РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт экологии растений и животных

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭКОЛОГИЯ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

15 – 19 апреля 2013 г.
Екатеринбург

ГОЩИЦКИЙ

УДК 574 (061.3)
Э 40

Материалы конференции изданы при финансовой поддержке Президиума Уральского отделения РАН и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13–04–06800).

Экология: теория и практика. Материалы конф. молодых ученых, 15–19 апреля 2013 г. / ИЭРиЖ УрО РАН – Екатеринбург: Гощицкий, 2013. – 136 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: теория и практика», посвященной году окружающей среды в странах СНГ. Мероприятие проходило в Институте экологии растений и животных УрО РАН с 15 по 19 апреля 2013 г. Работы посвящены проблемам изучения биологического разнообразия на популяционном, видовом и экосистемном уровнях, анализу экологических закономерностей эволюции, поиску механизмов адаптации биологических систем к экстремальным условиям, а также популяционным аспектам экотоксикологии, радиобиологии и радиоэкологии.

ISBN 978-5-98829-042-1

© Авторы, 2013
© ИЭРиЖ УрО РАН, 2013
© Оформление. Издательство «Гощицкий», 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ К ИЗДАНИЮ

15–19 апреля 2013 г. на базе Института экологии растений и животных УрО РАН состоялась Всероссийская конференция молодых ученых, студентов и аспирантов «Экология: теория и практика». В этом году мероприятие, насчитывающее более чем 50-ти летнюю историю, проходило в рамках Года окружающей среды в странах СНГ.

В работе конференции приняли участие молодые ученые и приглашенные докладчики. Молодые участники представляли 23 организаций, из которых: 10 — научно-исследовательских, входящих в структуру РАН и других ведомств РФ, 13 ВУЗов России. Профессиональный состав участников конференции: студенты и магистранты ВУЗов (27 человека); аспиранты и соискатели (22); инженеры и лаборанты (7); научные сотрудники (12); преподаватели ВУЗов (5). За четыре рабочих дня конференции состоялось 4 пленарных лекций, 20 устных докладов и 30 коротких презентаций стендовых докладов (с последующим представлением стендов) молодых участников.

Утренние сессии открывали пленарные лекции ведущих специалистов в области биологии и экологии. С докладом «Эволюция мелких млекопитающих и природной среды Восточной Европы от позднего миоцена до ледникового плейстоцена» выступил канд. геол.-мин. наук Алексей Сергеевич Тесаков (ГИН РАН, Москва); «Экологические, биологические, медицинские и социально-демографические последствия аварии на Чернобыльской АЭС» – докт. биол. наук, профессор Игорь Николаевич Гудков (Национальный университет биоресурсов и природопользования НААН Украины, Киев); «Академик В.И. Вернадский. История науки в России» – чл.-корр. РАН Николай Георгиевич Смирнов (ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург); «Филогеография: взаимосвязь экологии и молекулярной генетики» – докт. биол. наук Марина Владимировна Холодова (ИПЭЭ РАН, Москва).

В настоящем сборнике представлены результаты работ студентов, аспирантов, молодых ученых в области эволюции и палеобиологии, изучения биологического разнообразия на разных уровнях организации живого (клеточном, организменном, популяционном, видовом и биоценотическом). Обсуждаются механизмы устойчивости биоты, проблемы факториальной и функциональной экологии, биосферологии, экологического прогнозирования и рационального природопользования. Ключевая роль отводится вопросам биометрии и анализа данных. В рамках конференции также проходил семинар по основам композиции научного стенда, с докладом выступил

аспирант УГАХА М.О. Садыков (Екатеринбург). С авторской подачей материалов можно также ознакомиться в сборнике, который вы читаете.

Электронные версии материалов молодежных конференций 1996-2012 гг. размещены на сайте http://lib.ipae.uran.ru/documents/index.php?action=view&id=1.

Конференция проводилась при поддержке Президиума Уральского отделения РАН и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-06800).

Редколлегия

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИРОСТА ПОКРОВООБРАЗУЮЩИХ ЛИШАЙНИКОВ В ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ГРАДИЕНТАХ

С.Ю. Абдульманова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Западная Сибирь, лесотундра, относительный прирост, тайга, Cladonia.

Покровообразующие лишайники в сообществах тундровых и бореальных экосистем выполняют важнейшие экологические функции и имеют высокую социально-экономическую значимость. Еще с конца 30-х годов XX в. возник вопрос о рациональном природопользовании этих территорий, но и сейчас потребности оленеводов значительно превышают емкость пастбищ с доминированием лишайников. На фоне этого противоречия крайне актуальны работы по изучению особенностей продукционного потенциала северных экосистем, сроках его восстановления после стравливания.

В основе оценки ресурсного и восстановительного потенциала лишайникового покрова лежат данные о скорости роста доминирующих видов. Однако показатели прироста и высотно-возрастные параметры талломов лишайников сильно варьируют в зависимости от различных факторов среды: гидротермических, освещенности, свойств субстрата и проч. (Городков, 1936; Kershaw, Rouse, 1971; Полежаев, 1983; Толпышева, Тимофеева, 2008; Абдульманова, 2012 и др.). Это затрудняет прямой перенос имеющихся в литературе данных о скорости роста кустисто-разветвленных видов рода *Cladonia* на весь спектр местообитаний и природно-климатических условий.

Западная Сибирь является удобной модельной территорией для изучения экологии лишайников и скорости их роста, так как характеризуется очень четкими проявлениями широтной зональности. Сообщества с доминированием эпигейных лишайников встречаются здесь от южной тайги до арктических тундр на разных уровнях пространственной организации. Кроме того, помимо большого разнообразия сообществ с естественной природной динамикой, значительная доля территории подвержена различного рода воздействиям (пожары, выпас, рекреация).

Цель работы — изучить изменчивость прироста кустисто-разветвленных представителей рода *Cladonia* на разных уровнях пространственной организации сообществ с доминированием лишайников.

Задачи: а) определить относительный прирост подециев модельных видов лишайников в широтном градиенте на примере Западной Сибири; б) оценить изменчивость скорости роста лишайников в зависимости от фитоценотической приуроченности; в) выявить основные факторы среды, определяющие прирост лишайников в рассматриваемом диапазоне условий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Скорость роста 4 модельных видов лишайников: *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot, *C. rangiferina* (L.) F. H. Wigg, *C. stygia* (Fr.) Ruoss и *C. stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda изучали в сообществах трех растительных зон (тундровой, лесотундровой и таежной) в шести их подзональных единицах (арктические, северные и южные субарктические тундры, полоса северных редкостойных лесов, средняя и южная тайга).

В таежной зоне сообщества с доминированием лишайников занимают значительные площади: в средней и южной тайге — сосновые леса, в северной — лиственничные лишайниковые леса. Образцы лишайников отбирали в сосновых или березово-сосновых лесах. Сомкнутость древесного яруса 0.2–0.6, кустарниковый ярус не сформирован, покрытие кустарничков не более 35%, трав не более 30%, мхов до 50%, покрытие лишайников 20–100%.

В пределах полосы северных редкостойных лесов выбраны три типа сообществ с доминированием лишайников: бугристые болота, елово-лиственничные и лиственничные редкостойные леса и лесные фитоценозы. Древесный ярус лесных сообществ 0.3–0.5; редкостойных лесов 0.1–0.4; на болотах древесный ярус отсутствует. Сомкнутость кустарников 15–75%, покрытие кустарничков 10–50%, трав 3–15%, мхов 15–70%, лишайников 15–80%.

Наибольшее разнообразие растительных сообществ для анализа подобрано в зоне лесотундры, где описаны тундровые сообщества (кустарничково-лишайниковые, кустарничково-мохово-лишайниковые, кустарничково-лишайниково-моховые), ерниковые лишайниковые заросли, лиственничные и березово-лиственничные редины и заболоченные варианты этих сообществ (кустарничково-мохово-лишайниковые, моховые лиственничные редины), а также плоскобугристые болота. Сомкнутость древесного яруса в рединах не превышает в отдельных случаях 50%. Во всех типах сообществ, кроме болот и лишайниковых тундр, выражен кустарниковый ярус (покрытие 15–80%), покрытие кустарничков 15–75%, трав до 50%, мхов 5–80%, лишайников 15–95%. Кроме того, с восточного макросклона Полярного Урала отобраны образцы из горных вариантов тундр (лишайниковых, кустарничково-лишайниковых, пятнистых кустарничково-мохово-лишайниковых и ерниковых лишайниковых зарослей).

Тундровая зона в регионе исследования (полуострова Ямал и Гыдан) очень протяженная и подразделяется на южные, северные субарктические и арктические тундры. В рассмотренных сообществах с доминированием лишайников (кустарничково-лишайниковых, заболоченных кустарниковые травяно-лишайниково-моховых, моховых и пятнистых травяно-мохово-лишайниковых тундрах и бугристых болотах) практически отсутствует кустарниковый ярус (покрытие не превышает 20%), покрытие разных групп растений значительно варьирует: трав и кустарничков — 1–70%, мхов — 1–90%, лишайников — 5–95%.

Обширная площадь Западной Сибири характеризуется также значительным разнообразием климатических условий (табл. 1).

Таблица 1. Варьирование основных гидротермических параметров среды (апрель–октябрь) на территории Западной Сибири (по данным интернет-ресурсов meteo.infospace.ru и rp5.ru)

Зона	Сумма активных температур*, °С	Сумма осадков**, мм	Относительная влажность***, %
Южная тайга	2357.8	528.0	71.1
Средняя тайга	1838.7	329.8	69.3
Полоса северных редкостойных лесов	1407.6	344.4	74.4
Лесотундровая	1331.8	424.7	74.8
Тундровая	453.4	66.7	87.0

*Примечание: * — активные температуры для лишайников 5–25°С, сумма активных температур рассчитана в период с апреля по октябрь; ** — сумма осадков, выпавших в дни с активными температурами; *** — средние значения относительной влажности в дни с активными температурами.*

В целом из 10 ключевых участков для оценки относительного прироста было промерено около 5000 подециев модельных видов, проанализировано 450 геоботанических описаний и 2000 описаний лихеносинузий.

Измерения прироста проводили на предельно увлажненных слоевищах по методу К.Н. Игошиной (1939). Полученные данные анализировали с помощью методов дисперсионного и регрессионного анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время на территории Западной Сибири проведена оценка изменчивости прироста кустисто-разветвленных лишай-

ников рода *Cladonia* во всем спектре условий — от южной тайги до арктических тундр, с учетом влияния наиболее распространенных факторов нарушения: пирогенное воздействие и выпас. В целом в исследуемом диапазоне природных условий прирост лишайников варьирует от 1.5 до 12.0 мм/год (табл. 2). Выявлено, что скорость роста закономерно снижается от южной тайги до арктических тундр. При этом минимальными показателями прироста характеризуются сообщества тундровой зоны, где годичный прирост не превышает 4.5 мм/год, наибольшим — сообщества полосы северных редкостойных лесов, где он может достигать 12 мм/год. Однако необходимо учитывать, что изменчивость прироста зависит не только от условий среды, но и от видовых особенностей лишайников.

Таблица 2. Прирост лишайников в разных зональных подразделениях Западно-Сибирской равнины

Зона	Подзональные единицы	Прирост	
		$X_{ср}$±SD	min–max
Тайга	Южная тайга	7.29 ± 1.26	5.11 – 9.80
	Средняя тайга	6.27 ± 1.31	4.69 – 9.25
	Полоса северных редкостойных лесов	5.35 ± 1.99	3.13 – 11.88
Лесотундра	Лесотундра	3.64 ± 1.01	2.08 – 6.93
Тундра	Южные субарктические тундры	2.29 ± 0.31	1.73 – 2.76
	Северные субарктические тундры	2.46 ± 0.51	1.63 – 4.26
	Арктические тундры	2.47 ± 0.69	1.56 – 3.91

Изучение изменчивости скорости роста лишайников в зональном градиенте позволяет оценить вклад гидротермических условий среды. Так, в градиенте от южной тайги к арктическим тундрам отмечено значительное снижение суммы активных температур воздуха, относительная влажность воздуха возрастает, а количество осадков меняется нелинейно (см. табл. 1). Регрессионный анализ показал, что наибольший вклад в варьирование прироста вносит изменение температуры. Различия температуры и относительной влажности воздуха вдоль зонального градиента обусловливают 27–57% ($\beta \sim 0.47–0.73$; $R^2_{adj} \sim 0.26–0.57$; $p < 0.01$) и 35–41% ($\beta \sim -0.57 — -0.65$; $R^2_{adj} \sim 0.35$ -0.41; $p << 0.01$) изменчивости прироста соответственно. Наименьший вклад в изменчивость анализируемого показателя вносит количество осадков — 23–32% ($\beta \sim 0.47–0.55$; $R^2_{adj} \sim 0.23–0.32$; $p << 0.01$).

В пределах зональных подразделений вклад температуры в изменчивость скорости роста не выявлен.

Показатели прироста варьируют в широком диапазоне не только при рассмотрении зональной приуроченности, но и в зависимости от состава и структуры растительных сообществ, так как в пределах фитоценоза происходит локальное преобразование условий среды. При этом структура фитоценозов зависит от гидротермических и микроэкологических условий местообитания. Например, включенные в анализ сообщества средней и южной тайги, сформированные в однородных условиях на песчаных субстратах, характеризуются однотипной структурой, поэтому значимых биотических факторов в сообществах этих подзон не выявлено. Но при этом в сообществах южной тайги наибольший прирост выявлен у *C. rangiferina*, а в средней — у *C. stellaris* (табл. 3), что можно объяснить некоторыми различиями гидротермических условий среды, так как *C. rangiferina* нуждается для роста в более влажных условиях, чем *C. stellaris*.

В подзоне полосы северных редкостойных лесов разнообразие включенных в анализ типов фитоценозов невелико. Наибольшие значения прироста обнаружены в сообществах лиственнично-еловых лесов (табл. 4), однако достоверных отличий в скорости роста лишайников из разных типов растительности этой подзоны не выявлено, а значимым фактором среды является только мощность лишайниковой дернины ($\beta \sim 0.80–0.86$; $R^2_{adj} \sim 0.64–0.79$; $p < 0.01$). Возможно, в этих условиях большее значение имеют особенности субстратов, микро- и нанорельефа и проч., а не тип сообщества, что было показано Т.Ю. Толпышевой и др. (2003) для таежной зоны.

Наибольшее фитоценотическое разнообразие на данном этапе работы рассмотрено в зоне лесотундры. Мозаичность покрова и высокое разнообразие биотопов обусловливают значительный разброс значений скорости роста — от 1.5 до 8.5 мм/год (табл. 5). Максимальные значения прироста характерны для сообществ с сформированным кустарниковым ярусом и сообществ с тенденцией к заболачиванию. Наименьший прирост выявлен в сообществах кустарничково-лишайниковых тундр и лиственничных редколесий, произрастающих на вершинах холмов, на хорошо дренируемых субстратах и подверженных значительному иссушающему действию ветров. Основные факторы, обусловливающие изменчивость лишайникового прироста в условиях лесотундры, следующие: сомкнутость кустарникового яруса ($\beta \sim 0.08–0.34$; $R^2_{adj} \sim 0.44–0.58$; $p < 0.01$), покрытие лишайников ($\beta \sim -0.06 — 0.57$; $R^2_{adj} \sim 0.39–0.43$; $p < 0.01$) и мощность дернины ($\beta \sim 0.13–0.91$; $R^2_{adj} \sim 0.20–0.25$; $p < 0.05$), которые позволяют сохранять наиболее стабильные условия температур и увлажнения.

Таблица 3. Изменчивость прироста лишайников в сообществах южной и средней тайги

Подзона	Сообщество	*C. arbuscula*		*C. rangiferina*		*C. stygia*		*C. stellaris*	
		$X_{ср}$ ± SD	min–max	$X_{ср}$ ± SD	min–max	$X_{ср}$ ± SD	min–max	$X_{ср}$ ± SD	min–max
Южная тайга	Сосновый лишайниковый лес	8.50±1.07	7.19–9.8	7.97±1.02	7.25–9.13	6.52±0.27	6.33–6.91	7.03±1.19	5.56–8.33
	Сосновый травяно-моховой лес	7.85±0.46	7.34–8.46	7.69±0.65	7.23–8.15	5.82±0.61	5.11–6.59	0.95	н/д
Средняя тайга	Сосновый лишайниковый лес	5.20±0.08	3.50–7.40	5.80±0.07	4.20–7.50	н/д	н/д	6.30±0.05	5.60–7.50
	Сосновый кустарничково-лишайниковый лес	5.19±0.45	4.91–8.1	6.49±1.01	4.69–5.96	н/д	н/д	7.97±1.24	6.29–9.25

Таблица 4. Изменчивость прироста лишайников в сообществах полосы северных редкостойных лесов

Сообщество	*C. arbuscula*		*C. rangiferina*		*C. stygia*		*C. stellaris*	
	$X_{ср}$±SD	min–max	$X_{ср}$±SD	min–max	$X_{ср}$±SD	min–max	$X_{ср}$±SD	min–max
	Типичные равнинные сообщества							
Лиственничные редины	7.31±2.8	4.67–10.24	9.07±3.98	6.25–11.88	6.28±0.75	5.75–6.81	10.19±1.54	9.00–12.22
	Предгорные сообщества							
Лиственнично-еловые леса	4.47±0.56	3.65–4.89	4.92±0.75	4.13–11.88	4.91±0.85	3.96–5.61	3.74±0.04	3.71–3.77
Лиственничные редины	4.6±1.81	3.28–7.26	5.37±1.78	3.71–11.88	5.16±1.89	3.70–7.92	3.81±0.18	3.69–3.94
Бугристые болота	4.06±0.78	3.13–5.02	5.55±0.76	4.83–6.47	5.24±0.8	4.67–5.8	н/д	н/д

Таблица 5. Изменчивость прироста лишайников в сообществах зоны лесотундры

Сообщества	*C. arbuscula*		*C. rangiferina*		*C. stygia*		*C. stellaris*	
	$X_{ср}$± SD	min–max	$X_{ср}$± SD	min–max	$X_{ср}$± SD	min–max	$X_{ср}$± SD	min–max
	Равнинные сообщества							
Заболоченная кустарничково-мохово-лишайниковая тундра	2.85±0.33	2.62–3.08	3.62±1.6	2.49–4.75	4.02±1.73	2.8–5.25	2.62	н/д
Лиственничная редина	2.93±0.34	2.72–3.44	4.16±1.48	2.27–4.75	4.12±1.43	2.25–5.28	4.51±0.01	4.5–4.51
	Предгорные сообщества							
Березово-лиственничный лес	2.92±0.41	2.44–3.57	4.61±1.26	3.72–4.75	н/д	н/д	н/д	н/д
Лиственничная редина	2.8±0.57	2.26–3.4	3.27±0.93	2.61–4.75	3.52±0.58	3.11–3.93	н/д	н/д
Ерник лишайниковый	3.55±0.41	2.72–4.34	3.57±0.71	3.06–4.07	5.21±0.95	4.54–5.88	4.14±0.34	3.9–4.37
Кустарниково-мохово-лишайниковая тундра	3.55±0.5	2.78–4.2	4.15±0.56	3.65–4.75	3.54±0.61	2.63–4.50	н/д	н/д
Заболоченная лишайниково-моховая тундра	4.04±0.19	3.9–4.17	5.00±1.07	4.24–4.75	5.74±1.69	4.54–6.93	н/д	н/д
Кустарничково-лишайниковая тундра	2.13±0.07	2.08–2.18	2.4±0.28	2.2–4.75	2.79±0.39	2.52–3.07	н/д	н/д
Плоскобугристое болото	2.91±0.01	2.9–2.91	3.92±0.3	3.7–4.75	2.83±0.1	2.76–2.9	2.97±0.21	2.82–3.11
	Горные тундры							
Лишайниковая тундра (250–260 м над ур.м.)	3.54±0.5	2.57–4.55	3.19±0.75	2.02–4.63	3.83±0.46	3.11–4.57	3.87	н/д
Ерник лишайниковый (250–360 м над ур.м.)	3.91±0.89	2.37–4.85	4.29±1.17	2.09–5.33	5.39±0.84	4.61–6.43	3.43±1.29	1.51–4.31
Кустарничково-мохово-лишайниковая тундра (330–450 м над ур.м.)	2.8±0.66	1.76–3.66	3.31±1.05	2.2–5.58	3.46±0.89	2.06–4.46	2.91±0.91	1.77–4.43
Пятнистая кустарничково-мохово-лишайниковые (450–650 м над ур.м.)	2.58±0.58	1.65–3.74	2.95±0.74	2.01–4.26	2.82±1.05	1.51–4.51	1.41±0.32	1.17–1.77

В пределах лесотундры и полосы северных редкостойных лесов в анализ также были включены образцы лишайников с предгорных и равнинных территорий. В типичных равнинных сообществах в пределах указанных выше единиц растительного покрова скорость роста модельных видов выше, чем в предгорных районах (см. табл. 4, 5). Возможно, это связано с меньшим количеством осадков и температурной инверсией в условиях предгорных территорий. Наибольшие различия прироста в равнинных и предгорных районах выявлены у *C. stellaris*.

На примере лесотундры дополнительно анализировали образцы лишайников горно-тундровых сообществ Полярного Урала (см. табл. 5). Здесь прирост лишайников варьирует в меньших пределах, чем в равнинных сообществах, закономерно снижается с подъемом в горы, однако достоверные различия при подъеме в горы выявлены только при разнице высот не менее 400 м между точками сравнения. Наибольший прирост обнаружен в кустарниково-лишайниковых и коренных лишайниковых сообществах, а значимыми факторами являются высота над уровнем моря ($\beta \sim -0.48 - -0.69$, $R^2_{adj} \sim 0.21–0.51$, $p < 0.02$), сомкнутость кустарникового яруса ($\beta \sim 0.54$, $R^2_{adj} \sim 0.30$, $p < 0.01$) и мощность дернины ($\beta \sim 0.46–0.54$, $R^2_{adj} \sim 0.19–0.28$, $p < 0.01$).

В тундровой зоне с учетом показанных тенденций снижения прироста лишайников с юга на север и с подъемом в горы логично было бы предположить, что на фоне ужесточения гидротермических условий прирост лишайников будет снижаться при переходе от южных субарктических к арктическим тундрам. Однако значимых различий скорости роста модельных видов лишайников между подзонами не выявлено (табл. 6). Лишайники сообществ тундровой зоны характеризуется небольшими значениями прироста, а также узкими пределами варьирования. Структурное сходство разных тундровых биотопов, а порой и болотных комплексов с доминированием лишайников не позволяет выявить дополнительные биотические факторы, кроме мощности дернины ($\beta \sim 0.67$, $R^2_{adj} \sim 0.47$, $p < 0.01$). Отсутствие значимых отличий в скорости роста модельных видов лишайников в пределах разных подзон тундровой зоны может быть связано с двумя причинами: 1) на фоне жестких гидротермических условий дальнейшие их изменение с широтой уже не оказывает значимого влияния на скорость роста лишайников; 2) территория полуострова подвержена долговременным интенсивным пастбищным нагрузкам в связи с выпасом домашнего северного оленя (Морозова, Магомедова, 2004), что повсеместно оказывает угнетающее воздействие на лишайниковый покров и может нивелировать подзональные особенности их развития. В связи с этим необходимо развернуть более детальные исследования особенностей роста лишайников именно на фоне выпаса.

Таблица 6. Изменчивость прироста лишайников в сообществах тундровой зоны

Сообщество	*C. arbuscula*		*C. rangiferina*		*C. stygia*		*C. stellaris*	
	$X_{ср}$± SD	min–max	$X_{ср}$± SD	min–max	$X_{ср}$± SD	min–max	$X_{ср}$± SD	min–max
Южные субарктические тундры								
Заболоченные кустарниковые травяно-лишайниково-моховые	2.31±0.17	2.19–2.43	2.42±0.21	2.27–2.57	2.59±0.24	2.42–2.76	2.36±0.43	1.91–2.74
Пятнистые травяно-мохово-лишайниковые	1.73±0.43	1.09–2.80	2.08±0.49	1.91–6.98	н/д	н/д	н/д	н/д
Кустарничково-лишайниковые	2.26±0.3	1.62–2.61	2.18±0.34	1.42–2.78	2.74±0.45	1.87–3.59	1.08	
Северные субарктические тундры								
Заболоченные кустарниковые травяно-лишайниково-моховые	2.28±0.48	1.73–2.61	2.83±0.19	2.61–3.07	2.25±0.45	1.75–2.76	н/д	н/д
Пятнистые травяно-мохово-лишайниковые	2.17±0.15	2.06–2.27	2.33±0.13	2.24–2.43	3.08±0.47	2.41–3.90	н/д	н/д
Кустарничково-лишайниковые	2.25±0.3	2.04–2.46	2.43±0.37	2.17–2.7	1.88±0.35	1.63–2.12	н/д	н/д
Моховые тундры	2.32±0.28	2.02–2.57	2.52±0.26	2.29–2.81	2.41±0.38	2.09–2.96	н/д	н/д
Бугристые болота			2.31±0.09	2.24–2.37	3.27±1.11	2.07–4.26	н/д	н/д
Арктические тундры								
Пятнистые травяно-мохово-лишайниковые	2.2±0.6	1.78–2.63	3.18		3.13±0.49	2.57–4.13	н/д	н/д
Кустарничково-лишайниковые	2.2±0.06	2.16–2.25	1.92±0.33	1.56–2.21	2.39±0.59	1.86–3.44	н/д	н/д
Бугристые болота					3.91±0.27	3.72–4.10	н/д	н/д

Таким образом, относительный прирост лишайников закономерно снижается в направлении с юга на север на фоне изменения гидротермических условий, в первую очередь уменьшения суммы активных температур. Кроме того, скорость роста лишайников в пределах конкретной природно-климатической зоны зависит от различных биотических факторов, и только мощность лишайниковой дернины является повсеместно значимым признаком. Все это обусловливает необходимость при использовании данных о приросте лишайников и особенно при их экстраполяции на другие районы учитывать не только принадлежность выборки к природной зоне, но и фитоценотическую приуроченность. При этом в одних зональных подразделениях достаточно учитывать тип растительного сообщества (зона лесотундры), а в других необходимы данные об особенностях микроместообитания (таежная зона). Закономерное изменение скорости роста лишайников на фоне различных условий среды может нивелироваться или нарушаться под воздействием антропогенных факторов.

Значительный вклад в характеристику скорости роста талломов вносят и видовые особенности лишайников. Несмотря на сходные тенденции изменения прироста в зональном или высотном градиентах, для разных модельных видов оптимальные условия для роста отмечены в различных климатических зонах. Максимальный прирост в сообществах тундровой зоны, севера таежной зоны и южной тайги у *C. rangiferina* (*C. stygia*), в условиях подзоны средней тайги — у *C. stellaris,* а у *C. arbuscula* на всей территории исследования прирост минимальный.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12–04–31751) и Программы Президиума РАН № 30 «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (проект № 12-П-4–1043). Выражаю признательность коллегам (М.Г. Головатину, С.Н. Эктовой, Л.М. Морозовой, К.А. Ермохиной) за предоставленные образцы лишайников, а также за помощь в ходе проведения полевых работ и ценные рекомендации в ходе обсуждения результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдульманова С.Ю. Зависимость размерно-возрастных параметров покровообразующих лишайников от условий местообитания // Экология: традиции и инновации: Мат-лы конф. молодых ученых. Екатеринбург, 2012. С. 5–14.

Городков Б.Н. Итоги изучения прироста лишайников // Советское оленеводство. 1936. Вып. 8. С. 87–113.

Игошина К.Н. Рост кормовых лишайников на Приуральском Севере // Труды Научно-исслед. Ин-та поляр. землед., животновод. и промысл. Хозяйства. Сер. «Оленеводство». 1939. Вып. 4. С. 7–28.

Интернет-ресурс «Погода России»: http://meteo.infospace.ru
Интернет-ресурс «Расписание погоды»: http://rp5.ru/
Морозова Л.М. Магомедова М.А. Структура растительного покрова и растительные ресурсы полуострова Ямал. Екатеринбург: Изд-во Уральск. гос. ун-та, 2004. 64 с.
Полежаев А.Н. Особенности роста и распространения лишайников на оленьих пастбищах Чукотки // Биоморфология растений Дальнего Востока. Владивосток, 1983. С. 128–134.
Толпышева Т.Ю., Тимофеева А.К., Еськова А.К. Рост лишайников рода *Cladonia* и мха *Pleurozium schreberi* в сосновых лесах на побережье Белого моря // Бот. журн. 2003. № 88 (7). С. 27–41.
Толпышева Т.Ю., Тимофеева А.К. Влияние субстрата на рост и размножение лишайников *Cladonia rangiferina* и *C. mitis* // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология. 2008. № 4. С. 34–41.
Kershaw K.A., Rouse W.R. Studies on lichen-dominated systems. II. The growth pattern of *Cladonia alpestris* and *Cladonia rangiferina* // Can. J. Bot. 1971. № 49. P. 1401–1410.

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *SCORZONERA GLABRA* RUPR. В УСЛОВИЯХ РАЗНОТИПНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

П.О. Андреева

Национальный исследовательский Южно-Уральский госуниверситет, г. Миасс

Ключевые слова: стратегии жизни, уровень жизненности, экологическая валентность.

При возрастающей хозяйственной нагрузке одними из первых исчезают редкие таксоны, включенные в региональные Красные книги. Задача сохранения популяций видов растений должна решаться на основе познания биологии, экологии и, что особенно важно, стратегий жизни вида. Цель работы — дать оценку стратегий жизни ценопопуляций *Scorzonera glabra* Rupr. в условиях интенсивного техногенного воздействия. Задачи: 1) оценить экологическое пространство козельца гладкого в различных условиях обитания; 2) оценить уровень жизненности ценопопуляций козельца гладкого в условиях

интенсивного техногенного воздействия в сравнении с фоном; 3) исследовать ценопопуляционные характеристики козельца гладкого.

Scorzonera glabra Rupr. (*S. ruprechtiana* Lipsch. et Krasch.) — козелец гладкий из семейства Asteraceae — редкий вид, плейстоценовый реликт, занесенный почти во все Красные книги Урала. В Челябинской области распространен, главным образом, по восточному склону Южного Урала, произрастает в горных каменистых степях, на скалистых остепненных склонах, в каменистых сосновых борах, преимущественно на основных и ультраосновных породах. Работы проводились в 2010–2012 гг. в импактной зоне Карабашского медеплавильного комбината (КМК) и вне зоны техногенного воздействия (Ильменский заповедник и сопредельные территории). В основу работы положен метод маршрутных учетов и геоботанических описаний пробных площадей.

С помощью фитоиндикационной шкалы нами охарактеризованы местообитания ЦП. Экологическая валентность по отношению к набору факторов среды для козельца гладкого выглядит следующим образом: *Scorzonera glabra* Rupr. $M_{Rc,Nt,fH,Lc}$ $C_{Kn,\ Tm,\ Tr,\ Om,\ Cr,\ Hd}$. Таким образом, *S. glabra* Rupr. реализует средние и узкие пределы выносливости по отношению к анализируемым факторам среды, что характерно для большинства редких видов.

На территории заповедника вид произрастает в условиях сосново-лиственничного редколесья, вступая в конкурентные отношения за свет с разреженным древесным пологом и видами травостоя. Рассматриваемый абиотический фактор является определяющим в экологии козельца, поэтому его лимитирование оказывает влияние на фенотипическую пластичность, снижая уровень структурно-функциональной целостности растений.

Группировки козельца гладкого, встреченные в олуговевшей степи (буфер), по всем изученным ключевым признакам относятся к прогрессивному типу ЦП. Самая высокая плотность ЦП козельца гладкого отмечена нами в окрестностях КМК, а самая низкая — на территории ИГЗ (см. таблицу).

Таким образом, анализ форм адаптаций у *S. glabra* Rupr. в условиях разнотипного техногенного воздействия выявил многообразие приспособительных реакций на разных уровнях организации. На онтогенетическом уровне определяющим выступает эколого-ценотический стресс (свет и конкуренция), который уменьшает размерные характеристики особей и увеличивает их фенотипическую пластичность, при этом вегетативные надземные органы растения, характеризующиеся продолжительным ростом, являются наиболее чувствительными.

Таблица. Популяционные показатели Scorzonera glabra Rupr.

Показатель	Название пробных площадей				
	Карабаш	Карабаш	Карабаш	Буферная зона	Демидовские сопки
Площадь, м^2	2500	1200	400	400	625
Плотность средняя, шт/м^2	10.44	4.2	42	12.5	9
Онтогенетический спектр, %					
ювенильные (j)	0.4	0	0	0	0
имматурные (im)	0.4	0	0	0	0
виргинильные (v)	3.1	2.4	0	73.3	77.8
молодые генеративные (g_1)	13.8	4.8	0	0	22.2
зрелые генеративные (g_2)	24.9	19	2.4	26.7	0
старые генеративные (g_3)	19.9	59.5	14.3	0	0
сенильные (s)	37.5	14.3	83.3	0	0
Индекс восстановления [1]	0.06	0.02857	0	2.75	3.5
Индекс замещения [1]	0.0007	0.005	0	0	0
Индекс возрастности [2]	0.67	1.62	0.72	0.21	1.69
Индекс эффективности [3]	0.6	1.74	0.23	0.69	5.57
Тип ценопопуляции [3]	Стареющая	Стареющая	Зреющая	Старая	Старая

ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ ОКРЕСТНОСТЕЙ ДЕРЕВНИ ЧЕМБАКЧИНА (ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ – ЮГРА)

А.С. Афонин

Институт проблем освоения Севера СО РАН, г. Тюмень

Ключевые слова: бриофлора, видовое разнообразие, листостебельные мхи.

Деревня Чембакчина расположена в Ханты-Мансийском районе Ханты-Мансийского автономного округа — Югры на правом берегу р. Иртыш, ниже г. Горноправдинск. Согласно физико-географическому районированию, район исследования относится к Тобольской провинции, Юганской подпровинции, лежит на южной границе средней тайги (Физико-географическое районирование..., 1973).

Цель настоящей работы — выявление бриофлоры данной территории и ее анализ. Задачи: сбор и обработка полевого материала; проведение экологического и фитоценотического анализов.

Сбор материала проводили по общепринятым методикам в августе 2008 г. Было исследовано 4 фитоценоза: 1 — разнотравно-злаковый луг, расположенный на склоне террасы; 2 — осиново-березово-еловый мелкотравно-осоковый лес, расположенный на террасе; 3 — кедровник разнотравный с кустарниками, расположенный на гриве; 4 — осоковое болото, расположенное между гривами. Использована систематика, предложенная М.С. Игнатовым с соавт. (2006).

