктивность на генеративный побег составляет 251.25 ± 14.6 шт., реальная – 168.99 ± 11.9 шт. Выращенный в культуре шлемник байкальский в условиях Республики Бурятия проходит полный цикл развития с образованием полноценных семян. Это свидетельствует о хорошей адаптации вида к условиям выращивания.

Другие виды лекарственных растений. Кроме введения в культуру шлемника байкальского показали хорошие результаты и другие ценные растения. Все лекарственные растения дали всходы, развивали нормальную вегетативную массу, прошли стадию цветения и плодоношения. Нами была изучена удельная сырьевая фитомасса некоторых лекарственных растений, выращенных в условиях культуры (г/м², свежая и воздушно-сухая фитомасса соответственно): змееголовник молдавский (трава) – $1697 \pm 356,4$ и $740,1 \pm 177,6$; ромашка аптечная (трава) – $1270 \pm 318,9$ и $217,7 \pm 58,3$; ромашка аптечная (цветки) – $114,7 \pm 25,3$ и $24,7 \pm 6,5$; подорожник большой (трава) – $1485 \pm 386,3$ и $316,3 \pm 73,4$; якорцы стелющиеся (трава) – $3050 \pm 746,5$ и $983 \pm 253,2$.

Развитие лекарственного растениеводства в настоящее время важно для Байкальской природной территории, так как в настоящее время в Республике Бурятия принят закон о развитии биофармацевтического производства и назрела необходимость создания устойчивой сырьевой базы ценных в хозяйственном отношении видов, произрастающих на территории Байкальского региона (Республика Бурятия, Иркутская область и Забайкальский край).

Выводы. Отрасль лекарственного растениеводства является новой для Байкальской природной территории. Экспериментальные площадки были засеяны 20 видами лекарственных растений. Все растения дали всходы, развивали нормальную вегетативную массу, прошли стадию цветения и плодоношения. Содержание биологически активных веществ полученного лекарственного растительного сырья соответствует нормативным документам. Опыт интродукции некоторых лекарственных растений в условиях республики Бурятия дал положи-

тельные результаты и позволил разработать рекомендации по их выращиванию и массовому культивированию.

ЛИТЕРАТУРА

Буданцев А.Л., Харитонов Н.П. Ресурсоведение лекарственных растений. Санкт-Петербург, 2006. 84 с.

Методика определения запасов лекарственных растений. Москва, 1986. 51 с.

Методические указания по изучению ресурсов лекарственных растений Сибири. Абакан, 1988. 93 с.

УДК 615.4 + 633.88

Адаптогены в тибетской медицине*Шишмарева Т.М., Шишмарев В.М., Асеева Т.А.*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
shishmarevatm@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе приведена информация о поиске современных понятий, адекватных тибетскому медицинскому термину «адаптоген». В центре внимания находится применение в тибетской медицине препаратов адаптогенного действия. В качестве объектов исследований были выбраны такие лекарственные растения как астрагал перепончатый, большеголовник одноцветковый, боярышник кроваво-красный, карагана колючая, серпуха васильковая, шлемник байкальский и яблоня ягодная, которые включены в состав тибетских препаратов, проявляющих адаптогенную активность. Выявлены перспективные районы произрастания этих растений в Республике Бурятия, Иркутской области и Забайкальском крае, дана комплексная оценка состояния природных популяций, рекомендации по рациональному использованию природных зарослей и выращиванию отдельных видов в условиях культуры.

Adaptogens in Tibetan medicine*Shishmareva T.M., Shishmarev V.M., Aseeva T.A.*

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia, shishmarevatm@mail.ru

Abstract. This paper provides information on the search for modern concepts that are adequate to the Tibetan medical term «adaptogen». The focus is on the use of adaptogenic drugs in Tibetan medicine. As objects of research, such medicinal plants as *Astragalus membranaceus*, *Rhaponticum uniflorum*, *Crataegus sanguinea*, *Caragana spinosa*, *Serratula centauroides*, *Scutellaria baicalensis* and *Malus baccata*, which are included in the composition of Tibetan preparations exhibiting adaptogenic activity, were selected. The promising areas of growth of these plants in the Republic of Buryatia, the Irkutsk region and the Trans-Baikal Territory are identified, a comprehensive assessment of the state of natural populations of these plants, recommendations for the rational use of natural thickets and the cultivation of certain species in culture are given.

Вопрос об адекватном переводе тибетских медицинских терминов и понятий остается все еще актуальным, поскольку огромный массив симптомов и симптомокомплексов, тибетских названий болезней из медицинских сочинений «Чжуд-ши», «Вайдурья-онбо», «Шел пхренга» и «Кунпан-дудзи», уже переведенных на русский язык, остаются без соответствующего толкования. Например, явных аналогов современному выражению «адаптоген» в тибетских текстах нет за исключением таких выражений как: придает/увеличивает «жизненные силы», лекарства из раздела геронтологические средств, называемые «бчуд-лен» (общее название тонизирующих и укрепляющих средств). В этой связи мы решили проанализировать, какими терминами и словосочетаниями в тибетских текстах обозначены лечебные свойства тех растений, которые по данным современной литературы уже известны как адаптогены.

Классический адаптоген женьшень (*Panax ginseng* С.А. Мей.) в современной медицине применяют в виде настойки как тонизирующее и адаптогенное средство при гипотонии, переутомлении, неврастении. Женьшень используется в составе биологически активных добавок, а экстракт женьшеня входит в состав бальзамов (препарат «Гинрозин»). Установлено, что женьшень активизирует деятельность ЦНС, стимулирует обменные процессы и тканевое дыхание, используется при хронической усталости, пониженной работоспособности, для восстановления после тяжелых заболеваний. Настойка корней женьшеня обладает иммуномодулирующими и радиопротективными свойствами. В тибетских трактатах лечебные свойства женьшеня ложного представлены такими словами и словосочетаниями как: «лечит все отравления и все виды жара», «собирает яды, угнетает гниан и червей» (Данзин Пунцог, 2017).

В современной медицине корневища и корни родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) используются для получения экстракта, который применяется как стимулирующее средство при забо-

леваниях центральной нервной системы, гипотонии, нервном и физическом истощении. Сухой экстракт в виде таблеток под названием «Родискон» применяется в гомеопатии и входит в состав биологически активных добавок (Фармакогнозия, 2016). Препараты родиолы розовой эффективно повышают работоспособность, в частности, стимулируют умственную деятельность. В тибетской медицине использовалась родиола широколистная и в трактатах сказано, что ее можно использовать как эликсир-бчуд, поскольку она способствует накоплению «сил тела» (Данзин Пунцог, 2017).

Еще одно из известных адаптогенных средств – панты, которые служат для получения препарата «Пантокрин», «Рантарин», используемых как тонизирующее средство при переутомлении, неврозах, неврастении, после острых инфекционных заболеваний, при слабости сердечной мышцы, гипотонии (Фармакогнозия, 2016). Их применение показано при физическом и умственном переутомлении, неврастении, астенических состояниях, неврозах, импотенции, климаксе, пониженном кровяном давлении. В тибетских трактатах есть описания рогов разных животных, в том числе – рог носорога, панты. Сказано, что они «сушат гной, кровь и чху-сер в груди, расплавляет испарения крови, подавляет колотье, яды, гланг-тхабс»; «белый» [рог] прохладный, он лечит жар, вызванный ядом; «черный» [рог] – теплый, сушит кровь, гной и чху-сер; «пестрый» рог – уравновешен по жару и холоду, он защищает от ядов, годится на все случаи» (Данзин Пунцог, 2017).

Оказалось, что эти слова и словосочетания встречаются в показаниях к применению молочая Фишера (*Euphorbia fischeriana* Steud.), горечавки холодной (*Gentiana algida* Pall.), софоры желтоватой (*Sophora flavescens* Soland), астрагала перепончатого (*Astragalus membranaceus* (Fisch. ex Link) Bunge), зопника клубненосного (*Phlomoïdes tuberosa* (L.) Moench) и многих других видов сырья.

В настоящее время для всех этих растений, применявшихся в тибетской медицине, установлена иммуномодулирующая активность. Так, по данным тибетских трактатов молочай тхарну «подавляет лхог-па, очищает все болезни гнйан, лучшее слабительное...» (Данзин Пунцог, 2017). Лхог-па, согласно «Чжуд-ши» – это крепкие и твердые опухоли, которые «появляются в мясе», когда черви, живущие в крови, возбуждаются от сочетания Ветра, Желчи и Слизи, особенности местности, сезона и поведения и, пожирая силы тела, приводят к тяжелой болезни гнйан.... Очевидно, что при любой тяжелой болезни, отравлении важно состояние защитных сил организма. Оказалось, что настойка корней молочая Фишера обладает иммуномодулирующей активностью при экспериментальной иммунодепрессии.

Горечавку холодную в тибетской медицине использовали при отравлениях и жаре глотки (Данзин Пунцог, 2017). В опытах на крысах установлено, что экстракт горечавки холодной обладает антиоксидантной активностью при экспериментальной иммуносупрессии, вызванной азатиоприном. Эффективность исследуемого средства обусловлена, очевидно, высоким содержанием входящих в его состав полифенольных соединений, преимущественно, флавоноидов – ориентина, изоориентина, обладающих выраженной антиоксидантной активностью.

Иммуномодулятором также являются сухой экстракт софоры желтоватой (*Sophora flavescens* Soland). Софора желтоватая – заменитель тибетского сырья sle-tres (*Tinospora cordifolia* Miers.) о которой в трактатах сказано, что она «лечит жар Ветра; собирает и заставляет созреть жар римс; мягко выравнивает доша; хороша при старости и болезни дрег, уравнивает первоэлементы» (Данзин Пунцог, 2017).

Отвар астрагала перепончатого, также обладающий иммуномодулирующей активностью, использовался в тибетской медицине при разных отеках (букв. вытягивает ор, скйа-рбаб, дму-чху), «хорош против скрытых болезней...», а сгущенный отвар астрагала лечит «озеро дмурдзингс» (Данзин Пунцог, 2017). По данным трактата речь идет о девяти видах астрагала, эффективность лечебных свойств которых постепенно снижается от первого к последнему.

Сухой экстракт из клубней зопника клубненосного по активности сопоставим с препаратом сравнения иммуналом и не изменяет показатели иммунитета у интактных мышей. В основе иммунопротекторного действия сухого экстракта зопника клубненосного лежит его способность стабилизировать мембраны иммунокомпетентных клеток, реализация которой связана с

ингибированием процессов свободнорадикального окисления липидов (снижение содержания продуктов перекисидации липидов в гомогенате селезенки), повышением активности ферментов антиоксидантной защиты организма (увеличение активности каталазы), а также со способностью дезактивировать активные формы кислорода и другие инициаторы перекисного окисления липидов. Как сказано в «Шел пхренге», зопник лечит брас, болезни легких и сухость глотки, болезни холода Слизи (Данзин Пунцог, 2017).

Сравнивая данные по применению женьшеня, родиолы, пантов в научной медицине, информацию об иммуномодулирующей активности перечисленных выше растений с показаниями к применению их из трактатов, можно сделать предположение, что современное понятие «адаптоген» в тибетских источниках представлено такими определяющими терминами и словосочетаниями как: лечит жар, отравления, яд, «лечит/собирает яды», гланг-гхаб, «очищает все болезни гнйан», угнетает гнйан, лхог, брас, «хороши при старости», «увеличивает/сохраняет/восстанавливает силы тела», «укрепляет силы тела», «способствует накоплению сил тела», «способствует продлению жизни», приводит в норму «три доша», «лечит нарушение доша», «выравнивает доша»; «уравновешивает первоэлементы», «уравнивает жар и холод», «уравновешивает» жар-холод, «подавляет раздор» между жаром и холодом, «уравнивает Желчь, Ветер и Слизь», «увеличивает потенцию».

Нами предпринята попытка найти в арсенале лекарственных средств тибетской медицины растения, содержащие экистероиды и другие биологически активные вещества, проявляющие фармакологические эффекты адаптогенов и дать комплексную оценку состояния природных популяций этих растений. В качестве объектов исследований были выбраны такие лекарственные растения как астрагал перепончатый, большеголовник одноцветковый, боярышник кроваво-красный, карагана колючая, серпуха васильковая, шлемник байкальский и яблоня ягодная, которые включены в состав тибетских препаратов, проявляющих адаптогенную активность. В целях организации заготовок дикоросов мы выявляем перспективные районы в Республике Бурятия, Иркутской области и Забайкальском крае, изучаем возможность создания заготовительных пунктов, даем рекомендации по рациональному использованию природных зарослей и выращиванию отдельных видов в условиях культуры. Эти регионы Сибири можно отнести к территориям, на которых, благодаря относительно низкой плотности населения и довольно невысокой интенсивности промышленного производства, возможно получение качественного растительного сырья для производства фармацевтических препаратов и биологически активных добавок. Большинство выявленных нами массивов растений расположены достаточно далеко от населенных пунктов, в местах, где нет хозяйственной деятельности или она незначительна. Следовательно, негативные воздействия антропогенных факторов не влияют на качество потенциально пригодного для заготовки растительного сырья.

Таким образом, проведенная выборка информации из тибетских текстов и анализ данных по химии и фармакологии отдельных видов лекарственных растений, попавших в эту выборку, дает основание предполагать, что в тибетских медицинских сочинениях есть такие термины и словосочетания, которые среди прочих значений могут являться эквивалентом современного понятия «адаптоген». Используя изложенные нами подходы, мы установили, что можно вполне доверять той информации о лечебных свойствах растений, которая задекларирована в древних тибетских медицинских сочинениях.

ЛИТЕРАТУРА

Данзин Пунцог. Шел пхренг (Ожерелье чистого хрусталя): фармакогнозия тибетской медицины) / Данзин Пунцог; пер. с тибетского и примеч. Д. Б. Дашиева. М.: Наука. Восточная литература, 2017. 494 с.

Фармакогнозия. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения: учебное пособие / под ред. Г. П. Яковлева. СПб.: СпецЛит., 2016. 816 с.

УДК 631.523.5

Генетическое разнообразие *Metagonimus suisfunensis* (Trematoda: Heterophyidae) на основе гена *cytb* мтДНКШуменко П.Г.¹, Татонова Ю.В.¹¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, polina1978_78@mail.ru, ytonova@gmail.com

Аннотация. Ранее генетическая изменчивость *Metagonimus suisfunensis* на Дальнем Востоке России была изучена с применением последовательностей гена *cox1* мтДНК. Было высказано предположение, что *M. suisfunensis* распространялся от северных границ в южные части региона. В настоящей работе для *M. suisfunensis* была оценена изменчивость другого молекулярного маркера – гена *cytb* мтДНК, а также получены новые последовательности гена *cox1* мтДНК. При сходных низких показателях изменчивости, ген *cytb* выявил две гаплогруппы, которые связаны с пространственным распределением вида. На основании новых генетических данных проанализированы молекулярные процессы, оказывающие влияние на формирование современной популяции *M. suisfunensis*. Определены векторы распространения вида, в том числе, подтверждена гипотеза о миграционных маршрутах паразита в южном направлении, что важно для прогнозирования возникновения новых очагов метагонимоза в регионе и сопредельных территориях, включая другие страны Восточной и Юго-Восточной Азии.

Genetic diversity of *Metagonimus suisfunensis* (Trematoda: Heterophyidae) based on the mtDNA *cytb* geneShumenko P.G.¹, Tatonova Y.V.¹¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEBRAS, Vladivostok, Russia, polina1978_78@mail.ru, ytonova@gmail.com

Abstract. The genetic variability of *Metagonimus suisfunensis* in the Russian Far East was previously studied using the nucleotide sequences of the *cox1* mtDNA gene. It was proposed that *M. suisfunensis* was distributed from the northern boundaries to the southern parts of the region. In this study, for *M. suisfunensis*, the variability of another molecular marker, the *cytb* mtDNA gene, was assessed, and new *cox1* mtDNA gene sequences were also obtained. With similar values of variability, the *cytb* gene revealed two haplogroups that are associated with the spatial distribution of the species. Based on new genetic data, molecular processes influencing the formation of the modern population of *M. suisfunensis* were analyzed. The vectors of the species distribution including the hypothesis of the migration routes of the parasite in the southern direction, which is important for predicting the emergence of new foci of metagonimosis in the region and adjacent territories, in particular other countries of East and Southeast Asia.

Metagonimus suisfunensis как самостоятельный вид был описан с использованием молекулярных данных в 2017 году (Shumenko et al., 2017). Ранее согласно морфологическим признакам эти черви относились к *Metagonimus yokogawai*, который включен в список эпидемиологически значимых трематод, передающихся через продукты питания. При анализе популяционной структуры для *M. suisfunensis* установлено, что на территории Дальнего Востока России для данного вида отсутствует изменчивость в нуклеотидных последовательностях участка ITS1-5.8S-ITS2 рибосомального кластера яДНК, а уровень изменчивости для гена мтДНК *cox1* крайне низок (Tatonova et al., 2019). Хотя эффективность указанного митохондриального маркера ранее была показана при анализе популяций *Clonorchis sinensis*, представителя семейства Opisthocrhiidae, сестринской группы для Heterophyidae, который распространен в том же географическом регионе (Chelomina et al., 2014). Тем не менее, данные по митохондриальному маркеру позволили выдвинуть гипотезу о том, что распространение *M. suisfunensis* происходило от северных границ его ареала через бассейн Амура (среднее и нижнее течение) до южных частей Дальнего Востока (бассейны р. Уссури, р. Раздольная и оз. Ханка) (Tatonova et al., 2019).