В результате исследования выявлено 59 видов листостебельных мхов, относящихся к 2 классам, 24 семействам, 40 родам. Наибольшим видовым разнообразием представлены семейства Dicranaceae (7 видов), Polytrichaceae и Pylaisiaceae (по 6), Sphagnaceae, Brachytheciacea и Amblystegiaceae (по 4), Pottiaceae, Bryacaea, Mniaceae и Hylocomiaceae (по 3), Plagiotheciaceae и Thuidiaceae (по 2). Остальные семейства представлены одним видом.

В фитоценотическом отношении видовое разнообразие мхов распределено следующим образом: разнотравно-злаковый луг — 22 вида; осиново-березово-еловый мелкотравно-осоковый лес — 40; кедровник разнотравный с кустарниками — 20; осоковое болото — 5 видов.

По отношению к типам субстрата наибольшее видовое разнообразие представлено на разлагающейся древесине — 34 вида, на почве и лесной подстилке — 32, на стволах осин — 8, на выступающих корнях — 9 видов.

ВЫВОДЫ

1. Обнаружено 59 видов листостебельных мхов. В целом бриофлора исследованного района является типичной для таежной зоны.

2. Наибольшим видовым разнообразием характеризуется еловый лес (40 видов); 23 вида являются общими для всех исследованных типов фитоценозов; 36 видов обладают приуроченностью к типу фитоценоза.

3. Наибольшее видовое разнообразие мхов наблюдается в напочвенном покрове (32 вида) и на валежнике (34 вида); 19 видов являются общими для всех исследуемых типов субстрата; 40 видов обладают приуроченностью к определенному типу субстрата.

4. В ходе исследования обнаружены два вида (*Neckera pennata* Hedw [3 (R)] и *Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth. [3 (R)]), внесенные в Красную книгу ХМАО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии // Arctoa. 2006. №15. С. 1–130.

Физико-географическое районирование Тюменской области / Под ред. Н.А. Гвоздецкого. М.: Изд-во МГУ, 1973. 246 с.

АСПЕКТЫ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ *DACTYLORHIZA OCHROLEUCA* И *D. INCARNATA* НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

А.А. Барлыбаева

Башкирский госуниверситет, г. Уфа

Ключевые слова: Dactylorhiza incarnata, D. ochroleuca, Южный Урал.

Для ценопопуляционных исследований были выбраны виды *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo и *D. ochroleuca* (Wustn. ex Boll.) Holub. Исследования проводили в полевые сезоны 2010–2012 гг. на административной территории Абзелиловского района Республики Башкортостан.

Цель настоящего исследования — изучение некоторых вопросов биологии и экологии *Dactylorhiza ochroleuca* и *D. incarnata* на Южном Урале.

Задачи: 1) определить эколого-фитоценотической приуроченность данных видов; 2) проанализировать местообитания вида по экологическим шкалам.

Геоботанические описания были выполнены по 9-балльной шкале Браун-Бланке (1964). Оценка экологических условий местообитания проведена по составу видов в сообществах с использованием экологических шкал Г. Элленберга (Ellenberg, 1974, 1996), Е. Ландольта (Landolt,1977) и Д.Н. Цыганова (1983). Экологическое разнообразие вида оценивали с помощью фракций экологической валентности, предложенных Л.А. Жуковой (2004).

D. incarnata — лугово-болотный вид, требовательный к увлажнению и освещенности, размножается только семенным путем. На территории Республики встречается на сырых и заболоченных лугах, во влажных кустарниках. Неохраняемый вид во флоре региона.

D. ochroleuca — таксон полиморфного комплекса *D. incarnata* s.l. — является одним из редких видов рода *Dactylorhiza* для территории России. По мнению некоторых европейских и российских исследователей (Rajcher, 1964; Fuller, 1983; Аверьянов, 1988) вид приурочен исключительно к известковым болотам Центральной и Северной Европы.

ВЫВОДЫ

1. Сообщества ценопопуляций являются синтаксономическими экотонами между классами *Molinio — Arrhenatheretea* и *Scheuchzerio — Caricetea*.

2. D. incarnata и *D. ochroleuca* в районе исследований обитают в сходных фитоценотических и экологических условиях, отличающихся от условий, отмеченных для вида в шкалах Г. Элленберга и Е. Ландольта для Европы.

3. D. incarnata является мезовалентным и мезобионтным видом для флоры Республики Башкортостан.

ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ДВОРОВЫХ АВТОСТОЯНОК

Е.Л. Вахрушева, В.А. Шадрин
Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: несанкционированные автостоянки, растительный покров, антропогенная трансформация.

Несанкционированные автостоянки — это открытые площадки без асфальтобетонного покрытия, не предназначенные для стоянки автомобилей (Михайлова, 2011).

Цель настоящего исследования — выявить особенности формирования растительного покрова под воздействием несанкционированных дворовых автостоянок. Были поставлены следующие задачи: 1) определить места несанкционированных дворовых автостоянок на территории г. Ижевска, их площадь, возраст, состав машин, воздействие; 2) выявить видовой состав растений, проанализировать их систематический, биоморфологический, эколого-ценотический, географический спектры; 3) описать основные растительные сообщества и их особенности; 4) установить степень антропогенной трансформации растительного покрова; 5) разработать рекомендации по предотвращению воздействия и реабилитации нарушенных участков. За вегетационный период 2011–2012 гг. было изучено 9 несанкционированных автостоянок (далее — участков). При этом участок № 3 находится на стадии демутации, так как не эксплуатируется в настоящее время, а участок № 8 является условно фоновым для антропогенного ландшафта, где исключено прямое воздействие автомобилей. Остальные участки имеют следующий примерный возраст: № 1 — 6 лет, № 2 — 3 года, № 4 — 9 лет, № 5 — 5 лет, № 6 — 8 лет, № 7 — 6 лет, № 9 — 6 лет. На исследованных территориях выявлено произрастание 100 видов сосудистых растений, относящихся к 82 родам и 30 семействам. Наибольшее число видов (49) обнаружено на участке № 3, где наблюдаются процессы демутации. Далее идут участки № 1 и № 2 (по 39 видов), находящиеся, как и № 3, на периферии города. По мнению Г. Зукоппа (1981) меньше всего разнообразие растений в центре города, а к окрестностям число их видов увеличивается.

В спектре семейств флоры исследованных участков лидирующее место занимает семейство Asteraceae, остальные (Poaceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae) делят между собой попеременно

2–3-е или 4–5-е места. Их высокие позиции в спектре обеспечиваются термофильными и ксерофильными свойствами видов, что больше характерно для антропогенных сред. Это подтверждает и высокая доля видов 10 ведущих семейств, составляющая более 60–70%. Эколого-ценотический анализ показал, что лидирующие позиции в ландшафте принадлежат видам открытых мест обитания (30%), среди них основную долю составляют рудеральные виды (13%), что, безусловно, связанно с постоянным антропогенным воздействием на растительный покров. Доля синантропных видов — один из известных параметров антропогенной трансформации среды (Шадрин, 2000) — составляет более 70% во всех исследованных экотопах (от 77.8% на участке № 9 до 100% на участке № 6), что характеризует их как явно антропогенно трансформированные. Индекс синантропизации (I_s) составил на изученных участках от 3.5 для участка № 9 до 23 для участка № 6, что однозначно указывает на их сильное антропогенное преобразование. Роль малолетних видов растений существенно проявляется на участках № 4 (47.4%) и № 7 (47.1%), что также отражает их явные антропогенные изменения. Доля адвентивных видов максимальна на участке № 9 (16.7%), минимальна — на участке № 5 (4.5%). Анализ сходства и различия с применением коэффициента Кендэла позволил отметить общность участков к единой урбанизированной среде и выделить две плеяды: участки № 2, 3, 8 — отражающие природные черты развития, остальные — активно эксплуатируемые.

ПИЩЕВЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ДВУХЦВЕТНОГО КОЖАНА (CHIROPTERA, VESPERTILIONIDAE) В СРЕДНЕМ ЗАУРАЛЬЕ

О.Р. Гизуллина

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ключевые слова: питание, Chiroptera, Среднее Зауралье.

Изучение питания летучих мышей представляет интерес как с научной, так и с практической точек зрения. Поедая ночных насекомых, летучие мыши являются одним из биологических регуляторов их численности. Этому вопросу посвящено достаточное количество

работ за рубежом, но на территории России они единичны. В большинстве из них изучена структура рациона летучих мышей методом анализа экскрементов. Цель настоящей работы — выявить пищевые предпочтения двухцветного кожана (*Vespertilio murinus*) на территории Среднего Зауралья с учетом сведений о структуре населения ночных насекомых в районе исследований. Основные задачи: 1) освоить метод анализа остатков насекомых в экскрементах летучих мышей; 2) выявить таксономический состав и численное соотношение членистоногих, потребляемых двухцветным кожаном; 3) сравнить полученные данные с данными о разнообразии ночных насекомых, отловленных светоловушкой в Ирбитском р-не Свердловской обл.

Экскременты были собраны в июле–августе 2004 г. на биостанции УрФУ (Сысертский р-н Свердловской обл.) и в июле 2012 г. в дер. Скородумское (Ирбитский р-н той же обл.). В последнем месте проводили также отловы насекомых светоловушкой в центре охотничьей территории колонии. Экскременты от одной и/или двух особей помещали в бумажные пакеты. Из каждого пакета случайно отбирали 5–10 фекальных шариков близкого размера. Каждый шарик-пробу распределяли на предметном стекле в глицерине, под стекло подкладывали миллиметровую бумагу с квадратами 1 см^2. Анализ проводили с помощью стереомикроскопа Olympus SZ61. Остатки членистоногих определяли до отряда, в отдельных случаях — до семейства с помощью определителя (Shiel et al., 1997) и путем сравнения с эталонной коллекцией. Оценивали относительную встречаемость различных таксонов — доля проб, в которых обнаружены остатки представителей таксона, от общего числа проб, и относительное обилие — доля квадратов (1 см^2), в которых встречается данный таксон от суммы квадратов для всех найденных таксонов. Всего было проанализировано 40 проб от 16 особей. Из них 20 проб (две выборки) из Сысертского р-на и 20 проб (три выборки) из Ирбитского р-на.

В результате анализа в экскрементах данного вида были выявлены фрагменты насекомых отрядов Diptera (Nematocera, Brachycera), Trichoptera, Hymenoptera (Ichneumonidae), Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Homoptera (Aphididae, Cicadellidae), Neuroptera (Chrysopidae, Hemerobiidae). Наибольшее обилие и встречаемость характерны для остатков отряда Diptera. Список поедаемых отрядов насекомых в целом совпадает с данными отловов светоловушкой, хотя в питании вида присутствуют семейства насекомых, которые не были отловлены нами (например, Hemerobiidae), что дополняет сведения о разнообразие ночных насекомых в этом районе. В отловах светоловушкой, как и в питании кожана, наиболее многочисленны представители отряда Diptera, но соотношение других отрядов отличается, что свидетельствует об избирательном выборе корма двухцветным кожаном.

Благодарим за помощь в определении насекомых сотрудников ИЭРиЖ к.б.н. Н.В. Николаеву, Г.А. Замшину и к.б.н. А.В. Иванова. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12–04–31257).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Shiel C., McAney C., Sullivan C. and *Fairley J.* Identification of Arthropod Fragments in Bat Droppings. London: Mammal Society, 1997. 56 p.

ПОКАЗАТЕЛЬ УСЛОЖНЕННОСТИ КОРОНАРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБОВ У ТРЕХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *MARTES*

Д.О. Гимранов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: зубы, показатель усложненности зубов, р. Martes.

В териологических исследованиях давно и успешно закрепилось направление по изучению особенностей строения и изменчивости зубной системы. Несмотря на это работ, посвященных изучению зубов современных хищных млекопитающих, немного. Лишь в некоторых из них дается подробная характеристика строения и изменчивости зубов отдельных родов и видов (Барышников, Потапова, 1990; Rabeder, 1999; Szuma, 2002; Wolsan, 1989). Без привлечения такой информации к анализу палеозоологических материалов, в состав которых часто входят фрагменты черепа с зубами или отдельные зубы, невозможно получить достоверные результаты. Анализируя количество бугорков или вершин зуба, можно проследить закономерность проявления «сложных» морфотипов как у отдельно взятых видов, так и в отдельных популяциях. Количественным выражением усложненности рельефа коронки зуба может служить значение показателя усложненности коронарной поверхности (Rabeder, 1999).

Цель наших исследований — сравнить степени усложненности коронарной поверхности зубов у соболя (*Martes zibellina*), каменной (*M. foina*) и лесной (*M. martes*) куниц. В задачи входило описание морфотипов зубов трех видов рода *Martes*, ранжирование выделенных морфотипов по балльной системе, расчет показателя усложненности в современных популяциях соболя, каменной и лесной куниц и сравнение их по показателю усложненности коронарной поверхности зубов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на краниологических сериях каменной (n=120) и лесной (n=990) куниц, и соболя (n=840) из коллекций Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург), Зоологического музея МГУ (г. Москва), Института экологии растений и животных РАН (г. Екатеринбург) (таблица 1). Весь краниологический материал принадлежал половозрелым особям.

Таблица 1. Количество изученных зубов соболя, каменной и лесной куниц

Названия зубов	Вид		
	M. foina	*M. martes*	*M. zibellina*
P3	120	570	430
P4	120	660	530
M1	120	660	530
i3	120	660	430
p3	120	570	430
p4	120	660	530
m1	120	660	530
m2	120	930	780

Выборки происходят из следующих районов:

лесная куница — Новгородская (n=50), Ленинградская (n=30), Архангельская (n=100), Пензенская (n=30), Московская (n=60), Свердловская (n=170) и Тюменская (n=50) области, республики Карелия (n=30), Марий-Эл (n=30) и Башкортостан (n=200), Краснодарский край (n=40), Кавказский (n=100) и Печоро-Илычский (n=100) заповедники;

соболь — Свердловская (n=100) и Тюменская (n=260) области, Приморский (n=70), Красноярский (n=100) и Камчатский (n=100) края, республика Алтай (n=50), Западные Саяны (n=60) и Баргузинский заповедник (n=100);

каменная куница — 20% выборки происходят с территории Кавказского заповедника, остальная часть — с территории Западной Европы и стран СНГ. Максимальное количество экземпляров из одной географической области не превышает двух.

При описании структуры жевательной поверхности зубов и проведении морфотипического анализа использованы работы P. Hershkovitz (1971), M. Wolsan (1989) и Г.Ф. Барышникова (1990).

Показатель усложненности, или морфодинамический индекс по Г. Рабедеру (1999), рассчитывается следующим образом:

$$C = (P_{A1} \cdot F_{A1}) + (P_{A2} \cdot F_{A2}) + \dots + (P_n \cdot F_n),$$

где P — частота встречаемости морфотипа (%), F — фактор или значение балла для данного морфотипа.

В случае простого строения зуба, характеризующегося наличием одной вершины (на зубе или на интересующем нас отделе зуба), ему присваивался 1 балл (см. рисунок, p3). С увеличением числа вершин или бугорков балл увеличивался в соответствии с количеством дополнительных элементов (p4). Если же выделение морфотипов основывалось на степени выраженности элемента жевательной поверхности, присваивались баллы с промежуточным значением (P3). Частоты встречаемости зубов нижней челюсти соболя, каменной и лесной куниц опубликованы ранее (Гимранов, 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке приведены морфотипы изученных зубов (A1, A2 и т.д.) и соответствующие каждому морфотипу баллы (1, 2, 3 и т.д.), а в таблице 2 приведены значения показателя усложненности коронок зубов у трех видов куниц. У соболя наиболее усложненными зубами являются верхний и нижний четвертые премоляры, нижние третий резец и третий премоляр, а также первый нижний моляр; у каменной

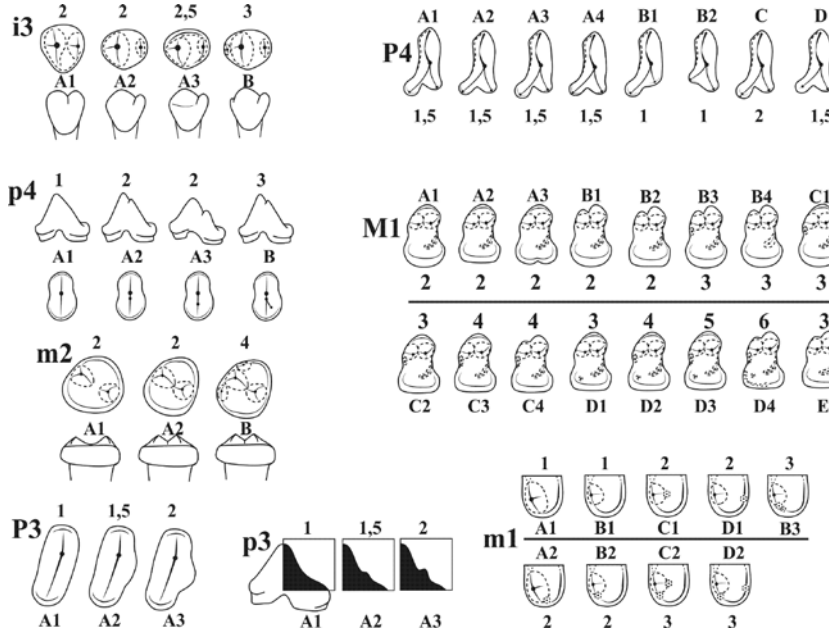


Рисунок. Морфотипы изученных зубов и соответствующие им баллы.

куницы первый верхний и второй нижний моляры; у лесной куницы — только третий верхний премоляр. В целом у соболя коронарная поверхность изученных зубов более усложнена дополнительными элементами, чем у каменной и лесной куниц.

Таблица 2. Значения показателя усложненности коронок зубов у соболя, лесной и каменной куниц

Вид	Зубы							
	P3	P4	M1	i3	p3	p4	m1	m2
Martes zibellina	110	150	227	249	116	203	247	205
M. martes	145	149	210	215	110	197	171	200
M. foina	102	149	229	204	110	198	144	206

ВЫВОДЫ

1. Показатель усложненности зубной коронки, предложенный Г. Рабедером, можно применять к системе морфотипов зубов соболя, лесной и каменной куниц.

2. Соболь, лесная и каменная куницы отличаются по значениям показателя усложненности зубов.

3. У соболя наиболее усложненными зубами являются P4, i3, p3, p4 и m1, у каменной куницы — M1 и m2, у лесной куницы — только P3.

4. У соболя коронарная поверхность изученных зубов более усложнена дополнительными элементами, чем у каменной и лесной куниц.

Автор выражает благодарность научному руководителю П.А. Косинцеву, а также В.В. Гасилину и всем участникам конференции за ценные советы и конструктивные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барышников Г.Ф., Потапова О.Р. Изменчивость зубной системы барсуков Палеарктики // Зоол. журн. 1990. Т. 69. Вып. 9. С. 84–97.

Гимранов Д.О. Морфотипическая изменчивость нижних зубов у представителей рода Martes // Экология: сквозь время и расстояние: Мат-лы конф. молодых ученых. Екатеринбург: “Гощицкий”, 2011. С. 25–32.

Hershkovitz P. Basic crown patterns and cusp homologies of mammalian teeth // Dahlberg A.A. (ed.) Dental Morphology and Evolution. Chicago: University of Chicago Press. 1971. P. 95–150.

Rabeder G. Die Evolution des Höhlenbärengebisses // Mitt. Komm. Quartärkomm. Österr. Akad. Wiss. Wien. 1999. № 11. P. 1–102.

Szuma, E. Dental polymorphism in a population of the red fox (*Vulpes vulpes*) from Poland // J. of Zoology. 2002. № 256. P. 243–253.

Wolsan M. Dental polymorphism in the genus *Martes* (Carnivora: Mustelidae) and its evolutionary significance // Acta Theriol. 1989. № 34. P. 545–593.

МОРФОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗУБОВ ЛЕСНОГО (*MARTES PUTORIUS* L.) И СТЕПНОГО (*M. EVERSMANII* LESS.) ХОРЕЙ

Д.О. Гимранов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: зубы, морфотипы, лесной и степной хори, диагностика.

Данные по морфологии зубов современных и ископаемых животных часто привлекаются для решения задач систематики и филогении, в частности семейства горностаевых (Барышников, Потапова, 1990; Anderson, 1970; Petter, 1971; Wolsan, 1988, 1989; Baryshnikov et al., 2003). При работе с ископаемыми остатками, когда приходится проводить видовую идентификацию по краниологическим фрагментам, важен анализ особенностей зубной системы. Сравнительно хорошо сохраняющиеся в ископаемом состоянии нижние челюсти и отдельные зубы порой являются единственным источником информации о видовой принадлежности и индивидуальных особенностях животного. Особую актуальность одонтологические исследования приобретают при дифференциации остатков представителей близких видов, посткраниальный скелет которых практически не различим. В семействе горностаевых к таким видам относятся лесной (*Mustela putorius* L.) и степной (*M. eversmanii* Less.) хори.

Цель нашего исследования — изучение морфотипической изменчивости зубов лесного и степного хорей. В задачи работы входило выявление и описание морфотипов зубов, анализ частоты встречаемости выделенных морфотипов у двух видов хорей, характеристика морфотипической изменчивости зубов и выявление видоспецифичных одонтологических признаков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на краниологических сериях лесного и степного хорей, хранящихся в фондах Зоологического музея МГУ (г. Москва). Изучено 75 черепов лесного, и 77 черепов степного хоря. Выборки черного хоря происходит с территории европейской части России и Украины, выборки светлого хоря взяты с территории Кавказа, Казахстана, Монголии, Западной и Восточной Сибири. Для оценки статистической значимости различий частот выделенных морфотипов использовался критерий χ^2. Весь краниологический материал принадлежал половозрелым особям, при этом дифференциация по полу не производилась. При описании структуры жева-

тельной поверхности зубов и проведении морфотипического анализа автор использовал данные работ P. Hershkovitz (1971), M. Wolsan (1989), E. Szuma (2002), и G.F. Baryshnikov (1990, 2003). Из анализа исключены экземпляры, имеющие разные морфотипы одного и того же зуба в правой и левой челюстях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке приведены морфотипы изученных зубов двух видов хорей.

P4. Выделено 2 морфотипа (см. рисунок). Морфотип A2 отличается хорошо заметным, развитым парастилем, у зубов, демонстрирующих морфотип A1, парастиль не выражен.

M1. Выделено 5 морфотипов. Морфотипы группы A отличаются от морфотипов группы B практически полным отсутствием метакона. Морфотип A2 имеет углубление буккального вертикального желобка, у морфотипа A1 углубление отсутствует. Морфотип B2 имеет углубление буккального вертикального желобка, у морфотипа B1 углубление отсутствует. Морфотип C по строению сходен с морфотипом B, его отличительная особенность — наличие энтокристы.

m1. Морфотипы этого зуба (A1 и A2) выделены на основе строения талонидной части зуба. Морфотип A1 характеризуется наличием гипоконида, морфотип A2 отличается наличием гипоконида и гипоконулида (см. рисунок).

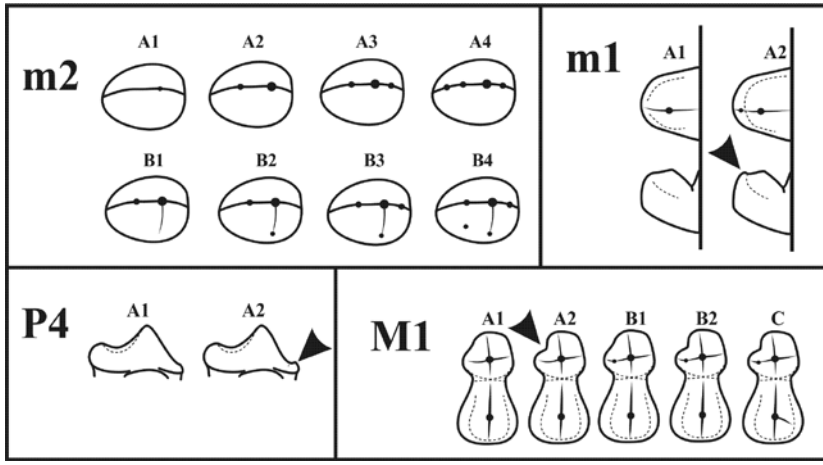


Рисунок. Морфотипы изученных верхних (P4, M1) и нижних (m1, m2) зубов лесного (M. putorius L.) и степного (M. eversmanii Less.) хорей.

m2. Выделено 8 морфотипов. Морфотип А1 характеризуется наличием слабо выраженного протоконида, нередко образующего сплошной гребень. Морфотип А2 отличается наличием гипоконида. Наличие протоконида, гипоконида и параканида характеризует морфотип А3. Морфотип А4 отличается наличием протоконида, гипоконида, параканида и гипоконулида. Все морфотипы группы В имеют эпикристид. Морфотип В1 характеризуется наличием протоконида и гипоконида. Морфотип В2 отличается наличием протоконида, гипоконида и метаконида. Наличие протоконида, гипоконида, метаконида и параканида характеризует морфотип В3. Морфотип В4 отличается наличием протоконида, гипоконида, параканида, метаконида и энтоконида.

Частота встречаемости выделенных морфотипов и их оценка статистического различия приведены в таблице.

ВЫВОДЫ

1. Все изученные зубы обладают полиморфизмом. У хищных зубов (Р4 и m1) изменчивы отдельные участки зуба, у М1 и m2 наблюдается изменчивость всей жевательной поверхности.

2. Морфотипы зубов имеют разную частоту встречаемости у лесного и степного хорей. Значимые статистические различия частоты встречаемости морфотипов у этих видов выявлены по всем четырем изученным зубам.

3. Видодифференцирующими одонтологическими признаками черного и светлого хорей являются степень развитости парастиля на Р4, наличие метакона и углубления вертикального буккального желобка на М1, наличие гипоконулида на m1, наличие параконида, гипоконулида, метаконида и энтоконида на m2.

4. У лесного хоря установлено наибольшее количество морфотипов зубов (14) по сравнению со степным хорем (12). У темного хоря m2 более усложнен дополнительными элементами коронки зуба, чем у светлого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барышников Г.Ф., Потапова О.Р. Изменчивость зубной системы барсуков Палеарктики // Зоол. журн. 1990. Т. 69. Вып. 9. С. 84–97.

Anderson E. Quaternary evolution of the genus *Martes* (Carnivora, Mustelidae) // Acta Zool. Fennica. 1970. V. 130. 130 p.

Baryshnikov G.F., Puzachenko A.Yu., Abramov A.V. New analysis of variability of check teeth in Eurasian badgers (Carnivora, Mustelidae, Meles) // Rus. J. Theriol., 2003. V. 1 (for 2002). № 2. P. 133–149.

Hershkovitz P. Basic crown patterns and cusp homologies of mammalian teeth // Dahlberg A.A. (ed.) Dental Morphology and Evolution. Basic crown patterns and cusp homologies of mammalian teeth. Chicago: University of Chicago Press. 1971. P. 95–150.

Таблица. Частота встречаемости выделенных морфотипов и их статистические различия у лесного (M. putorius L.) и степного (M. eversmanii Less.) хорей

Морфотип	Зуб							
	P4		M1		m1		m2	
	Хорь лесной	Хорь степной	Хорь лесной	Хорь степной	Хорь лесной	Хорь степной	Хорь лесной	Хорь степной
A1	47% *(n=34)*	88% *(n=68)*	0	13% *(n=10)*	13% *(n=9)*	74% *(n=50)*	3% *(n=2)*	74% *(n=50)*
A2	53% *(n=38)*	12% *(n=9)*	0	14% *(n=11)*	87% *(n=61)*	26% *(n=18)*	16% *(n=11)*	19% *(n=13)*
A3	–	–	–	–	–	–	61% *(n=42)*	0
A4	–	–	–	–	–	–	11% *(n=7)*	0
B1	–	–	63% *(n=46)*	15% *(n=12)*	–	–	1% (n=1)	7% *(n=5)*
B2	–	–	37% *(n=27)*	54% *(n=42)*	–	–	6% *(n=4)*	0
B3	–	–	–	–	–	–	1% *(n=1)*	0
B4	–	–	–	–	–	–	1% *(n=1)*	0
C	–	–	0	4% *(n=2)*	–	–	–	–
χ^2	38.3 (p<0.0001)		63.7 (p<0.0001)		75.7 (p<0.0001)		150.2 (p<0.0001)	
df	1		4		1		7	

Petter G. Origine, phylogenie et systematique des Blaireaux // Mammalia. 1971. № 35. P. 567–597.
Szuma E. Dental polymorphism in a population of the red fox (*Vulpes vulpes*) from Poland // J. of Zool., 2002. № 256. P. 243–253.
Wolsan M. Morphological variations of the ferst upper molar in the genus *Martes* (Carnivora, Mustelidae) // MeAm. Mus. natl Hist. nat. Ser. C Sci. Terre. 1988. № 53. P. 241–254.
Wolsan M. Dental polymorphism in the genus *Martes* (Carnivora: Mustelidae) and its evolutionary significance // Acta Theriol. 1989. № 34. P. 545–593.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{90}SR, ^{137}CS В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ЖИДКИХ СБРОСОВ БАЭС

Е.В. Глухова, О.В. Рукавишникова
Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: радионуклиды, почвенно-растительный покров.

На начальных этапах эксплуатации Белоярской АЭС (Свердловская обл.), функционирующей в штатном режиме с 1964 г., слаборадиоактивные дебалансные воды сбрасывались в Ольховское болото. В результате радиоактивными веществами были загрязнены как само болото, так и одноименная болотно-речная экосистема, в состав которой оно входит (Молчанова, Караваева, 2001).

Цель работы — изучить распределение долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвенно-растительном покрове Ольховской болотно-речной экосистемы.

Исследования проводили на сопряженных по стоку участках береговой зоны Ольховской болотно-речной экосистемы. На каждом участке отбирали пробы почв слоями 5 см толщиной и надземной массы растений разных видов. Содержание ^{90}Sr определяли радиохимическим, а ^{137}Cs — гамма-спектрометрическим методами. Для оценки накопительной способности растений использовали коэффициенты перехода (КП) равный отношению удельной активности в растениях (Бк/кг) к запасу радионуклидов в почвах (кБк/м^2).

Анализ полученных данных показал, что через 50 лет после начала загрязнения Ольховского болота, основное количество ^{137}Cs

по-прежнему остается в пределах болота и узкой полосы (около 20 м) прибрежных почв. Максимальный запас ^{137}Cs достигает 360 кБк/м^2, ^{90}Sr — 8 кБк/м^2. На автоморфных участках уровень загрязнения радионуклидами не превышает фонового (^{90}Sr — 1.5 кБк/м^2, ^{137}Cs — 5.0 кБк/м^2).

Накопление ^{90}Sr в надземной массе изученных видов всегда выше, чем ^{137}Cs и зависит от видовой принадлежности растений. Максимальные КП ^{137}Cs (6.1 и 17.7) отмечены в надземной массе трав — череды трехраздельной (*Bidens tripartita*) и тростника обыкновенного *(Phragmites australis)*, а ^{90}Sr (47.1) — у сныти обыкновенной *(Aegopodium podagraria)*. В надземной массе древесных растений — березе повислой (*Betula pendula*) и иве козьей (*Salix caprea*) — значения КП значительно ниже: 10.7–20 для ^{90}Sr и 0.21–0.47 — для ^{137}Cs.

Для разных видов растений КП ^{90}Sr составляют 7.2–61.4 и не зависят от места их произрастания. Для ^{137}Cs на автоморфных участках их величина изменяется в пределах 0.2–1.5, а на территории болота с максимальным уровнем загрязнения увеличиваются до 8.7. В то же время на автоморфных участках Восточно-Уральского радиоактивного следа наблюдалось снижение КП радионуклидов с увеличением плотности загрязнения почв (Караваева и др., 2010). Рост КП радионуклида, отмеченный для растений, произрастающих на территории болота, может быть обусловлен повышенной подвижностью радионуклида в донных отложениях болота по сравнению с автоморфными почвами. Анализ собственных результатов и полученных ранее данных (Молчанова, Караваева, 2001) показал, что поступление ^{137}Cs в надземную массу растений, произрастающих на территории Ольховской болотно-речной экосистемы, снизилось. Возможно, это связано с увеличением прочности закрепления радионуклида в почвах с течением времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12–04–31769) и программы Президиума УрО РАН (13–4–017–БЯ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Эколого-геохимические аспекты миграции радионуклидов в почвенно-растительном покрове. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 161 с.

Караваева Е.Н., Михайловская Л.Н., Молчанова И.В., Позолотина В.Н. Накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs растениями из почв, загрязненных в результате эксплуатации предприятий ядерно-энергетического комплекса // Проб-лемы биогеохимии и геохимической экологии. 2010. №1 (12). С. 85–90.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧЕРЕПА ЛИСИЦЫ *VULPES VULPES* L. СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Госьков

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ключевые слова: лисица, половозрастная изменчивость, череп, Свердловская область.

Лисица занимает обширный ареал в широком диапазоне условий местообитаний — от пустынных районов до арктической тундры, что обусловливает крайне высокую изменчивость как интерьерных, так и экстерьерных признаков. Изучение морфологической изменчивости представляет особый интерес, так как является одним из аспектов исследования популяционной структуры. Наряду со значительной индивидуальной изменчивостью можно отметить наличие полового диморфизма, он проявляется в частности в более крупных размерах черепа у самцов по сравнению с самками. Краниологические признаки лисицы Среднего и Южного Урала относительно менее изучены, чем у особей из Зауралья и Предуралья.

Цель работы — оценить особенности изменчивости некоторых краниологических признаков обыкновенной лисицы Свердловской области, проанализировать различия между самцами и самками, а также между сеголетками и особями старших возрастов, выявить тенденции хронологической изменчивости.

Исследовано 637 черепов из музея ИЭРиЖ УрО РАН и личных сборов Н.С. Корытина, собранных в период 1959 по 1983 гг. Для анализа было использовано 8 измерений черепа по методике Г.А. Новикова (1956): кондилобазальная длина, длина лицевого отдела, длина мозгового отдела, скуловая ширина, межглазничная ширина, заглазничная ширина, мастоидная ширина, высота черепа. Место добычи, сезон добычи, пол и возраст музейных образцов были известны, а звери, добытые в промысловые сезоны 1981–82 гг. и 1983–84 гг., были разделены на две возрастные группы (сеголетки и взрослые) с помощью методики определения относительной ширины канала клыка по В.С. Смирнову (1959). Анализ полученных данных проводился в программе Statistica 6.0.

Установлено, что черепа у самцов несколько крупнее, чем у самок. Сравнение самцов и самок каждой возрастной группы (0+, 1++) по каждому из 8 признаков показало статистически значимые различия во всех случаях, кроме сравнения заглазничной ширины у животных старшей возрастной группы. Сравнение двух возрастных групп самцов выявило статистически значимые различия по всем промерам, кроме заглазничной и мастоидной ширины. У самок различия обнаружены только по кондилобазальной длине, длине лицевого черепа, скуловой ширине и межглазничной ширине. Это подтверждает тот факт, что лицевой отдел черепа растет дольше, чем мозговой. На основании анализа многолетних данных было установлено увеличение средних размеров черепа у самцов, наиболее выраженное по кондилобазальной длине и высоте черепа в области слуховых капсул. У самок выявлена тенденция увеличения только средней высоты черепа в области слуховых капсул. Подобный феномен отмечен для лисиц Кировской области (Корытин, 2013).

Таким образом, у обыкновенной лисицы Свердловской области черепа самцов несколько крупнее, чем у самок, отсутствуют различия только в заглазничной ширине; возрастные различия у самцов и самок выражены в основном в размерах лицевой части черепа; выявлена тенденция увеличения средних размеров черепа у самцов за почти 25-летний период, а у самок нет столь заметного увеличения, за исключением высоты черепа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Корытин Н.С. Структурно-функциональный анализ популяций промысловых млекопитающих при антропогенных воздействиях: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2013. 40 с.

Новиков Г.А. Хищные млекопитающие фауны СССР // Определители по фауне СССР. Вып. 62. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 294 с.

Смирнов В.С. Определение возраста и возрастная структура популяции песца на Ямале // Труды Салехардского стационара УФАН СССР. Тюмень, 1959. Вып. 1. С. 220–238.

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ МАНЖЕТКИ (*ALCHEMILLA VULGARIS* L. s.l.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ

М.Р. Давлятбаева[*], Д.А. Постникова[**]

[*] Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург
[**] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ключевые слова: абиотические факторы, асимметрия, малые дозы облучения, манжетка, монацит.

Работа выполнена в рамках исследования эффектов влияния абиотических факторов на морфологические показатели растений, произрастающих в зоне малых доз облучения.

Сбор образцов листьев манжетки проходил на территории базы хранения монацитового концентрата «УралМонацит» в г. Красноуфимске в 2011 и 2012 гг. При отборе образцов фиксировали показатели абиотических факторов: освещенность территории, влажность почвы, среднесуточную температуру воздуха, ионизирующее излучение от радионуклидов в монаците, содержание гумуса в почве, содержание тяжёлых металлов в почве.

Для выявления эффекта влияния абиотических факторов использовали метод флуктуирующей асимметрии. В качестве показателей флуктуирующей асимметрии были выбраны величины смещения вершин лопастей листовой пластины манжетки от её центральной оси. В ходе работы проведены измерения и рассчитаны показатели продольной, поперечной и общей асимметрии листовых пластин манжетки.

Результаты выполненных исследований наглядно демонстрируют возможность использования метода флуктуирующей асимметрии для оценки интегрального воздействия абиотических факторов. В благоприятных условиях окружающей среды в 2011 г. для манжетки установлены статистически значимые зависимости показателей флуктуирующей асимметрии от мощности дозы при низких уровнях облучения. В более экстремальных для манжетки условиях, при повышенных среднесуточных температурах и малом количестве осадков, действие фактора ионизирующего излучения при низких уровнях облучения не выявляется на фоне воздействия совокупности других абиотических факторов.

Редколлегия сочла необходимым привести мнение рецензента и ответ авторов опубликованной выше работы.

Заключение рецензента:

Полагаю, что основная ошибка авторов произошла в момент планирования эксперимента. Это связано с тем, что непозволительно изучать морфологическую изменчивость вида (в том числе и флуктуирующую асимметрию листовой пластинки), выбирая в качестве объекта «лист манжетки». Род *Alchemilla* включает в себя значительное количество полиморфных апомиктических микровидов, по-разному реагирующих на загрязнение окружающей среды. Хотя, возможно, что у некоторых, филогенетически близких видов этого рода, тренды реагирования на загрязнение будут сходными.

Ответ авторов:

Благодарим уважаемого рецензента за проявленный интерес. Работ по листовым пластинкам манжетки на территории РФ много. Если принять точку зрения рецензента, то число ошибающихся исследователей достаточно. У одуванчика большое количество апомиктических видов, но он служит объектом изучения многих исследователей! И до всех до них надо эту точку зрения (об ошибочности выбора объекта наблюдения) донести. Если взять противоположную точку зрения, то мнение рецензента, по крайней мере, не бесспорно, а это повод для дальнейшего исследования. Мы продолжим наши наблюдения. Многолетнее изучение изменчивости листовой пластинки у групп растений, даже состоящих из нескольких «полиморфных апомиктических микровидов» носит другую ценность, чем однократное исследование. В работу можно параллельно ввести другие виды и тем самым показать одно- или разнонаправленность эффектов.

СУТОЧНАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОНВЕРСИОННОЙ АКТИВНОСТИ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ

Д.К. Диярова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: дереворазрушающие грибы, дыхательный газообмен, сезонная динамика, температурная зависимость.

Ранее было описано (Мухин, Воронин, 2007), что физиологическим механизмом по переводу древесного углерода в атмосферный CO_2 является дыхательный процесс базидиальных дереворазрушающих грибов, которые являются единственной в современной биосфере группой организмов, способных к биохимической конверсии древесины. Однако чтобы приблизительно оценить CO_2-эмиссионную активность древесного дебриса, в том числе при изменении климатических условий, необходимо понимание физиологических механизмов грибного разложения и влияния на него важнейших лимитирующих факторов, одним из которых является температура. Она определяет сезонную динамику и интенсивность всех биологических процессов, в том числе дыхательную активность дереворазрушающих грибов (Мухин и др., 2009). К сожалению, работы, посвященные данному вопросу, единичны (Соловьев, Малышева, 2004).

В данной работе, которая продолжает цикл исследований (Мухин, 2009; Мухин, Диярова, 2012) по микогенной эмиссии диоксида углерода в лесных экосистемах, представлены и обсуждаются экспериментальные данные по изучению суточной и сезонной динамики дыхания трутовых грибов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работы проведены в предлесостепных сосново-березовых лесах Среднего Урала, в Сысертском районе Свердловской области. В качестве тест-объектов в октябре 2011 г. были взяты образцы древесины с плодовыми телами и без плодовых тел трех видов трутовых грибов: *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr. (береза), *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) P. Karst. (сосна), *Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.) P. Karst. (береза). Образцы представляли собой фрагменты стволов длиной 18–23 см в длину и 6–8 см в диаметре с влажной массой 500–750 г и абсолютно сухой массой 190–500 г.

Сезонная динамика. Для оценки дыхательного газообмена в конце октября 2011 г. образцы были помещены в герметичные стеклянные

камеры объемом 9 л, которые были поставлены в закрытое от солнечных лучей и осадков место и с октября по май находились при температуре окружающей среды. В камерах были установлены термохроны ThCh_R, записывающие температуру каждые 3 ч. Один электронный регистратор с той же периодичностью фиксировал температуру окружающего воздуха на высоте 40 см над уровнем почвы.

С интервалом в 1–2–3 недели (осенью и весной интервал составлял 1 неделю, зимой 2–3) проводили замеры на содержание в камерах кислорода и диоксида углерода с использованием газоанализатора CO_2/O_2 (Россия, «Микросенсорная техника»), представляющего собой прибор комбинированного инфракрасного и электрохимического принципа действия. Газоанализатор снабжён автоматизированной системой проточного отбора проб, а управление и обработка информации осуществляются встроенной микро-ЭВМ. Содержание CO_2 в камере измеряли в объемных % в диапазоне высокой (>1000 ppm) или в ppm при низкой (0–1000 ppm) концентрации. Погрешность измерений составляла ±20 ppm. Содержание O_2 определяли в объёмных%. В диапазоне от 0 до 5 об.% погрешность измерений составляла ±0.2 об.%. В диапазоне свыше 5 об.% относительная погрешность составляла ±3%.

В зимний период, при отсутствии газообмена, промывка камер воздухом не проводилась вплоть до начала активного газообмена. Для того, чтобы осенью и весной, когда наблюдался относительно высокий газообмен, избежать ингибирования дыхательной активности грибов за счет снижения концентрации кислорода в камерах, после измерения содержания CO_2 и O_2 проводили замену газовой среды, прокачивая воздух через камеры в течение 5 мин со скоростью 30 л/мин. После завершения этой процедуры измеряли содержание исследуемых газов в камерах и вновь выставляли их на экспонирование. В мае 2012 г. образцы были извлечены из камер и высушены при 105 °С до абсолютно сухого состояния. Дыхательную активность рассчитывали в мг CO_2 и O_2 на 1 г сухой массы образца в сутки.

По данным регистраторов были рассчитаны среднесуточные температуры за весь период наблюдений и за каждый конкретный экспозиционный период. Среднесуточные температуры внутри экспозиционных камер не отличались существенно друг от друга и от температуры окружающего воздуха. Поэтому при анализе и обсуждении данных использована усредненная для воздуха и камер кривая среднесуточных температур.

Суточная динамика. В качестве тест-объекта были взяты образцы древесины березы, пораженные *F. fomentarius* в двух вариантах: с плодовыми телами и без плодовых тел. Образцы помещали в герметичные стеклянные камеры объемом 9 л, которые в течение суток

находились при температуре окружающей среды. С интервалом в 3 часа проводили замеры содержания в камерах кислорода и диоксида углерода. После каждого измерения содержания CO_2 и O_2 проводили замену газовой среды, прокачивая воздух через камеры в течение 5 мин со скоростью 30 л/мин. По завершении работ образцы были извлечены из камер и высушены при 105 °С до абсолютно сухого состояния. Дыхательную активность рассчитывали в мг CO_2 и O_2 на 1 г сухой массы образца в час.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с годичным циклом температур на Среднем Урале (рис. 1) в сезонной динамике конверсионной активности трутовых грибов выделяется 4 разных по продолжительности периода, не совпадающих с календарными временами года: весенний, летний, осенний, зимний. Первый — осенний, заканчивающийся у всех исследуемых грибов в начале ноября, второй — зимний, во время которого грибы находились в состоянии физиологического покоя, продолжавшийся до конца марта, третий — весенний, начало которого приходится на середину марта, и летний, период с максимальной активностью, — продолжительность с мая по сентябрь. Другими словами, дыхательная активность грибов регистрировалась с конца марта до начала ноября, в то время как среднесуточные положительные температуры начинали фиксироваться только в апреле.

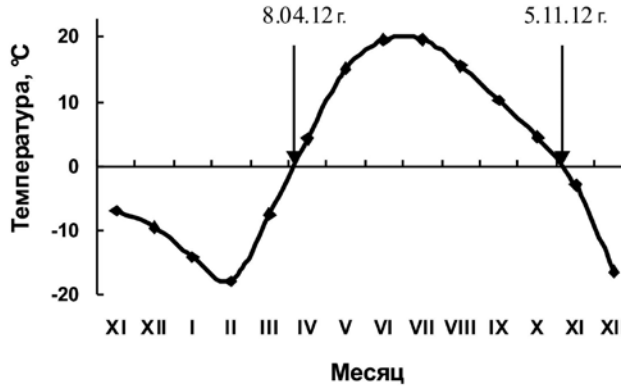


Рис. 1. Динамика среднемесячных значений температуры за период с 1 ноября 2011 г. по 31 декабря 2012 г. Стрелками указаны даты перехода от среднесуточных отрицательных температур к положительным и наоборот.

В осенний период дыхательный газообмен грибов регистрировался вплоть до начала ноября (4 ноября 2011 г.) и его активность составляла в среднем 0.15 мг CO_2, 0.18 мг O_2/г сухой массы·сут. Среднесуточная температура в этот период составляла 0.32 °С. В середине ноября, с наступлением устойчивых отрицательных температур, выделение CO_2 и потребление O_2 полностью прекратилось, что свидетельствует об остановке дыхательной активности грибов. Среднесуточная температура в течение зимнего периода была −14.34 °С и в своей суточной ритмике не поднималась выше нулевых значений (см. рис. 1). В состоянии зимнего физиологического покоя грибы пребывали до 24 марта 2012 г., когда у них была зарегистрирована слабая дыхательная активность: 0.07 мг CO_2/г сухой массы·сут. и 0.09 мг O_2/г сухой массы·сут.

Отмечена положительная связь между активностью газообмена и среднесуточными температурами: коэффициент корреляции для *F. fomentarius* по выделению диоксида углерода составляет 0.78, *F. pinicola* — 0.7, *P. betulinus* — 0.79. Такая же сильная связь наблюдается между потреблением кислорода и значениями среднесуточных температур: у *F. fomentarius* коэффициент корреляции равен 0.8, *F. pinicola* — 0.76, *P. betulinus* — 0.78.

Таблица. Суммарные месячные значения выделения CO_2 и поглощения O_2

Месяц	CO_2 / O_2, мг/г			Среднемесячная температура, °С
	F. fomentarius	*F. pinicola*	*P. betulinus*	
Январь	0	0	0	−14.0
Февраль	0	0	0	−17.8
Март	1 / 1	1 / 1	1 / 1	−7.5
Апрель	26 / 24	10 / 9	13 / 12	4.4
Май	63 / 58	28 / 25	34 / 32	15.1
Июнь	82 / 76	37 / 33	45 / 41	19.6
Июль	83 / 76	37 / 34	45 / 42	19.6
Август	72 / 66	32 / 29	39 / 36	15.6
Сентябрь	49 / 45	20 / 19	26 / 24	10.2
Октябрь	32 / 30	11 / 11	17 / 16	4.5
Ноябрь	1 / 1	1 / 1	1 / 1	−6.9
Декабрь	0	0	0	−9.5
Сумма за год	407 / 377	176 / 161	218 / 203	2.8

Используя данные по среднесуточной температуре, можно охарактеризовать годичную динамику конверсионной активности грибов, не прибегая к инструментальной оценке их газообмена, что и было сделано в отношении летнего периода. По уравнению линейной регрессии (рис. 2) были рассчитаны значения по CO_2- и O_2-газообмену с мая по октябрь для каждого из видов (рис. 3).

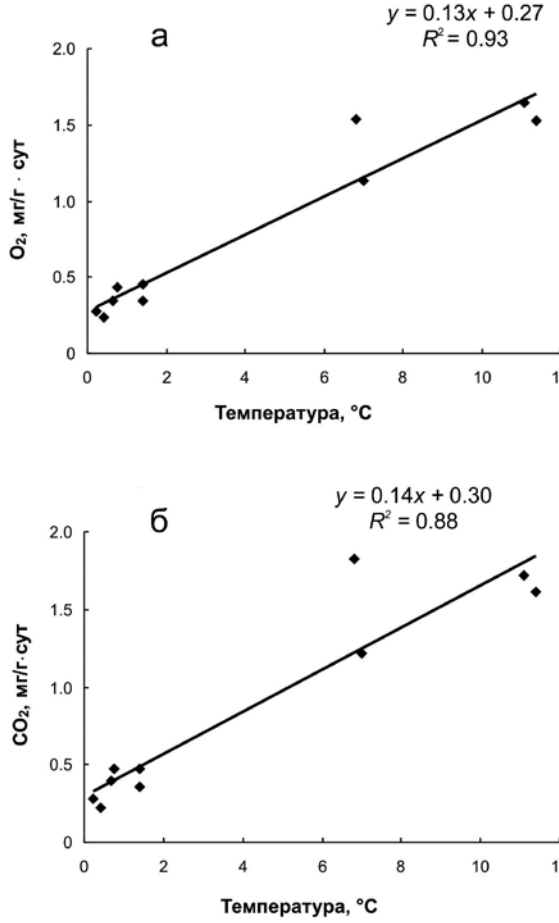


Рис. 2. Температурная зависимость дыхательной активности Fomes fomentarius: а — потребление O_2, б — выделение CO_2.

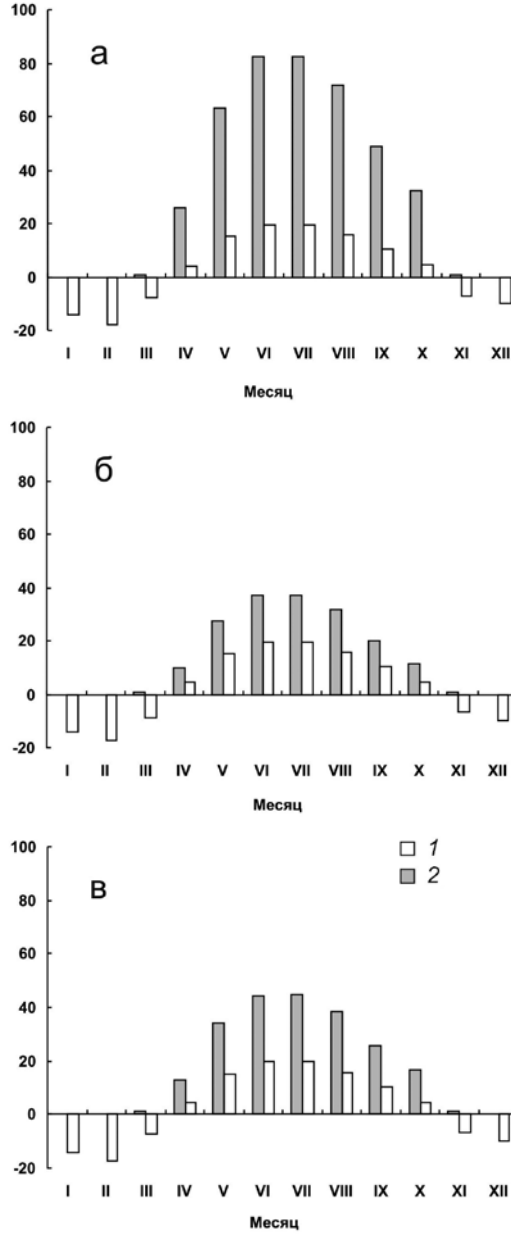


Рис. 3. Суточная динамика CO_2-эмиссионной активности F. fomentarius (а), F. pinicola (б), P. betulinus (в): 1 — температура, °C; 2 — CO_2, мг/г.

Диаграмма, представленная на рис. 4, отражает вклад объемов эмиссии CO_2 в суммарную годовую оценку эмиссии диоксида углерода. Очевидно, что существенный вклад вносит дыхание в летний период (с мая по сентябрь), примерно на одном уровне можно оценить вклад весеннего и осеннего. Зимний период не представлен, так как дыхательная активность в это время зафиксирована не была.

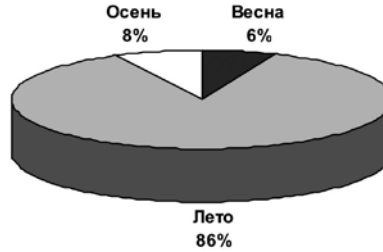


Рис. 4. Соотношение объемов эмиссии CO_2 в рамках годичного цикла сезонной динамики CO_2-конверсионной активности дереворазрушающих грибов.

Принимая во внимание выраженный отклик газообмена на температурные колебания, вызванные цикличным чередованием времен года, представляло интерес выяснить, меняется ли активность дыхательного процесса дереворазрушающих грибов в течение суток. На рис. 5 (а) отображена суточная динамика дыхательной активности *F. fomentarius* в июле 2012 г. В соответствии с ходом температуры максимальная активность наблюдалась в вечерние часы, когда температура воздуха составляла 30.3 °С, минимальная — в ночные и утренние (T = 17–20 °С). Как показывают наши результаты, связь между CO_2/O_2–газообменом и температурным режимом в течение суток, как и в сезонном цикле, носит выраженный линейный характер (рис. 5, б). Необходимо отметить, что подобные результаты были получены и для других образцов *F. fomentarius* (в вариантах как с плодовыми телами, так и без них) при изучении суточной динамики в августе и сентябре.

На основании изложенных выше данных можно сделать следующие выводы:

1. В сезонной динамике конверсионной активности трутовых грибов выделяется 4 разных по продолжительности периода: весенний, летний, осенний, зимний. Период активного газообмена — с апреля по ноябрь.

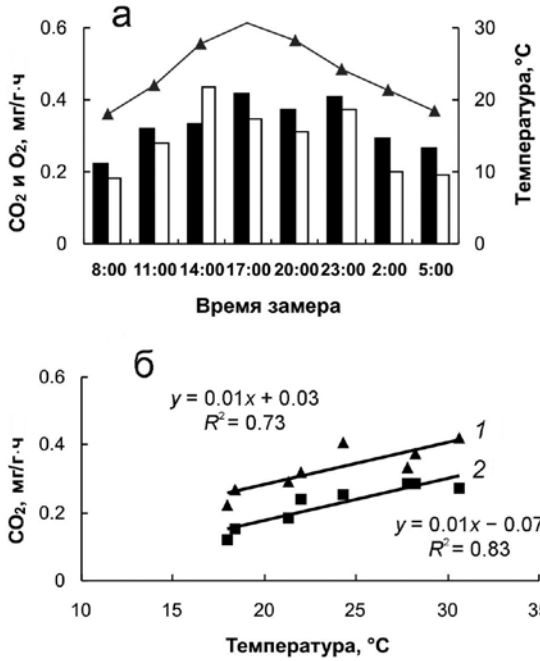


Рис. 5. Суточная динамика (а) и температурная зависимость (б) газообмена F. fomentarius: темные колонки — O_2, мг/г·час, светлые — CO_2, мг/г·час; 1 — образец с плодовым телом, 2 — образец без плодового тела.

2. Температура является важнейшим фактором, определяющим сезонную динамику и интенсивность жизнедеятельности трутовых грибов: интенсивность дыхания, а соответственно и конверсии органического углерода в CO_2, прямо пропорциональна температуре окружающей среды. Это позволяет делать оценки CO_2-эмиссионной активности дереворазрушающих грибов на основе температурных характеристик окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Мухин В.А. Объемы микогенной продукции и эмиссии диоксида углерода в лесных экосистемах // Аграрная Россия. 2009. Спец. выпуск. С. 161–162.

Мухин В.А., Воронин П.Ю. Микогенное разложение древесины и эмиссия углерода в лесных экосистемах // Экология. 2007. № 1. С. 24–29.

Мухин В.А., Воронин П.Ю., Сухарева А.В. Температурная шкала CO_2 эмиссионной активности трутовых грибов // Проблемы лесной фитопатологии

и микологии: Мат-лы VII междунар. конф. / Под ред. Л.Г. Переведенцева, В.Г. Стороженко, Т.Л. Егошина. Пермь, 2009. С. 138–141.

Мухин В.А., Диярова Д.К. Экологическая физиология ксилотрофных грибов: гидротермический и кислородный факторы // Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий: Мат-лы всерос. конф. с международным участием. Екатеринбург: «Гощицкий», 2012. С. 283–284.

Соловьев В.А, Малышева О.Н. Дереворазрушающая способность грибов: меры определения, эскизные модели и их параметры // Грибные сообщества лесных экосистем. Т. 2 / Под ред. Стороженко В.Г., Крутова В.И. М. –Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. С.197–220.

«МАМОНТОВЫЕ КЛАДБИЩА» СЕВЕРНОЙ АЗИИ

Л.В. Зинатова

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ключевые слова: возрастная структура, мамонт, Северная Азия.

«Мамонтовые кладбища» — местонахождения, в которых доминируют костные остатки мамонта (*Mammuthus primigenius* Blumenbach, 1799). Цель работы — сравнительный анализ крупнейших «мамонтовых кладбищ» Северной Азии (Берелех, Волчья Грива, Гари, Шестаково, Тегульдет, Луговское, Красный Яр). В ходе работы были поставлены следующие задачи: 1) сравнить видовой состав костных остатков из рассматриваемых местонахождений; 2) проанализировать соотношение отделов скелета костных остатков мамонтов из местонахождений; 3) сравнить возрастной состав мамонтов из имеющихся местонахождений.

В работе был использован оригинальный (Гари, 2280 костей, место хранения — Музей ИЭРиЖ УрО РАН) и опубликованный материал из крупнейших «мамонтовых кладбищ» Северной Азии (Верещагин, 1953). Измерения костей проводилии по методике Е.Н. Мащенко (Maschenko, 2002). Принципы выделения возрастно-размерных групп в стаде мамонтов основаны на методике Г.Ф. Барышникова с соавт. (1977).

По фаунистическому составу рассматриваемые местонахождения сходны между собой. Сопутствующие виды — характерные представители фауны позднего плейстоцена. Рассматриваемые местонахождения схожи и по соотношению костей отделов скелета мамонта. Различия связаны лишь с долей костей дистального отдела конечностей: для местонахождения Гари она составила всего 6%, тогда как для Шестаково и Волчья Грива — 26% и 32% соответственно.

Сравнение возрастной структуры мамонтов из местонахождений показало, что самый высокий процент взрослых особей имеет местонахождение Берелех (83%). По возрастному составу мамонтов наиболее схожи местонахождения Луговское, Волчья Грива, Тегульдет, Шестаково. Местонахождение Красный яр отличается высокой долей детенышей до 3 лет (40%), а местонахождение Гари имеет относительно низкий процент взрослых особей (26%) и высокую долю подростков (39%).

ВЫВОДЫ

1. Исследованные местонахождения близки по видовому составу животных, а также по соотношению костей разных отделов скелета мамонта, что указывает на схожесть условий, в которых происходило накопление костного материала.

2. Местонахождения сходны и по возрастному составу мамонтов. Соотношение возрастных групп мамонтов в местонахождениях близко к естественной структуре семейных групп современных слонов.

3. Накопление костей в «мамонтовых кладбищах» происходило в результате эпизодической гибели семейных групп, возможно, при сезонных миграциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барышников Г.Ф., Кузьмина И.Е., Храбрый В.М. Результаты измерений трубчатых костей мамонтов Берелехского «кладбища» // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1977. Т. 72. С. 58–67.

Верещагин Н.К. Великие «кладбища» в долинах рек Русской равнины // Природа. 1953. № 12. С. 77–110.

Maschenko E.N. Individual development, biology and evolution of the woolly mammoth // Cranium. 2002. V. 19. № 1. P. 4–120.

ФЛОРА ОБВОДНЕННЫХ КАРЬЕРОВ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОС. ВОЛКОВСКИЙ (ВОТКИНСКИЙ РАЙОН УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

К.А. Ивакова

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: флора макрофитов, водные растения, обводненные карьеры, искусственные водоемы, зарастание.

Волковские карьеры песчано-гравийных смесей (ПГС), расположенные в окрестностях п. Волковский Воткинского района Удмуртской Республики, относятся к одним из наиболее крупных в Среднем Прикамье. После выработки ПГС карьеры наполняются водой, поступающей из р. Камы, в результате чего начинается постепенное зарастание их водной и прибрежно-водной растительностью. Растительный покров обводненных карьеров в окрестностях п. Волковский еще не был объектом специального изучения, что и определило цель наших исследований, которая заключалась в изучении флоры водных и прибрежно-водных растений (макрофитов) обводненных карьеров ПГС.

Для достижения указанной цели были поставлены и решались следующие задачи: 1) выявить видовой состав флоры макрофитов обводненных карьеров в окрестностях п. Волковский; 2) выполнить анализ таксономической, географической, экологической и биоморфной структуры выявленной флоры; 3) составить конспект флоры макрофитов обводненных карьеров.

Полевой сбор материала проводили в июле–августе 2011–2012 гг. Было выполнено 83 геоботанических описаний, собран гербарий объемом около 60 листов. На основе этого материала был составлен конспект флоры и проведен её анализ.

В результате проведенных исследований на акватории карьерных озер выявлено произрастание 70 видов сосудистых растений, относящихся к 38 родам и 29 семействам. Наиболее представительными семействами являются Poaceae (12 видов), Cyperaceae (10 видов), Salicaceae (7 видов). Важно отметить, что в головной части семейственно-видового спектра отсутствуют полностью гидрофильные семейства. Исследованная флора содержит четыре адвентивных вида (*Typha laxmannii, Elodea canadensis, Epilobium adenocaulon, E. pseudorubescens*). В экологическом спектре рассматриваемая флора на 60.4% состоит

из видов влажных местообитаний: гигрофитов травянистых (43.0%), гигрофитов древесно-кустарниковых (3.1%) гигромезофитов (6.3%) и мезофитов (8.0%). Доля видов, тяготеющих к водным экотопам, менее значительна (28.5%, из них гидрофитов — 15.7%, гелофитов — 12.8%).

В географической структуре выделено 12 региональных и 6 зональных геоэлементов. В региональном спектре доминируют виды широкого распространения: голарктические (36.2%), евразиатские (18.9%), гемикосмополитные (13.8%). В зональном аспекте рассматриваемая флора имеет бореальный характер с выраженным участием плюризональных видов. В спектре жизненных форм преобладают многолетние растения — их доля составляет 83%. Отмечено преобладание гемикриптофитов (46.0%) и криптофитов (28.6%).

Таким образом, впервые проведены гидроботанические исследования обводненных карьеров ПГС в окрестностях п. Волковский. Полученные результаты могут быть положены в основу дальнейших мониторинговых исследований, что позволит на примере рассмотренных экосистем изучить закономерности зарастания обводненных карьеров по добыче строительных материалов Среднего Прикамья.

СЕВЕРНЫЙ ОЛЕНЬ (*RANGIFER TARANDUS* L.) ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

А.В. Кисагулов

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ключевые слова: северный олень, Пермское Прикамье, поздний плейстоцен, голоцен.

Цель представленной работы — изучение распространения, численности и размерных характеристик северного оленя в позднем плейстоцене и голоцене. Рассматриваются материалы из 46 местонахождений Пермского Прикамья, содержащие костные остатки северного оленя (9974 экз.), 14 из них — археологические памятники, а остальные — местонахождения с зоогенными отложениями. Материал датирован радиоуглеродным и археологическими методами от

40 000 до 200 лет назад. Материал был объединен в выборки согласно климатостратиграфическим подразделениям позднего плейстоцена и голоцена.

Для описания размерных характеристик северного оленя были промерены все пригодные для измерения кости взрослых животных (362 экз.). Измерение параметров костей производилось по методике А. Дриш (Driesch, 1976).

Костные остатки северного оленя присутствуют в местонахождениях всего рассматриваемого периода времени. Это говорит о том, что северный олень обитал на территории Пермского Прикамья на протяжении всего позднего плейстоцена и голоцена.

Анализ относительной численности костных остатков копытных млекопитающих показал, что северный олень доминировал в Пермском Прикамье на протяжении позднего плейстоцена (64% остатков). В голоцене доля его костей снижается, достигая 35% в позднем голоцене. В позднем голоцене северный олень становится субдоминантом, уступая лосю (65%).

Результаты измерений костей показали, что на протяжении позднего плейстоцена размерные характеристики костей северного оленя оставались неизменными. К позднему голоцену у северного оленя достоверно увеличиваются параметры первой и второй фаланг (максимальная длина, ширина и толщина эпифизов), а также диаметры вертлужной впадины таза и головки бедра. Линейные параметры нижней челюсти, плечевой кости, пясти, плюсны и большой берцовой кости не изменились.

Вероятно, увеличение дистальных отделов конечностей связано с замещением тундровой формы северного оленя более крупной таежной формой. К голоцену климат становится более влажным, увеличиваются количество осадков и соответственно высота снежного покрова. Вероятно, это могло послужить причиной для увеличения дистального отдела конечностей оленя.

ВЫВОДЫ

1. Северный олень был распространен в Пермском Прикамье в течение всего позднего плейстоцена и голоцена.

2. В позднем плейстоцене северный олень на территории Пермского Прикамья доминировал в фауне копытных, и его относительная численность была выше, чем в голоцене.

3. В Прикамье у голоценовых северных оленей увеличивается дистальный отдел конечностей по сравнению с плейстоценовыми северными оленями.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12–04–00165-а).

ВЫЯВЛЕНИЕ АДАПТАЦИЙ *COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA* L. К ПИТАНИЮ КОЛОРАДСКИМ ЖУКОМ С ПОМОЩЬЮ БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ СТРЕССА

К.А. Китаев, Г.В. Беньковская

Институт биохимии и генетики УНЦ РАН, г. Уфа

Ключевые слова: колорадский жук, семиточечная божья коровка, взаимоотношения хищник-жертва, адаптации к питанию.

Территории Южного Урала были заселены колорадским жуком в 1970-х годах. За прошедшее время сформировался комплекс хищников, способных к питанию колорадским жуком, наиболее активным из них является семиточечная божья коровка — *Coccinella septempunctata* L. Ранее нами было показано возможное наличие у этого виды адаптаций к питанию яйцами колорадского жука (Китаев, 2012). Для уточнения возможностей расширения спектра питания хищника необходимо выявить степень адаптации к разным жертвам. У хищников-генералистов, к которым относится и семиточечная божья коровка, спектр питания чрезвычайно широк за счет неспецифических адаптаций. При появлении инвазивного вида в биоценозах у части популяции хищника, благодаря имеющимся адаптациям, происходит расширение этого спектра. Определение наличия таких адаптаций является важной фундаментальной и практической задачей. Отсутствие адаптации к новому виду корма может выражаться в развитии стресс-реакции при его употреблении, и биохимические маркеры стресса (активность ферментов фенолоксидазного комплекса и ацетилхолинэстеразы, содержание катехоламинов и других производных тирозина) могут быть использованы для решения этой задачи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Божьих коровок собирали вручную на злаковых полях Бирского ОПХ БНИИСХ РАСХН. Жуков содержали в лаборатории в пластиковых контейнерах 10х7х4 см по 10 божьих коровок. В каждом варианте по три повторности. Каждый контейнер перфорировали для лучшей вентиляции, внутрь помещали гигростат (пробирка с водой, закрытая ватой). Для питания коровок использовали замороженную тлю, 15% сахарный сироп, яйца колорадского жука или гомогенат из личинок колорадского жука IV возраста.

Для оценки индивидуальной приспособленности особей божьих коровок к питанию колорадским жуком был проведен анализ биохимических маркеров стресса. Для биохимического анализа использовали гемолимфу из спинного сосуда насекомого (по 2–5 мкл от 1 особи, соотношение с экстрагирующим трис-HCl буфером 1:20). Активность тирозиназы, ДОФА-оксидазы, ацетилхолинэстеразы и содержание катехоламинов в гемолимфе определяли модифицированным для малых объемов тканей насекомых спектрофотометрическим методом (Беньковская, Мустафина, 2012). Содержание белка определяли по методу Бредфорда (Скоупс, 1985).

Полученные данные обрабатывали методами корреляционного и дискриминантного анализа в пакете SPSS Statistics 17 (Бююль, Цёфель, 2005). В качестве показателя дискриминации использована лямбда Уилкса (λ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В первую очередь мы оценивали динамику активности ацетилхолинэстеразы (рис. 1), которая позволяет выявить быстрые изменения, происходящие при стрессе.