Для проверки этой гипотезы мы провели дополнительные молекулярные исследования с двумя маркерами – полноразмерными последовательностями генов *cox1* и *cytb* мтДНК. В работе использованы половозрелые черви из 10 локалитетов юга Дальнего Востока России. При анализе расширенного набора данных ($n = 81$) для последовательностей гена *cox1* результаты существенно не изменились по сравнению с данными, представленными в ранее опубликованной работе ($n = 53$, Tatonova et al., 2019). Анализ гена *cytb* показал низкую изменчивость, как и для гена *cox1*. Однако значения нуклеотидной и гаплотипической изменчивости первого маркера были в 2 и 1,6 раза выше, чем для второго маркера. Более того, распределение попарных генетических различий для обоих митохондриальных маркеров указывает на то, что эффект «бутылочного горла», выявленный для исследуемого вида Татоновой с соавторами (Tatonova et al., 2019) на основе последовательностей гена *cox1*, по-видимому, реально существует в популяции *M. suifunensis*.

Несмотря на низкие значения параметров генетической изменчивости, ген *cytb* выявил две гаплогруппы, северную и южную, которые связаны с пространственным распространением *M. suifunensis* на Дальнем Востоке России. Географическая граница между этими группами проходит между реками Арсеньевка и Сорочевка. Помимо выявленной изоляции между двумя гаплогруппами, в северной популяции *M. suifunensis* были обнаружены образцы, принадлежащие к южной гаплогруппе и составляющие четверть последней. То есть в настоящее время при наличии изоляции происходит миграция особей паразита в направлении юг-север. В обратном направлении поток генов менее интенсивен, поскольку в северной гаплогруппе идентифицирован только один образец из южных населенных пунктов, то есть в исследуемой выборке только 2,4% паразитов с севера мигрировали в южном направлении. Кроме того, популяции *M. suifunensis* из северной гаплогруппы имели более высокие значения изменчивости по сравнению с южной гаплогруппой, а количество гаплотипов было в 2 раза больше, чем в выборке южных популяций. Экстраполяция этих результатов на данные по второму митохондриальному маркеру, гену *cox1*, показала, что почти все гаплотипы второго и третьего порядка в популяции также сосредоточены в северных населенных пунктах. Таким образом, результаты, полученные для обоих маркеров, подтверждают высказанную ранее гипотезу о распространении паразита с севера на юг при формировании современного ареала паразита (Tatonova et al., 2019), поскольку обычно более высокая концентрация генетического разнообразия сохраняется в той части ареала вида, откуда он распространился на другие территории, в то время как уменьшение количества вариантов аллелей характеризует периферические популяции (Bunnell et al., 2004; Tatonova, Shumenko, 2021).

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-34-90126

ЛИТЕРАТУРА

- Bunnell, F.L., Campbell, R.W., Squires K.A. Conservation priorities for peripheral species: the example of British Columbia. // Canadian Journal of Forest Research. 2004. Vol. 34. P. 2240–2247. <https://doi.org/10.1139/X04-102>.
- Chelomina, G.N., Tatonova, Y.V., Hung, N.M. and Ngo, H.D. Genetic diversity of the Chinese liver fluke *Clonorchis sinensis* from Russia and Vietnam // International Journal for Parasitology. 2014. Vol. 44. P. 795–810. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.06.009>.
- Shumenko, P.G., Tatonova, Y.V., Besprozvannykh, V.V. *Metagonimus suifunensis* sp. n. (Trematoda: Heterophyidae) from the Russian Southern Far East: morphology, life cycle, and molecular data // Parasitology International. 2017. Vol. 66. P. 982–991. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2016.11.002>.
- Tatonova, Y.V., Besprozvannykh, V.V., Shumenko, P.G., Nguyen, H.M. and Solodovnik, D.A. First description of genetic diversity for the genus *Metagonimus* using the complete *cox1* gene sequence // International Journal for Parasitology. 2019. Vol. 49. P. 985–992. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.07.004>.

УДК: 615:633.877.3

Пыльца растений рода *Pinus*, как перспективный источник БАВ

Эрдынеева С.А., Ширеторова В.Г., Раднаева Л.Д.

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, esssa198013@gmail.com

Аннотация. Впервые определен качественный состав и количественное содержание биологически активных веществ в пыльце *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* и *Pinus pumila*, произрастающих на территории Республики Бурятия. Проведенные исследования показали, что пыльца исследованных видов сосен может служить дополнительным источником биологически активных веществ, таких как флавоноиды, дубильные вещества, гидроксикоричные кислоты, аминокислоты и аскорбиновая кислота, полисахариды, а также ненасыщенных жирных кислот, макро- и микроэлементов. Наличие различных групп БАВ и богатого витаминно-минерального комплекса, обеспечивает широкий спектр фармакологического действия сосновой пыльцы. Данные полученные в результате проведенных исследований, могут быть использованы при создании новых фитопрепаратов из пыльцы, а также для введения ее в официальную медицину в качестве лекарственного растительного сырья.

Pine Pollen as a perspective source of biologically active substances.

Erdyneeva S.A., Shiretorova V.G., Radnaeva L.D.

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, esssa198013@gmail.com

Abstract. For the first time, the qualitative composition and quantitative content of biologically active substances in the pollen of *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* and *Pinus pumila*, growing within the Republic of Buryatia territory, were determined. Conducted research showed that the studied pine species pollen can serve as an additional source of biologically active substances such as flavonoids, tannins, hydroxycinnamic acids, amino acids and ascorbic acid, polysaccharides, as well as unsaturated fatty acids, macro- and microelements. The presence of various groups of biologically active substances and a rich vitamin and mineral complex provides a wide range of pharmacological action of pine pollen. The data obtained as a result of this research can be used to develop new herbal medicinal products from pollen, as well as to introduce it into official medicine as a medicinal plant material.

Поиск новых лекарственных средств, как синтетического, так и растительного происхождения является одной из актуальных задач фармацевтической отрасли. Одним из подходов к расширению ассортимента фитопрепаратов является ввод в медицинскую практику растений, используемых в народной медицине, исследование видов растений, близких к официальным, а также обладающих достаточными запасами сырья.

Род Сосна (*Pinus*) семейства Сосновых (*Pinaceae*), включает в себя 130 видов вечнозеленых деревьев (реже прямостоячих или стелющихся кустарников) (The Plant List [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/>) Это самый широко распространенный вид хвойных, произрастающий в Северном полушарии – Средиземноморье, Карибском бассейне, Европе, Азии, Северной и Центральной Америке. Сосновые леса из *P. sylvestris* - боры занимают особенно большие территории в пределах России, леса из *Pinus sibirica* или сибирского кедра - кедрачи - характерны для многих районов Сибири и Дальнего Востока. *Pinus pumila* образует стелющиеся кустарникообразные леса в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Широта распространения и ценные лечебные свойства различных частей сосен, широкий спектр их оздоравливающего действия обусловили популярность их применения в народной медицине. Ценным источником БАВ является пыльца сосен, которая содержит витамины: витамин А, бета - каротин, Д3, Е, В1, В2, В6, РР, фолиевую и аскорбиновую кислоты; аминокислоты, макро- и микроэлементы; нуклеиновые кислоты; ферменты и коферменты; моно- и полисахариды; жиры и пищевые волокна (Linskens, 1974).

В традиционной китайской медицине в качестве лекарства и пищи на протяжении нескольких тысячелетий используется пыльца *Pinus massoniana*. Китайскими исследователями установлено, что экстракты, содержащие полисахаридные фракции пыльцы *Pinus massoniana*

обладают иммуномодулирующей, противовоспалительной и противовирусной активностью, а также антиоксидантным и гепатопротекторным действием (Yang, 2019). Однако, несмотря на высокую биологическую ценность и достаточную сырьевую базу, на территории РФ сосновая пыльца в основном исследовалась в палеонтологии и экологии, по химическому составу имеются лишь единичные публикации (Бидарова Ф.Н., 2017).

В данной работе нами было проведено исследование содержания основных групп БАВ, входящих в состав пыльцы растений рода *Pinus* произрастающих на территории Республики Бурятия - *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* *Pinus pumila*. Сбор микростобил осуществляли мае - июне 2020 г перед началом пыления в местах естественного произрастания, относящихся к фоновым территориям. Собранное сырьё досушивали в закрытых помещениях при комнатной температуре до высыпания пыльцы из пыльцевых мешочков. Пыльцу отвеивали на ситах и хранили до проведения анализа в стеклянной герметичной таре при 2–3 °С.

Ранее нами были определены основные внешние и анатомо-диагностические признаки пыльцы *Pinus sylvestris* и *Pinus pumila*, показатели доброкачественности и установлено, что пыльца богата макро- и микроэлементами, особенно калием, магнием, марганцем, железом и цинком (Эрдынеева С.А., 2021).

С помощью качественных реакций в водных и водно-спиртовых извлечениях из пыльцы исследуемых видов растений были обнаружены флавоноиды, дубильные вещества, сапонины, аминокислоты, аскорбиновая кислота.

Количественное содержание основных групп биологически активных веществ определяли спектрофотометрическими и титриметрическими методами. Результаты представлены в таблице 1.

Исследование комплекса БАВ, содержащихся в пыльце сосен, показало сходство качественного и количественного состава образцов. Содержание суммы флавоноидов несколько выше в пыльце *P. sylvestris*, содержание остальных групп БАВ наибольшее в пыльце *P. pumila*. Присутствие фенольных соединений позволяет предположить наличие антиоксидантной активности сосновой пыльцы. Сочетание аскорбиновой кислоты с флавоноидами, обладающими Р-витаминной активностью также обеспечивает антиоксидантный эффект пыльцы сосен.

Таблица

Количественное содержание основных групп БАВ в пыльце исследуемых видов

БАВ	Пыльца		
	<i>P. sylvestris</i>	<i>P. sibirica</i>	<i>P. pumila</i>
Содержание суммы флавоноидов, в пересчете на рутин (%)	0,83±0,04	0,73±0,01	0,64±0,01
Сумма дубильных веществ, в пересчете на галловую кислоту (%)	0,67±0,01	0,84±0,03	0,87±0,03
Содержание суммы гидроксикоричных кислот, в пересчете на кислоту хлорогеновую (%)	0,48±0,01	0,37±0,02	0,72±0,04
Содержание суммы свободных аминокислот, в пересчете на глутаминовую кислоту (%)	2,45±0,05	2,46±0,01	3,65±0,01
Аскорбиновая кислота (мг%)	34,21±0,06	58,65±0,11	63,84±0,11

Методом ГХ МС определен жирнокислотный состав. Содержание липидов в пыльце *P. sylvestris*, *P. sibirica* и *P. pumila* составило 3,15%, 1,62 % и 3,11% соответственно. Суммарное содержание насыщенных жирных кислот (НЖК) составило от 51.27% (*P. sylvestris*) до 56.36% (*P. sibirica*). Сумма ненасыщенных жирных кислот (ННЖК) находится в интервале от 43.64 (*P. sibirica*) до 48.73% (*P. sylvestris*). Доминирующими ННЖК являются линолевая (20.15–22.66%) и олеиновая (15.92–18.98%). Таким образом пыльца исследуемых сосен может являться источником незаменимых жирных кислот.

Поскольку известно, что экстракты, содержащие полисахаридные фракции пыльцы *Pinus massoniana* обладают широким спектром биологической активности (Wang, 2019), нами было проведено исследование полисахаридов пыльцы *P. sylvestris*. Методом последовательной экстракции и осаждения спиртом этиловым из пыльцы были получены 4 полисахаридные фракции. Количественное содержание определяли после высушивания гравиметрическим методом. Содержание водорастворимых полисахаридов составило 4,11%, пектиновых веществ 2,2%, гемицеллюлоза А – 2,58% и Б - 1,72%. В углеводном составе пыльцы преобладают водорастворимые полисахариды.

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии был определен элементный состав пыльцы исследуемых видов сосен. Установлено что пыльца исследуемых видов сосен может являться источником макро- и микроэлементов. Так содержание калия составило от 11943 до 13842 мг/кг, магния от 927 мг/кг до 1209 мг/кг, железа от 7,2 мг/кг до 29,9 мг/кг, цинка от 44,27 мг/кг до 59,9 мг/кг, марганца от 68,75 мг/кг до 155,85 мг/кг, причем наибольшие значения были отмечены в пыльце *P. sibirica* и *P. pumila*. Содержание тяжелых металлов в пыльце не превышало ПДК, установленных для лекарственного растительного сырья

Проведенные исследования показали, что пыльца *P. sylvestris*, *P. sibirica* и *P. pumila* может служить дополнительным источником биологически активных веществ, таких как флавоноиды, дубильные вещества, гидроксикоричные кислоты, аминокислоты и аскорбиновая кислота, полисахариды, а также ненасыщенных жирных кислот, макро- и микроэлементов. Наличие различных групп БАВ и богатого витаминно-минерального комплекса, обеспечивает широкий спектр фармакологического действия сосновой пыльцы. Данные полученные в результате проведенных исследований, могут быть использованы при создании новых фитопрепаратов из пыльцы, а также для введения ее в официальную медицину в качестве лекарственного растительного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

Бидарова Ф.Н., Сидакова Т.М., Кисиева М.Т. Исследование аминокислотного состава пыльцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), произрастающей на территории РСО-Алания. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 12-2. С.267–271

Эрдынеева С.А., Ширеторова В.Г., Раднаева Л.Д. Фармакогностическое исследование пыльцы *Pinus sylvestris* L. и *Pinus pumila* (Pall) Regel. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. №24(2). С.4–10. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-02-00>

The Plant List [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/>

Linskens H. F., Stanley R G. Pollen: biology, biochemistry and management. /N. Y.: Springer, 1974. 314 p.

Yang S, Wei K, Jia F, Zhao X, Cui G, Guo F, et al. Characterization and Biological Activity of Taishan *Pinus massoniana* Pollen Polysaccharide In Vitro. //PLoS ONE. 2015; 10(3): 0115638.[doi:10.1371/journal.pone.0115638](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115638)

УДК 581.823 + 581.132

Функциональное разнообразие растений Горного АлтаяЮдина П.К.^{1,2}, Иванов Л.А.^{1,2}, Ронжина Д.А.^{1,2}, Иванова Л.А.^{1,2}¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, ул. 8 марта 202а,²Тюменский государственный университет, Тюмень, ул. Володарского, д. 6
yudina.p@yandex.ru

Аннотация. Изучено разнообразие функциональных параметров листьев для 110 видов растений Горного Алтая, принадлежащих к 40 семействам. Изученные виды принадлежали к шести структурно-функциональным типам, большая часть которых – 63% – C_3 -двудольные виды с дорзовентральным типом строения мезофилла. Выявлено значительное варьирование количественных параметров – площади листа, толщины листа, удельной поверхностной плотности листа, объемной плотности листа, связанное с разнообразием условий обитания и принадлежностью к различным экологическим и систематическим группам.

Functional diversity of leaf traits in Mountain Altai

Yudina P.K., Ivanov L.A., Ronzhina D.A., Ivanova L.A.

¹Institute Botanic Garden, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia, 8 March 202A str.,²Tyumen State University, Tyumen, Russia, 6 Volodarsky str.
yudina.p@yandex.ru

Abstract. The variety of functional leaf traits for 110 plant species of Mountain Altai belonging to 40 families was studied. The species belonged to six structural and functional types, most of which – 63% - C_3 -dicotyledonous species with a dorsoventral type of mesophyll structure. We revealed a significant variation in the quantitative parameters – leaf area, leaf thickness, leaf mass area, leaf density of the, associated with a variety of habitat conditions and belonging to different ecological and systematic groups.

Исследование функциональных параметров листьев – важный инструмент для понимания механизмов приспособления фотосинтетической функции к условиям среды (Ivanova et al., 2018; Shipley et al., 2016). Например, известна значительная связь таких функциональных параметров листа, как удельная поверхностная плотность листа (УППЛ) и объемная плотность листа (ОПЛ) с условиями произрастания. Для выявления функционального разнообразия растений и оценки их адаптационных возможностей наиболее интересны горные и высокогорные условия, т.к. их особенностью является быстрая смена поясности растительного покрова, тесно связанной с изменением климатических и почвенных условий в зависимости от высоты местности. На Алтае выделяется 5 поясов растительности: степной, лесостепной, лесной, субальпийский и альпийский (Куминова, 1960).

Нами были изучены количественные параметры листьев – площадь, толщина, УППЛ, ОПЛ для высокогорных растений Алтая, произрастающих на Северо-Чуйском хребте (50° с.ш. и 87° в.д.) в долине реки Актру. Значения параметров были получены для 110 наиболее типичных видов растений, принадлежащих к разным, экологическими и систематическим группам. Изученные виды являются представителями 40 семейств, среди которых преобладают *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae* и *Saxifragaceae*. Изученные растения обладали разными структурно-функциональными типами листьев: C_3 -двудольные с дорзовентральным, гомогенным и изопалисадным типом мезофилла, C_3 -однодольные с граминоидным типом мезофилла, включающие представителей семейств *Poaceae*, *Cyperaceae* и *Juncaceae*, C_3 -однодольные с суккулентоподобным типом листа, представленный семейством *Alliaceae* и голосеменные растения с однородным мезофиллом, представленным клетками одного типа. Наибольшее количество изученных видов – 63% – относилось к C_3 -двудольным с дорзовентральным типом строения мезофилла листа.

В Таблице 1 представлены средние значения параметра и ошибка среднего для различных условий произрастания растений от степных до растений тундры.

Таблица 1

Параметры листьев растений Горного Алтая

	Тундра	Высогор- ный луг	Лес	Болото	Долина реки	Степь	Среднее значение
Число видов	26	25	19	13	11	16	110
Площадь листа, см ²	2.5±0.5	13.1±8.0	24.6±8.4	3.5±1.7	5.4±1.9	3.4±2.3	9.3±2.4
Толщина листа, мкм	320±27	374±53	341±48	492±118	279±33	580±152	390±31
УППЛ, мг/дм ²	528±29	650±48	727±135	709±120	550±87	1162±202	706±46
ОПЛ, г/см ³	0.20±0.02	0.23±0.03	0.23±0.03	0.24±0.06	0.20±0.02	0.28±0.03	0.23±0.01

Площадь листа высокогорных растений Алтая варьировала в пределах от 0,04 до 201,7 см². 30% видов имели площадь листа менее 1 см² (в основном это представители семейства *Asteraceae*, *Caryophyllaceae* и *Saxifragaceae*). У 17% видов площадь листа составила более 10 см² (Таблица 1). Толщина листа у 70% изученных видов она находится в пределах 200-400 мкм. Среднее значение составило 390 мкм, минимальное – у двудольного травянистого многолетника *Silene chamerensis* – 118 мкм, максимальное значение – 2140 мкм – отмечено у суккулента *Orostachis spinosa*. Размах значений УППЛ составил – от 227 мг/дм² у *Galium boreale* до 3700 мг/дм² у вечнозеленого кустарника *Ephedra monosperma* при среднем значении – 706 мг/дм². Для 58% видов модальный класс составил 500-700 мг/дм². Объемная плотность листа изменялась в пределах 0,04-0,85 г/см³ и половина изученных видов имела значения от 0,12 до 0,28 г/см³.

Таким образом, исследованные параметры листьев растений отличались значительным, в пределах 1-2 порядков, варьированием значений. Сравнительный анализ с имеющимися в литературе данными показали, что пределы варьирования, а также модальные классы толщины и плотности листа растений Горного Алтая и высокогорных растений Восточного Памира (Pyankov et al., 1999) были сходными. В целом, изученные виды Горного Алтая отличались небольшими размерами листьев и высокой плотностью тканей, что приближало их по параметрам к степным растениям (Ivanova et al., 2018, 2019). Мы предполагаем, что разнообразие значений функциональных показателей связано с принадлежностью видов к разным экологическим и систематическим группам, обусловленным широким спектром экологических условий обитания видов в районе исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Куминова А. В. Растительный покров Алтая. Новосибирск. 1960. 450 с.
- Ivanova L. A., Yudina P. K., Ronzhina D.A., Ivanov L. A., Hölzel N. Quantitative mesophyll parameters rather than whole-leaf traits predict response of C₃ steppe plants to aridity // *New Phytologist*. 2018. Vol. 217, №2. P. 558–570.
- Ivanova L. A., Ivanov L. A., Ronzhina D. A., Yudina P. K., Migalina S. V., Shinehuu T., Tserenkhand G., Voronin P. Yu., Anenkhonov O. A., Bazha S. N., Gunin P. D. Leaf traits of C₃- and C₄-plants indicating climatic adaptation along a latitudinal gradient in Southern Siberia and Mongolia // *Flora*. 2019. Vol. 254. P.122–134.
- Pyankov V. I., Kondratchuk A.V., Shipley B. Leaf structure and specific leaf mass: the alpine desert plants of the Eastern Pamirs, Tadjikistan // *New Phytologist*. 1999. V.143. P.131–142.
- Shipley B., De Bello F., Cornelissen J. H. C., Laliberte E., Laughlin D. C., Reich P. B. Reinforcing loose foundation stones in trait-based plant ecology // *Oecologia*. 2016. Vol. 180(4). P. 923–931

УДК 575.17:582.6883 (571.6)

Первые данные о генетической изменчивости краснокнижного рододендрона Восточной Азии

Юнусова Д. Р., Полежаева М.А.

Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук,
Екатеринбург, 620144 Россия, dianaiunusova@mail.ru

Аннотация. Отобрано два фрагмента хлоропластной ДНК (*psbA-trnH*, TabCD), которые перспективны для изучения популяционно-генетической структуры вида *Rhododendron adamsii*. Исследование изменчивости данных фрагментов позволило обнаружить 5 гаплотипов, распространение которых структурировано географически: обнаружен общий гаплотип для Бурятии и Западных Саян, а также разнообразие гаплотипов на Дальнем Востоке.

The first data release of the genetic variability of the rare *Rhododendron* species of East Asia

Iunusova D.R., Polezhaeva M. A.

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, 620144 Russia, dianaiunusova@mail.ru

Abstract. Two fragments of chloroplast DNA (*psbA-trnH*, TabCD) have been suggested to be applicable for the species identification of *Rhododendron adamsii*. A total of 5 haplotypes were found. *R. adamsii* exhibited geographically determined distribution of cpDNA haplotypes. The samples from Buryatia and the Western Sayan mountains shared a common haplotype, while the samples from the Far Eastern part of the range had a moderate diversity of haplotypes.

Rhododendron adamsii Rehd. – высокогорный вечнозеленый кустарник, который входит в региональные Красные книги на всем ареале своего произрастания. Данный вид используется в традиционной бурятской, монгольской и индо-тибетской медицине, а его биохимические свойства активно исследуются. Однако с генетической точки зрения *R. adamsii* изучен не достаточно – нам ничего не известно ни об истории происхождения данного вида, ни о генетической структуре его популяций. Для исследования настолько масштабных задач на начальном этапе необходима разработка соответствующего инструментария.

Нашей целью был поиск видоспецифического молекулярного маркера, который бы послужил перспективным инструментом для изучения популяционно-генетической структуры *R. adamsii*.

Всего было исследовано 50 растений *R. adamsii* из Магаданской и Якутской областей, на Сахалине, в районе Западных Саян, а также в окрестностях поселков Аршан и Монды республики Бурятия. Тотальную ДНК растений выделяли по стандартному протоколу СТАВ-методом (Devey et al., 1996).

В качестве генетических маркеров были апробированы универсальные праймеры для девяти хлоропластных фрагментов. Согласно протоколу и температурному профилю ПЦР, рекомендованными авторами, проведена амплификация части фрагментов *trnK-matK* и *psbC-trnS*, трех участков *trnT-trnF* (TabAB, TabCD, Tab EF) (Taberlet et al., 1991), *trnF-trnV*, *trnH-psbA* (Hamilton, 1999), *trnS-trnG* и *atpH-atpI*. Выбраны два фрагмента хлоропластной ДНК: TabCD и *psbA-trnH*. Они показали себя как стабильные при амплификации и наиболее изменчивые. Нуклеотидные последовательности всех образцов по данным фрагментам были определены методом прямого секвенирования с помощью генетического анализатора ABI 3130 (Applied Biosystems, USA). Расчет уровня дифференциации и распределения генетической изменчивости между популяциями (анализ молекулярной дисперсии, AMOVA) прово-

дили в программе Arlequin v. 3.5.1.2. С использованием байесовского анализа было построено филогенетическое дерево в программе MrBayes v. 3.1.2 (Ronquist, Huelsenbeck, 2003) на основе модели нуклеотидных замен GTR + G + I. В исследование также была включена последовательность *Rhododendron lapponicum* (L.) Wahlenb. из генбанка (GQ245396.1). В качестве внешней группы использован представитель подрода Terorhodium – *Rhododendron camtschaticum* Pall.

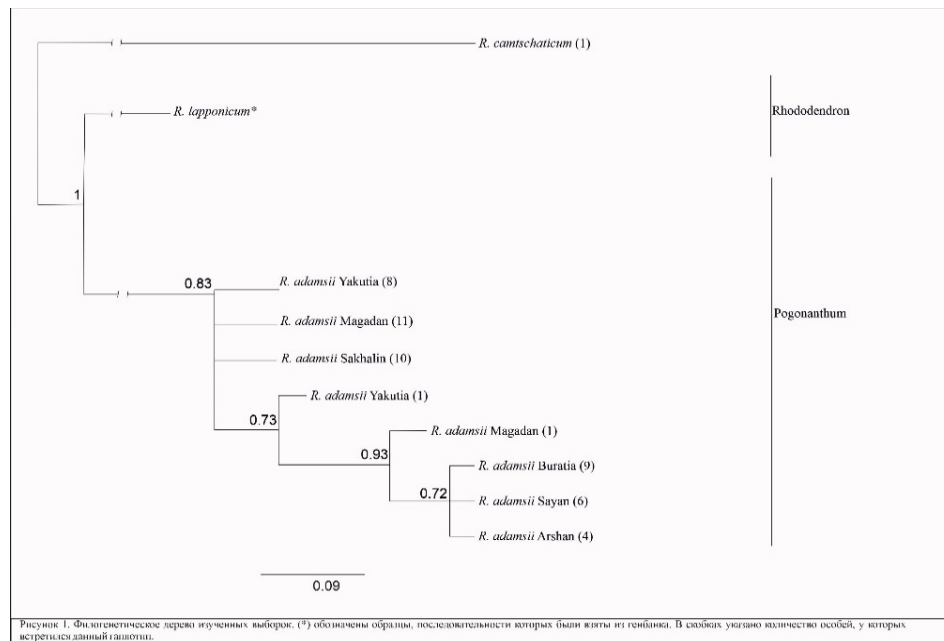


Рисунок 1. Филогенетическое дерево изученных выборок. (*) обозначены образцы, последовательности которых были взяты из генбанка. В скобках указано количество особей, у которых встречается данный гаплотип.

Рис. Филогенетическое дерево изученных выборок (*) обозначены образцы, последовательности которых были взяты из генбанка. В скобках указаны количество особей у которых встретился данный гаплотип

Длина объединенной последовательности по двум фрагментам составила 755 пар оснований (TabCD 1-387; *psbA-trnH* 388 -755). По результатам AMOVA коэффициент дифференциации между выборками в пределах *R. adamsii* $F_{ST} = 0.923$ ($P < 0.0001$), еще выше с учетом родства гаплотипов, $F_{ST} = 0.961$ ($P < 0.0001$). На филогенетическом дереве (Рисунок 1), образцы сгруппировались с высокой статистической поддержкой (PPvalue 1.00) в соответствии со своей принадлежностью к секциям: Rhododendron, к которой принадлежит *R. lapponicum*, и секции Pogonanthum, в нее входит исследуемый *R. adamsii*. Ранее виды *R. adamsii* и *R. parvifolium* (= *R. lapponicum*) не получалось различить с использованием ядерных ITS маркеров (Баранова и др., 2014). Хлоропластные маркеры, напротив, показали достаточное разрешение не только для идентификации и дифференциации видов, но и для исследования внутривидовой структуры. Всего выявлено 6 гаплотипов: один гаплотип у *R. lapponicum*, а также 5 гаплотипов у *R. adamsii*. Важно заметить, что длина ветвей филогенетического дерева отражает генетическое расстояние между гаплотипами, например, часть образцов из якутской и магаданской выборок имеют общий гаплотип, что отражено в структуре дерева. Распределение гаплотипов *R. adamsii* географически структурировано: на Дальнем Востоке наблюдается разнообразие гаплотипов, а в западной части ареала встречается только один гаплотип. Именно в прибайкальском регионе на *R. adamsii* оказывается наибольшая антропогенная нагрузка – его активно собирают в качестве пищевого и лекарственного сырья.

Таким образом, фрагменты TabCD и *psbA-trnH* можно рекомендовать для идентификации вида *R. adamsii* и характеризовать как перспективный инструмент для исследования его популяционно-генетической структуры.

Исследование проведено при поддержке РФФИ, проект № 20-04-00417.

ЛИТЕРАТУРА

Баранова Т. В., Календарь Р. Н., Калаев В. Н. К вопросу филогении видов рода *Rhododendron* L. на основании исследований последовательности спейсеров ITS1-ITS2 // Сибирский лесной журнал. 2014. № 6. С. 29-45.

Devey M.E., Bell J.C., Smith D.N. et al. A genetic linkage map for *Pinus radiata* based on RFLP, RAPD and microsatellite markers // *Theor. Appl. Genet.* 1996. V. 92. P. 673–679.

Hamilton M.B. Four primer pairs for the amplification of chloroplast intergenic regions with intraspecific variation // *Mol Ecol.* 1999. V. 8. P. 521-523.

Ronquist F., Huelsenbeck J.P. MrBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models // *Bioinformatics.* 2003. V. 19. № 12. P. 1572–1574.

Taberlet P.T., Geilly .L, Patou G., Bouvet J. Universal primers for amplification of three noncoding regions of chloroplast DNA // *Pl Molec Biol.* 1991. V. 17. P. 1105–1109.

УДК 597.556.3(282.256.347)

**Биология обыкновенной щуки *Esox lucius* Linnaeus, 1758
нижней части Илимской ветви Усть-Илимского водохранилища***Юрьев А.Л., Хлуднев Г.Б., Батранин Д.А.*

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, yuriev@bk.ru

Аннотация. Дается биологическая характеристика: линейно-весовой рост, возрастной и половой состав, питание и плодовитость обыкновенной щуки из нижней части Илимской ветви Усть-Илимского водохранилища в современный период.

**Biology of the northern pike *Esox lucius* Linnaeus, 1758 in the lower part
of the Ilim branch of the Ust-Ilmsk reservoir***Yuriev A.L., Khlyudnev G.B., Batranin D.A.*

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, yuriev@bk.ru

Abstract. Biological characteristics (linear and weight growth, age and gender composition, feeding and fecundity) of the northern pike from the lower part of the Ilmsk branch of the Ust-Ilmsk Reservoir during the modern period are given.

Усть-Илимское водохранилище представляет собой водоем руслового типа, состоящий из двух ветвей – Ангарской и Илимской. В составе ихтиофауны водохранилища отмечаются жилые виды рыб Ангары и водоемов её поймы. Последние опубликованные данные по биологии рыб водохранилища относятся к 80-м годам прошлого столетия. В связи с этим целью нашей работы стало изучение биологических особенностей обыкновенной щуки в нижней части Илимской ветви водохранилища. В задачи входил сбор и обработка материалов по линейно-весовому росту, возрастному и половому составу, плодовитости и питанию.

Сбор материала проводился на участке Илимской ветви водохранилища от залива Большой Мельницы (10 км по судовому ходу) до залива Зятейка (14 км по судовому ходу) в период с 30 мая по 5 июня 2018 г. Отлов рыб производился ставными сетями с ячеей 30–65 мм в дневное и ночное время. После лова рыба обрабатывалась на месте. Желудки фиксировались 4%-ным раствором формалина. Дальнейшая обработка материала осуществлялась в лабораторных условиях. Всего полному биологическому анализу подвергнуто 148 экз. разновозрастных рыб.

Обитание щуки в Усть-Илимском водохранилище приурочено к прибрежной части и заливам. Численность выше на нижних участках водоёма.

Наиболее обилен в водохранилище вид был в первые годы после заполнения [Понкратов, 1980], в современный период здесь наблюдаются периоды как с высокой, так и с низкой численностью щуки. Одной из основных причин колебаний является осушение и промерзание прибрежных мелководий, приводящее к исчезновению высшей водной растительности, которая является нерестовым субстратом для весенне-нерестующих фитофильных видов рыб. Снижения уровня в весенний период также приводят к гибели отложенной икры.

В наших уловах отмечались рыбы 16 возрастных групп от 5-ти лет с длиной по Смитту 410 мм и массой тела 522 г до 21 года (1020 мм и 9010 г соответственно). Преобладают рыбы в возрасте от 9-ти (606 мм и 1909 г) до 15-ти лет (696 мм и 2892,5 г). Для щуки Усть-Илимского водохранилища характерен широкий диапазон вариации линейно-весовых показателей: так, в 8-годовалом возрасте линейные показатели изменялись от 494 мм до 664 мм в среднем составляя 562,9 мм при массе от 920 г до 2 150 г при среднем значении 1 459,4 г

(табл. 1). К 17-годовалому возрасту рыбы достигают длины от 702 до 930 мм (в среднем 795,8 мм) и массы от 2 900 до 6 975 г (в среднем 4288,9 г).

По показателям линейно-веса роста самки щук превосходят самцов. Различия выявляются в старшевозрастных группах: средние показатели роста самок в 8-годовалом возрасте составляют 585 мм и 1647,5 г, у самцов 544,6 мм и 1309 г. К 13-ти годам самки достигают длины 715,7 мм и массы 3191,2 г, а самцы 578,7 мм и 1624,4 г.