Изменение активности ацетилхолинэстеразы сопряжено с питанием, в первые часы после кормления повышение уровня активности наблюдается независимо от вида корма. Наибольшее повышение активности фермента выявлено в случае кормления яйцами колорадского жука, а наименьшее — в случае кормления гомогенатом из

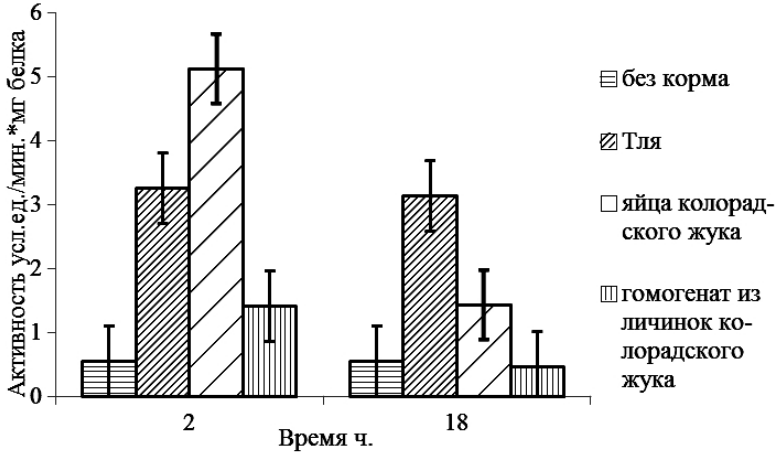


Рис. 1. Измерение изменения активности ацетилхолинэстеразы в гемолимфе C. septempunctata при питании разной пищей.

личинок колорадского жука. Последующее снижение активности фермента в этих двух случаях и сохранение активности в случае питания тлями позволяет предположить, что при питании тлёй происходит нормальное развитие стресс-реакции (эустресс).

При питании гомогенатом из личинок колорадского жука наблюдается угнетение активности нейроэндокринной системы, а при питании яйцами колорадского жука наблюдается развитие чрезмерной стресс-реакции с последующим подавлением (дистресс). Действие этих механизмов можно оценить по разнице в сопряжённом изменении биохимических показателей при действии разных факторов.

В нашем анализе мы использовали сравнение групп, питавшихся разным кормом в эксперименте, по следующим параметрам: активность в гемолимфе ферментов (тирозиназы, дифенолоксидазы, ацетилхолинэстеразы) и концентрации катехоламинов (производных тирозина). Эти параметры позволяют оценить относительную адаптивность особей, поскольку маркируют стрессовые защитные системы организма.

Первоначально рассмотрим положение всех вариантов в поле корней дискриминантных функций на рис. 2.

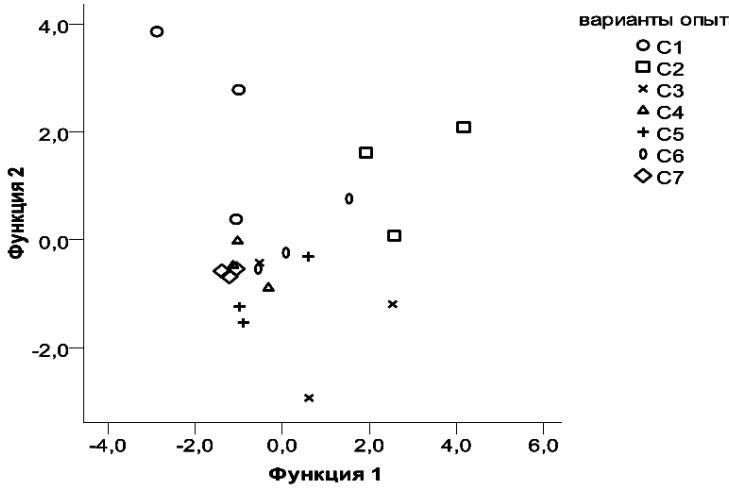


Рис. 2. Результаты дискриминантного анализа по биохимическим маркерам стресса. С1 — не питавшиеся; через 2 часа после питания: С2 — тлей, С3 — яйцами колорадского жука, С4 — гомогенатом из личинок колорадского жука; через 18 часов после кормления: С5 — тлей, С6 — яйцами колорадского жука, С7 — гомогенатом из личинок колорадского жука.

Здесь видна кластеризация групп С4–С7. При этом С4 и С7 находятся близко друг к другу, разброс значений минимален, что свидетельствует о развитии и поддержании однотипной стресс-реакции. В этом случае системы исследуемых ферментов не могут менять свою активность в широких пределах. Показано, что в первые два часа после кормления наблюдается широкий разброс значений в вариантах С2 и С3; такой же разброс наблюдается и в варианте без корма — С1. Подобная вариабельность объясняется индивидуальным полиморфизмом изучаемых особей и свидетельствует об отсутствии значительного напряжения внутренних защитных систем, которое могло бы повлиять на скоррелированное изменение ферментативной активности (Горбань и др., 2007).

Разделив все варианты по времени после кормления на две группы: 2 и 18 часов, провели дискриминантный анализ между вариантами в каждой группе. Дискриминацию проводили, попарно сравнивая варианты между собой внутри групп, сведя результаты в таблице.

Таблица. Попарные сравнения вариантов опыта дискриминантным анализом биохимических данных

Сравниваемые варианты	λ	Уровень значимости p
С2–С3	0.171	0.220
С3–С4	0.465	0.590
С2–С4	0.006*	0.005
С5–С6	0.136	0.173
С6–С7	0.086	0.105
С5–С7	0.037*	0.042

Примечание. Обозначения групп те же, что на рис. 2. Звездочкой отмечены значения λ при $p<0.05$.

Наибольшие различия здесь наблюдаются между вариантами С2–С4 и С5–С7, питавшиеся тлей и гомогенатом из личинок колорадского жука соответственно. В остальных же случаях дискриминация не столь выражена. При сравнении вариантов С3–С4 (яйца и гомогенат из личинок) дискриминация практически отсутствует.

Анализ вышеприведённых данных позволяет заключить, что среди семиточечных божьих коровок (*C. septempunctata*) есть особи, приспособленные к питанию яйцами колорадского жука. Различия в разбросе данных в вариантах с особями, питавшимися тлей или яйцами колорадского жука, позволяют предположить наличие адаптаций.

При питании личинками колорадского жука у *C. septempunctata* на фоне не сформировавшихся адаптаций развивается дисстресс.

Таким образом, данные биохимического анализа не дают однозначного ответа на вопрос о наличии специфических адаптаций к питанию колорадским жуком в популяциях энтомофагов. Но в то же время, они свидетельствуют о том, что особи *C. septempunctata* приспособлены к питанию яйцами колорадского жука.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Беньковская Г.В., Мустафина Р.Ш. Влияние светового режима на биохимические показатели развития стресс-реакции в линиях *Musca domestica* L. с различной продолжительностью жизни // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2012. Т. 48. № 5. С. 433–438.

Бююль А., Цёфель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем. СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2005. 608 с.

Горбань А.Н., Смирнова Е.В., Чеусова Е.П. Групповой стресс: динамика корреляций при адаптации и организация систем экологических факторов. Красноярск: ИВМ СО РАН, 2007. 54 с.

Китаев К.А. Исследование формирования трофических отношений на примере колорадского жука и его хищников // В мире научных открытий. 2012. № 2.5 (26). С. 309–318.

Скоупс Р. Методы очистки белков. М.: Мир, 1985. 342 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Т.Р. Клевлеева

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Ключевые слова: донные отложения, биотестирование, функция желательности.

Выступая индикатором многолетнего антропогенного воздействия, донные отложения (ДО) нуждаются в интегральной оценке их химического состава и токсикологической характеристике. Цель работы — оценка качества ДО малых рек Республики Татарстан с применением интегральной токсичности и обобщенной функции желательности.

Токсикологическую оценку ДО проводили с использованием организмов разных трофических уровней: водоросли — *Chlorella vulgaris* Beyerinck 1890, рачки — *Daphnia magna* Straus, 1820, инфузории — *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1838, интегральную оценку качества ДО — с учетом токсичности на каждом тест-объекте (Persoone et al., 2003) и с помощью обобщенной функции желательности (Гелашвили и др., 2006).

Оценка токсичности ДО по классификации G. Persoone (2003) в результате обобщения данных продемонстрировала нивелирование высокой токсичности на одном из тест-объектов отсутствием токсичности на других. Использование функции желательности выявило плохое качество ДО при сильном угнетении условиями среды хотя бы на одном тест-объекте. При этом крайние значения токсичности (0 или 100%) не приводят к занулению частной функции желательности. Преимуществом использования функции желательности является также то, что ее можно применять и для обобщенной характеристики химического состава. Выражение результатов в одних единицах дает возможность сравнивать и обобщать химические и токсикологические данные, что было успешно продемонстрировано и другими авторами (Лисовенко, 2011).

ВЫВОДЫ

1. Сравнение использованных подходов в оценке качества ДО показало, что функция желательности лучше выявляет токсикологическую опасность в отличие от метода обобщенной токсичности в связи с дискретностью последнего.

2. Обобщенная функция желательности позволяет успешно сопоставлять разнотипные данные, в том числе химического и токсикологического анализов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гелашвили Д.Б., Королев А.А., Басуров В.А. Зонирование территории по степени нагрузки сточными водами с помощью обобщенной функции желательности (на примере Нижегородской области) // Поволжский экологич. журн. 2006. № 2/3. С. 129–138.

Лисовенко А.В. Алгоритмы применения функции желательности для комплексной оценки качества сточных вод по токсичности и химическому составу // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: Мат-лы IV всерос. конф. по водной токсикологии, посвящ. памяти Б.А. Флерова. Борок, 2011. С. 91–96.

Persoone G., Marsalek B., Blinova I. et al. Practical and user-friendly toxicity classification system with microbiotests for natural waters and wastewaters // Environmental Toxicology. 2003. Vol. 18, № 6. P. 395–402.

СООТНОШЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ТЕЛА И ЗУБОВ ПОЛЕВКИ-ЭКОНОМКИ (*MICROTUS OECONOMUS* PALL.) В ОНТОГЕНЕЗЕ

Ю.Э. Кропачева

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: полевка-экономка, размеры млекопитающих, рост млекопитающих, моляры.

Размер — одна из характеристик, позволяющих судить о серии экологических, физиологических и других особенностях животных (Шмидт-Ниельсен, 1987). Колебания размеров тела некоторых видов млекопитающих в холодные и теплые эпохи плейстоцена и голоцена служат предметом исследования палеозоологических работ (Паавер, 1965). Для реконструкции размеров тела используют размеры изолированных остатков. Для грызунов это прежде всего моляры. Однако судить о размерах тела исключительно по размерам зубов — слишком грубое обобщение. Существуют данные о различии в соотношениях длин черепа и тела у разных географических форм и сезонных генераций полевок (Шварц и др., 1968; Шварц, 1969; Пястолова, 1971). Кроме того, на лисицах и песцах было показано (Нанова, 2008), что корреляция между размерами зубов и черепа может быть очень слабой.

Полевка-экономка была объектом ряда исследований, посвященных закономерностям изменений размеров млекопитающих в зависимости от разных экологических характеристик. На лабораторных животных было показано, что полевки, рожденные осенью, растут медленнее и дольше животных, рожденных весной. Длина тела полевок-экономок в виварии может увеличиваться до года (Овчинникова, 1966; Покровский, Большаков, 1979; Шварц и др., 1964). Наше внимание было сосредоточено на соотношениях длин тела и первого нижнего моляра полевки-экономки в онтогенезе вне зависимости от сезонных изменений параметров роста. Цель работы — изучить соотношения линейных размеров тела и первого нижнего моляра (m1) полевки-экономки в онтогенезе; на основе особенностей этих соотношений выделить этапы онтогенеза с разными характеристиками роста тела и зуба. Были поставлены следующие задачи: 1) оценить продолжительность интенсивной фазы роста тела и зуба; 2) рассчитать удельные скорости роста тела и зуба за период интенсивного роста; 3) вычислить коэффициент онтогенетической аллометрии по

характеристикам роста отдельных особей; 4) определить изменения соотношения длин зуба и тела (индекс длины зуба) в онтогенезе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ежемесячные измерения длины тела (n=35, количество измерений 420) и m1 (n=33, количество измерений 396) полевок-экономок из лабораторной колонии. проводили на протяжении 12 месяцев, начиная с месячного возраста. Первые нижние моляры измеряли по прижизненным отпечаткам жевательной поверхности (Оленев, 1980; Кропачева и др., 2012).

Анализ параметров роста тела и m1 проводили при помощи построения индивидуальных кривых роста. По значениям промеров тела и m1 для каждой особи построены логистические кривые (рис. 1) вида (Зайцев, 1984):

$$y = \frac{a_1 - a_0}{1 + \exp(r + bx)} + a_0,$$

где y — длина, x — возраст, a_1 — длина в период прекращения роста, a_0 — длина в один месяц, r, b — коэффициенты. На основе коэффициентов уравнений рассчитаны точки перегиба кривых ($X_в$), которые можно интерпретировать как точки замедления роста, ограничивающие период интенсивного роста:

$$X_в = \frac{-r + \ln\left(2 - \sqrt{3}\right)}{b}.$$

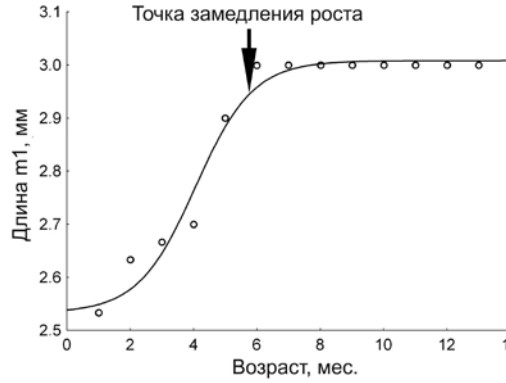


Рис. 1. Пример индивидуальной кривой роста m1 полевки-экономки.

В работе проанализированы *продолжительность периода интенсивного роста*, определяемая как количество месяцев от одного месяца до точки замедления роста, и *удельная скорость роста* в этот период, определяемая как отношение прироста за период интенсивного роста (в%) к продолжительности этого периода (мес.).

Аллометрический анализ. Для каждой особи вычислены индивидуальные показатели аллометрии по уравнению $y=ax^b$, где y — длина зуба, x — длина тела, a — коэффициент, b — константа уравнения.

Анализ соотношений длин тела и зуба в каждый месяц жизни животного проведен с помощью индекса длины зуба, который определялся как отношение длины жевательной поверхности зуба к длине тела в каждом месяце жизни животных.

Характеристики роста сравнивали с помощью критерия Манна-Уитни. Статистическая обработка данных производилась в программе Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В тех случаях, когда изучается рост особи в течение жизни, в качестве характеристики роста часто используется масса. Однако известно, что масса полевок сильно меняется не только с возрастом, но и в разные сезоны (Покровский, Большаков, 1979). Кроме того, при использовании показателя массы приходится исключать из исследования самок, приносящих потомство. В нашей работе в качестве характеристики роста тела была выбрана его длина. Общие закономерности изменений линейных размеров тела и m1 иллюстрируют графики, построенные по средним значениям в каждый месяц жизни полевок (рис. 2).

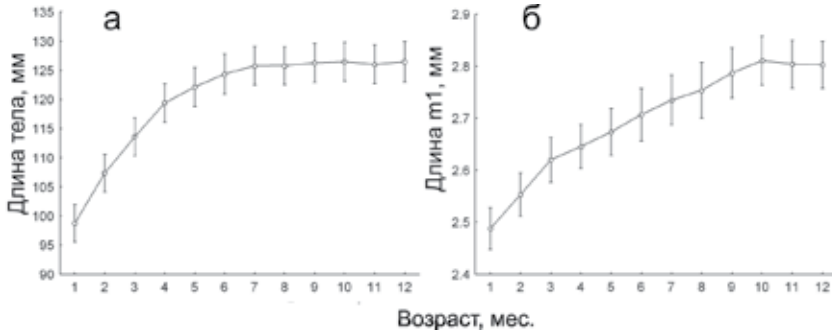


Рис. 2. Средние значения линейных размеров тела (а) и m1 (б) в течение 12 месяцев.

Традиционным математическим методом описания роста живых организмов служит построение кривых роста (Мина, Клевезаль, 1976; Количественные аспекты..., 1975). В данной работе использованы логистические кривые, опыт применения которых для описания роста мышевидных грызунах известен из литературы (Carmon, 1963; 1965).

Анализ индивидуальных кривых роста тела и m1 показал, что *продолжительность периода интенсивного роста* для зуба (n=33) больше, чем для тела (n=33) в среднем на 1.8 мес. (U=229, p<0.05) (рис. 3а).

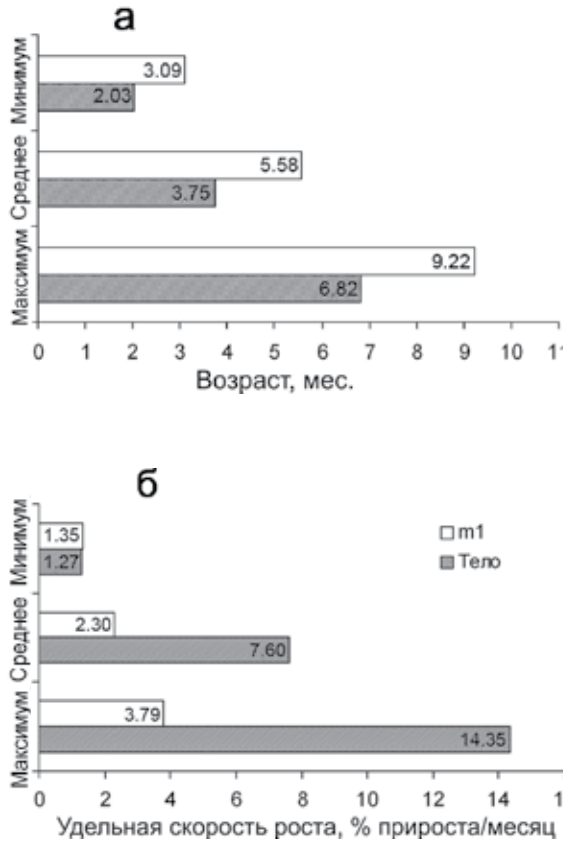


Рис. 3. Характеристики роста тела и m1.
а — продолжительность периода интенсивного роста; б — удельная скорость роста за период интенсивного роста.

У 20 животных рост тела прекратился значительно раньше (больше, чем на месяц), чем рост зуба. В предельном случае продолжительность роста зуба превышала таковую для тела на 6.4 мес. У 10 животных рост тела и зуба прекратился практически одновременно (разница менее месяца), лишь у 3 животных продолжительность роста зуба была больше продолжительности роста тела. Различия у самцов и самок по продолжительности роста зуба и тела статистически незначимы.

Удельная скорость роста (% прироста в месяц) в *период интенсивного роста* для тела (n=35) больше, чем для зуба (n=32) в среднем на 5.3% (U=48, p<0.05) (рис. 3б). Удельная скорость роста тела у 24 животных значительно превышала таковую для зуба, а в предельном случае разница достигла 10%. У шести животных разница в скоростях была незначительной (менее 3%), лишь у двух особей удельная скорость роста зуба превысила скорость роста тела. Скорость роста тела самцов (n=17) выше, чем самок (n=18) (U=72, p<0.05), скорость роста m1 у самцов и самок не отличается.

Изучение изменений пропорций тела с увеличением его размеров входит в задачи аллометрии (Мина, Клевезаль, 1976; Шмидт-Ниельсен, 1987). Существует несколько видов аллометрии: онтогенетическая, внутривидовая, межвидовая и эволюционная (Мина, Клевезаль, 1976). В нашем случае рассматривается онтогенетическая аллометрия — уравнения и кривые были получены для каждой особи на основе данных ежемесячного измерения длин m1 и тела. Показатель степени в аллометрическом уравнении b варьировал от 0.2 (соотношение зуб/тело значительно падает с возрастом) до 1.5 (соотношение зуб/тело с возрастом увеличивается). Среднее значение показателя b=0.53. Положительная аллометрия (b>1) зафиксирована лишь в двух случаях, у большинства животных наблюдалась отрицательная аллометрия (b<1).

Аллометрические показатели характеризуют направление изменения пропорции между длиной тела и длиной зуба на протяжении жизни животного, суммируя две характеристики роста — скорость и продолжительность. Метод индексов позволяет проследить изменение отношения длины зуба к длине тела (индекс длины зуба) от месяца к месяцу в течение жизни животного. Метод индексов использовался рядом исследователей (Егоров, 1983; Терентьев, 1936; Шварц и др., 1968; Шварц, 1969). У многих видов млекопитающих, и в частности у полевки-экономки, была выявлена закономерность уменьшения относительных размеров черепа при увеличении размеров тела. При этом индекс кондилобазальной длины черепа связан отрицательной корреляционной связью со скоростью роста тела, которая варьирует у животных разных сезонов рождения и разных географических форм (Шварц и др., 1968; Шварц, 1969).

У исследованных нами животных индекс длины зуба с возрастом в целом снижается (F=19.6, n=33, p<0.05), однако его изменения нелинейны (рис. 4). Анализ ежемесячных изменений соотношения длин зуба и тела с учетом разных особенностей их роста, позволил выделить несколько этапов онтогенеза.

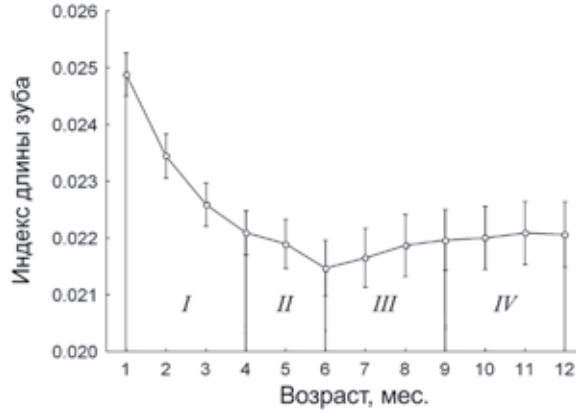


Рис. 4. Средние значения соотношения длин m1 и тела (индекс длины зуба) на протяжении двенадцати месяцев (I–IV — этапы онтогенеза).

На *первом этапе* происходит интенсивный рост тела и зуба. За счет большей удельной скорости роста тела, соотношение зуб/тело резко падает. У исследованных животных он продолжается от 1 до 4 мес. *Второй этап* характеризуется замедлением роста тела при продолжающемся интенсивном росте зуба, поэтому уменьшение соотношения зуб/тело замедляется. У лабораторных животных он продолжался в среднем от 4 до 6 мес. На *третьем этапе* рост тела у большинства животных прекращен, но зуб еще продолжает расти, за счет чего соотношение зуб/тело немного возрастает. Этот период определяется примерно с 6 до 9 мес. *Четвертый этап*, когда рост тела и зуба у большинства животных прекращен и соотношение зуб/тело не меняется, фиксировался после 9 мес. Некоторые наши данные и описанные в литературе случаи (Овчинникова, 1966) позволяют предположить существование и *пятого этапа*, когда происходит уменьшение длины тела и зуба, который может наступать после 12 мес.

ВЫВОДЫ

1. Продолжительность роста тела (n=33) меньше продолжительности роста зуба (n=33) в среднем на 1.8 мес. (U=229, p<0.05).

2. Удельная скорость роста тела (n=35) больше, чем для зуба (n=35), в среднем на 5.3% (U=48, p<0.05).

3. Отношения длины зуба к длине тела (индекс длины зуба) снижается с возрастом (F=19.6, n=33, p<0.05), о чем свидетельствуют и коэффициенты онтогенетической аллометрии по характеристикам роста отдельных особей — у большинства животных наблюдалась отрицательная аллометрия (b<1).

Автор благодарит за помощь в выполнении работы Е.Л. Воробейчика, И.А. Кшнясева, П.В. Рудоискателя.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 11–04–00426) , проекта УрО РАН (№ 13–4-НП-666) и программы поддержки ведущих научных школ (НШ–5325.2012.4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Егоров Ю.Е. Механизмы дивергенции. М.: Наука, 1983. 176 с.

Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

Количественные аспекты роста организмов. М.: Наука, 1975. 287с.

Кропачева Ю.Э., Смирнов Н.Г., Маркова Е.А. Индивидуальный возраст и одонтологическиехарактеристики полевки-экономки // Доклады Академии наук. 2012. Т. 446. № 2. С. 234–237.

Мина М.В., Клевезаль М.В. Рост животных. М.: Наука,1976. 291 с.

Нанова О.Г. Сравнительный анализ изменчивости корреляционной структуры краниальных и дентальных признаков песца (*Alopex lagopus*) и лисицы (*Vulpes vulpes*) // Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее: Мат-лы конф. молодых ученых. Екатеринбург: «Гощицкий», 2008. С. 159–170.

Овчинникова Н.А. Биологические особенности северного и номинального подвидов полевки-экономки и их помесей // Внутривидовая изменчивость наземных позвоночных животных и микроэволюция. Свердловск, 1966. С. 189–197.

Оленев Г.В. Прижизненное определение видовой принадлежности мышевидных грызунов по отпечаткам зубов // Зоол. журн. 1980. Т. 59. С. 294.

Паавер К.Л. Формирование териофауны и изменчивость млекопитающих Прибалтики в голоцене. Тарту: Изд-во АН ЭССР, 1965. 497 с.

Покровский А.В., Большаков В.Н. Экспериментальная экология полевок. М.: Наука, 1979. 148 с.

Пястолова О.А. Полевка-экономка // Млекопитающие Ямала и Полярного Урала. Тр. Ин-та экологии растений и животных. Свердловск, 1971. Вып. 80. С. 127–149.

Терентьев П.В. Метод индексов в систематике // Изв. АН СССР, 1936. Вып. 6. С. 1285–1290.
Шварц С.С. Эволюционная экология животных. Экологические механизмы эволюционного процесса. Свердловск: Урал. фил. АН СССР, 1969. 199 с.
Шварц С.С., Ищенко В.Г., Овчинникова Н.А. и др. Чередование поколений и продолжительность жизни грызунов // Журн. общей биол. 1964. Т. 25, № 6. С. 417–433.
Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск: Урал. фил. АН СССР, 1968. 387 с.
Шмидт-Ниельсен К. Размеры животных: почему они так важны? М.: Мир, 1987. 259 с.
Carmon J.L. The effects of radiation on growth pattern of mice // Growth. 1965. Vol. 29. № 1. P. 85–95.
Carmon J.L., Golley F.B., Williams R.G. An analisis of growth and variability in Peromyscus polionotus // Growth. 1963. Vol. 27. № 4. P. 247–254.

К АНАЛИЗУ ФЛОРЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ ПОСЕЛКА СТАРЫЙ ПРОСВЕТ КЕТОВСКОГО РАЙОНА КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ВОДНЫЕ, ПРИБРЕЖНЫЕ И БОЛОТНЫЕ РАСТЕНИЯ

Н.А. Маленьких, Т.А. Коткова
Курганский госуниверситет

Ключевые слова: гелофиты, гидатофиты, гидрофиты, флора.

Для выявления и анализа видового состава водной и околоводной (болотной) фракции локальной флоры (ЛФ) окрестностей пос. Старый Просвет Кетовского р-на Курганской обл. в полевые сезоны 2010–2012 гг. были проведены исследования методом конкретных флор (Толмачев, 1974). Состав изученной фракции ЛФ ограничен списком растений, жизненный цикл которых привязан к водной, прибрежной или болотной среде обитания (Катанская, 1981; Белавская, 1994; Лисицына, Папченков, 2000; Садчиков, Кудряшов, 2005). ЛФ расположена в Илецко-Иковском бору Зауральской лесостепи. Водоемы пресные: проточные — р. Ик и лесные ручьи, большей частью пересыхающие летом; стоячие водоемы ЛФ имеют искусственное происхождение: глубокие котлованы песчаных карьеров, придорожные канавы и «копанки» — водоемы, выкопанные для водопоя до-

машнего скота. В составе водных, прибрежных и болотных растений ЛФ выявлен 171 вид из 49 семейств, объем и номенклатура которых приведены по флористическим сводкам (Флора Сибири, 1987–2003; Науменко, 2008). Собственно водных (гидро- и гидатофитов) 20 видов (11.7%); 151 вид (89.3%) — гелофиты болот, заболоченных опушек, лугов и берегов водоемов. Наиболее многочисленна группа прибрежно-болотных растений (52 вида). В систематическом спектре наиболее богаты семейства Cyperaceae (29 таксонов), Poaceae (17), Asteraceae (10), Salicaceae (9) и Polygonaceae (7); из собственно водных лидируют виды сем. Potamogetonaceae (6). На долю 10 ведущих семейств приходится 59%, на остальные 39 сем. (по 1–4 вида в каждом) — 41% списка видов водных и прибрежно-водных растений ЛФ. В отношении способности к переходу на нарушенные местообитания большей частью (60.2%) эти растения не сорничают или являются случайными апофитами (20.5%); лишь 32 вида прибрежных растений ЛФ (18.7%) — устойчивые апофиты. Единственный в ЛФ адвентивный водный вид — *Elodea canadensis*, формирующая заросли в большинстве изученных водоемов. Спектр жизненных форм водных растений и растений избыточно увлажненных местообитаний ЛФ представлен водными поликарпиками (21 вид) и монокарпиками (1), а также земноводными поликарпиками (28). Спектр жизненных форм растений берегов водоемов дополняют околоводные поликарпические (74 вида) и монокарпические (28 видов) травы, полудревесные и древесные растения (16 видов), споровые травянистоподобные виды (4 таксона). В спектре географических элементов водной и околоводной фракции ЛФ преобладают бореальные (47%) и полизональные (46%) виды; незначительны группы бореонеморального (5%) и номадийского (степного) элементов (2%). В числе полизональных видов водных и прибрежных местообитаний наиболее обширными ареалами обладает 13 видов плюрирегиональных растений — почти космополитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белавская А.П. Водные растения России и сопредельных государств // Труды БИН им. В.Л. Комарова РАН. СПб.,1994. Вып. 11. 64 с.

Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.

Лисицына Л.И., Папченков В.Г. Флора водоемов России: Определитель сосудистых растений. М.: Наука, 2000. 237 с.

Науменко Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2008. 512 с.

Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидроботаника. Прибрежно-водная растительность. М.: Академия, 2005. 240 с.

Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.

Флора Сибири: В 14 т. Новосибирск: Наука, 1987–2003. Т.1–14.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ, ОБИТАЮЩИХ НА ВУРСе

Г.П. Малиновский

Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: биота, ВУРС, облучение, дозы.

Задача настоящей работы — оценка текущих доз внутреннего облучения мелких млекопитающих, обитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) за счет ^{90}Sr.

В работе использован костный материал мышевидных грызунов, отловленных в 2005 г. на участках с плотностью поверхностного загрязнения ^{90}Sr 24–40 МБк/м^2 из коллекции ИЭРиЖ УрО РАН. Всего проанализировано 38 черепов трех видов: *Sylvaemus uralensis* (14), *Microtus agrestis* (20), *Clethrionomys rutilus* (4). Удельную активность (УА) ^{90}Sr в черепах определяли ранее разработанным методом с использованием бета-радиометрии целостной кости (Малиновский и др., 2012). Для расчета доз использованы представленные в литературе (Stabin et al., 2006) значения поглощенной энергии бета-излучения при различных комбинациях органов-источников и органов-мишеней. Активность ^{90}Sr в каждом органе в зависимости от времени с начала поступления рассчитывали в соответствии с биокинетической моделью (Malinovsky et al., 2013).

Средняя УА ^{90}Sr в скелете составила 300±82, 811±133, 520±273 Бк/г для *S. uralensis, M. agrestis* и *C. rutilus* соответственно. Были рассчитаны коэффициенты дозового перехода от УА скелета к дозе облучения 11 органов и тканей, а также всего тела. Нормированная на 1 Бк/кг в тушке мощность дозы внутреннего облучения всего тела составляет 1.5·10–5 мГр/день. По результатам расчета для видов *M. agrestis*, *S. uralensis* и *C. rutilus* получены следующие значения доз соответственно: средние дозы внутреннего облучения всего тела (за 45 дней) — 37, 14 и 23 мГр; средние мощности дозы внутреннего облучения на последний день перед отловом — 1.2; 0.44 и 0.75 мГр/день.

Таким образом, мощность дозы облучения определенных видов млекопитающих превышает верхнюю границу референтного уровня, установленного МКРЗ (1 мГр/день), накопленные дозы облучения кости могут превышать 100 мГр.

Автор благодарит В.И. Стариченко, В.М. Чибиряка, М.В. Модорова, М.В. Жуковского и И.В. Ярмошенко за помощь в проведении исследования.

Исследование выполнено при поддержке УрО РАН (проект 12-М-24–2016).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Малиновский Г.П., Жуковский М.В., Стариченко В.И., Модоров М.В. Неразрушающие методы оценки содержания Sr-90 в костях мышевидных грызунов, обитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // АНРИ. 2012. № 3. С. 87–92.

Malinovsky G., Yarmoshenko I., Zhukovsky M., Starichenko V., Modorov M. Strontium biokinetic model for mouse-like rodent // J. of Environmental Radioactivity. 2013. V. 118. P. 57–63.

Stabin M.G., Peterson T.E., Holburn G.E., Emmons M.A. Voxel-Based Mouse and Rat Models for Internal Dose Calculations // The Journal of Nuclear Medicine. 2006. V. 47. № 4. P. 655–659.

ОПЫТ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РУКОКРЫЛЫХ: ПРУДОВАЯ (*MYOTIS DASYCNEME*) *И ВОДЯНАЯ* (*M. DAUBENTONII*) НОЧНИЦЫ

В.А. Мищенко

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: адаптивные реакции, лейкоцитарная формула, основной обмен, рукокрылые, свободные аминокислоты.

Для оценки эколого-физиологических механизмов адаптации к экстремальным природным факторам среды обитания (холодовой стресс, гипоксическая гипоксия) и стратегии выживания рукокрылых в условиях длительного воздействия неблагоприятных природных факторов горной провинции Уральского региона использованы виды рукокрылых, фоновые для данной территории.

Недостаточная изученность эколого-физиологических особенностей рукокрылых, обитающих в Уральском регионе, определила цель нашей работы — исследовать энергетическую и кроветворную системы летучих мышей, охарактеризовать механизмы структурно-метаболических перестроек в процессе адаптации к воздействию экстремальных факторов. В настоящей работе представлены материалы пилотных исследований двух видов летучих мышей (прудовая

ночница — *Myotis dasycneme*, Boie,1825 и водяная ночница — *Myotis daubentonii*, Kuhl, 1817).

Отлов особей двух видов рукокрылых проведён в феврале 2013 г. в пещере Слюдорудник (Челябинская обл.). В период отлова летучие мыши находились в состоянии зимней спячки. Определение основного обмена животных исследовали с помощью оптико-акустического газоанализатора «ПГА-12». В периферической крови определяли 25 параметров на гематологическом анализаторе «BC — 5800» (Mindrai, Китай). Содержание свободных аминокислот (АК) в плазме крови исследовали методом ионообменной хроматографии с помощью автоматического анализатора аминокислот «ААА-339М» (Микротехно, Чехия).

Полученные данные по энергетике обмена у летучих мышей можно рассматривать как адаптивную реакцию, поскольку интенсивность метаболизма по потреблению кислорода достоверно не меняется. По-видимому, поддержание физиологического состояния в норме у животных определяется тканевой энергетикой (Ковальчук, Цвиренко, 1998). Исследование лейкоцитарной формулы (лейкограммы) экспериментальных особей *M. dasycneme* и *M. daubentonii* показало преобладание клеточных элементов нейтрофильного и лимфоцитарного рядов. При этом картина в отношении этих клеточных ростков аналогична показателям лабораторных животных. Лейкоцитарная формула, отражающая состояние периферической крови, у двух исследованных видов имеет сходную картину, и не показывает принципиальных отличий в процентном соотношении рядов клеток крови. Фонд свободных аминокислот в плазме крови исследованных рукокрылых представлен 22 аминокислотами и их производными. Содержание незаменимых аминокислот (Thr, Val, Met, Ile, Leu, Phe, Lys, His, Arg) у обоих видов не превышает 23%. Следует отметить высокое содержание гликогенных АК (аланина и глутамина), поддерживающих равновесие азотистого обмена и обеспечивающих зимоспящих животных необходимым количеством энергии в состоянии гипотермии.

Сравнительный анализ результатов показал отсутствие достоверной видовой изменчивости температурного гомеостаза рукокрылых. Лейкоцитарная формула, отражающая состояние периферической крови, у двух исследованных видов имеет сходную картину, и не показывает принципиальных отличий в процентном соотношении рядов клеток крови. Гликогенные аминокислоты способствуют обеспечению организма рукокрылых необходимым количеством энергии, требуемой для жизнеобеспечения в зимний период.

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *TULIPA PATENS* НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Л.В. Мухаметшина*, Э.З. Муллабаева**

*Башкирский госуниверситет, г. Уфа

**Сибайский институт (филиал) Башкирского госуниверситета, г. Сибай

Ключевые слова: ценопопуляция, численность, плотность, возрастной спектр, Tulipa patens.

Одним из направлений исследований, направленных на сохранение биоразнообразия растительного мира, является изучение биологических особенностей редких видов и механизмов действия на них лимитирующих факторов (Стратегия..., 2000).

Цель настоящей работы — изучить демографические характеристики *Tulipa patens* Agardh ex Schult. et Schult. fil. (сем. *Liliaceae* Juss.) на Южном Урале. Материалом для исследования послужили 7 ценопопуляций (ЦП) *T. patens,* исследованных в полевой сезон 2011 г. на территориях Баймакского и Хайбуллинского районов Республики Башкортостан (РБ). Все изученные ЦП подвержены антропогенному воздействию в виде выпаса. Демографическая структура ЦП изучена согласно общепринятым методикам (Ценопопуляции..., 1988). Численность и средняя плотность ЦП колеблется в пределах от около 1000 до 4000 шт. и от 23.7 до 83.4 шт/м^2 соответственно.

Возрастные спектры ЦП левосторонние и правосторонние, одновершинные и двувершинные, полночленные. Максимумы отмечены для ювенильных и генеративных особей. Значительное число виргинильных особей может говорить о продолжительности прегенеративного периода у тюльпанов. По исследованиям М.В. Барановой (1999), тюльпаны могут несколько десятков лет находиться в виргинильном состоянии.

Присутствие правостороннего возрастного спектра с доминированием групп особей виргинильного и генеративного возрастных состояний, может указывать на нарушенность ценопопуляций вследствие антропогенной трансформации местообитаний (чрезмерного выпаса скота). Базовый спектр ценопопуляций полночленный, правосторонний двувершинный с преобладанием особей виргинильного и генеративного возрастного состояния.

Таким образом, наличие у *T. patens* полночленного возрастного спектра, достаточная относительная численность и средняя плотность, доминирование генеративных особей, позволяют этому виду устойчиво существовать на исследованных местообитаниях в условиях Южного Урала. Однако в связи с малой изученностью данного вида на территории Республики Башкортостан, необходимым является проведение мониторинговых исследований ЦП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранова М.В. Луковичные растения семейства Лилейных (география, биоморфологический анализ, выращивание). СПб.: Наука, 1999. 229 с.

Стратегия сохранения редких видов России. (Проект. Материалы для обсуждения на международной конференции по сохранению редких видов). М.: НИА. Природа МПР России, 2000. 56 с.

Ценопопуляции растений: Очерки популяционной биологии. М.: Наука, 1988. 184 с.

ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ БОРРЕЛИЙ В КЛЕЩАХ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ МЕТОДОМ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Т.А. Мухачева, Ж.М. Меркушина

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ключевые слова: боррелии, Ixodes persulcatus, зараженность, видовая дифференциация, ПЦР.

Боррелии комплекса *Borrelia burgdorferi* sensu lato являются возбудителями иксодового клещевого боррелиоза (ИКБ) и переносятся клещами рода *Ixodes*. Боррелии циркулируют в составе системы «переносчик (клещ) — прокормитель (позвоночное животное)». В качестве прокормителей клещей в природных очагах ИКБ могут выступать более 200 видов позвоночных, из них около 130 — мелкие млекопитающие и 100 — птицы. В настоящее время известны три вида боррелий, распространенных в природных очагах Урала и Западной Сибири, — *B. garinii*, *B. afzelii* (группа ИКБ) и *B. miyamotoi*

(группа клещевых возвратных лихорадок — КВЛ). Было показано, что некоторые виды боррелий способны размножаться в организме преимущественно либо птиц, либо млекопитающих и погибают, попадая в кровь «неподходящего» хозяина (Kurtenbach et al., 2002). При общности переносчика (клещ *Ixodes persulcatus* Schulze 1930) возникает важный вопрос о соотношении видов боррелий, циркулирующих в популяциях клещей. Наиболее эффективными для его решения являются молекулярно-генетические методы.

В настоящее время в литературе можно найти несколько методик дифференцировки боррелий, основанных на обычной полимеразной цепной реакции (ПЦР), ПЦР в реальном времени (ПЦР-РВ), блот-гибридизации, а также на технологии микрочипов. Однако большинство из них разработаны американскими учеными для дифференцировки боррелий, встречающихся на территории Северной Америки: *B. burgdorferi* sensu stricto, *B. bissettii, B. miyamotoi, B. lonestari* (Barbour et al., 2009; Ullmann et al., 2005). Часть методик предназначена для дифференцировки исключительно европейских видов комплекса *B. burgdorferi* s.l. (Demaerschalck et al., 1995; Portnoi et al., 2006; Postic et al., 1994). Для дифференциальной диагностики вида *B. miyamotoi* и европейских видов *B. burgdorferi* s.l. также были разработаны методы как обычной ПЦР, так и ПЦР-РВ, причем для большей надежности результатов для этих двух групп боррелий (ИКБ и КВЛ) используются разные мишени, т.е. гены, характерные только для одной из групп (Portnoi et al., 2006). Так, наиболее часто используемым маркером, специфическим для боррелий КВЛ, является ген glpQ (глицерофосфодиэфир-фосфодиэстераза). Однако, насколько нам известно, до сих пор нет системы, позволяющей в одной ПЦР-реакции проводить дифференциальную диагностику тех клинически важных видов боррелий, которые встречаются на территории России. Поэтому целью данной работы стала разработка и оценка системы видовой дифференциации боррелий на основе ПЦР в реальном времени для изучения видового состава боррелий.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить зараженность клещей *Ixodes persulcatus* (Schulze,1930) на территории Среднего Урала (Пермский край, Свердловская область) и Западной Сибири (Тюменская область).

2. Изучить видовое разнообразие боррелий на рассматриваемых территориях.

3. Выявить частоту встречаемости отдельных видов боррелий и их ассоциаций на изучаемых территориях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для исследования были использованы одиночные клещи *I. persulcatus*, собранные на следующих территориях: Пермский край (окрестности г. Чердынь, N = 81, г. Кунгур, N = 65), Свердловская (г. Екатеринбург, N = 121) и Тюменская (N = 338) области. Клещей замораживали в жидком азоте и гомогенизировали в физиологическом растворе. Нуклеиновые кислоты выделяли методом преципитации с помощью набора «Рибо-преп» (ООО «Интерлабсервис», Москва). Реакция обратной транскрипции проводилась с использованием набора «Реверта-L». Полученная кДНК была использована в качестве матрицы для определения наличия в пробе вируса клещевого энцефалита и *Borrelia* sp. (мишень — 16S рРНК). Реакция проводилась на амплификаторе ABI 7500 (Applied Biosystems, USA).

Видовую дифференциацию позитивных на боррелий образцов осуществляли в одной пробирке во второй реакции ПЦР-РВ. В качестве мишеней были выбраны гены uvrA (детекция *B. garinii* и *B. afzelii*) и glpQ (*B. miyamotoi*). Последовательности праймеров приведены в табл. 1. Дизайн праймеров осуществлялся в лаборатории молекулярной генетики УрФУ с помощью программ Vector NTI 10.3.0 (Invitrogen) и Primer Express 3.0 (Applied Biosystems) на основе выравнивания последовательностей выбранных генов, полученных в лаборатории и имеющихся в базе данных GenBank (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/). Специфичность праймеров и зондов была протестирована на образцах ДНК имеющихся штаммов *B. garinii* и *B. afzelii*, а также изолятах *B. miyamotoi* и подтверждена выборочным секвенированием последовательностей. Наличие того или иного вида боррелий устанавливали по нарастанию интенсивности флуоресценции соответствующего красителя; микст-инфицированность клещей оценивали по наличию более одного вида в пробе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зараженность клещей *I. persulcatus* спирохетами рода *Borrelia* на изученных территориях Урала и Тюменской области варьировала от 22 до 60% (рис. 1). Наибольшая зараженность боррелиями клещей была отмечена в Пермском крае, наименьшая — в Тюменской области. Причем величины зараженности клещей на территории Урала достоверно не отличаются между собой, тогда как доля инфицированных клещей в Тюменской области достоверно меньше (рис. 1). Пока не представляется возможным объяснить, связано ли это различие с недостаточной репрезентативностью выборок или особенностями природных очагов Тюменской области.

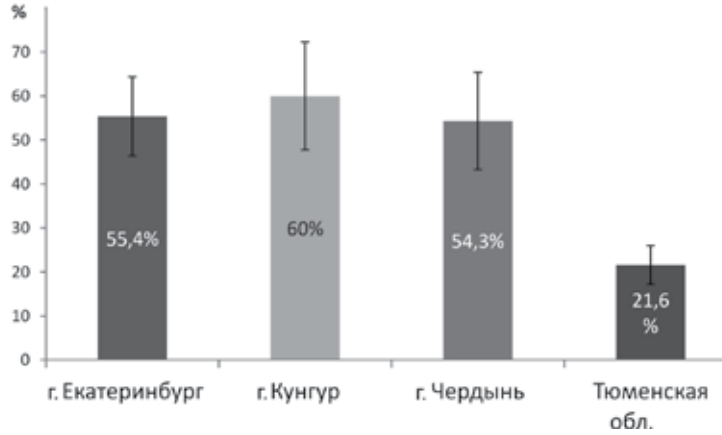


Рис. 1. Зараженность клещей боррелиями на изучаемых территориях.

Наиболее часто в клещах *I. persulcatus* на изучаемых территориях встречаются виды *B. afzelii* и *B. garinii,* чаще при преобладании последнего (табл. 2), однако достоверные различия в соотношении наблюдались только для г. Екатеринбурга (*B. garinii* — около 39% и *B. afzelii* — 16%). Различия видового состава могут быть обусловлены биотопическими особенностями, в том числе определяться видовой структурой резервуарных хозяев — грызунов и птиц.

Неожиданно высокой оказалась встречаемость *B. miyamotoi* — до 18% в г. Екатеринбурге (см. табл. 2). Это не соответствует данным других исследователей, обычно обнаруживающих данный вид в клещах с частотой менее 5% (на всем ареале, включая Европу, Азию и Северную Америку). Таким образом, встречаемость *B. miyamotoi* на Урале требует более тщательного изучения для выяснения вопроса, является ли высокая частота встречаемости местной особенностью или следствием несовершенства систем детекции этого вида.

В целом низкая встречаемость *B. miyamotoi* (по сравнению с боррелиями комплекса *B. burgdorferi* s.l.) в клещах *I. persulcatus* может быть связана с недавним появлением и распространением этого вида вследствие адаптации к твердым клещам (типичные переносчики боррелий группы КВЛ — аргасовые клещи). В пользу этого предположения свидетельствует и низкий уровень генетического разнообразия *B. miyamotoi* по сравнению с *B. afzelii* и *B. garinii* (данные не приведены).

Таблица 1. Последовательности праймеров, используемых для видовой дифференциации боррелий

Название праймера	Последовательность	Мишень	Длина ПЦР-продукта
B_uvrA_F	GCTCAGCG**Y**ATTAGGCTTGCTACT	ген uvrA	163 п.н.
B_uvrA_R	GCTCAACAACAATTAC**M**GTATTGCC		
Bg_uvrA_Probe	**R6G** ----------**BHQ-2** TATTGGTCTTCATCAAAGAGATAACGAAAAATTAAT		
Ba_uvrA_Probe	**ROX**----------**BHQ-2** CATTGGCCTTCATCAAAGAGATAATGAAAAATTAAT		
glpQ_F	TGCATTAGGAGCTGATTATCTAGAA	ген glpQ	122 п.н.
glpQ_R	GCTCGATTGGGAAATAATTGTG		
glpQ_Probe	**FAM** ----------**RTQ-1** AATGCACGACCCAGAAATTGACACAACCA		

Примечание. R6G, ROX, FAM – флуоресцентные красители; BHQ-2, RTQ-1 – флуоресцентные гасители.

Таблица 2. Соотношение видов боррелий в популяциях клещей исследуемых территорий

Территория	Зараженность клещей *Borrelia* sp., %	*B. garinii**, %	*B. afzelii*, %	*B. miyamotoi*, %	Микст, %	*N*
Екатеринбург	55.4 (46.1–64.4)	38.8 (30.1–48.1)	15.7 (9.7–23.4)	18.2 (11.2–26.2)	18.2 (11.2–26.2)	121
Кунгур	60.0 (47.1–71.2)	26.2 (16.0–38.5)	35.4 (23.9–48.2)	7.7 (2.5–17.0)	13.9 (6.5–24.7)	65
Чердынь	54.3 (42.5–65.4)**	43.2 (32.2–54.7)	32.1 (22.2–43.4)	2.5 (0.3–8.7)	23.5 (14.8–34.2)	81
Тюменская область	21.6 (17.3–26.4)	7.9 (5.3–11.4)	5.3 (3.2–8.3)	5.0 (3.0–7.9)	2.1 (0.8–4.2)	338

*Примечание. * — Встречаемость по отношению к общему числу исследованных клещей; ** — 95%-ные доверительные интервалы рассчитаны по методу Клоппера-Пирсона.*

Необходимо отметить, что в ходе анализа в некоторых случаях нам не удалось установить вид боррелий. Количество таких проб составило в среднем 9% от числа позитивных образцов. Наибольшее их количество было обнаружено в Тюмени — 19% (рис. 2). Наличие негенотипируемых образцов может быть связано либо с низкой концентрацией ДНК боррелий, либо с генетическим полиморфизмом и, как следствие, неполной специфичностью используемых праймеров и зондов. Данная ситуация требует дальнейшего исследования и совершенствования системы дифференцировки в целях более полного выявления всех видов.

Одним из преимуществ разработанной системы по сравнению с видоспецифической ПЦР с детекцией по конечной точке является

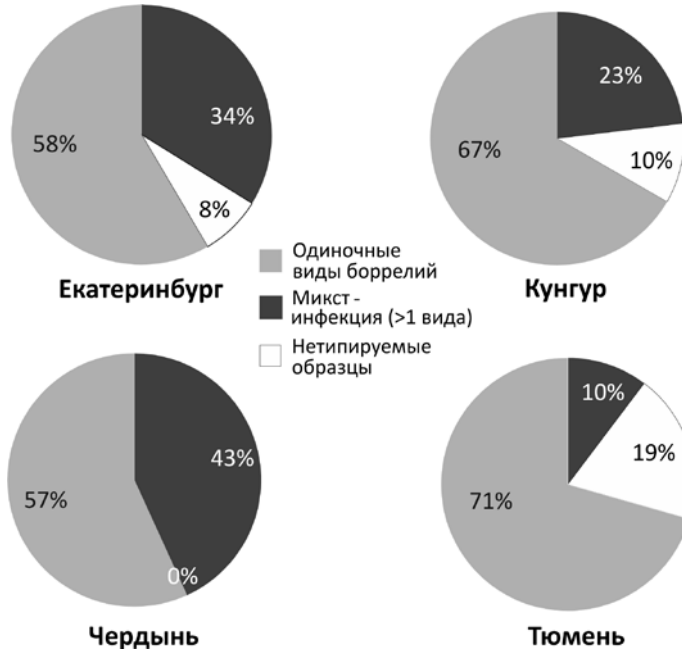


Рис. 2. Встречаемость одиночных видов боррелий, микст-инфекций в популяциях клещей, а также образцов, видовую принадлежность которых определить не удалось (% относительно числа зараженных боррелиями клещей).

возможность не только качественной, но и количественной оценки содержания разных видов боррелий в микст-инфицированных клещах (или клиническом материале). Интересно, что, несмотря на низкую встречаемость, по количественному содержанию *B. miyamotoi*, как правило, преобладает над другими видами (данные не приведены).

Нами было установлено, что содержание в клеще нескольких видов боррелий одновременно (микст-инфекция) — часто встречающееся явление (в среднем 30% от числа зараженных боррелиями клещей микст-инфицированы). Достоверных различий в количестве микст-инфицированных клещей на рассматриваемых территориях (за исключением Тюменской области) не наблюдается (см. рис. 2). Несмотря на то, что наиболее распространены ассоциации двух видов боррелий, в городах Екатеринбурге и Кунгуре нами были детектированы случаи нахождения в клеще трех видов одновременно (9.3 и 2.6% соответственно). В г. Чердыни и Тюменской области таких случаев не обнаружено. Анализ частот встречаемости ассоциаций боррелий в клещах может дать ключ к пониманию экологических особенностей отдельных видов и характера их взаимоотношений в организме переносчика.

Таким образом, предложенная система дифференциации позволяет по-новому оценить видовой состав боррелий, циркулирующих в природных очагах, частоту микст-инфекций, а также позволяет количественно определять содержание боррелий разных видов. В перспективе предложенная система может быть адаптирована для определения видов боррелий и в клиническом материале.

ВЫВОДЫ

1. Зараженность клещей *I. persulcatus* спирохетами рода *Borrelia* на изученных территориях Урала и Тюменской области варьировала от 22% (Тюменская область) до 60% (г. Кунгур).

2. Наиболее часто встречаются виды *B. afzelii* и *B. garinii,* чаще при доминировании последнего.

3. Встречаемость *B. miyamotoi* в Екатеринбурге оказалась необычно высокой (18%), что требует дальнейшего изучения.

4. Показано, что микст-инфицированность клещей — часто встречающееся явление (в среднем 30% от числа зараженных клещей), причем достоверных различий в количестве микст-инфицированных клещей на рассматриваемых территориях (за исключением Тюменской области) не наблюдается.

Исследование проведено при финансовой поддержке молодых ученых в рамках реализации программы развития УрФУ и РФФИ (грант № 12–04–31263).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Barbour A.G., Bunikis J., Travinsky B. et al. Niche partitioning of *Borrelia burgdorfer*i and *Borrelia miyamotoi* in the same tick vector and mammalian reservoir species // Am. J. Trop. Med. Hyg. 2009. V. 81. № 6. P. 1120–1131.

Demaerschalck I., Ben Messaoud A., De Keselet M. et al. Simultaneous presence of different *Borrelia burgdorferi* genospecies in biological fluids of Lyme disease patients // J. Clin. Microbiol. 1995. V 33. № 3. P. 602–608.

Kurtenbach K., De Michelis S., Etti S. et al. Host association of *Borrelia burgdorferi* sensu lato-the key role of host complement // Trends Microbiol. 2002. V. 10. № 2. P. 74–79.

Portnoi D., Sertour N., Ferquel E. et al. A single-run, real-time PCR for detection and identification of *Borrelia burgdorferi* sensu lato species, based on the hbb gene sequence // FEMS Microbiol Lett. 2006. V. 259. № 1. P. 35–40.

Postic D., Assous M.V., Grimont P.A., Baranton G. Diversity of *Borrelia burgdorferi* sensu lato evidenced by restriction fragment length polymorphism of rrf (5S)-rrl (23S) intergenic spacer amplicons // Int. J. Syst. Bacteriol. 1994. V. 44. № 4. P. 743–752.

Ullmann A.J., Gabitzsch E.S., Schulze T.L. et al. Three multiplex assays for detection of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Borrelia miyamotoi* sensu lato in field-collected Ixodes nymphs in North America // J. Med. Entomol. 2005. V. 42. № 6. P. 1057–1062.

СИМБИОТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ И ВОДОРОСЛЕЙ

Н.В. Неустроева

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: ксилотрофные грибы, симбиоз, водоросли.

Симбиотические ассоциации грибов и водорослей — широко распространенное природное явление, особенно характерное для сумчатых грибов, около 40% которых являются симбиотрофами, образующими лишайники. Среди базидиальных грибов оно встречается значительно реже и на настоящее время описано для крайне ограниченного числа таксонов — около 10 родов (*Dictyonema*, *Multiclavula*, *Lichenomphalina* и др.), фотобионтами которых выступают синезеленые (*Scytonema*) и зеленые (*Coccomyxa*) водоросли (Ботаника..., 2007; Ainsworth & Bisby's Dictionary..., 2008).

Принято считать, что симбиотические ассоциации базидиальных грибов и водорослей характерны преимущественно для тропических и субтропических областей, а в экосистемах умеренных широт они встречаются редко. Однако результаты наших работ показывают, что это явление распространено и в бореальной области Евразии и в частности среди ксилотрофных базидиомицетов — биосферно-значимых организмов, осуществляющих окислительную конверсию углерода древесного пула лесных экосистем в CO_2.

Согласно нашим предварительным данным, водоросли встречаются в плодовых телах более чем 20 видов ксилотрофных базидиомицетов. Если следовать современной трактовке симбиотических ассоциаций, которая не предполагает высокоспециализированных и облигатных связей между партнерами (Емцев, Чумаков,1988), то мы имеем дело с симбиотической ассоциацией ксилотрофных базидиомицетов и водорослей.

Фотобионты ксилотрофных базидиомицетов — одноклеточные водоросли, клетки которых имеют коккоидную (6–8 мкм) или широкоовальную (2×5 мкм) форму, с тонкой, неслоистой оболочкой и неоднородным внутренним содержимым, что указывает на их принадлежность к зеленым водорослям. Как правило, плодовые тела одного вида грибов заселяются одним основным видом водорослей, другие водоросли, если и присутствуют, то в небольшом количестве. По локализации в плодовых телах ксилотрофных грибов фотобионты могут быть как эпибионтами, так и эндобионтами, а их численность может достигать нескольких тысяч клеток на 1 мм^2.

У одних видов грибов — *Trichaptum abietinum* (Pers.: Fr.) Ryvarden, *T. fuscoviolaceum* (Ehrenb.: Fr.) Ryvarden, *T. laricinum* (P. Karst.) Ryvarden, *T. pargamenum* (Fr.) Gunn — водоросли развиваются преимущественно между щетинками на поверхности плодовых тел и в меньшей степени — в контексте (см. рисунок).

В плодовых телах *Chondrostereum purpureum* (Pers.: Fr.) Pouzar, *Diplomitoporus flavescens* (Bres.) Ryvarden, *Gloeporus dichrous* (Fr.: Fr.) Bres. клетки водорослей концентрируются главным образом в контексте, имеющем рыхлую структуру с множеством полостей, и даже проникают в траму гименофора (*Diplomitoporus flavescens*). У *Cerrena unicolor* (Bull.: Fr.) Murrill, *Stereum hirsutum* (Willd.: Fr.) Gray, *S. sanqinolentum* (Alb. & Schwein.: Fr.) Fr., *S. subtomentosum* Pouzar, *Trametes hirsuta* (Wulfen: Fr.) Pilát, *T. versicolor* (L.: Fr.) Pilát водорослевые клетки одинаково обильно развиваются и на поверхности, и в верхней части плодовых тел.

Еще один вариант локализации водорослей в плодовых телах ксилотрофных грибов наблюдается у *Trametes gibbosa* (Pers.: Fr.) Fr. — на поверхности между щетинками встречаются редко, а основная

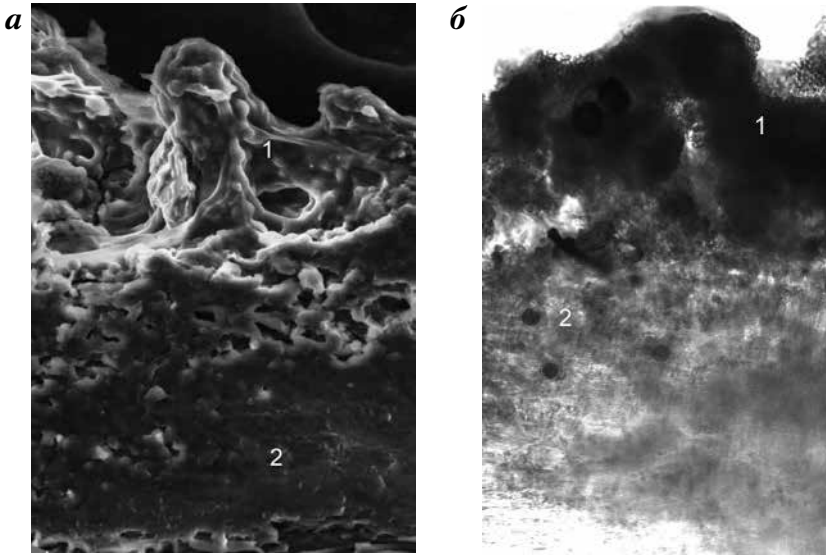


Рисунок. Микрофотография Trichaptum pargamenum.

а — щетинка (сканирующая электронная микроскопия):
1 — щетинка, покрытая слизью, бугорки на ее поверхности соответствуют водорослевым клеткам,
2 — верхняя часть контекста, представленная плотным слоем сплетенных гиф, водорослевых клеток и слизистого матрикса.

б — поперечный разрез контекста (световая микроскопия):
1 — водорослевая масса облепляющая щетинку,
2 — водорослевые включения в контексте.

их масса находится в контексте в основании нескольких слипшихся в верхней части щетинок. В этом случае нельзя исключить, что клетки водорослей захватываются щетинками и перемещаются в контекст. У видов с многолетними плодовыми телами — *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr., *Ganoderma lipsiense* (Batsch.) G. F. Atk. — водорослевые клетки встречаются преимущественно на поверхности, а внутрь проникают только по трещинам в корке.

Несомненно, что водоросли, развивающиеся в плодовых телах ксилотрофных грибов, получают ряд преимуществ: некоторая защита от внешней среды, большое количество диоксида углерода, воды, образующихся при грибном дыхании (Мухин и др., 2006). В свою очередь грибы получают дополнительный источник углеродного питания, а в случае цианобактериальных фотобионтов, если таковые будут обна-

ружены, и азотного питания. Микроскопический анализ показывает, что гифы ксилотрофных грибов находятся в плотном контакте с водорослевыми клетками, могут их оплетать, а также образуют структуры, которые могут быть интерпретированы как апрессории.

Мы считаем, что описываемый симбиоз ксилотрофных базидиомицетов и водорослей нельзя отнести к категории лишайниковых, так как последние являются стабильными и самовоспроизводящимися симбиотическими ассоциациями, а в нашем случае и грибы, и водоросли не связаны друг с другом облигатными взаимоотношениями. Действительно, даже у видов, у которых симбиоз с водорослями встречается крайне часто, доля плодовых тел с фотобионтами составляет 35 (*Trametes hirsuta*) — 88% (*Chondrostereum purpureum*). Это однозначно свидетельствует о том, что симбиоз ксилотрофных грибов с водорослями не облигатного, а факультативного характера и, возможно, его можно определить как ассоциативный — многокомпонентную систему, включающую хозяина в качестве макропартнера, стабильного доминантного микросимбионта и ассоциированных с ними микросимбионтов (Бухарин и др., 2007). В этом случае дереворазрушающий гриб — хозяин макропартнер, основной вид водорослей — стабильный доминантный микросимбионт, а сопутствующие ему водоросли — ассоциированные микросимбионты.

Работа выполнена при поддержке Президиума УрО РАН (проект № 12-С-4-1032).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ботаника: Курс альгологии и микологии: Учебн. / Под. ред. Ю.Т. Дьякова. М.: Изд-во МГУ, 2007. 559 с.

Бухарин О.В., Лобакова Е.С., Немцева Н.В., Черкасов С.В. Ассоциативный симбиоз. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 264 с.

Емцев В.Т., Чумаков М.И. Критерий ассоциативности для бактерий, находящихся в диазотрофном биоценозе с небобовыми растениями // Микробиол. журн. 1988. Т. 50. № 3. С. 93–101.

Мухин В.А., Воронин П.Ю., Ладатко В.А. Интенсивность потоков C-CO_2 и H_2O при разложении древесной мортмассы трутовыми грибами // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология. 2006. № 4. С. 43–45.

Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 10th ed. / Ed. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. Wallingford: CABI, 2008. 771 p.

ИНГАЛЯЦИОННЫЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕМ РАЙОНЕ (НА ПРИМЕРЕ НОВОШЕШМИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Л.В. Новикова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Ключевые слова: здоровье населения, ингаляционный риск, нефтяное загрязнение.

Республика Татарстан (РТ) является регионом с высокоразвитой нефтедобывающей промышленностью. Несмотря на наблюдаемое улучшение состояния окружающей среды, прослеживаются негативные тенденции в состоянии здоровья населения, являющегося интегральным показателем влияния неблагоприятных факторов. Цель данной работы — количественная оценка уровня неканцерогенного риска нарушений здоровья от пролонгированного воздействия компонентов атмосферного воздуха в условиях нефтедобычи.

Объектом исследования был выбран Новошешминский район РТ. Интегральную оценку ингаляционного неканцерогенного риска здоровью населения проводили по опубликованной методике (Руководство ..., 2004). Анализ и статистическую обработку данных осуществляли с использованием программы SPSS Statistics17 и Microsoft Excel Attestat 13.

Рассчитанный уровень неканцерогенного риска (см. таблицу) по критериям оценки (Алябышева и др., 2010) для здоровья детского и работающего в НГДУ контингента характеризуется как «чрезвычайно высокий» (THI>10), а для взрослого населения — как «средний» (1<THI<5).

При оценке воздействия окружающей среды на здоровье населения в качестве индикаторной группы был выбран детский контингент — как наиболее чувствительная к действию негативных экологических факторов группа населения. Методом корреляционного анализа показана достоверная зависимость заболеваемости детей 1-го года жизни врожденными аномалиями и содержанием в воздухе сероводорода и диоксида азота (R^2=0.94 и R^2=0.89); болезнями крови, кроветворных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм от величины THI (R^2=0.84).

Таблица. Динамика суммарного индекса (THI) неканцерогенного риска здоровью различных контингентов населения за период 2005–2009 гг.

Год	Контингент населения		
	Взрослые, работающие на НГДУ	Лица, проживающие в населенных пунктах	
		взрослые	дети
2005	37.54	4.25	19.81
2006	9.49	3.77	17.58
2007	31.22	2.49	11.62
2008	25.87	3.18	14.85
2009	4.47	4.16	19.42

ВЫВОДЫ

1. Среднемноголетний уровень неканцерогенного ингаляционного риска составил 16.7 для детского («чрезвычайно высокий») и 3.6 для взрослого контингента («средний»). Наибольший вклад в величину риска вносит сероводород.

2. Выявленные корреляционные зависимости указывают на наличие отложенных эффектов негативного воздействия нефтедобывающей деятельности на здоровье населения. Для выбора наиболее эффективных мер предупреждения вредного воздействия факторов среды необходима организация мониторинга рисков здоровью населения, как индикатора отложенных синергических эффектов негативного воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алябышева Е.А., Сарбаева Е.В., Копылова Т.И., Воскресенская О.Л. Промышленная экология. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. 110 с.

Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду «Р 2.1.10.1920–04». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

ФЕНОЛОГИЯ ПАУКА-ВОЛКА *TROCHOSA RURICOLA* (DE GEER, 1778) В НАРУШЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ

Е.В. Плакхина

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Ключевые слова: фенология, пауки, Trochosa ruricola.

Семейство Lycosidae — одно из наиболее крупных семейств пауков: более 2 тыс. видов из 120 родов (Platnick, 2013). На Урале насчитывается 71 вид пауков данного семейства (Есюнин, Ефимик, 1996). Транспалеарктический температный вид *Trochosa ruricola* (De Geer, 1778) часто отмечается в экологических работах, однако нет специальных работ, посвященных фенологии этого вида. Некоторые данные по фенологии *T. ruricola* имеются в работе Е.А. Собка с соавт. (2008). В связи с этим целью данной работы стало описание фенологии одного из массовых видов пауков Приуралья *T. ruricola*, а также сравнительный анализ фенологии в условиях естественного и нарушенного местообитания.

Материал получен в результате изучения динамики аранеофауны ботанического сада ПГНИУ с 13 апреля по 20 ноября 2012 г. Материал собирали при помощи почвенных ловушек Барбера, которые размещали на расстоянии 2 м друг от друга и экспонировали по 10 дней. Были установлены две линии ловушек: на участке с рудеральной растительностью в непосредственной близости от теплотрассы и контрольный участок, с естественным травостоем. Всего за период исследований на территории ботанического сада было собрано 368 особей *T. ruricola*, из них 43% представлены половозрелыми самцами и самками. Фенологические сезоны были выделены согласно Б.Н. Котюкову и Н.Я. Ковязину (2009).