Таблица 1

Линейно-веса рост щуки из Илимской ветви Усть-Илимского водохранилища

Возраст, лет	Длина по Смитту, мм	Масса, г	N, экз.	Длина по Смитту, мм	Масса, г	N, экз.	Длина по Смитту, мм	Масса, г	N, экз.
	Оба пола			Самки			Самцы		
5	<u>410±40,0</u> 370-450	<u>522±187,5</u> 335-710	2	450	710	1	370	335	1
6	<u>499±6,96</u> 480-525	<u>1028±39,9</u> 880-1125	6	<u>500,2±9,23</u> 480-525	<u>1041,2</u> 990-1085	4	<u>546±14</u> 482-510	<u>1000±122,5</u> 880-1125	2
7	<u>556±18,14</u> 490-600	<u>1372±127,9</u> 917-1620	5	<u>572,5±9,74</u> 556-600	<u>1486,2±75,3</u> 1270-1620	4	490	917	1
8	<u>562,9±19,2</u> 494-664	<u>1459±143,3</u> 920-2150	9	<u>585,7±38,1</u> 494-664	<u>1647,5±285</u> 920-2150	4	<u>544,6±16,5</u> 510-598	<u>1309±111,4</u> 1040-1590	5
9	<u>606±14,09</u> 510-690	<u>1909±145,6</u> 1020-2890	19	<u>634,5±14,3</u> 555-690	<u>2176,2±157</u> 1385-2890	1 2	<u>557,3±18,6</u> 510-645	<u>1450±199,2</u> 1020-2445	7
10	<u>604,5±21,6</u> 475-720	<u>1866±184,5</u> 765-2395	12	<u>9626±20,3</u> 525-720	<u>2069±173,6</u> 1125-2965	9	<u>538,3±49,1</u> 475-635	<u>1257±373,7</u> 765-1990	3
11	<u>599±18,5</u> 537-746	<u>1704±204,4</u> 1090-3465	11	<u>618,2±33,4</u> 550-746	<u>1957±388,3</u> 12751	5	<u>583±20</u> <u>537-660</u>	<u>1494±182,1</u> 1090-2325	6
12	<u>617,2±20,6</u> 285-740	<u>2075±131,2</u> 2095-3220	20	<u>645±15,7</u> 566-740	<u>2295±185</u> 1325-3220	1 0	<u>589,2±37,0</u> 285-700	<u>1855±166,2</u> 1125-2820	10
13	<u>681,5±24,2</u> 560-880	<u>2764±354,4</u> 1205-6600	16	<u>715,7±25,1</u> 634-880	<u>3191±400,6</u> 1705-6600	1 2	<u>578,7±10,8</u> 560-598	<u>1626±121,1</u> 1335-1905	4
14	<u>662±18,4</u> 555-743	<u>2446±247,3</u> 1335-3800	12	<u>707±11,13</u> 646-743	<u>3031±219,2</u> 2185-3800	7	<u>599±16,9</u> 555-637	<u>1626±121,1</u> 1335-1902	5
15	<u>696±14,2</u> 615-816	<u>2892±209,1</u> 2605-4135	14	<u>714,7±15,5</u> 658-816	<u>3185±221</u> 2305±4135	1 0	<u>649,7±15,6</u> 615-690	<u>2160±215,8</u> 1530-2450	4
16	<u>774,7±17,2</u> 674-860	<u>4111,7±284</u> 2835-5375	9	<u>774,7±17,1</u> 674-860	<u>4112±284</u> 2835-5375	9	-	-	-
17	<u>795,8±23,2</u> 702-930	<u>4288,9±393</u> 2900-6975	9	<u>807,5±22,7</u> 733-930	<u>4462±399,7</u> 3390-6975	8	702	2900	1
18	<u>835±5,0</u> 830-840	<u>5199±161,0</u> 5038-5360	2	<u>835±5</u> 840-830	<u>5199±161</u> 5038-5360	2	-	-	-
19	890	7230	1	890	7230	1	-	-	-
21	1020	9010	1	1020	9010	1	-	-	-

Максимальный возрастной ряд самок в уловах составлял 21 год, у самцов 17 лет.

Сопоставление полученных нами данных по росту щуки с имеющимися данными второй половины XX столетия (Олифер, 1977; Понкратов, 1980; Скрябин и др., 1987; Купчинская, 1985) демонстрирует более низкий его темп в современный период.

Соотношение полов на исследованном участке Усть-Илимского водохранилища характеризуется трехкратным преобладанием самок над самцами.

Половозрелость щуки в Усть-Илимском водохранилище по данным С. А. Олифера (1980) наступает в возрасте 3–4 лет. Абсолютная индивидуальная плодовитость рыб, по нашим данным, с возрастом изменяется от 11 693 икринок до 179 268 икринок, в среднем составляя 40 291 икринку (табл. 2). Относительная плодовитость варьирует от 10 до 23,7, в среднем составляя 15,8 икринок.

Сопоставление полученных нами данных по росту щуки с имеющимися данными второй половины XX столетия (Олифер, 1977; Понкратов, 1980; Скрябин и др., 1987; Купчинская, 1985) демонстрирует более низкий его темп в современный период.

Соотношение полов на исследованном участке Усть-Илимского водохранилища характеризуется трехкратным преобладанием самок над самцами.

Половозрелость щуки в Усть-Илимском водохранилище по данным С. А. Олифера (1980) наступает в возрасте 3–4 лет. Абсолютная индивидуальная плодовитость рыб, по нашим данным, с возрастом изменяется от 11 693 икринок до 179 268 икринок, в среднем составляя 40 291 икринку (табл. 2). Относительная плодовитость варьирует от 10 до 23,7, в среднем составляя 15,8 икринок.

Таблица 2

Индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП) и индивидуальная относительная плодовитость (ИОП) щуки из Илимской ветви Усть-Илимского водохранилища

Возраст, лет	Длина по Смит-ту, мм	Масса, г	ИАП, шт.	ИОП, шт	N, экз.
6	<u>505,5±9,28</u> 480-525	<u>1041,2±19,62</u> 990-1085	<u>13048±461,01</u> 11693-13754	<u>12,5±0,57</u> 11,1-13,9	4
7	<u>567±5</u> 562-572	<u>1575±45</u> 1530-1620	<u>20114,6±7647</u> 12467-27762	<u>12,6±4,5</u> 8,15-17,13	2
8	<u>616,3±32,2</u> <u>555-664</u>	<u>1890±212</u> 1470-2150	<u>36084±5272</u> 26667-44901	<u>19±1</u> 17,9-20,9	3
9	<u>635,6±18,14</u> 561-690	<u>2178,1±202</u> 1385-2890	<u>30303±4704,5</u> 15322,6-52142,6	<u>13,44±1,1</u> 10-19,53	8
10	<u>613,5±6,6</u> 605-633	<u>2967,5±68,3</u> 1905-2195	<u>35659,7±4580,5</u> 27464,7-48157,9	<u>17,14±1,8</u> 13,7-22,24	4
11	<u>602,5±2,5</u> 600-605	<u>1752,5±97,5</u> 1655-1850	<u>26361,5±4476,7</u> 21885-30838,2	<u>14,9±172</u> 17-29,9	2
12	<u>646,5±16,9</u> 610-740	<u>2274,3±172,1</u> 1940-3220	<u>30265,5±4207,1</u> 16898,4-44674,7	<u>13,1±1,3</u> 8,1-18,19	7
13	<u>678,6±21,25</u> 638-800	<u>2580,7±287,7</u> 1705-4140	<u>44540,2±4077,7</u> 30122-5838,3	<u>17,7±1,45</u> 13-24	7
14	<u>721±11</u> 710-743	<u>3425,3±240,8</u> 2976-81906	<u>69795±7569,6</u> 55872,3-81906	<u>20,34±1,5</u> 23,4-61	3
15	<u>682,5±11,14</u> 658±712	<u>2670±169</u> 2305-2960	<u>43920,4±2238,4</u> 40022-50311	<u>16,55±0,78</u> 14,2-17,7	4
16	<u>731,3-34,1</u> 674±792	<u>3485±537</u> 2833-4550	<u>64585,6±16812,1</u> 46573,4-98181	<u>18±1,8</u> 16-21,6	3
17	<u>733,5±0,5</u> 733-734	<u>3812,5±87,5</u> 3725-3900	<u>65763±15224,5</u> 50538,5-80987,5	<u>17,3±4,4</u> 13-35	2
21	1020	9010	179268	19,9	1

В 2018 г. нерест щуки в водохранилище протекал на глубине до 1,5 м на прошлогодней водной растительности в вершинах заливов, единичные текущие и отнерестившиеся особи отмечались в уловах в последних числах мая, к 5 июня количество текущих и выбитых самок существенно возросло.

По характеру питания щука является типичным хищником, в рацион которой входят практически все совместно обитающие виды рыб. Основу питания на исследованном участке водохранилища в конце мая–начале июня составляла рыба, преимущественно окунь (52,96 % по массе при 50,85 % частоте встречаемости), реже отмечались плотва (26,30 % и 22,03 % соответственно) и песчаная широколобка (20,26 % и 54,24 %). В одном желудке была отмечена желтокрылка. Единично в питании отмечалась икра рыб.

Авторы приносят особую благодарность за помощь в сборе материала П.В. Лексину.

ЛИТЕРАТУРА

- Купчинская Е.С. Щука *Esox lucius* L. (Esocidae) Усть-Илимского водохранилища // Вопр. ихтиологии. 1985. Т. 25, вып. 1. С. 74–81.
- Олифер С.А. Рыбохозяйственное освоение Усть-Илимского водохранилища // Изв. ГНИИОРРХ: Рыбохозяйственное освоение водохранилищ Сибири. Ленинград, 1977. Т. 115. С. 65–98
- Олифер С.А. Условия размножения и плодовитость рыб среднего участка реки Ангара // Рыбы и рыбное хозяйство Восточной Сибири: тр. Востсибрыбниипроекта. Улан-Удэ, 1980. Т.1, вып. 2. С. 219–226.
- Понкратов С.Ф. Рост и питание щуки в Усть-Илимском водохранилище // Сб. науч. работ ГОСНИОРХ. Л., 1980. № 152. С. 40–45.
- Скрябин А.Г., Воробьева С.С., Бакин Т.П., Виноградова Т.П., Надобнов С.В. Биология Усть-Илимского водохранилища. Новосибирск: Наука, 1987. 262 с.

УДК 571.27:595.143

Antimicrobial peptides of parasitic leeches

Kaygorodova I.A.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia; irina@lin.irk.ru

Abstract. Antimicrobial peptides (AMPs) are an essential component of immune system and represent a diverse class of naturally occurring molecules produced by all living organisms in response to an attack by a pathogen. AMPs can have a wide spectrum of antibiotic activity against foreign bacteria, fungi, and viruses. AMPs play an important role in the selection of colonizing bacterial symbionts. AMPs are especially important for invertebrates due to their lack of an adaptive immune system. Although many AMPs have similar physicochemical properties (total length up to 100 amino acids, total positive charge, or high cysteine content), their immunomodulatory activity is specific for each type of such peptide. The report will present the current state of knowledge about leech immunity, with a special emphasis on the role of AMPs, the chemical nature of which, apparently, correlates with the diversity of life strategies and the ecology of the ectoparasites.

Leeches (Hirudinea) belong to the class of annelids, whose mature individuals are characterized by a clitellium (Clitellata, Annelida), a special organ that produces a reproductive cocoon. Currently, more than 720 species of leeches are known, which are distributed in fresh, marine and terrestrial ecosystems around the world, and more than two thirds of this biodiversity are parasitic species (Kaygorodova et al., 2020). Leeches appeared about 540 million years ago during the Cambrian explosion, a period of rapid biological development. The hypothesis that the closest ancestors of parasitic leeches are oligochaetes of the family Lumbriculidae was confirmed by molecular methods. During evolution, the predatory arhynhobdellid ancestors of leeches could undergo a reduction of the proboscis, which allowed them to swallow larger prey. Secondary adaptation to bloodsucking in Hirudiniformes could have arisen due to preadaptation to ectoparasitic blood feeding. In addition, transcriptome analysis revealed a high homology of the genetic sequences of medicinal leeches and mammals, which may indicate co-evolution in the “host-parasite” system through molecular mimicry of the parasite.

In the course of evolution, leeches have developed different strategies of immune defense, however, like other invertebrates; they do not possess an acquired immunity system with a system of antibody diversification. Defending against microbes that live in water or soil and enter the body with food or during an injury, leeches use the innate immune system as their main defense against potential pathogens. Antimicrobial peptides (AMPs), an evolutionarily conserved group of protective polypeptides, play a special role in their immune response. The first registered AMP was lysozyme, discovered by Alexander Fleming in 1922. Currently, the database contains more than 3000 AMPs.

Due to its ancient origin and wide distribution in nature, AMPs remain a key component of the immune system, having a wide range of action against pathogenic bacteria, fungi, and viruses that have an envelope, and are also destructive for parasites and cancer cells (de Eguileor et al., 2003). Moreover, AMPs take part in the regulation of mutualistic and commensal symbionts, thereby promoting symbiostasis by controlling, forming and limiting symbiotic microflora in certain anatomical compartments (intestines, bacteriomas, and skin). It is known, symbionts represent a quick source of innovation for animals to adapt to changing habitats, and therefore, AMPs may indirectly regulate the ability of leeches to cope with environmental changes (Kaygorodova, 2021).

Leech as a model organism in immunology has its advantages. Being an aquatic ectoparasite, the leech, with its integumentary epithelium, is forced to contact not only with many microorganisms of its environment, but also with the external integuments of the host, which have their own composition of ectosymbionts and protective molecules. During the feeding period, which rarely happens, leeches make the most of the given opportunity, consuming twice their own weight. At the same time, food is digested extremely slowly and the host's blood remains in the intestine of the parasite for a long time (for instance, up to several months in medical leeches), which suggests the presence

of a protective mechanism in the digestive system of leeches, adapted to the pathogens of the host and preventing putrefactive processes. An equally important property of leeches is their ability to regenerate the central nervous system and restore its functions after injury. The anatomical features of the leech facilitate the use of the leech nerve cord *in vitro*, since it can be maintained in culture for several weeks in the absence of peripheral immune system components and blood cells, which allows research to focus on the leech's own immune response developed by the nervous system (Schikorski et al., 2008). Moreover, clinical studies have shown that the use of leeches for medicinal purposes does not elicit immune responses of the patient (Singh, 2010).

The report in the conference will show the features of the immune system of leeches with an emphasis on the role of antimicrobial peptides (AMPs) in it, a variety of primary AMP structures will be presented, focusing on their functional characteristics and mechanisms of action, as well as on the prospects for the practical application of AMPs not only in medicine, but also in other branches of human activity.

This work was carried out within the framework of State Assignment No. 121032300198-2.

REFERENCES

- de Eguileor M., Tettamanti G., Grimaldi A., Congiu T., Ferrarese R., Perletti G., Valvassori R., Cooper E., Lanzavecchia G. Leeches: immune response, angiogenesis and biomedical applications. // *Curr Pharm Des.* 2003. Vol. 9. P. 133–147.
- Kaygorodova I., Bolbat N., Bolbat A. 2020. Species delimitation through DNA barcoding of freshwater leeches of the *Glossiphonia* genus (Hirudinea: Glossiphoniidae) from Eastern Siberia, Russia. // *J Zool Syst Evol Res.* 2020. Vol. 58. P. 1437–1446.
- Kaygorodova I.A. The role of antimicrobial peptides in the immunity of parasitic leeches (Annelida, Hirudinea). // *Parasitologiya.* 2021. Vol. 55. P. 12–31.
- Schikorski D., Cuvillier-Hot V., Leippe M., Boidin-Wichlacz C., Slomianny C., Macagno E., Salzet M., Tasiemski A. 2008. Microbial challenge promotes the regenerative process of the injured central nervous system of the medicinal leech by inducing the synthesis of antimicrobial peptides in neurons and microglia. *J. Immunol.*, 181: 1083–1095.
- Singh A.P. 2010. Medicinal leech therapy (Hirudotherapy): a brief overview. // *Complement. Ther. Clin. Pract.* 2010. Vol. 16. P. 213–215.

UDK. 57.017.22

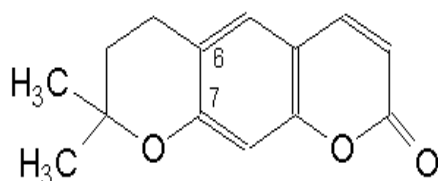
***Umbrelliferae* as Producers of Pyranocoumarins: Prospects for Biotechnology**Khandy M.T.^{1,2}, Sofronova A.K.³, Chirikova N.K.²¹FSC East Asia Terrestrial Biodiversity, FER RAS, Vladivostok, Russia, handy_89@mail.ru,²M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia, hofnung@mail.ru³Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, sofronova.nast@gmail.com

Abstract. This study presents an overview of the *Umbrelliferae* family of plants, which are producers or potentially promising raw materials for pyranocoumarins production. Pyranocoumarins are a little-studied biologically active group of substances with plant origin. The mechanisms of their accumulation in plant cells and in the whole plant are unknown. According to available literature sources, pyranocoumarins were found in four genera of the *Umbrelliferae* family: *Ammi*, *Ferulopsis*, *Peucedanum*, *Phlojodicarpus*. The area of these species is very limited, and the quantitative content of the studied substances varies depending on the place and growing conditions. In this aspect, it is quite perspective to use higher plant cell cultures to obtain their biomass. In addition, the study of plant cell cultures producing pyranocoumarins can provide new knowledge about the biosynthesis and accumulation of a rare group of compounds. Earlier, we obtained callus and suspension cultures of *P. sibiricus* cells; on primary callus cell cultures, the accumulation of pyranocoumarins and the appearance of new compounds in suspension cell culture were shown.

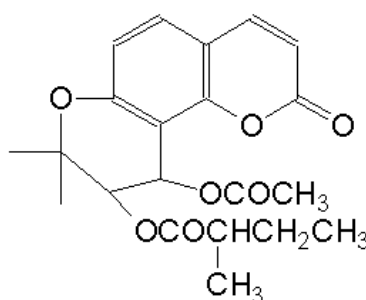
In the course of the development of industrial production, industrialization and urbanization, the negative impact of mankind on the natural environment has become stronger, which makes it more difficult every year to preserve the species biodiversity that was much richer just dozens of years ago. This does not allow people to use and fully explore the valuable properties of endangered plant species, whose secondary metabolites can solve many problems in human life. Today, about 40% of all drugs are herbal substances. In this regard, it becomes necessary to develop alternative innovative technologies for obtaining plant biomass and to study its pharmacological potential.