В целом сравнительный анализ фенологии *T. ruricola* в двух биотопах показал, что жизненные циклы пауков остаются стабильными даже в условиях нарушенных территорий, а распределение по биотопам неравномерное. В условиях естественного местообитания (табл. 1) численность особей оказалась ниже, чем в нарушенном биотопе (табл. 2). Второй биотоп характеризуются достаточно хорошей прогреваемостью, что, скорее всего, создает благоприятные условия для исследуемого вида. Результаты наших исследований показали,

Таблица 1. Фенология T. ruricola в естественном местообитании

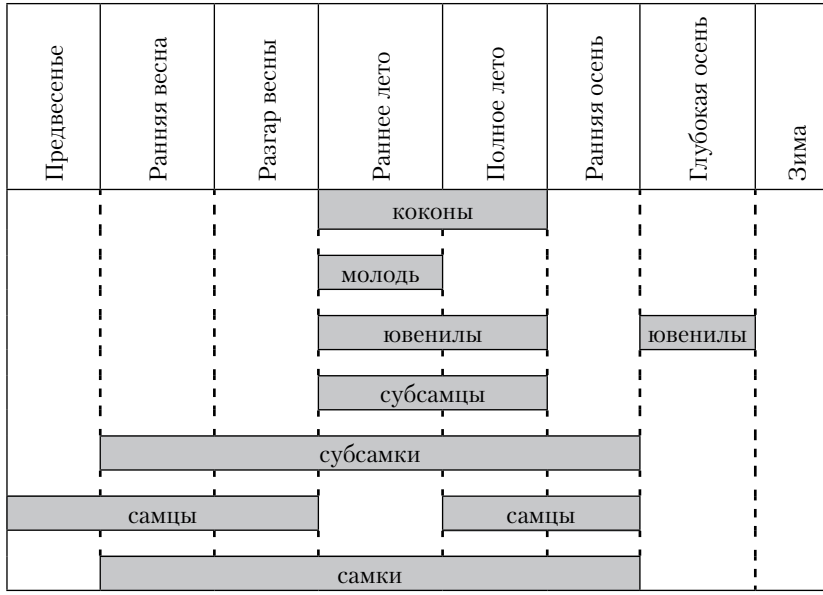
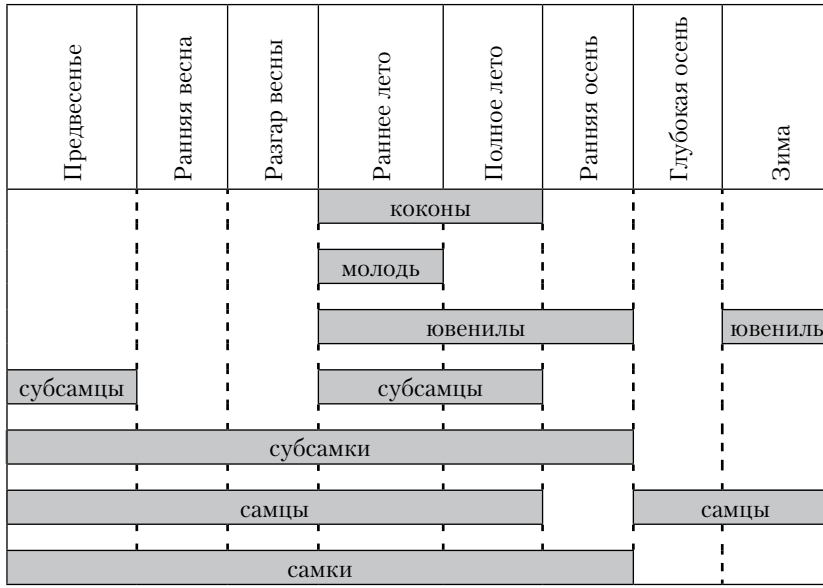


Таблица 2. Фенология T. ruricola в нарушенном местообитании



что в начале вегетационного периода активны в основном половозрелые самцы. Половозрелые самки появляются уже в следующий фенологический сезон (в нарушенном биотопе чуть раньше). С появлением половозрелых самок ранней весной наступает брачный период, который заканчивается в разгар весны. В раннее и полное лето самки *T. ruricola* становятся вновь активными, что непосредственно связано с расселением потомства. На зимовку особи данного вида отправляются ранней (в естественном биотопе) или поздней (в нарушенном) осенью на ювенильных стадиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Есюнин С.Л., Ефимик В.Е. Каталог пауков (Arachnida, Aranei) Урала. М.: КМК Лтд, 1996. 228 с.

Котюков, Б.Н., Ковязин Н.Я. Погода Пермского края: Местные признаки. Фенология. Прогноз. Пермь: Денор, 2009. 92 с.

Собка Е.А., Савченко Е.Ю., Прокопенко Е.В. Материалы к изучению фауны пауков (Araneae) заповедника «Каменные могилы» // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Тез. докл. на VII межд. научн. конф. аспирантов и студентов. Донецк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. С. 24–25.

Platnick N.I. The World Spider Catalog, Version 13.5. American Museum of Natural History, New York, 2013. http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/INTRO1.html.

ОСНОВЫ КОМПОЗИЦИИ НАУЧНОГО СТЕНДА

М.О. Садыков

Уральская государственная архитектурно-художественная академия, г. Екатеринбург

Ключевые слова: композиция, научный стенд, оформление, стендовый доклад.

Настоящее сообщение подготовлено по результатам лекции, прочитанной в рамках Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: теория и практика». Сообщение в сокращённой форме передаёт содержание лекции с акцентом на её наиболее значимых моментах.

ВВЕДЕНИЕ

Стендовый доклад — распространённая форма участия в научных конференциях, однако информация о правилах и приёмах оформления научных стендов довольна скудна. При оформлении доклада учёные редко обращаются за советом к специалистам по графическому дизайну или изучают книги по теории композиции, опираясь исключительно на свой вкус. В связи с этим научный стенд не всегда презентабелен и информативен, что может негативно сказаться на восприятии самого исследования.

Чтобы подготовить понятный и привлекательный научный стенд достаточно придерживаться ряда простых правил и освоить несколько беспроигрышных приёмов. Интуитивно эти правила понятны каждому образованному человеку, но большинство людей не может самостоятельно их для себя сформулировать. Для выведения этих правил обратимся к теории композиции.

КОМПОЗИЦИЯ И ВОСПРИЯТИЕ

Композиция — это организация тех или иных форм, благодаря которой между формами устанавливаются отношения целостности и соподчинённости. Композиция необходима для создания любого произведения, неважно, художественного или научного, хотя приёмы и подходы к формированию композиции значительно различаются в разных дисциплинах и жанрах.

Жанр научного стенда намного ближе к комиксу, плакату или блок-схеме, чем к докладу с иллюстрациями. В отличие от текста доклада, научный стенд является скорее рекламой исследования, чем его строгим научным изложением. Основой композиции научного стенда является логическая структура исследования или той его ча-

сти, которая вынесена на обсуждение. Элементами композиции выступают блоки информации, а также границы и связи между ними. В качестве основных инструментов используются пропорции, размер, цвет и взаимное расположение этих элементов, определяющие их синтаксис.

Восприятие научного стенда происходит во многом интуитивно, на основе узнавания привычных образов и структур, которые считываются при беглом взгляде. Навык такого восприятия начинает вырабатываться человеком с раннего возраста, даже до освоения грамоты. Так, например, человек легко узнаёт, где заголовок, оформлены ли блоки информации в столбцы или строки, где находится главный элемент композиции, и что изображено на самой большой иллюстрации. Если с распознаванием структур возникают проблемы (Где здесь начало и конец?!) или сложившийся при первом взгляде образ не соответствует действительности (Я думал, это главная мысль, а это подпись к картинке!), человек испытывает (не всегда осознанно) дискомфорт, вплоть до агрессивного раздражения в адрес автора стенда и проделанной им работы.

Если «узнавание» прошло беспрепятственно, наблюдатель перейдёт к непосредственному ознакомлению с информацией: прочтёт заголовок, рассмотрит иллюстрации, которые были распознаны как главные, пробежится взглядом по крупным надписям типа названий разделов, посмотрит на фотографию и имя в блоке информации об авторе. Опять же, если окажется, что заголовок неразборчивый, крупных надписей нет, а главное изображение представляет собой нечто скучное и непонятное, от наблюдателя потребуется волевое усилие, чтобы продолжить ознакомление.

На третьем этапе наблюдатель по диагонали читает тексты, разглядывает второстепенные иллюстрации и получает достаточное представление о научной работе, чтобы задавать вопросы по существу, а не «что у вас за работа?».

Если на каком-то этапе происходит заминка, автор стенда рискует либо потерять зрителя, либо рассказывать всё от начала до конца много раз, для каждого подошедшего, что низводит стенд до уровня бессвязного набора иллюстраций. Чтобы это предотвратить, необходимо продумывать композицию научного стенда заранее и предварять окончательные варианты эскизами хотя бы на уровне цветных пятен.

КОНСТРУКЦИЯ, ОРИЕНТАЦИЯ, ФОН

Наибольшие возможности в работе над композицией даёт компьютерная вёрстка в векторных графических редакторах, которую рекомендуется освоить любому учёному. Авторы стендов, оформленных вручную на ватмане в виде склеек и аппликаций (а-ля школьная

стенгазета) сильно рискуют, поскольку ограничены в выразительных средствах и до самого конца работы не знают, что у них получится. Вне зависимости от конструкции стенда, надо придерживаться правильной формы, не допускать превращения научного стенда в отрывное объявление, навешивая аппендиксы там, где не хватило места для каких-то данных, и обрезая углы там, где стенд было нечем занять (рис. 1).

Рис. 1. Конструкция стенда.

Ориентация стенда может быть любой, но нужно помнить, что в некоторых случаях ориентация имеет самостоятельную смысловую нагрузку. Так, например, стенд с книжной ориентацией воспринимается как более лёгкий и динамичный, чем стенд с альбомной ориентацией, который, в свою очередь, кажется более устойчивым и весомым. Квадратная форма самостоятельного значения не имеет.

Стенд не должен быть слишком мелким или слишком большим. Для стендового доклада, предполагающего восприятие стенда с расстояния вытянутой руки, при книжной ориентации подходят форматы от А2 до А1 и при альбомной от А2 до 1600х850 мм. Соотношение сторон стенда может значительно варьировать, но лучше не выходить за пределы соотношения 1:2. В противном случае зрителю придётся делать усилие либо для того, чтобы воспринять композицию в целом, либо для того, чтобы всмотреться в какой-то из блоков информации.

Необходимо заранее определиться с фоном, потому что фон берёт на себя функции всех отсутствующих в композиции элементов. В качестве фона могут использоваться бледные заливки (как однотонные, так и с цветовыми растяжками) и тематические изображения. Изображения удобны тем, что по ним издалека можно узнать тематику научной работы, не читая заголовка. Но использовать фоновые изображения надо с осторожностью, поскольку если они будут

слишком пёстрыми, яркими или контрастными, информация, размещённая поверх них, может оказаться нечитаемой.

Ограничивающие и направляющие композиционные элементы значительно упрощают и компоновку, и восприятие стенда. Разновидностей таких элементов немного. Наиболее эффективны подложки: простые фигуры, расположенные под блоками информации и имеющие заливку, отличную от фона. Можно использовать многослойные подложки, когда в группе блоков информации есть как отдельные подложки, так и групповая, обобщающая. Подложки могут не только выделять элементы композиции, но и обозначать их иерархию. Кроме того, используются рамки вокруг блоков информации или границы между ними, а также соединительные линии — т.н. линии интереса — подобные связям блок-схемы, но задающие главным образом последовательность прочтения стенда. Такие линейные элементы не следует делать слишком тонкими и яркими — достаточно незначительного отличия от фона.

ЦВЕТ

Цветоведение (колористика) — это очень сложная эмпирическая научная дисциплина, включающая в себя элементы точных наук, а также физиологии и эстетики. Приведённые ниже рекомендации (имеющие отношение к классической методике обучения художников), при всей их инструментальной полезности, во многом являются профанацией цветоведения, поэтому не должны восприниматься как неопровержимая истина, тем более, что чёрно-белые иллюстрации не позволяют продемонстрировать их наглядно.

Для самостоятельного обучения колористике рекомендуется использовать цветовой круг — радиально-кольцевую матрицу, представляющую собой особым образом замкнутый цветовой спектр. Цветовой круг можно найти в Интернете, некоторых графических редакторах или просто купить в магазине со школьными товарами. Цветовой круг используется для подбора гармоничных сочетаний групп цветов. Основными гармониями являются дополняющая (из диаметрально противоположных групп цветов), родственная (из соседних групп цветов) и составная (из трёх групп цветов, находящихся под углом 120° друг от друга). При использовании цветовой гармонии следует избегать оттенков серого, заменяя их малонасыщенными оттенками гармонических цветов.

При самостоятельном подборе цветов необходимо учитывать ещё ряд субъективных их свойств. Так, например, все оттенки (кроме чистого фиолетового) разделяются на тёплые и холодные, и это разделение напрямую не связано с положением цвета в круге: холодным может быть и красный, тёплым может быть и синий. Определить

принадлежность оттенка можно только на глаз, а определив нужно избегать сочетания холодных и тёплых оттенков в одной работе — слишком велик риск сделать изображение неприятным для глаза. Кроме того, есть разделение цветов на тяжёлые и лёгкие. Наиболее тяжёлыми цветами являются тёмный фиолетовый и тёмный красноватый коричневый — их лучше не использовать в стенде, если, конечно, эти цвета не будут нести самостоятельной смысловой нагрузки. Также цвета варьируются по удалённости в соответствии с привычной для человека световоздушной перспективой. Наиболее далёким цветом является бледный голубой, наиболее близким — яркий красный и другие насыщенные цвета. Далёкие цвета следует использовать для фона и подложек, близкие — для важнейшей информации. На тёмном фоне цвета воспринимаются несколько иначе, но это слишком обширная тема для нашего краткого сообщения.

Альтернативой цветовым гармониям служит приём плакатной графики, именуемый цветовой триадой. Триада — это палитра, состоящая из чёрного, белого и одного насыщенного цвета (чаще всего красного), а при необходимости и множества промежуточных оттенков между ними. Различные сочетания этих трёх цветов позволяют минимальными средствами создать эффектную и в то же время простую для восприятия композицию. Надо лишь иметь в виду, что основа композиции набирается ахроматическими цветами, а насыщенный цвет используется только там, где автор желает сделать акцент.

МАКЕТ И КОМПОНОВКА

В изобразительном искусстве художники часто стремятся создавать уникальные замысловатые композиции — в работе над научным стендом установка противоположная: создать предельно простую и ясную композицию. Поэтому учёному рекомендуется воспользоваться наиболее распространёнными макетами: колонки, строки, таблицы. Хаотическое расположение элементов связано со слишком большими рисками. Наиболее распространённым и удачным можно назвать макет в виде колонок с верхним колонтитулом для заголовка и информации об авторе и нижним колонтитулом для технической информации, например списка литературы (рис. 2). Нижний колонтитул нужен также для того, чтобы блок информации о результатах исследования не мог оказаться в самом низу стенда, где его сложнее прочесть, и для того, чтобы стенд не казался перегруженным информацией.

При компоновке стенда следует избегать трёх наиболее распространённых и опасных ошибок (рис. 3): ковровой вёрстки (полного заполнения листа с заужением отступов между блоками информации), нестрогих границ (когда блоки информации «пляшут», нару-

Рис. 2. Пример макета.

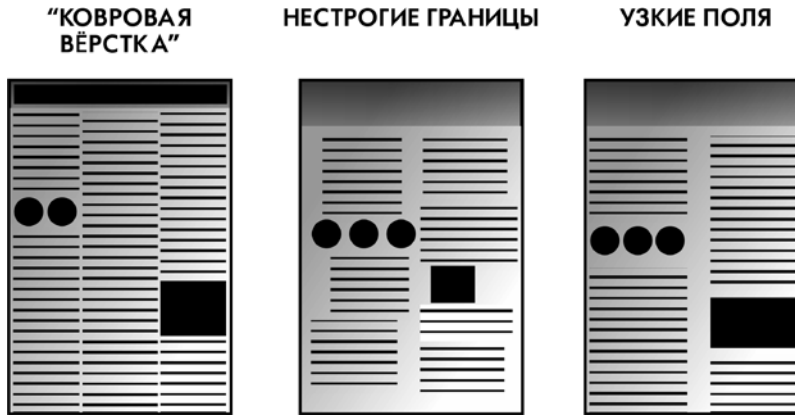


Рис. 3. Основные композиционные ошибки.

шая колонки или строки макета) и зауженных полей (поля планшета всегда должны быть больше расстояний между соседними блоками информации, иначе край планшета не будет работать в качестве объединяющего и ограничивающего элемента композиции).

ТЕКСТ И ИЛЛЮСТРАЦИИ

Большая часть информации, особенно текстовой, в условиях стендового доклада не будет прочитана даже при удачной композиции, и к этому нужно быть морально готовым.

Чтобы сделать восприятие стендового доклада более адекватным, лучше не размещать на стенде всю имеющуюся информацию, ограничившись теми иллюстрациями и краткими фразами, которые необходимы для понимания основной идеи исследования. В идеале не стенд компонуется на основе имеющихся графических и текстовых материалов, а графические материалы и текст готовятся под заранее разработанную композицию.

Текста не должно быть много. Лучше всего ограничиться кратким введением, методологическим аппаратом исследования, концепцией исследования (выраженной короткой фразой), результатами и выводами из исследования, а также заголовками и подписями к иллюстрациям. Для стендового доклада этого более чем достаточно. Если же стенд предназначен для заочного участия в конференции или конкурсе, или же иллюстраций слишком мало, нужно позаботиться о том, чтобы текст легко читался.

Вне зависимости от объёма текста рекомендуется использовать следующий ряд приёмов и ограничений:

1. Используйте ограниченное количество стилей, около 5–6 (рис. 4). Лучше всего использовать на стенде шрифты из одного семейства, без засечек, с диапазоном размеров от 12 до 150 pt. Более мелкие надписи вряд ли будут прочитаны.

2. Избегайте пёстрых подложек и декоративных шрифтов.

3. Старайтесь разбивать текст на блоки с подзаголовками (как минимум абзацы с отступом), а в самом тексте выделять жирным шрифтом или цветом ключевые слова и фразы — это сделает текст менее монотонным.

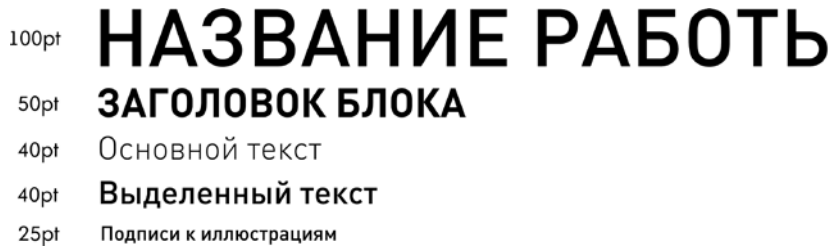


Рис. 4. Пример текстовых стилей на основе семейства шрифтов DINPro.

4. Ограничивайте длину строки. В одной строке текста не должно быть больше 70–90 знаков с пробелами. В противном случае наблюдателю будет сложно находить нужную строчку и удерживать на ней внимание.

Если какие-то материалы необходимо разместить «для галочки» (например, огромную таблицу с данными, демонстрирующую объём обработанного фактического материала), то нужно быть готовыми к тому, что в такие блоки информации никто всматриваться и вникать не будет. Место им по краям стенда, а все важнейшие данные из таких таблиц должны быть оформлены в виде диаграмм, графиков или мелких таблиц с выборочными данными.

Диаграммы и графики должны быть расцвечены в соответствии с основной палитрой стенда. Для упрощения их понимания, необходимо выделить наиболее важные участки и снабдить поясняющими надписями. В таблицах повторяющиеся данные можно заменять значками, числовые данные расцвечивать в соответствии с некоторыми пороговыми значениями. Столбцы и строки, имеющие второстепенное значение, можно беспрепятственно убирать со стендового варианта таблицы.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЦЕНТР

В настоящем сообщении уже упоминался интуитивно узнаваемый главный элемент композиции. В теории композиции под таким элементом понимаются композиционный центр и главный смысловой элемент. Композиционным центром может быть любая точка или пятно, которое в первую очередь привлекает внимание зрителя за счёт своих геометрических или цветовых свойств, пересечения в ней линейных объектов или благодаря тому, что относительно этой точки уравновешиваются массы других элементов. Главный смысловой элемент — это тот объект, в нашем случае блок информации, который наиболее полно передаёт смысл всей композиции в целом.

Важная композиционная задача состоит в том, чтобы совместить композиционный центр и главный смысловой элемент. В приведённом примере (рис. 5) главный смысловой элемент воспринимается как композиционный центр благодаря тому, что он контрастнее и крупнее других, выделен фоном, отступами и направляющими и расположен в стороне от края.

В случае научного стенда в качестве главного смыслового элемента могут использоваться:

1. Выборка статистических и аналитических данных;
2. Крупная сложная диаграмма или график;
3. Концепция исследования в виде короткой фразы;

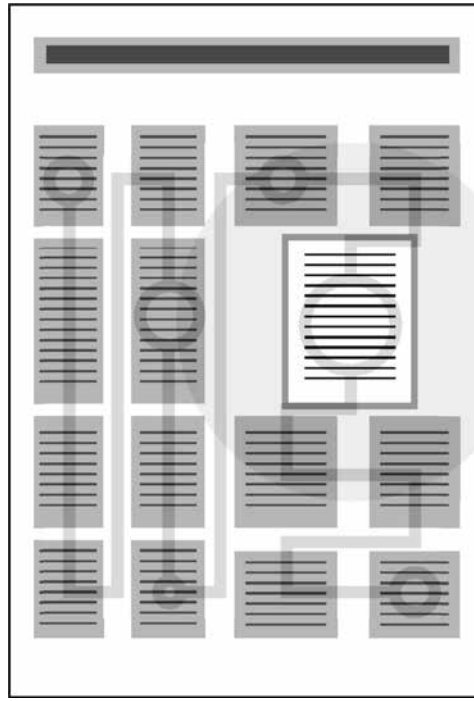


Рис. 5. Пример стенда с композиционным центром.

4. Информация о методе исследования (если он входит в научную новизну исследования);

5. Крупная яркая блок-схема;

6. Тематический рисунок.

Не рекомендуются в качестве главного смыслового элемента:

1. Географические карты и картоиды (если они не являются результатом исследования);

2. Крупные таблицы;

3. Фон;

4. Заголовок;

5. Длинный текст.

Композиционных центров в стенде может быть несколько, но они должны иметь строгую иерархию: один общий композиционный центр, несколько вспомогательных композиционных центров у групп

блоков информации и много локальных композиционных центров в блоках информации. Восприятие этих трёх уровней композиционных центров соответствует трём этапам восприятия стенда в целом.

Для того, чтобы научиться создавать композиционные центры рекомендуется упражняться в нахождении центров в произведениях искусства, профессиональных и любительских графических работах. Практика показывает, что соответствующий навык есть у каждого человека, и требует лишь осознания для применения в собственном творчестве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поскольку теория композиции — это эмпирическая, не поддающаяся формализации дисциплина, приведённые правила и рекомендации не являются догмами, оставляя место для художественных импровизаций и смелых экспериментов. Но эти советы пригодятся при первоначальном освоении приёмов компоновки научных стендов.

В качестве заключительной общей рекомендации следует добавить, что научные стенды получаются значительно удачнее в том случае, если предварительно показывать их неспециалистам, которые вряд ли вникнут в содержательную часть, но благодаря этому скорее обратят внимание на композиционные недостатки. Проведенные на конференции занятия показали, что даже столь поверхностное знакомство с теорией композиции и непрофессиональная критика позволили авторам в короткие сроки значительно усовершенствовать свои стенды, сделать их доступнее для понимания. Будем надеяться, что данное сообщение позволит и Вам добиться лучших результатов.

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРОФИЧЕСКОГО СПЕКТРА ЗЕЛЕНОЯДНЫХ ГРЫЗУНОВ НА ПРИМЕРЕ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОЛЕВКИ (*MICROTUS ARVALIS OBSCURUS,* PALL., 1778)

П.А. Сибиряков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Microtus arvalis, мезостачивание, реконструкция диеты.

Для косвенной оценки диеты растительноядных животных используются методы анализа микро- и мезостачивания жевательной поверхности зубов. Это дает возможность восстановления диет ископаемых форм для более детальной реконструкции условий окружающей среды прошлого. Каждый из методов описывает особенности повреждений жевательной поверхности зубов, и основные различия между ними связаны с размерами учитываемых повреждений и временными рамками получаемых реконструкций (микростачивание — оценка диеты нескольких дней жизни животного; мезостачивание — несколько недель–месяцев) (Lopez-Garcia et al., 2012). В последнее время предпринимаются попытки оценки микро- и мезостачивания щёчных зубов у мелких растительноядных млекопитающих с гипсодонтными зубами. Ю.Э. Кропачевой с соавт. (2012) на примере *Microtus oeconomus*, Pall., 1776 высказано предположение об использовании в качестве показателей мезостачивания угла жевательной поверхности /m1 и фасеток боковых стираний. Показаны также различия в особенностях стачивания дентина и эмали у полевок при содержании на разных типах корма (Lee, Houston, 1993).

Цель данной работы — оценка возможности использования особенностей стачивания и повреждений щёчных зубов для реконструкции особенностей диеты зеленоядных грызунов на примере модельного вида — обыкновенной полевки. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1) проанализировать и классифицировать признаки стачивания и повреждений щёчных зубов у обыкновенной полевки; 2) рассмотреть изменчивость этих признаков у обыкновенной полевки на серии выборок в градиенте север–юг на Урале; 3) сопоставить особенности стачивания и повреждений щёчных зубов (как косвенных показателей особенностей диеты) с данными о содержимом желудков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использованы данные о 641 животном из северной, средней и южной тайги, лесостепи и степи Урала. Из них 576 животных были отловлены живоловками и содержались в виварии до одной недели (коллекционные материалы), 65 животных отловлены с использованием ловушек Геро и капканчиков, 34 из них включены в анализ с учетом данных о питании (содержимое желудков). Сбор желудков проведен автором, идентификация содержимого — С.С. Трофимовой. Выделены следующие типы содержимого: 1) остатки зеленых частей растений; 2) остатки животного корма (насекомые); 3) остатки семян; 4) непищевые частицы (песок).

В ходе анализа оценивали возраст животных по зрелости черепа (Ларина, Лапшов, 1974) и степень повреждения черепов (Ерохин, Бачура, 2011). Обозначения зубов и их элементов даны по А.В. Бородину (2009).

Проведен предварительный анализ особенностей стачивания — угол стачивания /m1 и выраженность рельефа жевательной поверхности призм щёчных зубов, а так же повреждений жевательной поверхности — сколы призм щёчных зубов, проточенность «толстой» эмалевой стенки призм и наличие выбоин на верхнем крае «тонкой» эмалевой стенки призм.

В работе использованы наиболее информативные из перечисленных признаков: 1 — угол стачивания /m1, град.; 2 — выраженность рельефа жевательной поверхности призм: /m1 — T1–T4; /m2 — T1, T2; m2/ — T2, T3, оригинальная схема (рис. 1); 3 — сколы призм, оригинальная схема (рис. 1).

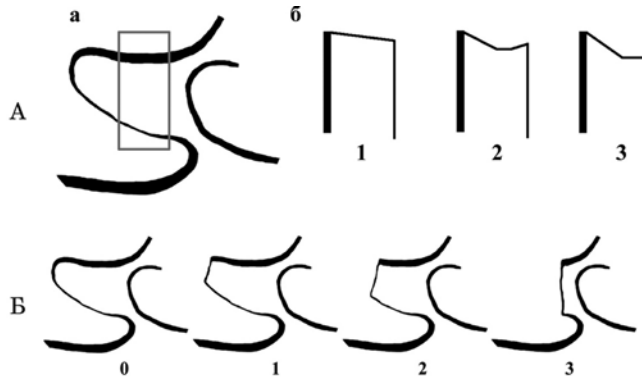


Рис. 1. Балльные оценки рельефа жевательной поверхности (А) и сколов призм (Б): а — зона оценки рельефа, б — основные варианты рельефа.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ STATISTICA 6.0: метод дисперсионного анализа, тест Краскела-Уоллиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице приведены данные по наиболее информативным признакам стачивания и повреждений щёчных зубов.

Таблица. Разновидности повреждений жевательной поверхности и особенности стачивания щёчных зубов у обыкновенной полевки

Разновидности повреждений и особенности стачивания	Зуб	Встречаемость (повреждений), % особей	Оценка выраженности признаков, min–max; mean±st.err.of mean
Сколы выходящих углов призм щёчных зубов (по средним значениям для каждого зуба), баллы (*N*=65)	/m1	81%	0–1.5; 0.179±0.0239
	/m2	65%	0–1.5; 0.191±0.0274
	/m3	44%	0–1.6; 0.101±0.0217
	M1/	63%	0–0.83; 0.098±0.0165
	M2/	52%	0–0.8; 0.104±0.0163
	M3/	60%	0–1.125; 0.121±0.0185
Угол стачивания /m1, градусы (*N*=641)	/m1		65–85; 73.23±0.32
Рельеф жевательной поверхности призм (по средним значениям для каждого зуба), баллы (*N*=65)	/m1		1.25–3; 2.22±0.023
	/m2		1.25–3; 2.1±0.024
	M2/		1.75–3; 2.1±0.02

Проведено сравнение частоты сколов призм верхних и нижних зубов у животных с целыми и поврежденными черепами. Наблюдается увеличение числа сколов призм /m1 и /M2 у животных с поврежденными черепами (K-W /m1: H(8, *N*=128)=17.91, *p*=0.0219; M2/: H(8, *N*=127)=15.66, *p*=0.0475). У животных с поврежденными черепами также наблюдается увеличение количества сколов призм зубов нижней челюсти (рис. 2).

На двух сериях выборок (1 — животные, содержавшиеся в неволе; 2 — животные не содержавшиеся в неволе) проведен анализ изменчивости угла стачивания /m1 с учетом возраста животных и зональной приуроченностью выборок. Прослеживается связь между углом стачивания /m1 и возрастом животных (для более молодых животных характерны меньшие значения угла стачивания), а также связь с зональной приуроченностью выборок, но только у животных первой серии выборок (рис. 3).

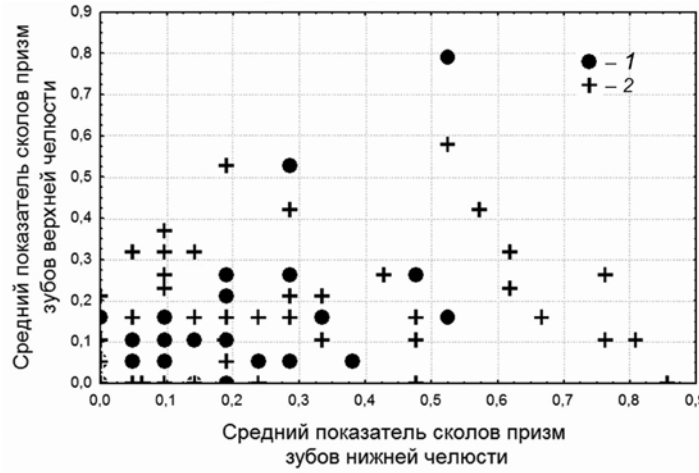


Рис. 2. Показатели сколов призм зубов верхней и нижней челюстей: 1 — черепа 100%-ной сохранности, 2 — поврежденные черепа.

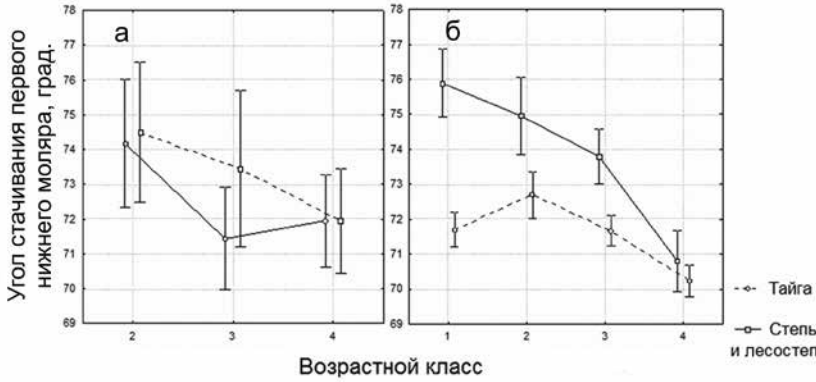


Рис. 3. Связь между углом стачивания /m1, возрастом животных и зональной приуроченностью выборок: а — животные, не содержавшиеся в неволе (N=65); б — животные, содержавшиеся в неволе (N=576).

Выявлена связь между выраженностью рельефа жевательной поверхности призм и возрастом животных (K-W /m1: H(3, *N*=103)=13.5, *p*=0.0037; /m2: H(3, *N*=103)=10.35, *p*=0.0158). Для более молодых животных характерен слабо выраженный рельеф жевательной поверхности призм. Однако для подтверждения этой связи необходим анализ большего количества разновозрастных выборок.

При сопоставлении данных о содержимом желудков (основные выделенные типы) и наиболее информативных (см. таблицу) особенностях стачивания и повреждений щечных зубов выявлена связь между обилием насекомых в составе корма животных и выраженностью рельефа жевательной поверхности призм щёчных зубов (K-W / m1: H(3, N=70)=8.31, p=0.0401; M2/: H(1, N=70)=6.35, p=0.0117). Для животных, в рационе которых встречаются остатки насекомых, характерно смещение показателей рельефа жевательной поверхности призм в сторону 2-го ранга (см. рис. 1). Эти данные подтверждают результаты работы Ли и Хьюстона (Lee, Houston, 1993), в которой авторы показали, что выраженность ямки в дентине на жевательной поверхности призм щёчных зубов полевок зависит от частоты и интенсивности давящих жевательных движений используемых полевками при обработке незеленых кормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены анализ и классификация и предложены методики количественной оценки признаков мезостачивания и повреждения щёчных зубов у обыкновенной полевки. Показана связь величины угла стачивания /m1 и выраженности рельефа жевательной поверхности призм щёчных зубов с возрастом. Предположение о наличии связи между углом стачивания первого нижнего моляра и зональной приуроченностью выборок требует дальнейшей проверки. При сопоставлении особенностей стачивания и повреждений щёчных зубов с данными о питании выявлена связь между наличием насекомых в составе корма животных и выраженностью рельефа жевательной поверхности призм щёчных зубов, что может быть объяснено различиями в жевательных движениях производимых животным при пережевывании пищи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №12–04–01377) и программы поддержки ведущих научных школ (НШ–5325.2012.4).

Автор выражает благодарность к.б.н. Е.А. Марковой за помощь в подготовке и обсуждении результатов работы, С.С. Трофимовой за предоставленные данные о содержимом желудков животных, а также сотрудникам лаборатории филогенетики и биохронологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бородин А.В. Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири (поздний плейстоцен — современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 100 с.