The use of cell and tissue cultures as a method of obtaining renewable high-quality plant raw materials for collecting biologically active compounds of plant origin, in particular, for creating new and safe drugs, has a number of advantages, the main of which is a radical elimination of the deficiency. At the same time, the resulting raw material is standard, regardless of weather and climatic conditions, completely free from all types of contamination, because biomass of cell and tissue cultures is grown in sterile, under controlled laboratory and/or plant conditions. In this aspect, the study of Russian endemics, which synthesize unique compound groups, is perspective. Pyranocoumarins are one of the rare and little-studied biologically active compounds with plant origin. They contain a pyran nucleus, condensed with coumarin in 5.6; 6.7; 7,8-positions and having substituents in the pyran, benzene or pyridine ring (dihydrosamidine, visnadine, xantilethine, pterixin, etc.). There are two groups of pyranocoumarins:

a) linear (xantilethine),



б) angular (visnadine)



The mechanisms of their accumulation in plant cells and in the whole plant, have not been studied. Information on the accumulation of pyranocoumarins is available only in four genera of plants of the *Umbrelliferae* family: *Ammi*, *Ferulopsis*, *Peucedanum*, *Phlojodicarpus*.

The highest content of pyranocoumarins is described in the *Phlojodicarpus* genus species: *P. sibiricus* (Fisch.) Koso-Pol. and *P. vulosus* (Turcz. ex Fisch. & C. A. Mey.) Turcz. ex Ledeb. Depending on the place and growing conditions, their chemical composition differs between populations within the same species (Gantimur, 1985). *P. sibiricus* grows in Siberia, on stony steppes, gravel slopes. Also, it is found in Mongolia. *P. sibiricus* is registered in the State Register of Medicines of the Russian Federation as a medicinal plant material. Its rhizomes and roots have vasodilating, hypotensive, adrenolytic and antispasmodic properties. On their basis, the drug "Floverin" was produced, however, its production was suspended due to the lack of raw materials, and the species is listed in the Red Book. In 2019, Olennikov and colleagues found 35 coumarins in the roots and leaves of *P. sibiricus*, and only 7 of them were previously detected in plants of this species, an experiment on 3T3-L1 adipocytes with 7 coumarins from *P. sibiricus* confirmed that the total content of triacylglycerols in the treated dihydrosamidine cells were lower at a concentration of 10 µg/ml (22.6% of the control level).

P. vulosus is widespread in the tundra zone of Asia and the highlands of the taiga zone in Yakutia, Kamchatka Territory, the Komi Republic, Transbaikal Territory, Sverdlovsk Region, and Khanty-Mansi Autonomous Okrug. *P. vulosus* roots contain dihydrosamidine (Babilev, Nikonov, 1965).

P. komarovii endemic to Russia grows in the Amur Region and in the Khabarovsk Territory on rocky cliffs and stony placers near the upper border of the forest. Under the work, it was not possible to find reliable data on its chemical composition.

Ferulopsis hystix (Bunge) Pimenov or *Phlojodicarpus turczanionovii* Sipliv. – previously considered as a representative of *Phlojodicarpus*, but later attributed to the genus *Ferulopsis*. This species grows on gravelly slopes and talus in the steppe zone and above the forest border in the Republic of Altai, Tuva, Irkutsk region, Buryatia, Chita region, Yakutia, outside Russia – in Mongolia. The chemical composition of this species contains pyranocoumarin decursinol (Gantimur et al., 1985).

From the genus *Peucedanum*, the species *P. praeruptorum* Dunn. contains pyranocoumarins: the four conformers are 3'(R)-angeloyl-4'(R)-acetoxy-khellactone, and 3'(S)-angeloyl-4'(S)-acetoxy-khellactone, both in two conformational forms. *P. praeruptorum* pyranocoumarins showed antitumor activity against resistant cancer, specifically, they caused apoptotic cell death with IC50 of 41.9±2.8 and 17.3±8.2 µM for drug-sensitive KB-3-1 and multidrug resistant (MDR) KB-V1, respectively (Wu et al., 2003).

From the genus *Ammi*, pyranocoumarin, visnadine contains *Ammi visnaga* (L.) Lam. (Al Snafi, 2013). The species grows in the Caucasus, outside Russia – in Azerbaijan. The plant is distinguished by its resistance to drought, low requirements for soil quality, which is important for plantation cultivation.

The authors do not postulate the distribution of pyranocoumarins only within the aforementioned genera, since additional studies are needed for a broader understanding of this problem, since data obtained in early works are not available or methodically outdated.

While some species are very promising for plantation cultivation, like *Ammi visnaga*, other species are more whimsical to the growing environment. In addition, for example, the roots of *P. sibiricus* accumulate heavy metals: zinc, nickel, selenium and molybdenum, because of this the use of plants growing in uncontrolled areas poses a great risk to human health. In this connection, it is promising and expedient to obtain cell culture strains of plants producing pyranocoumarins. Earlier, we obtained callus and suspension cultures of *P. sibiricus* cells on primary callus cell cultures and proved the accumulation of pyranocoumarins in their biomass. In the suspension cultures of *P. sibiricus* cells, polar compounds predominated, while in the roots, more hydrophobic metabolites were the main components. Thus, obtaining and studying plant cell cultures producing pyranocoumarins can solve the problem of biological raw materials shortage and provide new knowledge about the accumulation of a rare group of compounds – pyranocoumarins, as well as new phenolic compounds.

The results were obtained as part of the state task of the Ministry of Education and Science of Russia (FSRG-2020-0019).

REFERENCES

- Al Snafi A.E. Chemical constituents and pharmacological activities of *Ammi majus* and *Ammi visnaga*. A review // International Journal of Pharmacy and Industrial Research. 2013. P. 257-265
- Babilev, F.V., Nikonov, G.K. Coumarins of the roots of *Phlojodicarpus villosus* Turcz. // Chemistry of Natural Compounds. 1965. V.1. №5. P. 278–279. doi: 10.1007/BF00563704
- Гантимур Д. Кумарины корней *Phlojodicarpus sibiricus* (*Apiaceae*) // Автореф. дис. канд. хим. наук. Иркутск, 1985. 24 с.
- Gantimur, D., Sychina, A.I. & Semenov, A.A. A peucedanol glucoside from *Phlojodicarpus turczaninovi*. Chemistry of Natural Compounds. 1985. V.21, P. 177–179. doi: 10.1007/BF00714906
- Wu J.Y. et al. Reversal of multidrug resistance in cancer cells by pyranocoumarins isolated from *Radix Peucedani* / J.Y. Wu, W.F. Fong, J.X. Zhang, C.H. Leung, H.L. Kwong, M.S. Yang, D. Li, H.Y. Cheung. // European Journal of Pharmacology. V. 473, I.e 1, 2003, P. 9-17. DOI: 10.1016/S0014-2999(03)01946-0

Diversity and anti-quorum sensing activity of endophytic actinobacteria isolated from desert plants of Mongolia

Oyunbileg Natsagdorj^{1,4}, Davaapurev Bekh-Ochir¹, Tsetseg Baljinova², Yohei Iizaka³, Atsushi Fukumoto³, Yojiro Anzai³, Fumio Kato^{1,3}, and Batkhoo Javzan^{1*}

¹ Laboratory of Bioorganic Chemistry and Pharmacognosy, Department of Chemical and Biological Engineering, School of Engineering and Applied Sciences, National University of Mongolia (NUM), Ulaanbaatar, Mongolia

² Laboratory of Microbiology, Institute of Biology (IB), Mongolian Academy of Sciences (MAS), Ulaanbaatar, Mongolia

³ Department of Microbiology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Toho University, Chiba, Japan

⁴ Technology Incubator, Institute of Chemistry and Chemical Technology (ICCT), Mongolian Academy of Sciences (MAS), Ulaanbaatar, Mongolia

E-mail: jbatkhoo@num.edu.mn

Abstract. With the aim to find endophytic actinomycetes that synthesize bioactive compounds over 1000 strains were isolated from plants of the desert area of Mongolia. Based on morphology and 16S rRNA gene sequences, 123 actinomycete strains were assigned to the genera *Streptomyces*, *Promicromonospora*, *Micromonospora*, *Streptosporangium*, *Kribbella*, *Pseudonocardia*, *Nocardia*, *Micromonospora*, *Saccharothrix*, *Friedmanniella*, *Actinocatenispora* and *Geodermatophilus*. The latter two genera were registered in Mongolia for the first time, and the genus *Actinocatenispora* was isolated for the first time from plant. Strains isolated had the anti-quorum sensing (11.9%) and antibacterial (23.8%) activities. Several strains studied by HPLC produced flavonoids and phenolic compounds suggesting that they could be potential candidates for the further study.

Discovery that the quorum sensing (QS) systems of pathogenic bacteria control production of virulence factors including biofilm formation led scientists to recognition that compounds inhibiting the QS have great potential for use in the treatment of bacterial infectious diseases and to start searching for those compounds. Furthermore, it has been found out that the use of antibiotics in combination with quorum sensing inhibitors (QSIs) increases susceptibility of pathogenic bacteria to antibiotics. This finding has been an additional stimulus for searching both activities.

For decades actinomycetes have been one of the most important sources for the discovery of new antibiotics, and many drugs and analogs were successfully introduced into the market and are still used today in clinical practice. Besides of antibiotics, actinomycetes can also synthesize different biologically active compounds such as anti-cancer substances, immuno-repressor agents and other essential molecules (Genilloud, 2017).

Recently, intensive searching for new antimicrobials and QSIs has targeted previously unexplored marine and terrestrial extreme environments and endophytic actinobacteria (Golinska et al., 2015; Matsumoto and Takahashi, 2017). Endophytic actinobacteria, which reside in the inner tissues of host plants, are gaining serious attention due to their capacity to produce a plethora of secondary metabolites possessing a wide variety of biological activity with diverse functions (Matsumoto and Takahashi, 2017). Microorganisms, including actinobacteria, that live in changing extreme temperatures have often evolved compounds or processes that help them survive in these harsh conditions.

Mongolia is a country rich in different extreme environments such as saline soils and lakes, high mountains, permafrost and hot mineral springs. About 30% of the territory is occupied with the desert area including the northern part of the great Gobi desert. Earlier, it was found out that diversity of soil actinobacteria in extreme environments of Mongolia was quite rich and most of actinomycete strains isolated from soils and the rhizosphere of the Gobi Desert plants had antibacterial and enzymatic activities. Furthermore, 41.2% of endophytic microscopic fungi isolated from the desert plants of Mongolia had antimicrobial activities showing that endophytes of the desert plants can be a promising source for screening of bio-active compounds (Tsetseg et al.,

2013). This study was aimed at isolation of endophytic actinobacteria from plants growing in the desert areas of Mongolia, identification of their generic diversity and the anti-quorum sensing (the quorum sensing inhibition - QSI) activities. Here we present some preliminary results.

Material and Methods

Sample collection. Samples of healthy plants were collected from the territories of Umnugobi, Dundgobi, Gobi-Altai, Bayankhongor and Gobi-Sumber provinces from June of 2017 to July of 2018.

Isolation of actinomycetes. The collected plants were disinfected by washing with 70% ethanol for 1 min, then rinsed with 1% sodium hypochlorite for 1 min, and again washed with 70% ethanol for 1 min, rinsed 3 times with sterile distilled water and finally air-dried in a laminar flow chamber. Then the samples were grounded with a pestle and mortar. After that samples were mixed with 0.9% NaCl, transferred to Petri dishes with humic acid-vitamin (HV) agar containing 25 µg ml⁻¹ of nystatin, cycloheximide and nalidixic acid and incubated at 28⁰C for 3 weeks. The actinomycete colonies grown were picked up, purified on ISP-2 medium and used for further study.

The PCR amplification and 16S rRNA gene sequence analysis: DNA isolation was performed using the protocol of Heng Zhu et al. (1993). Universal primers 10F (5'-AGTTTGATCCTGGCTC-3') and 1541R (5'-AAGGAGGTGATCCAGCC-3') were used for amplification of 16S rRNA gene fragments. PCR cycling conditions were as following: 95⁰C for 5 min, 35 cycles of 98⁰C for 10 sec, 50⁰C for 10 sec and 68⁰C for 2 min, and 68⁰C for 10 min. The PCR products were purified and sequenced on the Wizard SV Gel and PCR Clean-Up System (Promega), Big Dye XTerminator (Applied Biosystems), 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems).

The QSI assay. Each strain was tested for anti-quorum sensing activities. The QSI activity was tested using *Chromobacterium violaceum* CV026 and the *N*-acyl homoserine lactone auto-inducer. Extracts of active strains were loaded onto TLC plates in a narrow band and run using the system of chloroform: methanol (10:1, v/v), then active spots were visualized with bioautography method. The most active strains were grown in the liquid yeast extract-malt extract medium, then extracted using ethyl acetate and analyzed by HPLC.

Results and Discussion

Diversity of isolates. Over 1000 actinomycete strains were isolated from 63 different plants of the desert area of Mongolia. Most strains (65.8%) were isolated from roots, 13.4% from leaves, 12.9% from stems and 7.9% from flowers. Our result confirmed that using this method (see above) the majority of actinomycetes can be isolated from roots (Matsumoto and Takahashi, 2017). For study the diversity of isolates 123 strains were chosen. Based on the partial 16S rRNA gene sequences they were assigned to 12 genera of 7 families of actinobacteria: *Streptomyces*, *Promicromonospora*, *Micromonospora*, *Streptosporangium*, *Kribbella*, *Pseudonocardia*, *Nocardia*, *Micromonospora*, *Saccharothrix*, *Friedmanniella*, *Actinocatenispora* and *Geodermatophilus*, the latter two genera were registered in Mongolia for the first time. *Actinocatenispora* was isolated for the first time from plant.

Among them 3 strains exhibited low sequence similarities (<89-95%) with validly published species based on the partial 16S rRNA gene sequences demonstrating a high probability to be new taxa.

Anti-quorum sensing activity. From strains studied 11.9% had the anti-quorum sensing activity and 23.8% were active against the gram positive and negative bacteria tested. Furthermore, these strains also showed the anti-QS and antibacterial activities with the bioautography assay. The 16 strains exhibiting the highest QSI activities were analyzed by HPLC. As a result, it was found out that all of them produced phenolic compounds and flavonoids. Thus, these actinomycetes could be potential candidates for the production of unique biologically active compounds.

Conclusion

The results of isolation of actinobacteria from 63 plants of the desert area of Mongolia revealed that they were rich in actinobacteria: over 1000 strains were isolated. Strains isolated had the anti-quorum sensing (11.9%) and antibacterial (23.8%) activities. Several strains studied by HPLC

produced flavonoids and phenolic compounds suggesting that they could be potential candidates for further study. One hundred twenty three strains studied were assigned to 12 genera. Among them the genera *Actinocatenispora* and *Geodermatophilus* were found in Mongolia for the first time. Also, the genera *Actinocatenispora* was isolated for the first time from plant. The investigation continues and we expect that new actinobacteria producing unique biologically active compounds could be found.

Acknowledgement

We would like to thank the KANNO project from Japan and the JICA M-JEED project from Mongolia for financial support. We are grateful to students, researchers and staff of the National University of Mongolia and Toho University of Japan for technical assistance.

REFERENCES

- Genilloud, O. 2017 Actinomycetes: still a source of novel antibiotics. *Nat. Prod. Rep.* 34(10): 1203-1232.
- Golinska, P., Wypij, M., Agarkar, G., Rathod, D., Dahm, H. and Rai, M. 2015. Endophytic actinobacteria of medicinal plants: diversity and bioactivity. *Antonie van Leeuwenhoek.* 108: 267-289.
- Zhu, H. Qu, F. and Zhu, L.-H. 1993. Isolation of genomic DNAs from plants, fungi and bacteria using benzyl chloride. *Nucleic Acids Research* 21 (22): 5277–5278.
- Matsumoto, A. and Takahashi, Y. 2017. Endophytic actinomycetes: promising source of novel bioactive compounds. *J. Antibiot.* 70: 514-519.
- Tsetseg B., Sarantuya J., Gantuya Kh. and Enkh-Amgalan.J. 2013. Antimicrobial and enzymatic activities of endophytic fungi isolated from wild-grown plants. Proceedings of the International conference “*Plant biodiversity and ecosystem services in continental Asia (PBESCA – 2013)*”. 26-27 June, 2013. Mongolian National University. UB, Mongolia: 62-64.

УДК 606.620.95

**Sun artichoke (*helianthus tuberosus* L.)
– a plant of multi-purpose use in the conditions of Tajikistan**

Partoev K., Safarmadi M., Akhmedov H.M.

The Centre of innovative development of a science and new technologies
NAS of Tajikistan, Dushanbe, pkurbonali@mail.ru

Abstract. In the article are resulted the necessary information on a role sun artichoke (earth pear - *Helianthus tuberosus* L.) in the future in energy and food security of Tajikistan. By authors are described and make important scientific and practical recommendations to farmers and agriculture specialists about stories of occurrence of this plant, its morphological characteristics, development major factors for growing of sun artichoke, requirement of this plant to mineral and organic fertilizers, and also ways of reception of a high yield of sun artichoke, processing and uses of production of sun artichoke, as an ecological pure resource for reception of energy, the foodstuffs, a forage for animals and for healthy of people.

**Топинамбур (*helianthus tuberosus* L.)
– растение многоцелевого использования в условиях Таджикистана**

Партоев К., Сафармади М., Ахмедов Х.М.

Центр инновационного развития науки и новых технологий НАН Таджикистана, Душанбе

Аннотация. В статье приведена необходимая информация о значении топинамбура (земляная груша - *Helianthus tuberosus* L.) для энергетической и продовольственной безопасности в будущем в условиях Таджикистана. Авторами описаны и делаются важные научные и практические рекомендации для фермеров и работников сельского хозяйства об истории возникновения этого растения, её морфологических особенностей, основных факторов развития топинамбура, особенности её использования минеральных и органических удобрений, а также пути получения высокого урожая топинамбура, переработки продукции, как экологически чистый ресурс для получения энергии, продовольствия, корма для животных и для здоровья людей.

Sun artichoke, is more correct - sunflower tuberiferous (*Helianthus tuberosus* L.) - family *Astrovye* perennial plant (*Asteraceae*). Along with sunflower olive (*Helianthus annuus*), it concerns the most known and significant representatives of a sort sunflower (*Helianthus*). Being the near relation of sunflower, sun artichoke (often named also «an earthen pear») represents long-term tuberiferous a family plant. *Compositae*, possessing powerful root system and reaching in height to 3-4 meters.

To Europe sun artichoke has got in the XVII-th century beginning thanks to the traveller and pioneer Samjuelju de to Shampenu, which have sent tubers sun artichoke from Canada to France and for the first time compared them on flavoring qualities with an sun artichoke (and most likely thanks to such comparison since then sun artichoke for more than 500 years cultivation in Europe. Under the information of the doctor of Litvinov V. N (1958) sun artichoke to Tajikistan has been brought by migrants from the Russian Federation as early as the twentieth years of the XX-th century. Then basically it was grown up as an ornamental plant from the population (Partoev, et.al., 2013; 2015). Tubers sun artichoke contain in the structure: inulin (11-17 %), fructose, amino acids (to 8 %) (including 8 - irreplaceable amino acids - arginin, gistidin, valin, leicin, izilecin, lisin, trip-tofan, methionine and fenilalalin), karotinoids, vitamins B₁, B₂, B₃ (PP), B₆, B₉, With, pectins (to 10 %), organic acids (lemon, malinovaya, apple, amber, fumarovya, fat acids (0,4 %-0,7 %), nitrogenous substances, cellulose (to 6 %), and also rather wide set of makro y microcells (potassium, sodium, magnesium, iron, phosphorus, manganese, calcium, silicon, copper, zinc, sulphur, chrome, iodine, a pine forest, aluminium, cobalt, molybdenum, fluorine, etc.). By quantity of vitamins C, B₁ and B₂ sun artichoke more than in 3 times surpasses a beet, carrots and a potato (Reingart, et.al., 2008).

Considering useful properties sun artichoke us there was an object in view - to study feature of growth and development sun artichoke in the conditions of Gissar and Rasht valleys of Tajikistan (in duration of 2012-2020) on watering and without watering, as food and fodder culture (at height of 820-2700 m above sea level). As have shown researches growth and developments sun artichoke pass in the Gissar valley normally in spite of the fact that landing has been spent rather late.

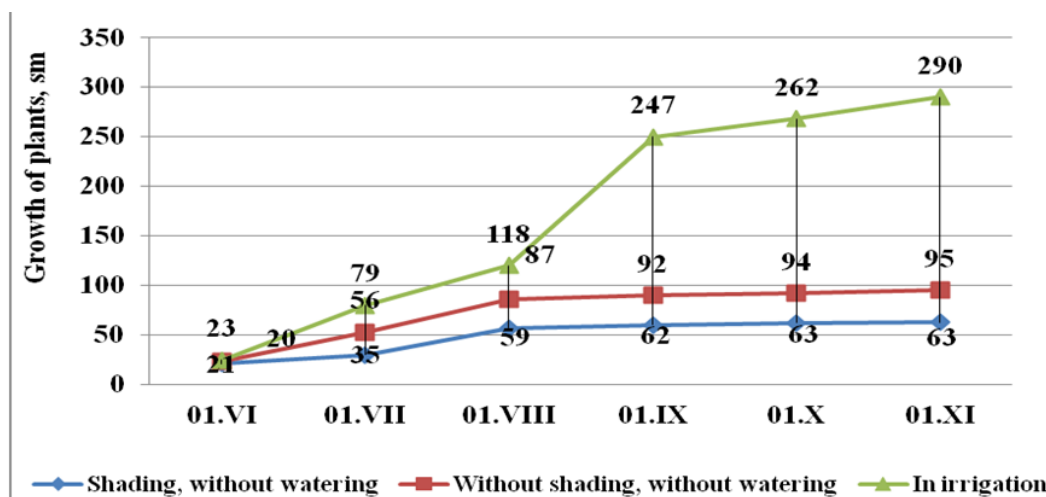


Figure. Dynamics of growth of plants sun artichoke in the conditions of the Gissar valley, Tajikistan

From figure it is visible that in the beginning of June on height of plants between variants of experience of an especial difference it is not observed. However, since начал July the height of plants in a variant with watering amplifies also it is observed till the end of vegetation.

Thus, as a result of all-round studying sun artichoke in different agro ecological conditions of Tajikistan we have come to following conclusions:

1. At cultivation sun artichoke on watering essential strengthening of dynamics of growth of plants, formations of quantity and the area of leaves, biological efficiency and productivity in comparison with cultivation on rein field is observed.

2. In conditions in a shade and without watering carrying out essentially negative growth and developments of plants, efficiency and productivity of plants, than in the conditions of cultivation without a shade without watering and on watering.

3. Joint entering of organic-mineral fertilizers (NPK-I + ejhornija-2) on watering to lead to increase in the general biological weight sun artichoke in comparison with variants without entering of mineral fertilizers (on 161.2 %), with entering of mineral fertilizers N₅₀P₅₀K₂₅-I (on 94.9 %), N₇₀P₇₀K₂₅-II (on 64.7 %) and ejhornija-2 (on 77.8 %) separately.

4. Also joint entering NPK-I + ejhornija-2 leads to substantial growth of a crop of tubers sun artichoke in comparison with variants without entering of mineral fertilizers (in 5.1times) and with entering of mineral fertilizers NPK-I (in 3.4 times), NPK-II (in 2.5 times) and ejhornija-2 (in 2.7 times). Thus, the most effective variant considers joint entering of organic-mineral fertilizers (NPK-I + ejhornija-2) under sun artichokeom at watering of plants. In this variant it is observed increases in productivity of the general biomass at 161.2 % and productivity of tubers more in five times, than in control (without application of fertilizers).

5. Stimulating action of organic fertilizer ejhornija-2 on formation of a crop of tubers from the general biomass of plants sun artichoke on watering that has great value in increase in an exit of tubers from area unit is observed. At joint entering organic - mineral fertilizers (NPK (50:50:25 kg/hec.) +Eikhornia-2) almost twice increases weights of tubers from the general biomass of plants, than in a control variant.

6. Different parts of plants sun artichoke from the general biomass are distributed by a following parity: roots of 23-25 %, leaves - 14 - 16 %, stalks - 22 23 % and tubers - 38 39 %. The cultiva-

tion variant sun artichoke on the irrigation earths has not led to essential change of parities of parts of plants from the general biomass in comparison with a cultivation variant on богарных the earths.

7. The general crop of a biomass sun artichoke on the irrigation earths of the Gissar and Rasht valley fluctuates within 66.6 - 95.6 t/hectares, and on богарных the earths - 31.6 - 73.4 t/hectares. On the average the biomass crop sun artichoke on watering makes 77.5 t/hectares, and on rein the earths - 48.4 t/hectares that testifies to efficiency and utility of cultivation sun artichoke on irrigation and on богарных the earths of our republic.

8. Watering promote increase in a crop of a biomass sun artichoke on 29.1 t/hectares (or on 60.1 %) a crop of tubers on 14.2 t/hectares (or on 87.1 %) in comparison with cultivation without watering.

9. The weight and tubers sun artichoke with the big hunting are eaten by animals, rabbits and birds and sun artichoke the animal industries and receptions of a biomass for synthesis of biogases and bioetanol in the conditions of our republic in the future are highly effective culture for strengthening of a forage reserve.

REFERENCES

- Litvinov V.N. Feed crops in Tajikistan. Dushanbe, 1965.- 295 p.
- Partoev K., Saidaliev N., Rakhimov A. Yield of sun artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in conditions of Gissar and Rasht of Tajikistan.. Almati, 2013. - p. 437-440.
- Partoev K., Yasinov Sh. M., Khotamov U.A. Sun artichoke - efficiency crops. Dushanbe, 2015.-32 p.
- Reingart E.S., Kochnev N.K., Ponamarev A.G., Zvyaksev P.S. The perspective of using of sun artichoke for bioethanol production. Moskov, 2008.- p.38-40.

УДК 576.895.121:591.336

Classification problems of cysticercoids from aquatic invertebrates*Pospekhova N.A.*

Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, Magadan, posna@ibpn.ru

Abstract. A brief overview of morphological studies of metacestodes from aquatic invertebrates is given. Recent studies have revealed the need to revise the cysticercoid classification system, since the studied metacestodes cannot be attributed to the already known modifications.

The life cycles of many cyclophyllids in North-East Asia are associated with the aquatic environment, since both intermediate and final hosts belong to aquatic or semi-aquatic organisms (Tomilovskaya, 1979; Regel, 2001; Bondarenko and Kontrimavichus, 2006). Moreover, in Primorye the same species of cestode uses an earthworm as an intermediate host, but in Chukotka it uses a chironomid larvae (Tomilovskaya, 1979).

Metacestodes of the suborder Hymenolepidata, the most widely represented among the cyclophyllids of our region, develop in various annelids, crustaceans, and insect larvae. A wide range of intermediate hosts ensures the existence of numerous morphological modifications of cysticercoids. For dilepidids, these are monocerci and strobilocysts, for hymenolepidids - cercocysts and cyclocerci, for aploparaksids - floricerci, ramicerci and a number of variants of diplocysts (real, caudate, ovoid). This diversity is mainly due to variations in the structure of the larval organ – cercomere, involves the cyst and all homologues of the tail appendage (Krasnoshchekov, 1980).

Until recently, there were no analogues of the *Tatria octacantha* Rees, 1973 metacestodes in our region, which differ significantly from diplocysts, although, as well as diplocysts, they are equipped with a cellular outer envelope. V.D. Gulyaev named them the ascocerci (Gulyaev, 1989). Although ascocerci are considered as a variant of a diplocyst in the well-known work on the systematization of the terminology of metacestodes (Lenta Chervy, 2002), we believe, the separation of the tail appendage at the early stages of postembryonic development makes this modification of cysticercoids completely independent. Our supposition was confirmed by the study of several varieties of ascocercus from the lakes of the Magadan Region, including the polycephalic ascocercus *Mircia shigini* Konyaev et Gulyaev, 2006 (Pospekhova, Regel, 2015).

With the description of new metacestodes, the number of modifications that cannot be attributed to the already known ones increases. For example, K.V. Regel found three species of metacestodes in predatory pharyngeal leeches *Erpobdella octoculata* L., two of which belonged to family Hymenolepididae (*Kowalewskius formosus* (Dubinina, 1953) Regel, 2010 and *Kowalewskius* sp.), and one - to family Aploparaksidae (*Aploparaksis shigini* Bondarenko et Kontrimavichus, 2006) (Regel, 2010, 2016). Small aploparaksid metacestodes were freely located in the fluid of lateral lacunae - the rudiments of the coelom, while the larger hymenolepidids from the genus *Kowalewskius* Yamaguti, 1959 were found in the thickness of the bothryoid tissue of leeches (Regel, 2010).

Electron microscopic examination of *K. formosus* did not confirm the initial supposition that they belonged to the cyclocercus modification: 1) the endocyst of the cyclocercus lacks the myelin-like layer that restricts its cavity, unlike the metacestode of *K. formosus*; 2) we were not able to identify in *K. formosus* a characteristic morphological feature of cyclocerci - namely, the non-cellular outer envelope. There is a layer of granular material with vesicles at the border with the host tissues, but we find it difficult to determine its belonging. In addition, the metacestodes of *K. formosus* have another feature undescribed in cyclocerci: long, dense microvilli covering the caudal appendage and defining the boundaries of the host cell-free zone.

Similar microvilli cover the cellular exocyst and caudal process of the metacestode *A. shigini*. This metacestode is close to floricercus in its morphology, although it differs from the latter by its long tail, which forms a conglomerate with the caudal processes of other metacestodes.

Thus, a thick border of long microvilli is characteristic of the tail appendage and its homologue in two examined (by electron microscopy) metacestodes from leeches *E. octoculata* (*K. formosus* and *A. shigini*), although they have different localization (tissue and cavity), belong to different families (Hymenolepididae and Aploparaksidae), are close to different morphological modifications (cyclocercus and florircercus) and parasitize in different definitive hosts (Laridae and Anatidae).

We suppose, with the accumulation of new data on the morphology of metacestodes, there is a need to return to the systematization of cysticercoids as the most polymorphic metacestode type within the order Cyclophyllidea. We do not rule out this new system will take into account not only light microscopic, but also electron microscopic data, which give more information about the structure of metacestodes.

LITERATURE

Bondarenko S.K., Kontrimavichus V.L. Aplaparaksidae of wild and domesticated birds // Fundamental of Cestodology. Vol. 14. M.: Nauka, 2006. 443 p. [in Russian].

Gulyaev V.D. New morpho-ecological types of the cysticercoids of cestodes of subfamily Schistotaeniinae Johry, 1959 // Ekologiya gelmintov pozvonochnykh Sibiri. Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe Otdelenie, 1989. P. 199–213 [in Russian].

Krasnoshchekov G.P. Cercomere, a larval organ in cestodes // Zhurnal Obshchey Biologii. 1980. Vol. 41. P. 615–627 [in Russian].

Lenta Chervy. The terminology of larval cestodes or metacestodes // Systematic Parasitology. 2002. Vol. 52. P. 1–33.

Pospekhova N.A., Regel K.V. Morphology and ultrastructure of two schistotaeniid cysticercoids (Cestoda: Cyclophyllidea) from the haemocoel of the dragonfly larvae // Parazitologiya. 2015. Vol. 49. P. 339–351.

Regel K.V. Hymenolepidids of duck birds of Northwestern Chukotka // Abstract of thesis. diss. cand. biol. sciences. Moscow, 2001. 24 p. [in Russian]

Regel K.V. Leeches *Erpobdella octoculata* L. - intermediate hosts of *Kowalewskius parvula* (Kowalewski, 1904) and *Kowalewskius formosa* (Dubinina, 1953) comb. nov. in the Kolyma basin // International Symposium "Parasites of the Holarctic Region", Petrozavodsk, 4–8 October 2010. P. 70–73 [in Russian].

Regel K.V. On taxonomic position of aploparaksid' metacestodes found in leeches *Erpobdella octoculata* in the Upper Kolyma river basin // Transactions of Center of Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS. 2016. Vol. 49. P. 121–123 [In Russian].

UDC 591.524.12

Taxonomic composition of plankton in the water bodies of Kharanorskaya SDPP (Transbaikalia)

Tashlykova N.A., Afonina E.Yu.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch RAS, Chita, Russia,
NatTash2005@yandex.ru*

Abstract. In this paper we describe the taxonomic structure of planktonic associations in the water bodies of Kharanorskaya SDPP. We identified total 141 algal taxa ranked below the genus level, representing the divisions Cyanobacteria (15 taxon), Bacillariophyta (41), Chrysophyta (10), Cryptophyta (3), Dinophyta (4), Charophyta (8), Chlorophyta (56), and Euglenophyta (4) and 52 zooplankton taxa, including 28 species and subspecies of Rotifera, 15 species of Cladocera, and 9 species of Copepoda. Six algal species from diatoms (*Stephanodiscus hantzschii*, *Nitzschia sigmoidea*, *Fragilaria radians*, *Asterionella formosa*, *Ulnaria ulna*) and four zooplankton species (rotifers *Asplanchna priodonta* and crustaceans *Daphnia galeata*, *Bosmina longirostris*, *Thermocyclops crassus*) occurred in all water bodies under study for the entire research period.

Таксономический состав планктона водоема-охладителя Харанорской ГРЭС (Забайкалье)

Ташлыкова Н.А., Афонина Е.Ю.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, NatTash2005@yandex.ru

Аннотация. В данной статье описана таксономическая структура планктонных сообществ водных объектов Харанорской ГРЭС. Идентифицировано 141 таксон водорослей, включая Cyanobacteria (15 таксонов), Bacillariophyta (41), Chrysophyta (10), Cryptophyta (3), Dinophyta (4), Charophyta (8), Chlorophyta (56), Euglenophyta (4), и 52 таксона беспозвоночных, включая 28 видов и подвидов Rotifera, 15 видов Cladocera и 9 видов Copepoda. Шесть видов диатомовых водорослей (*Stephanodiscus hantzschii*, *Nitzschia sigmoidea*, *Fragilaria radians*, *Asterionella formosa*, *Ulnaria ulna*) и четыре вида зоопланктона (коловратки *Asplanchna priodonta* и ракообразные *Daphnia galeata*, *Bosmina longirostris*, *Thermocyclops crassus*), были обнаружены во все периоды исследования.

The Kharanorskaya SDPP cooling pond is located in the arid zone of the south-eastern of Transbaikalia in a highly continental climate. The reservoir is formed by the embankment of the floodplain of the Onon River floodplain at the confluence of the Turga River. It is a self-leveling flat reservoir of floodplain-valley type of seasonal regulation. The water surface area at a normal retaining level is 4.1 km², the volume of water mass is 15.6 × 10⁶ m³ and the average depth is 3.8 m.

Hydrobiological researches were conducted in April, July and October 2019. Planktonic samples were collected from different parts of cooling pond and channels: cooling pond; water supply channel; drainage channel; water intake channel. Sampling and processing of plankton samples was carried out using standard hydrobiological methods (Kiselev, 1969; Sadchikov, 2003).