Ерохин Н.Г., Бачура О.П. Новый подход к компьютерной формализации раздробленности костных остатков млеокпитающих в археозоологических исследованиях // Методика междисциплинарных археологических исследований. Омск: Наука, 2011. С. 62–69.

Кропачева Ю.Э., Смирнов Н.Г., Маркова Е.А. Индивидуальный возраст и одонтологические характеристики полевки-экономки // Докл. РАН. 2012. Т. 446. № 2. С. 234–237.
Ларина Н.И., Лапшов В.А. К методике выделения возрастных групп у некорнезубых полевок // Физиологическая и популяционная экология животных: Межвузовский науч. сб. Саратов, 1974. С. 92–97.
Lee W.B., Houston D.C. Tooth wear patterns in voles (*Microtus agrestis* and *Clethrionomys glareolus*) and efficiency of dentition in preparing food for digestion // J. Zool. 1993. V. 231. P.301–309.
Lopez-Garcia J.M., Blain H., Burjachs F. et al. A multidisciplinary approach to reconstructing the chronology and environment of southwestern European Neanderthals: the contribution of Teixoneres cave (Moia, Barcelona, Spain) // Quaternary Science Reviews. 2012. V. 43. P. 33–44.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЫХАНИЯ ПОДСТИЛКИ *IN SITU*: НОВЫЕ ВОПРОСЫ

И.А. Сморкалов
Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: дыхание почвы, минеральный слой, подстилка, эмиссия CO_2.

Дыхание почвы — выделение CO_2 с её поверхности — один из ключевых процессов цикла углерода наземных экосистем. Этот показатель широко используют для моделирования и оценки глобального бюджета углерода. Однако почвенное дыхание — комплексная характеристика, поэтому для надежного моделирования необходимо уметь разделять поток углекислого газа из почвы на составляющие как по источнику (микробное и корневое), так и по локализации источников (подстилка и минеральный слой).

Ранее нами была предложена методика определения дыхания подстилки in situ, заключающаяся в измерении дыхания изолированной в воздухонепроницаемом пакете и помещенной на исходное место подстилки спустя 30–40 мин после ее изолирования. Однако у нас возникли некоторые вопросы уточняющего характера, основной из которых следующий: достаточно ли предложенного времени для стабилизации дыхания подстилки в пакете, т.е. возврата на уровень естественной скорости продукции CO_2?

Цель работы — проанализировать влияние мощности подстилки и температуры почвы на скорость стабилизации дыхания изолированной подстилки в полевых условиях.

Работы проведены в августе 2011 г. Дыхание подстилки измеряли в ельниках и сосняках с разной мощностью подстилки. Для этого подстилку вырезали кольцом диаметром 11 см и переносили в воздухонепроницаемый пакет. Подстилку в пакете возвращали на исходное место, одновременно помещая в пакет полипропиленовое кольцо, на которое устанавливали камеру прибора и проводили измерения каждые 5 мин в течение часа. Скорость дыхания подстилки измеряли полевым респирометром LI-8100A (Li-Cor Biosciences, USA) в трехкратной повторности. Температуру и влажность почвы определяли датчиками, входящими в комплект прибора. Пробы подстилки высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

По полученным данным определили удельную дыхательную активность подстилок (мг CO_2/г·час) при каждом измерении. Скорость изменения активности дыхания различалась у подстилок разной массы, и стабилизация дыхания за время измерений произошла только у легких проб подстилок. Чтобы оценить время стабилизации дыхания подстилки, вычислили скорость изменения активности дыхания (ускорение дыхания) для каждого 5-минутного интервала и аппроксимировали прямой линией до пересечения с 0 по оси ординат. Чтобы стабилизировалось дыхание подстилки массой до 30 г, оказалось достаточно 60 мин. Для подстилки большей массы требуется больше времени — до 180 мин для подстилки массой 70 г. Выявили также значимую корреляцию полученных величин времен стабилизации для разных подстилок с массой подстилки (R=0.68; p<0.05) и статистически незначимую, но существенную корреляцию с температурой почвы (R=0.49; p>0.05).

Таким образом, предложенная нами ранее методика определения дыхания подстилки in situ дает адекватные оценки для проб подстилки массой менее 30 г. Для более тяжелой пробы результаты измерения дыхания оказываются завышенными, и поэтому необходимо либо увеличивать время выдерживания подстилки в пакете в зависимости от ее мощности, либо выяснить зависимость времени стабилизации дыхания от массы (и плотности) подстилки для оценки степени такого завышения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12–04–31517).

ФЛОРА ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ Г. КАМБАРКИ (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

К.И. Тукмачева

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: флора макрофитов, водные растения, городская флора.

Цель исследований заключалась в изучении растительного покрова водоемов и водотоков г. Камбарки (юго-восток Удмуртской Республики) и выявлении закономерностей формирования флоры и растительности водных и прибрежно-водных местообитаний в пределах этого города. Особенностью изученного городского ландшафта является наличие в его пределах уникального природного объекта — сфагнового болота (памятник природы «Камбарское болото»), находящегося на южном пределе распространения верховых болот, а также широкого спектра антропогенных местообитаний водных растений: мелководий Камбарского водохранилища, дренажных канав, мелиоративных каналов и коллекторов, придорожных эфемерных водоемов. Подобное комплексное изучение растительного покрова водоемов и водотоков г. Камбарки ранее не проводилось, что определяет актуальность наших исследований. В настоящем сообщении приводятся результаты флористической части исследований.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: 1) выявление видового состава флоры водных и прибрежно-водных местообитаний г. Камбарки; 2) анализ таксономической, географической, экологической и биоморфной структуры выявленной флоры; 3) составление конспекта флоры аквальных местообитаний г. Камбарки.

Полевой сбор материала проводился с июля по август 2011–2012 гг. с использованием геоботанических методов и подходов. Всего собрано около 320 гербарных образцов, выполнено 160 геоботанических описаний. Собранный материал использовался для составления конспекта флоры, а также для анализа выявленной флоры. Применяли приемы и методы, широко используемые во флористике.

Нами установлено произрастание на аквальных местообитаниях г. Камбарки 121 вида сосудистых растений, относящихся к 63 родам и 36 семействам. Ведущими семействами являются: Cyperaceae (15 видов), Poaceae (13), Salicaceae и Juncaceae (по 7), Polygonaceae (6), Asteraceae, Lamiaceae, Ranunculaceae, Potamogetonaceae (по 5 видов). Выявлено произрастание двух видов, включенных в Красную книгу Удмуртской Республики — *Salix lapponum* и *Ranunculus reptans*, а также четырех адвентивных видов (*Epilobium adenocaulon, E. pseudorubescens, Elodea canadensis, Mentha longifolia*). Экологический спектр включает «водное ядро» флоры (14 видов, или 11.6%), группу прибрежно-водных растений (26 видов, 21.5%) и группу околоводных растений (81 вид, 66.9%). Географическая структура представлена 7 зональными и 19 региональными элементами. В зональном аспекте преобладают плюризональные виды (42 вида, или 34.7%) и виды умеренных широт (33 вида, 27.3%). В региональном аспекте также доминируют широко распространенные виды — голарктические (26 видов, 21.5%), европейско-западноазиатские (16 видов, 13.2%) и гемикосмополитные (14 видов, 11.6%). В спектре жизненных форм велико участие многолетних растений, доля которых составляет 86.8% от всех выявленных видов. Отмечено преобладание гемикриптофитов (68 видов, 56.2%), что характерно для флоры водных и прибрежно-водных растений Вятско-Камского Предуралья в целом, а также флор водных макрофитов городов Удмуртии в частности.

Таким образом, выявлен видовой состав водных и прибрежно-водных растений (макрофитов) г. Камбарки, что является основой для установления степени оригинальности выявленной флоры при сопоставлении ее с аналогичными флорами других городов Удмуртской Республики.

СПЕКТР ПИТАНИЯ ЗИМНЯКА (*BUTEO LAGOPUS*) В КУСТАРНИКОВОЙ ТУНДРЕ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

И.А. Фуфачев*, Н.А. Соколова**

* Пермский государственный национальный исследовательский университет

** Экологический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги

Ключевые слова: зимняк, спектр питания, кустарниковая тундра, Ямал.

Хищные птицы всегда привлекали к себе внимание исследователей в связи с особой ролью в экосистемах и наиболее высокой чувствительностью к воздействию антропогенных факторов. Особый интерес представляют взаимоотношения хищников-миофагов и их жертв — мелких млекопитающих, которые в условиях тундровых биоценозов проявляются наиболее ярко при изучении проблемы «хищник–жертва». Актуальность данного исследования определяется хрупкостью тундровых экосистем Ямала, которые в последнее время подвергаются существенному антропогенному воздействию. Ранее Н.Н. Данилов с соавт. (1984) отмечали, что результаты исследования трофических связей такого типичного для тундры хищника, как зимняк, или мохноногий канюк *Buteo lagopus* (Pontoppidan, 1763), могут быть основой оценки состояния как самого вида и его объектов питания, так и косвенно позволяют судить о состоянии всего биоценоза.

Цель данной работы — выявление особенностей спектра питания мохноногого канюка в подзоне кустарниковых тундр полуострова Ямал. В связи с этим решались следующие задачи: 1) используя метод анализа содержимого погадок установить спектр питания хищника в кустарниковой тундре в окрестностях слияния рек Еркута и Паюта; 2) оценить динамику спектра питания в течение пяти сезонов; 3) сравнить результаты исследования с материалами прошлых лет из этого же района.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе проанализирован материал, собранный на юге полуострова Ямал на территории полевого стационара «Еркута» (68.2° с.ш., 69.1° в.д.) за период с 2008 по 2012 г. Для данной территории характерен рельеф, представленный пологоволнистыми равнинами,

густой речной сетью, формирующей обширные пойменные ландшафты. Большинство рек извилистые и мелководные. Имеются плакоры — сухие высокие участки и заболоченные участки. Растительность представлена различными кустарниковыми и мохово-кустарничковыми сообществами во главе с ерниковыми, ивовыми, осоковыми и травянистыми растениями.

Нами использован метод сбора и анализа содержимого погадок. По останкам черепов грызунов, съеденных хищником, можно определить вид, для некоторых видов — пол и возраст жертвы. Кроме того, этот метод не наносит вреда объекту исследования (Маяков, Шепель, 1987; Потапов, 1989). Общее количество разобранных погадок — 1030. Видовую принадлежность жертвы устанавливали по рисунку эмали зубов (Бородин, 2009). Всего удалось определить 1729 жертв зимняка, 74% из которых (1301) являлись представителями отряда Rodentia. Количество находок каждого кормового объекта представлено цифровым значением в скобках на рис. 1.

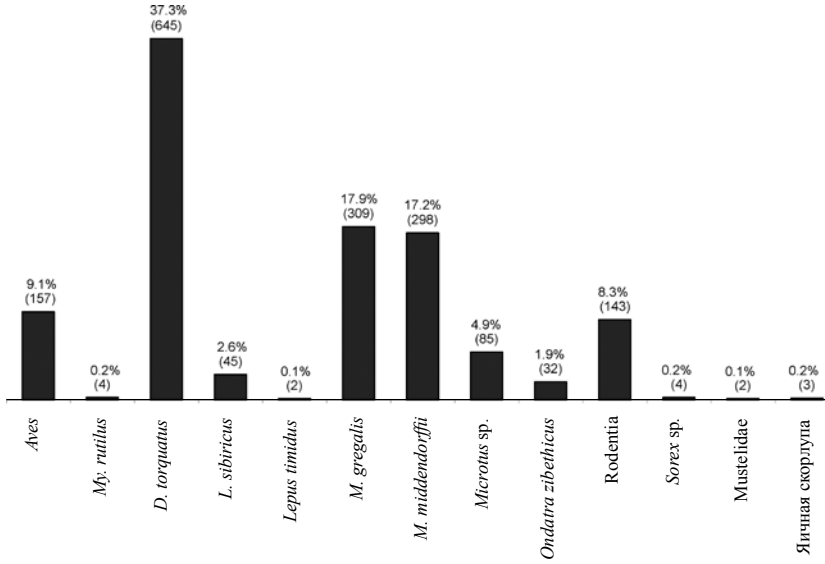


Рис. 1. Спектр питания зимняка.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в погадках было найдено 12 кормовых объектов: копытный лемминг — *Dicrostonyx torquatus* (Pallas, 1778), сибирский лемминг — *Lemmus sibiricus* (Kerr, 1792), красная полёвка — *Myodes rutilus* (Pallas,

1779), полёвка Миддендорфа — *Microtus middendorffii* (Poljakov, 1881), узкочерепная полёвка — *Microtus gregalis* (Pallas, 1779), заяц-беляк — *Lepus timidus* (Linnaeus, 1758), ондатра — *Ondatra zibethicus* (Linnaeus, 1766), бурозубки (*Sorex* sp.), представители семейства куньих (Mustelidae sp.) и птицы (Aves sp.). Кроме перечисленных кормовых объектов, отдельной кормовой единицей считалась яичная скорлупа, не определенные до вида грызуны (Rodentia sp.) и серые полёвки (*Microtus* sp.) (см. рис. 1).

В рационе зимняка преобладают копытные лемминги и полёвки. При сравнении соотношения видов мелких млекопитающих в погадках (принимая за 100% всех грызунов, определенных до вида) можно отметить, что в спектре питания преобладает копытный лемминг; полёвка Миддендорфа и узкочерепная полевка встречаются вдвое реже. Единично в добыче встречаются сибирский лемминг, ондатра и красная полёвка (рис. 2).

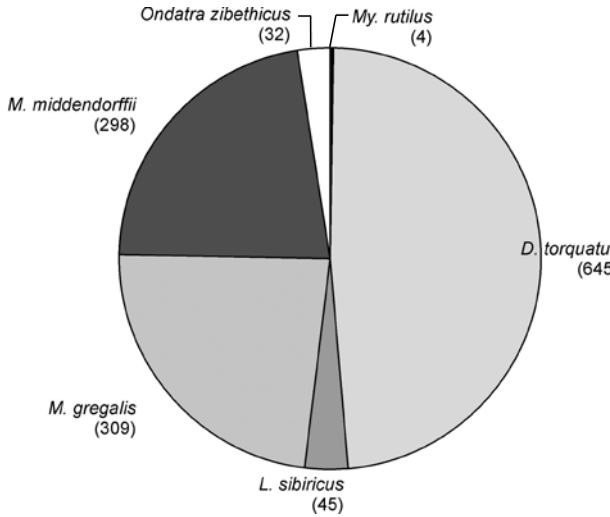


Рис. 2. Соотношение разных видов грызунов в погадках зимняка (за 100% принято количество грызунов, определенных до вида).

При анализе данных за 2008–2012 гг. можно наблюдать следующую динамику (рис. 3). Доля копытного лемминга в добыче зимняка снижается (с 56.6% в 2008 г., до 42.7% в 2012 г.), так же как и сибирского (с 5.1 до 0.9% соответственно), а численность полёвок

в этот период возрастает: узкочерепной — с 15.4 до 30.3%, Миддендорфа — с 20.9 до 25.9%.

Полученные результаты мы сравнили (рис. 4) с данными, собранными ранее в этом же районе в 1999–2001 гг. (Соколов, 2002).

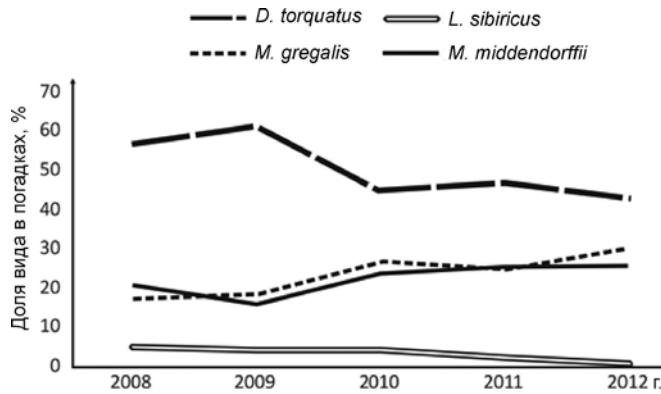


Рис. 3. Изменчивость частоты встречаемости отдельных видов мышевидных грызунов в погадках зимняка в разные годы.

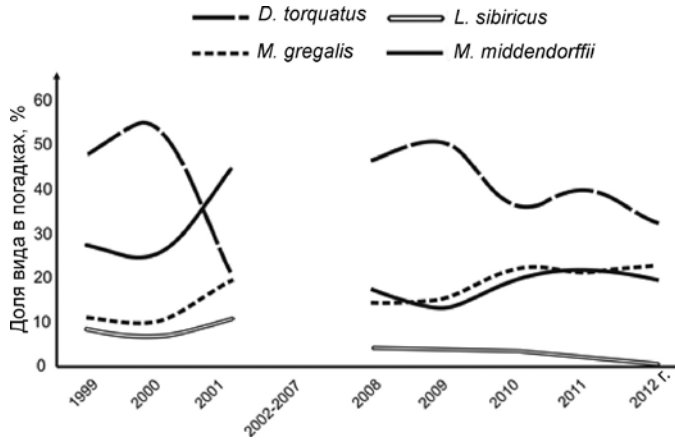


Рис. 4. Изменчивость частоты встречаемости отдельных видов грызунов в погадках зимняка за два промежутка лет.

Интересно, что при снижении доли копытного лемминга в спектре питания канюка возрастает значение полёвок. Такая картина наблюдается как на первом этапе исследований питания хищника (1999–2001 гг.), так и на втором (2008–2012 гг.). Чтобы ответить на вопрос, отражает ли представленная ситуация изменение численности мелких грызунов на данной территории в разные годы, или же это особенности избирательного изъятия зимняком разных видов жертв, требуются дальнейшие исследования.

Таким образом, спектр питания мохноногого канюка в районе проведения работ состоит из 12 кормовых единиц, среди которых доминируют копытный лемминг, узкочерепная полёвка и полевка Миддендорфа. Доля сибирского лемминга стабильно низкая во все годы исследования. В период 2008–2012 гг. в спектре питания зимняка отмечается тенденция снижения доли леммингов и увеличения доли полевок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бородин А.В. Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири (поздний плейстоцен — современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 100 с.

Данилов Н.Н., Рыжановский В.Н., Рябицев В.К. Птицы Ямала. М.: Наука, 1984. 332 с.

Маяков А.А., Шепель А.И. Определение вида и пола некоторых млекопитающих по костям таза, голени и бедра // Зоол. журн. 1987. Т. 66. Вып. 2. С. 288–294.

Потапов Е.Р. Использование погадок для изучения питания хищных птиц // Методы изучения и охраны хищных птиц. Методические рекомендации. М., 1989. С. 103–118.

Соколов А.А. Функциональные связи зимняка (*Buteo lagopus*) и мелких грызунов южных кустарниковых тундр Ямала: Дис. канд. биол. наук. Екатеринбург, 2002. 112 с.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СРЕДНЕУРАЛЬСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА

И.А. Хлыстов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: гумус, органическое вещество, почва, лесная подстилка, тяжелые металлы, Средний Урал.

С начала XX в. выбросы в атмосферу кислых газов с последующим их выпадением в виде кислотных осадков повлияли на естественные циклы элементов, приведя к нарушению многих природных процессов. Кроме того, в атмосферу поступают значительные количества тяжелых металлов за счет выбросов металлургических предприятий. При этом почва выступает и как естественный резервуар тяжелых металлов, и как буфер при их транспорте в атмосфере, гидросфере и биоте (Kabata-Pendias, 2011). Под влиянием загрязнения трансформируются экологические условия почвообразования и, как следствие, элементарные почвообразовательные процессы, причем в первую очередь изменяются те из них, в которых главную роль играют накопление и превращение органических веществ (Мещеряков и др., 2003).

К органическому веществу почвы относятся поступающие растительные и животные остатки на различных стадиях их разложения и преобразования, и гумус — комплекс сложных органических веществ специфической природы, в который входят гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумин. В общий углерод почвы входит как углерод органических, так и минеральных соединений, но содержание последнего зачастую довольно низкое. В литературе описаны различные последствия загрязнения почв тяжелыми металлами, среди которых основным можно считать снижение скорости минерализации органического вещества. К признакам замедления процессов минерализации относят уменьшение интенсивности выделения углекислого газа почвой и накопление неразложившихся органических остатков (Verma et al., 2010; Khan, 2000). В кислых почвах при загрязнении тяжелыми металлами отмечены изменения в составе гумуса, в частности снижение содержания фульвокислот за счет увеличения их водорастворимости (Calace, 2001).

Влияние промышленного загрязнения на свойства почвы исследуется давно, но в большинстве работ оценка состояния органического вещества и гумуса ограничивается поиском эффектов, которые должны возникать вследствие только прямого воздействия загрязне-

ния. В результате изучения состояния органического вещества почв под воздействием выбросов Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ) было выявлено увеличение степени гумификации и гидролизуемости гумуса верхних почвенных горизонтов, а также мобилизация фракций, связанных с кальцием (Прокопович, Кайгородова, 1999). Но выводы в этой работе были сформулированы только в общем виде, по сути как повторение некоторых из известных фактов влияния загрязнения на гумус, и не раскрывали в достаточной степени причин формирования гумуса того или иного состава. Таких выводов, безусловно, недостаточно для понимания механизмов преобразований органического вещества почв при загрязнении.

Цель данной работы — оценка влияния Среднеуральского медеплавильного завода на гумусное состояние почв. Мы проверяли две гипотезы. Первая заключается в предположении, что при увеличении загрязнения происходит снижение скорости деструкции органического вещества, соответственно увеличивается содержание общего углерода и гумуса, вторая — изменяется состав гумуса, в частности увеличивается доля гуминовых кислот.

Были поставлены две задачи: сравнение содержания общего углерода и гумуса в градиенте нагрузки и анализ группового состава гумуса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования выбраны почвы территории, прилегающей к Среднеуральскому медеплавильному заводу, расположенному возле г. Ревды Свердловской области. Завод выбрасывает в окружающую среду SO_2, HF, а также твердовзвешенные частицы аэрозолей, содержащие Cu, Zn, As, Cd, Co и пр. (Мещеряков и др., 2005). В районе исследования были выделены зоны техногенной нагрузки: импактная (на удалении 1 и 2 км к западу от завода), буферная (4 и 7 км) и фоновая (30 км). Почвы на ключевых участках 1, 2, 4 и 30 км от завода — дерново-подзолистые типичные и глееватые, на участке 7 км — буроземы оподзоленные. В каждой зоне были заложены 5 пробных площадей на удалении 100 м друг от друга. В августе 2011 г. на каждой площадке было заложено по одному полнопрофильному почвенному разрезу (всего 25) и произведен отбор почвенных образцов по генетическим горизонтам (всего 167 проб). В высушенных образцах было определено содержание общего углерода высокотемпературным сжиганием в токе кислорода, групповой состав гумуса — по Кононовой-Бельчиковой (Орлов, Гришина, 1981) с модификацией определения углерода термокаталитическим сжиганием вытяжек в токе кислорода с использованием анализатора Multi N/C 2100 (AnalytikJena, Германия). Использование данной методики увеличивает скорость анализа,

обеспечивает абсолютно полное сжигание образцов и снимает необходимость дополнительной пробоподготовки (просеивание, выбирание мелких корешков, декальцирование почвы) перед анализом содержания общего углерода и углерода гумуса. Содержание гумуса рассчитывалось как произведение концентрации углерода, перешедшего в раствор пирофосфата натрия с гидроксидом натрия, на коэффициент 1.724, так как традиционно принято считать, что 1 г углерода соответствует 1.724 г гумуса (Кононова, 1963). Типы гумуса исследованных почв СУМЗ были определены согласно принятой системе показателей гумусного состояния почв (Орлов и др., 2004).

Для анализа различий в содержании общего углерода и гумуса между участками использовали непараметрический критерий Краскела-Уоллиса, для оценки связи между параметрами — непараметрический коэффициент корреляции Спирмена. Анализ данных выполнен в программе Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание общего углерода значимо различается между участками градиента для горизонтов А0» (H(4, N=25)=12.44; p=0.01), А1 (H(4, N=25)=15.61; p=0.01), А1А2 (H(4, N=25)=12.05; p=0.02). В подстилках на удалении 1 км от завода содержание общего углерода меньше по сравнению с другими участками, в горизонте А1 оно максимально на участке 7 км, в горизонте А1А2 его меньше на участках 1 и 30 км по сравнению с почвами участков 2, 4 и 7 км (см. таблицу).

Таблица. Химические свойства почв

Удаление от завода, км	n	Горизонт	Параметр					
			$C_{общ}$, %	Гумус, %	$C_{гк}$, % к $C_{общ}$	$C_{фк}$, % к $C_{общ}$	$C_{гк}/C_{фк}$	Fe, г/кг
30	5	АО»	34.9±1.1	27.7±1.9	26.8±1.5	19.4±1.2	1.4	2.0±0.4
	5	А1	4.6±0.1	3.9±0.1	31.3±1.1	17.6±1.4	1.9	8.2±2.6
	5	А1А2	1.4±0.1	1.7±0.2	38.6±2.4	34.6±3.0	1.2	4.2±1.1
	5	А2	1.1±0.2	1.3±0.3	34.4±4.1	25.9±3.7	1.3	4.0±2.1
	5	А2В	0.7±0.1	1.0±0.1	33.1±3.7	47.9±4.1	0.7	3.2±0.8
	5	В1	0.5±0.1	0.9±0.1	31.6±2.8	56.5±5.9	0.5	3.6±0.7
	4	В2	0.5±0.0	0.8±0.0	28.8±3.2	62.0±7.4	0.5	3.7±0.4
7	5	АО»	38.2±0.7	26.3±1.3	22.0±0.4	17.9±0.8	1.2	4.6±3.6

Окончание таблицы. Химические свойства почв

Удаление от завода, км	n	Горизонт	Параметр					
			$C_{общ}$, %	Гумус, %	$C_{пк}$, % к $C_{общ}$	$C_{фк}$, % к $C_{общ}$	$C_{пк}/C_{фк}$	Fe, г/кг
7	5	A1	7.9±0.9	6.5±1.6	30.4±1.7	17.8±1.8	1.8	3.1±3.0
	5	A1A2	2.8±0.4	2.4±0.7	38.0±3.7	16.0±2.9	2.8	6.1±2.1
	3	A2	1.3±0.1	1.3±0.2	28.8±4.0	29.3±1.7	1.0	4.1±1.4
	5	A2B	0.7±0.1	0.9±0.3	29.8±3.1	43.9±8.0	0.8	4.4±2.0
	5	B1	0.4±0.0	0.6±0.1	37.1±8.6	52.2±7.0	0.9	3.7±2.3
	3	B2	0.4±0.1	0.7±0.1	29.3±6.0	60.7±10.1	0.6	3.9±3.3
4	5	AO»	37.6±0.7	26.3±1.2	20.8±0.5	19.7±0.5	1.1	4.5±2.8
	5	A1	6.2±0.4	4.9±0.6	26.1±1.4	20.5±1.6	1.3	7.6±4.1
	5	A1A2	2.9±0.4	2.6±0.8	40.5±5.3	15.6±1.3	2.6	13.0±1.7
	5	A2	1.6±0.2	1.7±0.3	33.9±1.2	26.4±2.8	1.4	12.0±3.2
	5	A2B	0.7±0.0	1.1±0.1	36.6±3.0	56.0±3.0	0.7	9.1±4.1
	5	B1	0.5±0.0	0.8±0.0	32.5±4.4	56.4±5.7	0.6	8.0±1.6
	4	B2	0.5±0.1	0.8±0.1	35.9±3.6	53.3±4.2	0.7	6.6±1.4
2	5	AO»	36.4±1.4	24.5±2.4	18.9±1.0	20.4±1.1	0.9	5.3±1.7
	5	A1	6.9±0.3	5.1±0.5	22.2±0.8	20.0±0.9	1.1	11.1±1.4
	5	A1A2	3.4±0.3	2.8±0.5	29.1±1.3	18.9±1.7	1.6	12.0±1.8
	5	A2	1.4±0.1	1.7±0.2	38.3±3.0	32.8±2.6	1.2	9.8±1.0
	5	A2B	0.8±0.1	1.2±0.1	38.4±3.5	50.1±2.8	0.8	7.2±1.0
	5	B1	0.6±0.1	0.9±0.1	30.5±6.1	52.1±5.4	0.7	6.2±1.1
	4	B2	0.6±0.1	0.9±0.1	33.5±6.4	51.8±6.1	0.7	6.3±1.2
1	5	AO»	30.4±3.4	23.9±5.8	22.2±1.4	24.1±1.1	0.9	11.4±3.5
	5	A1	5.0±0.6	4.3±1.0	25.7±1.7	25.3±2.0	1.0	12.6±2.8
	5	A1A2	2.1±0.4	2.0±0.6	32.2±3.0	22.8±1.4	1.4	10.2±2.5
	5	A2	1.1±0.1	1.6±0.2	46.3±1.1	36.0±1.7	1.3	9.6±2.8
	5	A2B	0.7±0.1	1.1±0.1	37.1±2.3	50.8±2.8	0.7	7.7±1.5
	5	B1	0.5±0.0	0.9±0.0	32.2±2.5	60.7±2.6	0.5	6.5±1.1
	4	B2	0.5±0.0	0.7±0.1	26.0±3.8	60.3±2.8	0.4	6.1±0.3

Примечание: указаны средние значения показателей со стандартными отклонениями, n – количество образцов.

Содержание гумуса значимо различается между участками градиента для горизонтов А1 (Н(4, N=25)=14.11; p=0.01) и А1А2 (Н(4, N=25)=12.80; p=0.01): в горизонте А1 оно максимально на участке 7 км, в горизонте А1А2 оно меньше на участках 1 и 30 км по сравнению с почвами участков 2, 4 и 7 км (таблица).

Распределение общего углерода и гумуса по почвенному профилю участков на всех удалениях от завода носит регрессивно-аккумулятивный характер: максимальное накопление веществ у поверхности при резком падении их содержания с глубиной (рис. 1).

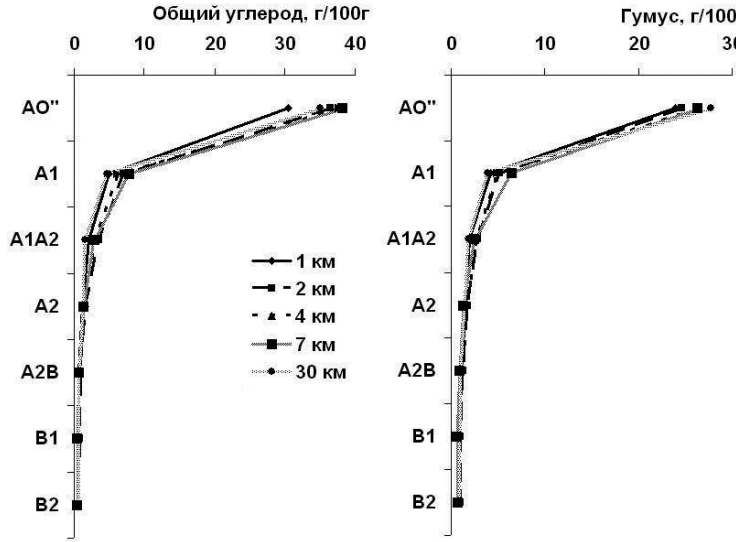


Рис. 1. Распределение общего углерода и гумуса по профилю.

При приближении к источнику выбросов запасы общего углерода и гумуса в слое почвы 0–50 см увеличиваются и достигают максимальных значений в импактной зоне на участке 2 км (рис. 2). На участке 1 км происходит уменьшение запасов углерода и гумуса, что, скорее всего, связано с эрозией почв, угнетенным травяно-кустарничковым ярусом и небольшим количеством поступающего углерода. Кроме того, нельзя исключить некоторое выгорание органического вещества вследствие воздействия кислотных выбросов. Однако при увеличении запасов органического вещества в почвенном слое 0–50 см концентрации общего углерода и гумуса

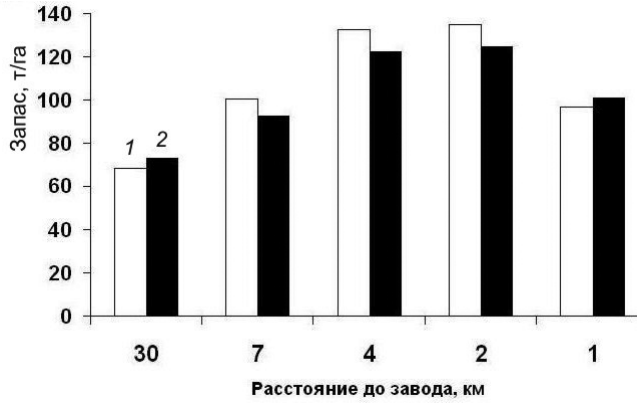


Рис. 2. Запасы общего углерода (1) и гумуса (2) в почвенном слое 0–50 см в градиенте загрязнения.

в почвенных горизонтах остаются неизменными. Другими словами, увеличение запасов органического вещества происходит только за счет формирования мощных неразложенных подстилок на данных участках. Ранее неоднократно был отмечен факт увеличения мощности лесной подстилки в импактной и буферной зонах (2–4 км) в 2–3 раза и более по сравнению с фоновыми территориями (Воробейчик, 1995; 1997; 2003; Кайгородова, Воробейчик, 1996). На расстоянии 2–4 км от завода отмечается формирование грубогумусовой подстилки, а также накопление углерода в трудноразлагаемых формах, что объясняется угнетением и элиминацией почвенной мезофауны (Воробейчик, 1998; 2002).

Содержания общего углерода и гумуса в подстилках не коррелируют друг с другом (R=0.21; p=0.31; N=25). Это свидетельствует о том, что процессы поступления углерода в подстилки и гумусообразование на ключевых участках импактной, буферной и фоновой зон протекают с разной интенсивностью. В минеральной части профиля эти параметры тесно связаны (коэффициент корреляции лежит в диапазоне 0.77–0.94; p<<0.001; N=25). Следовательно, в минеральных почвенных горизонтах накопление (распределение) углерода и гумусообразование идут с одинаковой скоростью на всех удалениях от завода, что связано с почвенными процессами с длительными характерными временами («почва–память»).

Показатель $C_{гк}/C_{фк}$ характеризует соотношение количества гуминовых и фульвокислот. Гуминовые кислоты — это группа темноокрашенных гумусовых кислот, имеющая в своей структуре ароматические углеродные сетки, растворимые только в щелочах.