There were 141 algal taxa in the phytoplankton, belonging to 8 phyla. Green algal (40 % of the total number of taxa) and diatoms (30 % of the total number of taxa) were the most diverse. The number of algal taxa varied from 6 to 45. The average value was 27±9. In cooling pond phytoplankton consisted of 135 taxa ranked below the genus level of algae, 58 taxa were in water supply channel, 50 taxa were in drainage channel, and 94 taxa were in water intake channel. Six species: *Stephanodiscus hantzschii*, *Nitzschia sigmoidea*, *Fragilaria radians*, *Asterionella formosa*, *Ulnaria ulna* occurred in all studied water bodies and for the entire research period. Algal species such as *Jaaginema woronichinii*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis pulverea*, *Kephyrion moniliferum*, *Aulacoseira ambigua*, *Cyclostephanos dubius*, *Cocconeis pediculus*, *Didymosphenia geminate*, *Hippodonta hungarica*, *Diatoma vulgare*, *Meridion circulare*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*,

Ulnaria capitata, *Cryptomonas ovata*, *Ceratium hirundinella*, *Tetrastrum elegans*, *T. triacanthum*, *Pseudoschroederia robusta*, *Ankyra ancora*, *Coenochloris korshikovii*, *Radiococcus polycoccus*, *Desmodesmus opoliensis*, *D. spinosus*, *Lagerheimia longiseta*, *Oocystis marssonii*, *Tetrachlorella alternans*, *Golenkiniopsis solitaria*, *Mucidosphaerium pulchellum*, *Actinastrum hantzschii*, *Euglena longissimi*, *Euglenaformis proxima* noted only in reservoir; *Epithemia sorex*, *Komma caudate* were in water supply channel, and *Iconella hibernica* was in water intake channel.

There were 52 taxa in zooplankton. Rotifera were accounted for 54 % of the total number of taxa, Cladocera were 29 %, and Copepoda were 17 %. The species number varied from 10 to 27. The average value was 15 ± 5 . In cooling reservoir zooplankton included 38 species, 27 species were in water supply channel, 26 species were on drainage channel, and 24 species were in water intake channel. Four species (*Asplanchna priodonta*, *Daphnia galeata*, *Bosmina longirostris*, *Thermocyclops crassus*) occurred in pond and channels during the entire research period. Rotifers (*Proales* sp., *Epiphanes macroura*, *Brachionus quadridentatus quadridentatus*, *B. variabilis*, *Keratella cochlearis tecta*, *K. c. hispida*, *Trichocerca (Diurella) sp.*) and crustaceans (*Alona guttata*, *Monospilus dispar*, *Macrocyclus albidus*) noted only in pond; species *Epiphanes brachionus*, *Notholca squamula*, *Trichocerca stylata*, *Simocephalus vetulus*, *Alona costata*, *Macrocyclus albidus* were in water supply channel, species *Notholca acuminata*, *Chydorus ovalis*, *Macrocyclus albidus* were in drainage channel, and cladocerans *Ilyocryptus sordidus* is water intake channel.

The study was performed for the project of the Program for Basic Scientific Research FUFР-2021-0006 with financial support of "Kharanorskaya SDPP" JSC "Inter RAO – Electric power plants".

REFERENCES

- Sadchikov A.P. The study methods of freshwater phytoplankton. Moscow: University and School Publ, 2003. 159 p.
- Kiselev I.A. Plankton of the seas and continental reservoirs. Leningrad: Science Publ., 1969. 658 p.

Phylogenetic diversity of actinobacteria of the genus *Kribbella* and their potential for production of extracellular enzymes

Tsetseg Baljinova, Badamgarav Tsog-Uyren

Laboratory of Microbiology, Institute of Biology, MAS
Ulaanbaatar-13330, Mongolia
E-mail: tsetseg110@gmail.com

Abstract. Phylogenetic diversity of 55 actinobacterial strains of the genus *Kribbella* isolated from soil and lichen in Mongolia and their potential to produce extracellular enzymes were evaluated. It was found out that phylogenetic diversity of Mongolian isolates was quite large as they were closely related to 39.4% of known species of the genus *Kribbella*. The similarity of 16S rRNA gene sequences of isolates to the species of the genus *Kribbella* with validly published names ranged between 98.3-100%. Among them there were strains with phylogenetic positions indicating their taxonomic novelty. Mongolian *Kribbella* isolates were shown to be active producers of extracellular amylases (54.5%) as well as cellulases and proteases though not as numerous as producers of amylases.

The genus *Kribbella* was first proposed within the family *Nocardioideae* by Park et al. (1999) with *Kribbella flavida* as the type species. At present it belongs to the newly established family *Kribbellaceae* (Nouioui et al., 2018). Members of the genus are Gram-positive or Gram-variable, non-motile, nocardioform actinomycetes. They form an extensively branched vegetative mycelium and aerial hyphae, which fragment into short to elongated rod-like or coccoid elements. Colonies are usually pasty and soft-leathery, without distinct coloration. At the time of writing, there were 33 species with validly published names in the genus *Kribbella*. Strains of the *Kribbella* were originally isolated from soil, plants, alum slate mine, patinas of catacombs or from horse race-courses.

As for production of industrially important bio-active compounds, some *Kribbella* were shown to have antimicrobial activity. *Kribbella sandramycini* ATCC 39419, isolated from Mexico, produced an antitumor antibiotic sandramycin; *K. antibiotica*, isolated from China, possessed antifungal activity; *K. jejuensis* inhibited growth of *Streptomyces scabiei*; *K. koreensis* produced novel neuropilin/growth factor complexes (Goodfellow et al., 2012). Thus, not much is known about the potential of *Kribbella* species to produce biologically active compounds.

Actinobacteria of the genus *Kribbella* are widely distributed in Mongolian environments. They were isolated from soil as well as lichen samples collected from 9 provinces (Tsetseg et al., 2016). The present research is aimed at study of their phylogenetic diversity and potential for production of extracellular enzymes.

Material and methods

Strains. Fifty five strains of actinobacteria isolated from Arkhangai, Bayankhongor, Darkhan, Khuvsgul, Selenge, Tuv, Umnugobi, Uvs and Zavkhan provinces and maintained at the Laboratory of Microbiology's culture collection were used for study. Among them 10 strains were isolated from lichen and others from soil samples.

Phylogenetic analysis. The 16S rRNA gene sequences of 55 isolates were obtained within the Mongolia-Japan Joint Research Project (2006-2017) as described by Tsetseg et al. (2016). Sequences of 33 validly published species of the genus *Kribbella* were retrieved from the EzBio-Cloud server and LPSN (<https://lpsn.dsmz.de>). Multiple sequence alignments and construction of neighbour-joining phylogenetic trees were made with use of ClustalW program and Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 6.0 (Tamura et al., 2013). The stability of the topology of the phylogenetic trees was assessed using the bootstrap method with 1000 repetitions. A distance matrix was generated using Kimura's two-parameter model. All positions containing gaps and missing data were eliminated from the dataset (complete deletion option).

Production of enzymes. The potential of 44 strains for production of enzymes was evaluated by conventional methods on nutrient agar supplemented with 0.4% soluble starch for amylase, 0.5% carboxymethylcellulose for cellulase and 1% casein for protease activities.

Results and discussion

Phylogenetic diversity. To assess relationships between our isolates and all validly published species of the genus *Kribbella*, the neighbour-joining phylogenetic tree was generated using nearly complete sequences of 16S rRNA genes of 55 strains studied (1285-1473 bp) and 33 validly published type species (1346-1466 bp). Our isolates fell into 4 major and 5 minor groups within the radiation of members of the genus *Kribbella* (data are not shown). Figure shows the neighbour-joining phylogenetic tree constructed with use of our isolates and their closely related type strains. Similarity of our isolates to the closest known species ranged between 98.3-100% assuming a presence of taxonomically novel taxa.

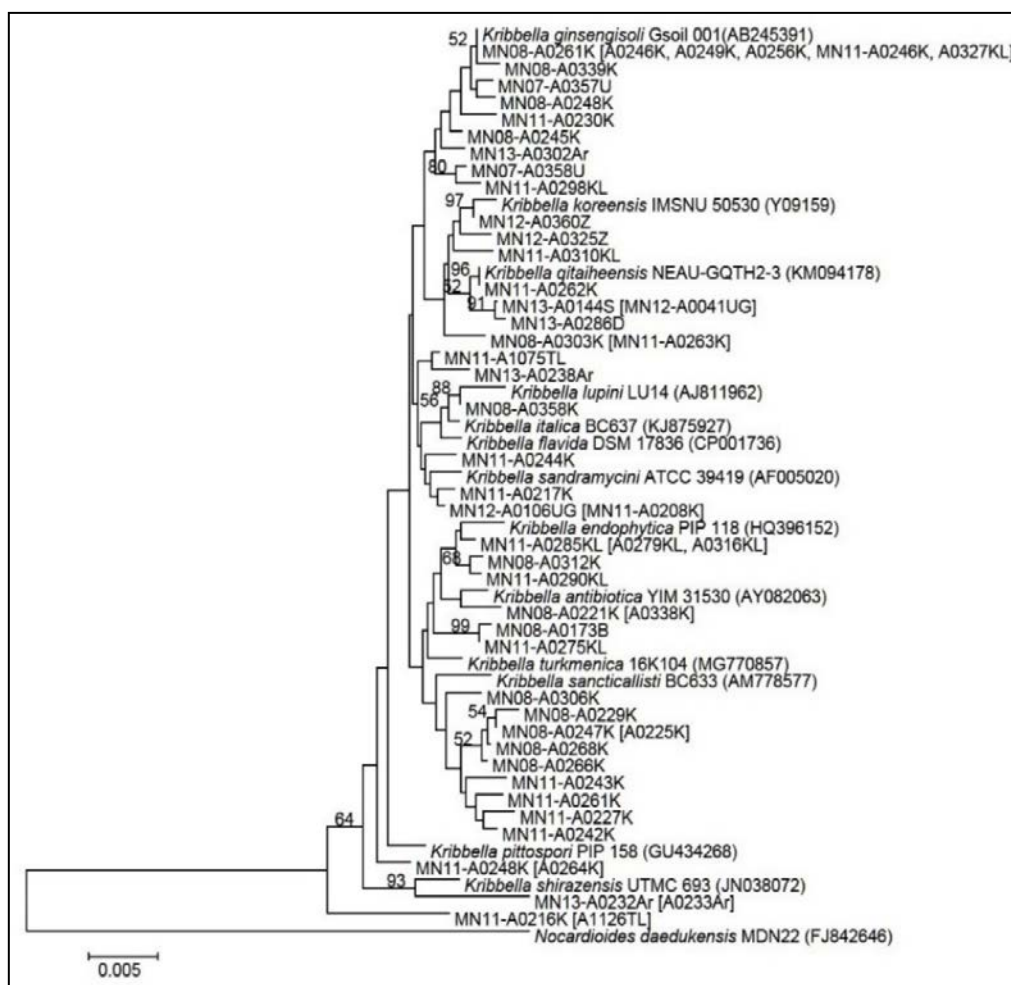


Figure. Phylogenetic relationships of isolates assigned to the genus *Kribbella* and their closely related type strains. The neighbor-joining tree was constructed in MEGA6 using the nearly complete 16S rRNA gene sequences. The phylogeny was tested with bootstrap analysis based on 1000 replicates. The number at the nodes indicate the level of bootstrap support; only values $\geq 50\%$ are given. The scale bar corresponds to 0.005 substitutions per nucleotide position. *Nocardioides daedukensis* was used to position the root. The number of additional similar isolates is presented in square brackets.

Mongolian *Kribbella* were phylogenetically quite diverse. Fourteen strains formed a clade with *K. ginsengisoli*, 9 strains – with *K. koreensis* and *K. qitaiheensis*, 7 strains – with *K. lupini*, *K. italica*, *K. flavida* and *K. sandramycini*, 19 strains – with *K. endophytica*, *K. antibiotica*, *K. turkmenica* and *K. sancticalisti*, and 2 strains – with *K. shirazensis*. Strains MN11-A0216K and A1126TL with 98.30% similarity to *K. pittospori* formed a separate two-membered clade without known species. Probably, they could be considered for study as taxonomically novel taxa. The same is true for

strains MN11-A0248K and A0264K with 99.15% similarity to *K. ginsengisoli*. Especially as it is known that some species of this genus are very close phylogenetically and share up to 99.64% 16S rRNA gene sequence similarity (Goodfellow et al., 2012). However, it is necessary to note, that the bootstrap value for the latter clade was lower than 50%.

Furthermore, soil and lichen isolates were not phylogenetically different as well as isolates from different provinces. Members of the same clade consisted of mixture of isolates from soil and lichen as well as from different provinces with the exception of strains of *K. sancticallisti* subclade.

Production of extracellular enzymes. Forty four strains were studied for production of extracellular enzymes. As a result, 54.5% of isolates tested had amylolytic, 4.5% - proteolytic and 2.3% - cellulolytic activities. Strains closely related to *K. antibiotica*, *K. ginsengisoli*, *K. italica* and *K. ko-reensis* had the highest amylolytic activity and the strain closely related to *K. qitaiheensis* had the highest proteolytic activity.

Thus, the phylogenetic diversity of *Kribbella* strains found in Mongolia was quite large. They were closely related to 39.4% of species with validly published names. Among them there were strains to be further studied as taxonomically novel taxa. In general, there was no correlation among geographic origin, substrate of isolation and phylogenetic positions of our *Kribbella* strains. Furthermore, *Kribbella* isolates were shown to be active producers of extracellular amylases as well as cellulases and proteases though not as numerous as producers of amylases.

Acknowledgement

We would like to thank members of the Mongolia-Japan Joint Research Project (2006-2017) for isolation and sequencing of actinobacterial strains. The special gratitude to Dr. Ando K. (NITE, Japan), project leader from Japanese side, for his support and advice during the project.

REFERENCES

- Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M.E., Suzuki K., Ludwig W. et al. (eds) // Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2012. Vol. 5. The Actinobacteria (New York, NY: Springer). P. 1276.
- Nouioui I., Carro L., Garcia-Lopez M., Meier-Kolthoff J.P., Woyke T., Kyrpides N.C., Pukall R., Klenk H.P., Goodfellow M., Goker M. Genome-based taxonomic classification of the phylum *Actinobacteria* // Front Microbiol. 2018. 9. P. 2007.
- Park Y.H., Yoon J.H., Shin Y.K., Suzuki K., Kudo T., Seino A., Kim H.J., Lee J.S., Lee S.T. Classification of '*Nocardioides fulvus*' IFO 14399 and *Nocardioides* sp. ATCC 39419 in *Kribbella* gen. nov., as *Kribbella flavida* sp. nov. and *Kribbella sandramycini* sp. nov. // Int J Syst Bacteriol. 1999. 49. P. 743-752.
- Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipinski A., and Kumar S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0 // Mol. Biol. Evol. 2013. 30(12). P. 2725–2729.
- Tsetseg B., Enkh-Amgalan J. and Katsuhiko A. // Taxonomic and ecological studies of microorganisms in Mongolia and utilization. 2016. 366 p.

UDK 573.01:595.762.12

**Geographic variation in functional and structural traits in ground beetles
(the case study of *Carabus aeruginosus* F.-W., 1822)**

Ukhova N.L.¹, Ereemeeva N.I.², Sukhodolskaya R.A.³

¹ Visimskiy State Reserve, Kirovgrad, Russian Federation, ukh08@yadex.ru

² Kemerovo State University Kemerovo, Russian Federation, neremeeva@mail.ru

³ Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan
Academy of Sciences Kazan, Russian Federation, ra5suh@rambler.ru

Abstract. Variation in body size represents one of the crucial raw materials for evolution. However at present it is still being debated what is the main factor affecting body size or if the final body size is the consequence of several factors acting synergistically. To evaluate this widespread species seem to be suitable models because the different populations occur along a geographical gradient and under contrasted climatic and environmental conditions. Here we describe the patterns of variation in body size in ground beetle *Carabus aeruginosus* in two regions (9 sites) separated by a distance of 2000 km. Beetles from eastern populations had widened habitus (enlarged width) parameters. Morphometric structure differed significantly in all populations. Sampling locality and region were the main factors affecting body size variation.

Body size is a fundamental property of animal form related to behavior, ecology, morphology and physiology (White et al., 2007). Based on this assumption there are numerous studies from multiples disciplines that involve body size as the key aspect of evolutionary adaptation and diversification of organisms (e.g. Blanckenhorn, 2000). In this context variation in body size represents one of the crucial raw materials for evolution to occur.

Among insects few studies on trends in body size variation have been carried out, including nearly 5% of total species around the world (Shelomi, 2012). Within this framework it is still arguable if there is a unique. main factor affecting body size (often identified as being temperature or moisture) or if the final body size is the consequence of several factors acting synergistically. In this sense a detailed study of body size variation among populations is necessary including a greater number of species in order to obtain a general explanation across taxonomic levels.

Material and methods. We sampled beetles by pitfall traps in two provinces of Russia: Visimskiy State Reserve (58°N 61°E) and Kemerovo province (54°N 81°E). At the first territory we investigate to plots (the ripe birch forest and the meadow in another quarter of Reserve). At the second territory there were 7 plots (birch forests, meadows and lawns) with the differing anthropogenic effect (resident, industrial zones of the city and natural biotopes).

All paddings with captured beetles were transferred to Laboratory of Biomonitoring (The Institute of Problems in Ecology and Mineral Wealth, Tatarstan Academy of Sciences) for photographing. All photos were taken by one person using the same method. Morphometric data was collected from images taken by Nikon D5100 camera with custom opaque light disperser and a box with opaque reflective surface. Measurements were made using program, designated specifically for the given method of measurement and utilized distance between manually pointed out elements of photos' arrays as terminal point of measurements and fiducial scale, using the last to bind real scale to array output data. We measured 6 traits: length and width of elytra, pronotum and head). In total we analyzed 2221 specimen.

Results and discussion. We performed the series of discriminant analysis using the single data on independent variables but changing independent variables (predictors). Wilk's λ s varied but were significant in all cases studied. The most desirable Wilk's λ values were when "Region" and "Locality" were taken as predictors. This confirmed that local factors (e.g. weather, soil, resource ability) were more important in morphometric structure formation in *C. aeruginosus*. The matching large ranges in Mahalanobis distances told about the same. The other three factors contributed into populations discrimination just about equally. But the differing range in Mahalanobis distances values suggested, that biotopes characteristics were more important to the species adaptation, than anthropogenic press. With "Biotope" predictor all differences between populations studied were signifi-

cant excluding “pine” and “wasteland” variables and the highest distinction was between “[lawn” and “wasteland”. With “anthropogene” predictor expectedly urban and natural populations differed to a greater extent (Table).

Table

Discriminant analysis results in *C. aeruginosus* populations

Predictor	Wilk's λ	approx. F	Range of Mahalanobis distance
Province	0.27	6.21	28.02
Region	0.05	12.42	23.99 – 60.67
Locality	0.02	66.11	0.60 – 77.52
Biotope	0.20	24.73	0.81 – 25.45
Anthropogen	0.23	18.59	2.24 – 16.39

Linear traits in *C. aeruginosus* varied two: elytra length values were equal in populations from the both provinces but elytra width was larger in Kemerovo beetles (Figure). We observed the same trend – beetle habitus widening – in the other two couples of traits (pronotum and head). In that case we appreciate the view that in harsh conditions (to our mind Kemerovo's environment is more severe) beetle habitus widens (Grinko, 2002).

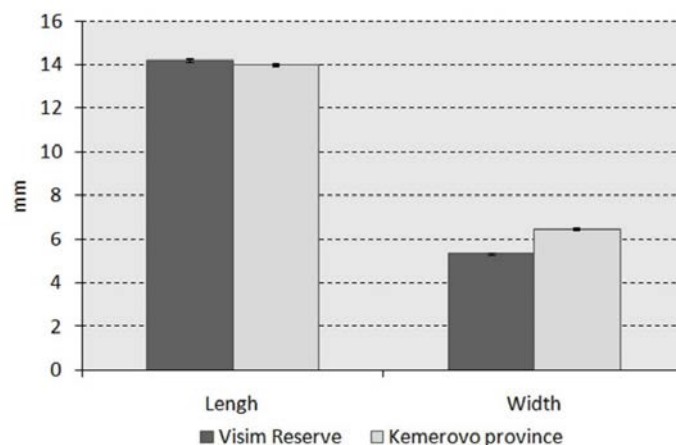


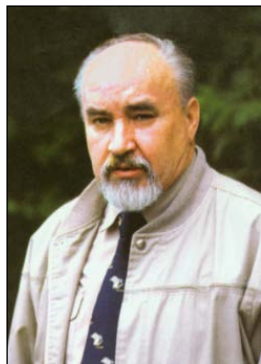
Figure. Elytra parameters in *C. aeruginosus* populations

C. aeruginosus morphometric investigations are complicated by its ecology. It is Siberian species and its distribution is limited by this territory though sporadic findings in central Volga Region exist. Comprehensive study of its populations was made earlier in Kemerovo. Results showed that *C. aeruginosus* is adapted to the urban conditions: its body size did not differ in urban and natural biotopes, though the structure of populations differed significantly (Timofeeva, 2009). The latter fact proposes high adaptability in this species which was confirmed in our study. Not only that population structure differed in every locality studied, body size in this species urban populations was commensurable with natural reserve ones.

REFERENCES

- Blanckenhorn W. U. The evolution of body size: what keeps organisms small? //The Q. Rev. Biol. 2000. V.75. P. 385–407.
- Grinko R. A. Ecological Structure of Ground Beetles Populations (Coleoptera, Carabidae) on Zonal and Inyrazonal Ecosystems with Differing Level of Isolation. PhD Thesis. N. Novgorod, 2002. 169 p.
- Timofeeva G. A. Morphometric structure of carabids (Coleoptera, Carabidae) at the territories with different anthropogenic effect. PhD Thesis. Kazan, 2009. 322 p.
- Shelomi M. Where Are We Now? Bergmann's Rule Sensu Lato in Insects //American naturalist. 2012. V. 180. N. 4. P. 511–519.
- White E. P., Ernest S. K. M., Kerkhoff A. J., Enquist B. J. Relationships between body size and abundance in ecology// Trends in Ecology & Evolution. 2007. V 22. P. 323–330.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ



К 80-летию

Владимира Михайловича КОРСУНОВА (1941–2007), члена-корреспондента РАН, доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации и Республики Бурятия

Владимир Михайлович Корсунов — уроженец села Отрадо-Кубанское Краснодарского края (1941), выпускник кафедры почвоведения биолого-почвенного факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (специализация "химия почв") (1966 г.). По рекомендации Ученого совета поступил в очную аспирантуру Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР к доктору сельскохозяйственных наук, Заслуженному деятелю науки РСФСР, профессору Р.В. Ковалёву. В 1970 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию по теме «Генетические особенности глубокоподзоленных почв черневой тайги Салаирского кряжа и некоторые элементы современного почвообразования в них». В 1974 г. В.М. Корсунов возглавил лабораторию лесного почвоведения Института леса и древесины им. В.Н. Сукачёва (ИЛиД) СО АН СССР в Красноярске. В 1984 г. В.М. Корсунов завершает обобщение многолетних исследований автоморфных почв возвышенностей и кряжей восточного и юго-восточного окаймления Западно-Сибирской равнины и успешно защищает докторскую диссертацию по этой теме. В 1986 г. В.М. Корсунов назначен директором Бурятского института биологии СО АН СССР. Как директор Института и заведующий лабораторией экологии и географии почв, Владимир Михайлович активно включился в разработку стратегии устойчивого развития Байкальского региона.

Владимир Михайлович с удовольствием делился своим богатым опытом исследователя с молодым поколением ученых. Он основал и на протяжении долгих лет руководил кафедрой почвоведения и экспериментальной биологии биолого-географического факультета БГУ. Под руководством В.М. Корсунова успешно защищено 12 кандидатских и 8 докторских диссертаций, его коллеги и ученики продолжают дело замечательного почвовед-биогеоценолога и неутомимого исследователя лесных почв Сибири.

В.М. Корсунов вел большую общественную работу и являлся членом научно-технического Совета при Президенте Республики Бурятия, членом Президиума Бурятского научного центра СО РАН, председателем диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата биологических наук.

В.М. Корсуновым опубликовано более 180 научных работ, включая 25 фундаментальных коллективных монографий. Плодотворная научная и организационная деятельность В.М. Корсунова неоднократно отмечалась Почетными грамотами Академии наук СССР и Российской академии наук. Признанием его заслуг явилось присвоение ему званий Заслуженного деятеля науки Республики Бурятия и Российской Федерации и избрание членом-корреспондентом РАН по отделению "Общая биология" (специальность "почвоведение и лесоведение") (2000 г.).

К 85-летию



Цыденжапа Хутановича ЦЫБЖИТОВА (1936–2007),
доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженно-
го деятеля науки Республики Бурятия и Российской Федерации

Ц.Х. Цыбжитов родился 15 декабря 1936 года в с. Куорка Кижингинского района Бурятской АССР. После окончания агрономического факультета Бурятского сельскохозяйственного института был направлен в БКНИИ СО АН СССР, где начал заниматься гидротермическим режимом почв. В 1972 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Почвы лесостепи Селенгинского среднегорья и их водно-температурный режим», в 1992 г. докторскую - "Эколого-географические особенности и рациональное использование почв бассейна оз. Байкал». Цыденжапом Хутановичем разработаны ряд нормативных инструкций и методик по классификации эродированных и дефлированных почв, их картографированию, по определению водопроницаемости и газовому режиму почв. Комплексный подход к изучению почв позволил Ц.Х. Цыбжитову развить новое направление - экологическое картирование.

Цыденжап Хутанович на протяжении всей своей научной жизни тесно сотрудничал с учеными АН МНР, США, Германии, Франции. В работе над совместными проектами с ведущими зарубежными и отечественными учеными, обсуждал ряд дискуссионных моментов по классификации и номенклатуре почв американской и российской школ почвоведов, вел широкие дискуссии по региональным вопросам почвоведения. В 1967-1986 гг. по заданию ГКНТ при Совете министров СССР работал над внедрением полученных результатов в народное хозяйство. Наиболее существенные из них были использованы ВО «Леспроект», «ТерСКОП бассейна оз. Байкал», институтами «Гипрогор», «Ленгипрогор» Госстроя РСФСР, «Союзгипролесгор» и др. В 1991-1994 гг. принимал активное участие в совместном проекте РАН и Центра гражданских инициатив (США), результатом которого явилось издание в 1993 г. коллективной монографии «Байкальский регион в XXI веке: модель устойчивого развития или непрерывная деградация?». Участвовал в совместном проекте ИОЭБ СО РАН с учеными Иллинойского университета (США) по теме «Разработка методов использования наземной и космической информации природных объектов бассейна оз. Байкал в целях определения их экологического состояния».

Исследования Ц.Х. Цыбжитова обобщены в 180 работах, в том числе 11 монографиях и более 60 опубликованных и рукописных картах разного масштаба различного народнохозяйственного назначения. Последние 10 лет он работал над проектом «Экология, география, генезис и ресурсы почвенного покрова Республики Бурятия» в целях научно-информационного обеспечения районов Республики картографическими материалами по бонитету почв и земельному кадастру для планирования, эффективного использования сельскохозяйственных угодий и взимания земельного налога.

Трудовая деятельность Ц.Х. Цыбжитова отмечена знаком «Победитель социалистического соревнования», Почетными грамотами Президиумов АН СССР, СО АН СССР, БНЦ СО АН СССР, Верховного Совета Бурятской АССР, памятной медалью посвященной к 100-летию выхода книги В.В. Докучаева «Русский чернозем».

Вся научная деятельность Цыденжапа Хутановича – пример удивительного трудолюбия, исключительной целеустремленности, преданности однажды и навсегда избранному делу. Он в годы своей молодости при исследовании почв обнаружил новый эндемичный вид растений, который был назван его именем – *Vicia tsydenii* Malyshev - «Горошек Цыдена» и его имя останется навсегда в научном мире.



К 80-летию

Николая Мартемьяновича ПРОНИНА (1941–2015),
доктора биологических наук,
заслуженного деятеля науки Республики Бурятия

Николай Мартемьянович Пронин – известный российский паразитолог, эколог и байкаловед родился 18 апреля 1941 г. в с. Хандагай Хоринского района Бурят-Монгольской АССР. В 1958 г., после окончания Хасуртовской средней школы, Николай Мартемьянович поступил в Бурятский пединститут на факультет естествознания. В годы учебы занимался научной работой на кафедре паразитологии Бурятского сельскохозяйственного института. После 7 семестра он перешел на заочное отделение, а затем перевелся в Читинский пединститут (ЧГПИ) на естественно-географический факультет, работал лаборантом кафедры зоологии ЧГПИ. В 1962 г. Николай Мартемьянович с отличием окончил ЧГПИ. В 1968 г. Николай Мартемьянович защитил кандидатскую, а в 2004 г. докторскую диссертации.

С 1971 г. Николай Мартемьянович – старший научный сотрудник, а далее заведующий лабораторией паразитологии (ныне лаборатория паразитологии и экологии гидробионтов) в Отделе биологии БФ СО АН СССР (ныне ИОЭБ СО РАН). За эти годы сформировалось основное направление его научных исследований – экология паразитов гидробионтов, взаимоотношения в системах «паразит – хозяин» и структура паразитарных систем; возникло и успешно развивается другое направление – изучение экологии и биологии чужеродных видов. Емкую характеристику научной деятельности Н.М. Пронина в своем письме к его 80-летию дает известный паразитолог, д.б.н., профессор Дальневосточного государственного технического университета (г. Владивосток) Т.Е. Буторина: «Под его руководством выполнен огромный объем исследований, которые охватывают различные аспекты паразитологии рыб от классического изучения паразитофауны, ее сезонной, возрастной и межгодовой динамики до построения сложных, многоуровневых схем паразитарных систем различного типа, глубокого изучения тонких механизмов воздействия паразитов на различные органы и метаболизм рыб в целом, взаимоотношений хозяев и паразитов, понимания их важной роли в саморегуляции пресноводных экосистем и экосистемы Байкала в частности».

Николай Мартемьянович является автором и соавтором более 500 научных работ, включая 20 монографий. Результаты его исследований вошли в фундаментальные сводки и определители по фауне СССР (России) и мира, в справочники и определители по фауне и флоре озера Байкал. Н. М. Пронин – бессменный ответственный редактор всех 3-х изданий Красной Книги Республики Бурятия (1988, 2005, 2013). В числе его учеников – десятки выпускников Томского, Бурятского, Иркутского и Забайкальского университетов, два доктора и 19 кандидатов наук. Он являлся членом Научных советов РАН и СО РАН, Совета по защите докторских диссертаций в БГУ, Центральных советов, председателем Бурятских отделений Гидробиологического и Паразитологического обществ при РАН, членом редколлегий ряда российских научных журналов. Н. М. Пронин – заслуженный деятель науки республики, Почетный член Паразитологического общества при РАН, его труд отмечен Почетными грамотами Верховного Совета Бур АССР, Народного хурала Бурятии, Президиумов АН СССР, Сибирского отделения РАН, БНЦ СО РАН, Монгольского и Иркутского университетов.

К 90-летию



Эльберта Гомбожаповича БАЗАРОНА (1931–2002),
доктора медицинских наук,
заслуженного деятеля науки Республики Бурятия

Э.Г. Базарон родился в 1931 году в Москве в семье служащего. Он рано лишился отца, и мать осталась с тремя малолетними детьми. Нелегкая жизнь в детские годы выработала у него трудолюбие, самостоятельность, целеустремленность, закалила характер. После окончания Агинской средней школы Эльберт Гомбожапович в 1949 г. поступил в Иркутский государственный медицинский институт. В 1953 г. был призван в ряды Советской Армии и для продолжения учебы направлен в Саратовский военно-медицинский институт. Завершив учебу, он работал хирургом в Забайкальском военном округе в Чите, а после демобилизации - главным врачом Агинской окружной больницы.

В 1960-66 гг. Э.Г. Базарон обучался в ординатуре и аспирантуре при Московском онкологическом институте. В 1966 г. после успешной защиты кандидатской диссертации по теме «Гамартомы легких» Эльберт Гомбожапович работал в Бурятском республиканском онкологическом диспансере заместителем главного врача, где ему была присвоена квалификация хирурга-онколога высшей категории.

В 1968 г. Э.Г. Базарон в связи с заданием «Описание лечебных и фармакологических свойств лекарственных средств тибетской медицины» Госкомитета по науке и технике Совета Министров СССР был приглашен на должность старшего научного сотрудника в Бурятский филиал СО АН СССР. Он явился одним из организаторов нового научного направления – комплексного источниковедческого и экспериментального изучения наследия тибетской медицины в академической науке. В период работы в филиале он заведовал химико-фармакологической лабораторией, в 1986 году был избран на должность ведущего научного сотрудника Отдела биологически активных веществ Института общей и экспериментальной биологии СО РАН. В 1990 году Эльберт Гомбожапович успешно защитил в Ленинграде докторскую диссертацию по теме «Тибетская медицина – информационная база знаний для поиска новых методов лечения и лекарственных средств».

Эльберт Гомбожапович был активным позиционером тибетской медицины, побывал во многих странах Юго-Восточной Азии, был инициатором и участником научных съездов, конференций и симпозиумов. Он является автором и соавтором 12 монографий и свыше 100 научных статей. В 1976 г. в Улан-Удэ вышла монография «Лангтхабы и их корригирование», которая была переиздана на английском языке в Индии. «Очерки тибетской медицины» дважды переиздавались в Улан-Удэ, а в 1990 г. были переизданы на польском языке. Труды Э.Г. Базарона издавались в Греции, Монако, Венгрии. Работы Э.Г. Базарона были удостоены медали ВДНХ СССР, отмечены премией на конкурсе фундаментальных работ.

В 1992 году Э.Г. Базарон был избран вице-президентом Народной академии буддийской культуры, в 1993 году – действительным членом международной академии информатизации. За большой вклад в развитие науки ему присвоены почетные звания «Заслуженного деятеля науки Республики Бурятия» и «Почетного гражданина Агинского Бурятского автономного округа».

Э.Г. Базарон активно участвовал в общественной жизни коллектива, работе ученых, Диссертационных советов, редколлегиях научных сборников, подготовке и аттестации научных и научно-педагогических кадров. Дела, начатые талантливым ученым и наставником, продолжают коллегам и многими его благодарными учениками.

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ И БИОТЫ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

**МАТЕРИАЛЫ
IV ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

посвященной Году науки и технологий в Российской Федерации
и 40-летию Института общей и экспериментальной биологии СО РАН

Улан-Удэ, 15–18 июня 2021

Утверждено к печати ученым советом
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт общей и экспериментальной биологии
Сибирского отделения Российской академии наук

Научное издание
Материалы даны в авторской редакции

Макетирование – Г.В. Кашина

Формат 60×84 1/8. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 71,7. Уч.-изд. л. 65,3.

Редакционно-издательский отдел Изд-ва БНЦ СО РАН
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8.