Фульвокислоты — группа соединений, структурно связанных с гуминовыми кислотами, растворимых при широком диапазоне pH, имеющих меньшую молекулярную массу и размеры по сравнению с гуминовыми кислотами (Орлов, 1985). Фульвокислоты считаются более «зрелыми» представителями группы гумусовых веществ по сравнению с гуминовыми кислотами (Кононова, 1963). Отношение $С_{гк}/С_{фк}$ используется как один из основных признаков, характеризующий вид почв, и его изменение может быть показателем как изменений почвенных процессов, так и воздействия на почву загрязнителей.

Тип гумуса подстилок фоновой и буферной территорий — фульватно-гуматный (отношение в пределах 1.0–1.4). В подстилках импактной зоны $С_{гк}/С_{фк}<1$, что соответствует гуматно-фульватному типу гумуса (см. таблицу). На всех участках, независимо от удаления происходит изменение типа гумуса с глубиной в четырех почвенных горизонтах — от фульватно-гуматного и гуматного до чисто гуматного. Фульвокислоты в почвах всех участков преобладают в горизонтах A2B, B1 и B2(Bc). Диагностированный тип гумуса почв окрестностей СУМЗа не типичен для буроземов и дерново-подзолистых почв Урала (Лесные почвы..., 1972; Фирсова, Павлова, 1983), характеризующихся фульватным, гуматно-фульватным, иногда фульватно-гуматным типами гумуса. По соотношению $С_{гк}/С_{фк}$ почвы из окрестностей СУМЗа следует определять как переходные от дерново-подзолистых и буроземов к серым оподзоленным.

Одной из возможных причин преобладания гуминовых кислот над фульвокислотами в составе гумуса почв окрестностей СУМЗа может быть накопление железа: на всей исследуемой территории максимум отношения $С_{гк}/С_{фк}$ приходится на горизонты, в которых содержание железа максимально в почвенном профиле. Скорее всего, это происходит вследствие взаимодействия ионов железа с гуминовыми кислотами с образованием гуматов и более сложных комплексов. Известно, что содержащиеся в почве оксиды железа имеют относительно большую площадь поверхности и несут поверхностный заряд, за счет чего они часто регулируют содержание свободных металлов и органического вещества в почве или воде через реакции адсорбции (Lai, 2001).

Накопление железа в горизонтах A1A2 и A1 свидетельствует о наличии почвенного геохимического барьера, удерживающего данный элемент. Обнаружено (Добровольский и др., 2006), что по мере увеличения степени гидроморфизма серых лесных почв и изменения окислительно-восстановительного потенциала происходит увеличение значений pH и гуматности гумуса. Таким образом, тип гумуса почв из окрестностей СУМЗа определяется высоким содержанием железа в почвенных горизонтах. Содержание железа может зависеть

и от водного режима, и от величин окислительно-восстановительного потенциала (Водяницкий, 2008). Поэтому наблюдаемый тип гумуса свидетельствует о протекании специфического почвенного процесса либо о смене одного процесса другим.

Таким образом, закономерных изменений концентраций общего углерода и гумуса в градиенте загрязнения не обнаружено. На участке 1 км в подстилках содержание общего углерода ниже по сравнению с другими участками. Запасы общего углерода и гумуса в почвенном слое 0–50 см увеличиваются по мере приближения к заводу от фоновой территории (30 км) к импактной (2 км); на участке 1 км происходит уменьшение запасов общего углерода и гумуса вследствие угнетения растительности и эрозии почв. Обнаружена высокая корреляция между содержанием общего углерода и гумуса в минеральной части почвенного профиля на всех участках, тогда как в подстилках такая корреляция отсутствует.

Наблюдаемый тип гумуса не характерен для буроземов и дерново-подзолистых почв Среднего Урала и приближается к типичному для серых почв. Следовательно, по составу гумуса почвы из окрестностей СУМЗа можно охарактеризовать как переходные от дерново-подзолистых почв и буроземов к серым почвам.

Автор признателен к.б.н. С.Ю. Кайгородовой за описание почвенных разрезов, помощь в сборе материала, к.б.н. С.Ю. Кайгородовой и д.б.н. Е.Л. Воробейчику — за обсуждение проблемы и рассмотрение рукописи, аналитикам Э.Х. Ахуновой и А.В. Щепеткину — за измерение концентраций железа в образцах. Работа завершена при финансовой поддержке Президиума УрО РАН (проект №12-П-4–1057) и РФФИ (проект №11–05–01218).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: Изд. ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. 85 с.

Воробейчик Е.Л. Изменение мощности лесной подстилки в условиях химического загрязнения // Экология. 1995. № 4. С. 278–284.

Воробейчик Е.Л. Изменение пространственной структуры деструкционного процесса в условиях атмосферного загрязнения лесных экосистем // Изв. РАН. Сер. Биологическая. 2002. № 3. С. 368–379.

Воробейчик Е.Л. К методике измерения мощности лесной подстилки для целей диагностики техногенных нарушений экосистем // Экология. 1997. № 4. С. 265–269.

Воробейчик Е.Л. Население дождевых червей (Lumbricidae) лесов Среднего Урала в условиях загрязнения выбросами медеплавильных комбинатов // Экология. 1998. № 2. С.102–108.

Воробейчик Е.Л. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. 2003. № 2. С. 32–42.

Добровольский Г.В., Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Роль почвенных новообразований в иммобилизации углерода, азота и фосфора в почвах начальных стадий заболачивания // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. № 1. Вып. 1. С. 119–131.

Кайгородова С.Ю., Воробейчик Е.Л. Трансформация некоторых свойств серых лесных почв под действием выбросов медеплавильного комбината // Экология. 1996. № 3. С. 187–193.

Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.

Лесные почвы южной тайги, Урала и Зауралья / Отв. ред. П. Л. Горчаковский, В. П. Фирсова. Свердловск: Изд-во АН СССР, 1972. Вып. 85. 192 с.

Мещеряков П.В., Прокопович Е.В., Коркина И.Н. Трансформация экологических условий почвообразования и формирования гумусовых веществ под влиянием урбогенеза // Экология. 2005. № 1. С. 1–9.

Мещеряков П.В., Прокопович Е.В., Коркина И.Н. Экологические условия реализации биогенно-аккумулятивных ЭПП в техногенных ландшафтах в зоне влияния СУМЗа // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Мат-лы междун. совещ. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. С. 344–352.

Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во. МГУ. 1985. 376 с.

Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.

Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса: Учеб. Пос. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.

Прокопович Е.В., Кайгородова С.Ю. Трансформация гумусного состояния почв под действием выбросов Среднеуральского медеплавильного завода // Экология. 1999. № 5. С. 375–378.

Фирсова В.П., Павлова Т.С. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах. М.: Наука, 1983. 166 с.

Calace N., Fiorentini F., Petronio B.M. Effects of acid rain on soil humic compounds // Talanta. 2001. № 54. P. 837–846.

Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. CRC Press in Boca Raton, FL, USA. 2011. 505 p.

Khan M. Effect of metals contamination on soil microbial diversity, enzymatic activity, organic matter decomposition and nitrogen mineralisation (a review) // Pakistan J. of Biological Sciences. 2000. № 3 (11). P. 1950–1956.

Lai C.H., Chen C.Y. Removal of metal ions and humic acid from water by iron-coated filter media // Chemosphere. 2001. № 44. P. 1177–1174.

Verma R.K., Yadav D.V., Singh C.P. et al. Effect of heavy metals on soil respiration during decomposition of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) trash in different soils // Plant Soil Environ. 2010. № 56. P. 76–81.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КРЫЛЬЕВ ДИАПАУЗИРУЮЩЕЙ И НЕДИАПАУЗИРУЮЩЕЙ ГЕНЕРАЦИИ СИМПАТРИЧЕСКИХ ВИДОВ БЕЛЯНОК (LEPIDOPTERA: PIERIDAE) НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

А.О. Шкурихин, Т.С. Ослина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Pieridae, морфологическая изменчивость, фенотипическая пластичность, крыловой рисунок, форма крыла, Южный Урал.

В настоящее время усиливается антропогенное воздействие на природную среду, в связи с этим становится актуальным изучение фундаментальных основ развития живых организмов и пределов их фенотипической пластичности как одного из основных механизмов приспособления к меняющимся условиям. Под фенотипической пластичностью обычно понимают способность одного и того же генотипа в различных условиях среды реализовываться в разные фенотипы в пределах нормы реакции. В течение практически всего XX века в науке доминировала точка зрения, что порождаемая условиями среды изменчивость ненаследственна и не играет заметной роли в эволюционном процессе (Майр, 1968; 1974). Исключение составляют работы И.И. Шмальгаузена о стабилизирующем отборе (Шмальгаузен, 1941; 1983) и К.Х. Уодингтона о канализованности онтогенеза и генетической ассимиляции признаков (Waddington, 1942; 1962). Интерес к данным проблемам многократно возрос лишь в последние годы в связи с развитием новых представлений о механизмах эволюционного процесса и широко обсуждается в последние годы в мировой литературе (Hall, 1999; West-Eberhard, 2003; Gilbert, 2003; Moczek et al., 2011). Удобной моделью для изучения феномена фенотипической пластичности является сезонная изменчивость у животных, образующих в течение года несколько генераций, например, насекомых.

Поливольтинные белянки *Pieris napi* Linnaeus, 1758 и *Pontia edusa* Fabricius, 1777 в условиях Южного Урала образуют от двух до четырех генераций за летний сезон в зависимости от погодных условий. Потомство первой генерации развивается без диапаузы и образует вторую, летнюю генерацию, имаго которой вылетают в июле-августе. У развивающихся в конце лета гусениц в зависимости от длины светового дня, накопленной массы и температуры окружающей среды развитие может идти по одному из двух альтернативных путей. Если

погодные условия летнего сезона благоприятны, то развитие проходит без диапаузы и к концу лета вылетают имаго осенней генерации. Однако часть потомства второй генерации не успевает полностью завершить свое развитие, окукливается и зимует в состоянии диапаузы до следующей весны. В благоприятные годы успевают развиться и потомки осенней генерации, которые также зимуют на стадии куколки. Вылет имаго весенней генерации приходится на май–начало июня.

Способность *P. edusa* зимовать в условиях севера Челябинской области многими авторами ставится под сомнение. Предполагается, что весенняя генерация представлена в основном мигрантами с более южных территорий (Gorbunov, 2001; Коршунов, 2002; Gorbunov, Kosterin, 2003).

Диапаузирующие и недиапаузирующие генерации имаго *P. napi* и *P. edusa* различаются фенотипически. Диапаузирующие имаго характеризуются более мелкими, заостренными крыльями с густым меланиновым затемнением, крупным брюшком и относительно мелким тораксом. У недиапаузирующих имаго напротив, крылья относительно крупные и светлоокрашенные, а брюшко невелико. Имаго весенней генерации наиболее хорошо приспособлены к стремительному и маневренному, но энергетически затратному типу полета (Dudley, 2000; Fric, Konvicka, 2002; Fric et al., 2006). Имаго летне-осенних генераций данных видов наиболее хорошо приспособлены к перелетам на большие расстояния с наименьшими энергетическими затратами. Такие фенотипические различия позволяют весенним особям направить максимально возможную часть накопленных на стадии гусеницы ресурсов на размножение, осенние же имаго более приспособлены к расселению.

Чешуекрылые по сравнению с другими летающими насекомыми обладают очень крупными относительно тела крыльями и соответственно низкой нагрузкой на крыло. Дж. Кингсолвер предложил гипотезу, что такие избыточные размеры крыла нивелируют негативные последствия его изменчивости в популяции (Kingsolver, 1999; Srigley, Kingsolver, 1999). В соответствие с высказанной гипотезой мы предполагаем, что вследствие низкой нагрузки на крыло у имаго осеннего поколения изменчивость формы и размеров крыла должна быть выше по сравнению с весенними имаго. При этом сезонная динамика изменчивости крылового рисунка, очень важного для осуществления терморегуляции, но не оказывающего непосредственного влияния на способность к полету, может не совпадать по направлению с сезонной динамикой изменчивости формы и размеров крыла.

Целью нашей работы было изучение морфологической изменчивости крыла диапаузирующих и недиапаузирующих генераций имаго *P. napi* и *P. edusa*.

В связи с поставленной целью были решены следующие задачи:

1. Оценить величину изменчивости площади крыльев диапаузирующей и недиапаузирующих генераций *P. napi и P. edusa*.

2. Изучить структуру и динамику величины изменчивости формы крыла имаго модельных видов белянок недиапаузирующих и диапаузирующей генераций.

3. Оценить величину и структуру изменчивости крылового рисунка имаго диапаузирующей и недиапаузирующих генераций *P. napi и P. edusa*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Имаго *P. napi* и *P. edusa* отлавливали в течение 2010 и 2011 гг. в окрестностях поселка Метлино Каслинского района Челябинской области. С учётом сезонной динамики обилия имаго в работе проанализированы выборки летней и осенней генерации 2010 г. и выборки весенней генерации 2011 г. Из-за недостаточного объема выборки самок *P. edusa* в 2011 г. все расчеты проводили только на самцах. Объем собранного материала приведен в табл. 1.

Таблица 1. Объем собранного и проанализированного материала

Анализируемый параметр	Генерация	Год	Число особей	
			P. napi	*P. edusa*
Форма крыла	летняя	2010	97	93
	осенняя	2010	33	117
	весенняя	2011	70	20
Крыловой рисунок	летняя	2010	29	22
	осенняя	2010	27	24
	весенняя	2011	30	18

Крылья оцифровывали с помощью фотоаппарата Canon Eos 450D с вентральной и дорсальной стороны. Изменчивость формы крыла анализировали методами геометрической морфометрии (Павлинов, Микешина, 2002; Zelditch et al., 2004). Полученные электронные изображения крыльев обрабатывали в пакете программ TPS (Rolhf, 2006; 2008). Первоначально в программе tpsUtil 1.40 из каталога изображений крыльев создавали tps-файл. Далее в программе tpsDig 2.10 провели расстановку меток (landmarks), очерчивающих общую форму крыла и структуру его жилкования (Шкурихин, Ослина, 2010). Всего для переднего крыла использовали 19 меток (рис. 1). Величину изменчивости формы крыла оценили в программе disparityBox пакета программ IMP (Sheets, 2003) как величину дисперсии.

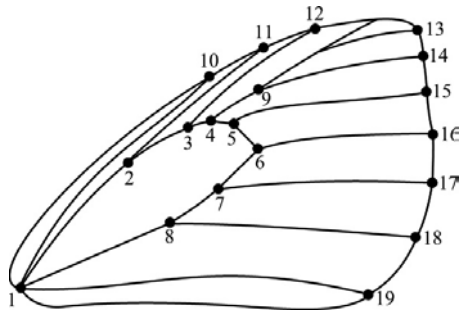


Рис. 1. Схема расстановки меток (landmarks) на переднем крыле белянок.

Измерения площади переднего крыла и меланиновых элементов крылового рисунка провели в программе ImageJ (Abramoff et al., 2004), схема измерения показана на рис. 2. У имаго *P. napi* измеряли площади апикального и базального затемнения, а также пятен M3, Cu2 и R5 на вентральной и дорсальной стороне крыла. У имаго *P. edusa* измеряли суммарную площадь элементов полосы E1+E2, полосы E3, а также площади дискального пятна и базального затемнения с дорсальной и вентральной стороны крыла. Для анализа изменчивости крылового рисунка вычисляли относительные размеры каждого элемента, разделив его площадь на общую площадь крыла. Из набора полученных промеров методом

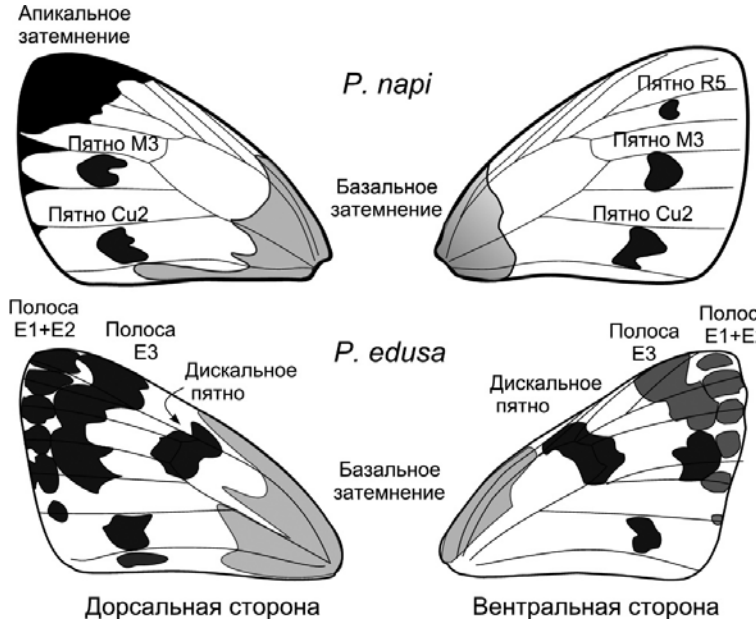


Рис. 2. Схема измерения площади элементов крылового рисунка белянок.

главных компонент выделили первую главную компоненту, на которую приходится наибольшая часть внутригрупповой дисперсии площади меланиновых элементов крылового рисунка. Различия по величине изменчивости между сезонными генерациями белянок оценили по величине дисперсии, приходящейся на первую главную компоненту.

Структуру изменчивости формы крыла и площади элементов крылового рисунка оценили по величине расстояния между ближайшими объектами (nearest neighbor distance или nnd) по методике, предложенной М. Футом (Foote, 1990). Первоначально в прокрустовом пространстве форм (для формы) среди расстояний между всеми объектами выборки находится наименьшее. Затем методом бутстрепа вычисляется случайная кратчайшая дистанция и определяется отношение наблюдаемой дистанции к теоретической (*R*). Если в большинстве случаев отношение *R* больше единицы, то объекты сверхудалены в морфологическом пространстве, заполняют его более разрежено, чем можно объяснить случайными причинами. Напротив, если в большинстве случаев отношение R меньше единицы, то объекты сжаты в общем морфопространстве. Расчеты величины nnd проводили в программах disparityBox пакета программ IMP и Past 2.17c (Hammer et al., 2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение изменчивости размеров крыла диапаузирующей и недиапаузирующих генераций имаго модельных видов белянок показало, что у весенних особей 2011 г. изменчивость размеров крыла существенно ниже, чем у осенних бабочек 2010 г. (рис. 3). Причем гусеницы обеих генераций развивались в сходных условиях и приблизительно в одном временном промежутке конца лета 2010 г. По-видимому, изменчивость размеров крыла в целом оказывает негативное влияние на выживаемость особей в популяции для имаго весеннего морфотипа с мелкими крыльями и высокой нагрузкой на крыло.

В ходе изучения изменчивости формы крыла диапаузирующей и недиапаузирующих генераций имаго *P. napi* было выявлено, что в течение всего периода наблюдений величина изменчивости формы крыла практически не изменяется (рис. 4). У имаго диапаузирующей генерации *P. edusa* изменчивость формы крыла существенно выше, чем у представителей недиапаузирующих генераций. Предполагается, что на севере Челябинской области зимующие куколки *P. edusa* вымерзают, и весенняя генерация формируется мигрантами из более южных областей. Имаго из различных популяций обладают несколько разными по форме крыльями, вследствие чего и возрастает изменчивость по данному признаку у весенней генерации.

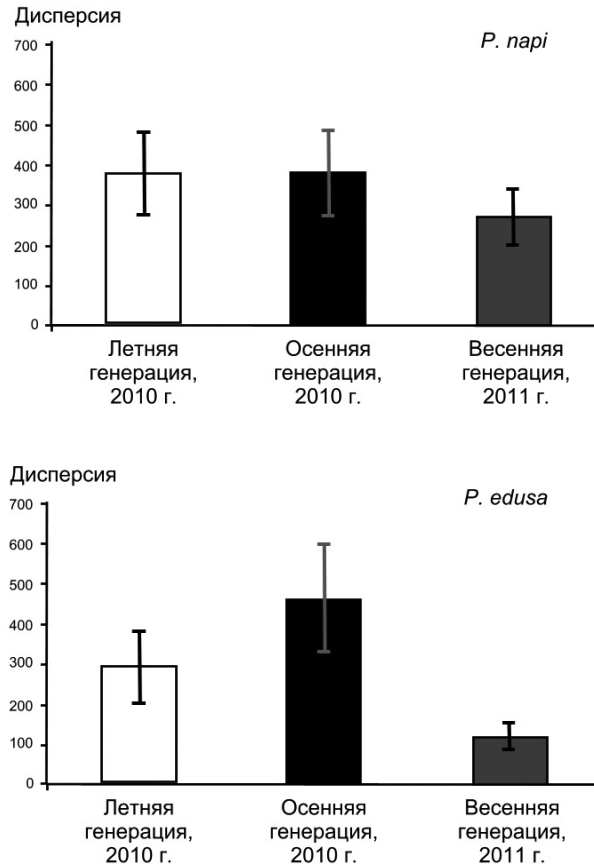


Рис. 3. Сезонная динамика изменчивости размеров крыла модельных видов белянок в 2010–2011 гг.

Наиболее варьирующим элементом формы крыла и структуры его жилкования независимо от вида и генерации является дистальная часть медиальной ячейки. Взаимное расположение корней радиальных (R2+3, R4+5) и второй медиальной (M2) жилок не оказывает существенного влияния на общие очертания крыла, а следовательно и на его аэродинамические свойства, и тем самым, на приспособленность имаго к полету.

Изучение структуры изменчивости формы крыла различных генераций *P. napi* показывает, что по величине расстояния между наиболее близкими объектами разные генерации не различаются (табл. 2).

Таблица 2. Величина расстояний между ближайшими соседями (nnd) в морфопространстве изменчивости формы переднего крыла имаго P. napi и P. edusa и отношение наблюдаемой nnd к теоретической (R)

Вид	Генерация	Значение nnd	*R*	*p*
P. napi	летняя, 2010	0.035	<1	<0.05
	осенняя, 2010	0.038	<1	<0.05
	весенняя, 2011	0.036	<1	<0.05
P. edusa	летняя, 2010	0.035	<1	<0.05
	осенняя, 2010	0.036	<1	<0.05
	весенняя, 2011	0.048	<1	0.67

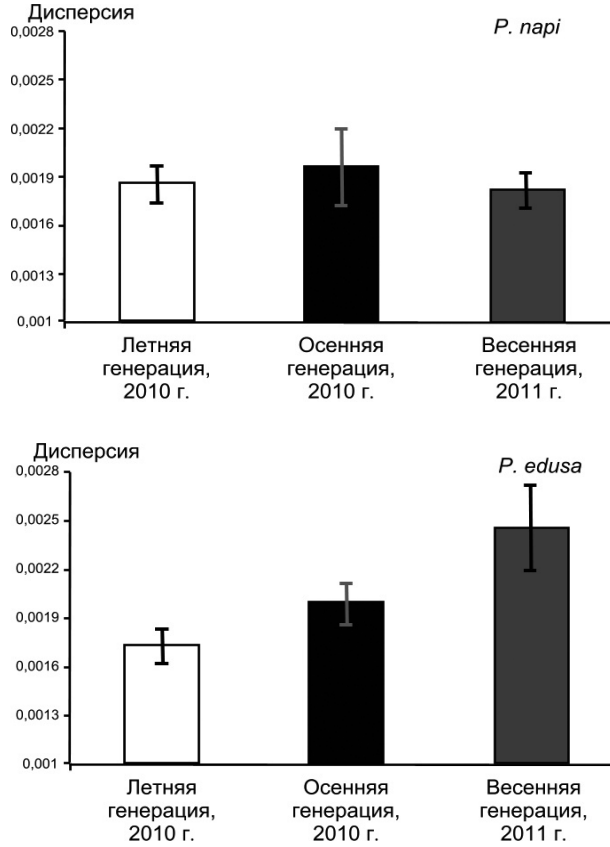


Рис. 4. Сезонная динамика изменчивости формы крыла модельных видов белянок в 2010–2011 гг.

Объекты распределены в морфопространстве более скученно, чем можно объяснить случайностью. Существование нескольких в общем морфопространстве вида нескольких областей притяжения (аттракторов), вокруг которых концентрируются отдельные объекты, свидетельствует о существовании нескольких основных креодов развития формы крыла (Васильев, 2005). В популяции *P. napi* с некоторыми вариациями реализуется несколько основных морфотипов крыла. У *P. edusa* особи недиапаузирующих генераций ординированы в общем морфопространстве формы крыла также более скученно, чем можно объяснить случайностью. Имаго весенней диапаузирующей генерации распределены более разреженно и случайным образом. Данная генерация имаго образована мигрантами с более южных территорий, поэтому одного или нескольких общих креодов развития формы крыла не наблюдается.

При изучении изменчивости крылового рисунка было установлено, что у обоих изучаемых видов величина изменчивости диапаузирующей генерации выше, чем у недиапаузирующих (рис. 5). Это может быть связано с большей степенью экспрессии крылового рисунка, а также с воздействием низких температур в зимний период, дестабилизирующим развитие рисунка. Наиболее варьирующим элементом рисунка у обоих изучаемых видов является базальное затемнение вентральной стороны крыла. Кроме того, у *P. napi* значительная доля дисперсии обусловлена изменчивостью затемнения вдоль радиального и медиального стволов жилок, а также апикальное затемнение. У всех генераций *P. edusa* сильно варьирует площадь первой и второй краевых систем пятен, у диапаузирующего поколения также велика изменчивость дискального пятна на вентральной стороне.

Анализ структуры изменчивости крылового рисунка различных генераций *P. napi* и *P. edusa* показал, что расстояния между наиболее близкими объектами в общем морфопространстве у диапаузирующей генерации выше, чем у недиапаузирующих. Однако распределение объектов в морфопространстве в большинстве случаев носит случайный характер. Исключением являются весенняя генерация *P. napi* и летняя генерация *P. edusa*, особи которых распределены в морфопространстве более разреженно, чем можно объяснить случайностью (табл. 3).

ВЫВОДЫ

1. У имаго диапаузирующей весенней генерации модельных видов белянок размеры крыла менее изменчивы, чем у имаго недиапаузирующей осенней генерации. При сравнительно небольших размерах крыльев и, соответственно, повышенной нагрузке на крыло

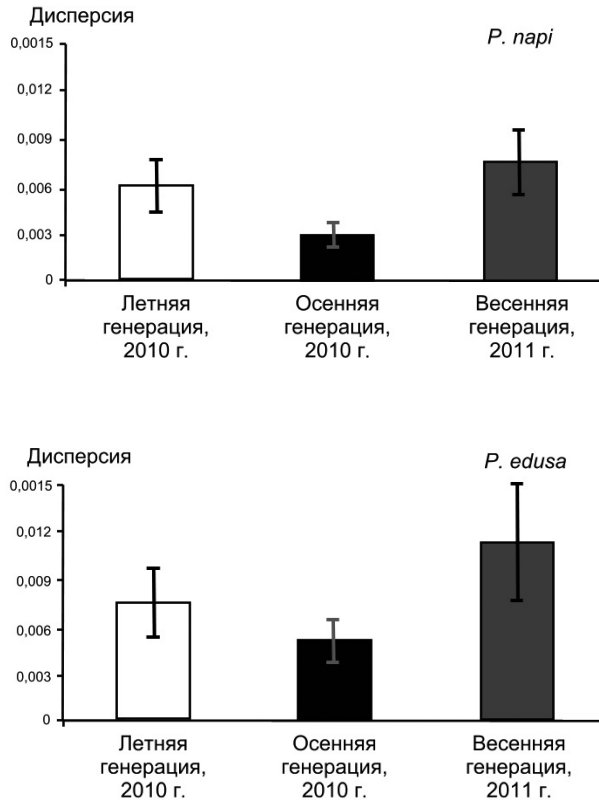


Рис. 5. Сезонная динамика изменчивости формы крыла модельных видов белянок в 2010–2011 гг.

Таблица 3. Величина расстояний между ближайшими соседями (nnd) в морфопространстве изменчивости площади меланиновых элементов крылового рисунка крыла имаго P. napi и P. edusa и отношение наблюдаемой nnd к теоретической (R)

Вид	Генерация	Значение nnd	*R*	*p*
P. napi	летняя, 2010	0.012	≈1	0.08
	осенняя, 2010	0.009	≈1	0.61
	весенняя, 2011	0.014	>1	<0.05
P. edusa	летняя, 2010	0.010	>1	<0.05
	осенняя, 2010	0.009	≈1	0.28
	весенняя, 2011	0.012	≈1	0.25

изменчивость его размеров может оказывать существенное влияние на выживаемость имаго.

2. По структуре изменчивости формы крыла представители всех генераций *P. napi* кластированы вокруг основного креода в морфопространстве, что указывает на их принадлежность к одной популяции. Имаго диапаузирующей генерации *P. edusa* распределены в морфопространстве изменчивости формы более разреженно и случайным образом, что объясняется появлением в изучаемой популяции в весенний период значительного количества мигрантов из более южных областей.

3. Сезонная динамика изменчивости крылового рисунка не совпадает по направлению с динамикой изменчивости формы крыла, так как рисунок не оказывает непосредственного влияния на способность к полету у имаго, а связан с механизмом терморегуляции.

Авторы выражают признательность д.б.н., проф. А.Г. Васильеву и к.б.н. Е.Ю. Захаровой за обсуждение результатов и ценные замечания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума УрО РАН (грант № 12-П-4–1048), РФФИ (грант № 11–04–00720), программы Президиума УрО РАН для молодых ученых и аспирантов (13-4-НП-412) и программы поддержки ведущих научных школ (НШ–5325.2012.4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Васильев А.Г. Эпигенетические основы фенетики: на пути к популяционной мерономии. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 640 с.

Коршунов Ю.П. Булавоусые чешуекрылые Северной Азии. М.: КМК, 2002. 424 с.

Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968. 597 с.

Майр Э. Популяции, виды и эволюция. М.: Мир, 1974. 460 с.

Шмальгаузен И.И. Стабилизирующий отбор и его место среди факторов эволюции // Журн. общ. биологии. 1941. Т. 2, № 3. С. 307–354.

Шмальгаузен И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса. М.: Наука, 1983. 360 с.

Шкурихин А.О., Ослина Т.С. Сезонная изменчивость параметров крыла и массы тела поливольтинной белянки *Pieris napi* (Lepidoptera: Pieridae) // Экология от южных гор до северных морей: материалы Всерос. конф. Екатеринбург, 2010. С. 213–219.

Abramoff M.D., Magalhaes P.J., Ram S.J. Image Processing with ImageJ // Biophotonics International. 2004. V. 11, № 7. P. 36–42.

Dudley R. The Biomechanics of Insect Flight: Form, Function, Evolution. Princeton: Princeton Univ. Press, 2000. 536 p.

Fric Z., Konvicka M. Generations of the polyphenic butterfly *Araschnia levana* differ in body design // Evol. Ecology Res. 2002. Vol. 4. P. 1017–1033.

Fric Z. Klimova M., Konvicka M. Mechanical design indicates differences in mobility among butterfly generations // Evol. Ecology Res., 2006. V. 8. P. 1511–1522.

Gilbert S.F. Evo-Devo, Devo-Evo, and Devgen-Popgen // Biology and Philosphy. 2003. V. 18. P. 347–352.

Gorbunov P.Y. The butterflies of Russia: classification, genitalia, keys for identification (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea). Ekaterinburg: Thesis, 2001. 320 p.

Gorbunov P., Kosterin O. The butterflies (Hesperioidea and Papilionoidea) of North Asia (Asian part of Russia) in nature. M.: Rodina & Fodio; Cheliabinsk: Gallery Fund, 2003. V. 2. 392 p.

Hall B.K. Evolutionary developmental biology. 2nd edn. Boston: Kluwer, 1999. 285 p.

Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis // Palaeont. Electronica. 2001. V. 4. № 1. 9 p.

Kingsolver J.G. Experimental analyses of wing size, flight and survival in the western white butterfly // Evolution. 1999. V. 53. P. 1479–1490.

Moczek A.P., Sultan S., Foster S. et al. The role of developmental plasticity in evolutionary innovation // Proc. R. Soc. (B). 2011. V. 278. P. 2705–2713.

Rohlf F.J. TpsDig version 2.10. Ecology & Evolution: (program) New York: Suny at Stony Brook., 2006.

Rohlf F.J. TpsUtil version 1.40. Ecology & Evolution: (program) New York: Suny at Stony Brook., 2008.

Sheets H.D. IMP-Integrated Morphometrics Package. Department of Physics, CanisiusCollege, Buffalo, New York. 2003 http://www2.canisius.edu/~sheets/morphsoft.html.

Srigley R.B. Kingsolver J.G. Effects of weight loading on flight performance and survival of palatable Neotropical *Anartia fatima* butterflies // Biological J. of the Linnean Soc. 2000. V. 70. P. 707–725.

Waddington C.H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters // Nature. 1942. V. 150. P. 563–565.

Waddington C.H. New patterns in genetics and development. N-Y.–London: Columbia Univ. Press., 1962. 280 p.

West-Eberhard M.J. Developmental plasticity and evolution. Oxford: Oxford Univ. Press, 2003. 816 p.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТЬЕВ СТЕПНЫХ РАСТЕНИЙ ВДОЛЬ ШИРОТНОГО ГРАДИЕНТА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

П.К. Юдина, Л.А. Иванова
Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: листовые параметры, климат, фотосинтетический аппарат, мезофилл, широтный градиент, Южный Урал.

Известно, что благодаря возможности структурной и функциональной перестройки, фотосинтетический аппарат растений обеспечивает необходимый уровень газообмена в разных климатических условиях. В связи с усилением аридности климата в средних широтах Земли в последние десятилетия, особенно важным является изучение адаптации фотосинтетической функции растений к недостатку воды. В настоящее время в этом отношении лучше изучены растения крайне аридных территорий — пустынь, в то время как характеристики степных растений изучены недостаточно. Известны отдельные работы по листовым параметрам растений азиатских степей (Зверева, 1986; Иванов и др., 2004) и европейских степных сообществ (Иванов и др., 2008; Шереметьев, 2005). Уральские степные виды, которые произрастают на границе Европы и Азии, до сих пор остаются неизученными. Цель данной работы — изучить параметры структуры мезофилла листа степных растений Южного Урала и выявить закономерности структурных изменений фотосинтетического аппарата вдоль широтного градиента при увеличении аридности климата.

Нами изучена структура фотосинтетических тканей листа у 69 образцов для 63 видов степных растений Среднего и Южного Урала в четырех районах (лесостепь, северная степь, южная степь) вдоль широтного градиента от 65° с.ш. до 60° с.ш.

Показано, что морфологические характеристики листа — толщина и плотность — не изменялись с увеличением аридности климата. Объем клеток и их число в единице площади изменялись нелинейно. При этом выявлено двукратное увеличение общей поверхности клеток мезофилла в степной зоне по сравнению с лесостепной.

На отрезке от южной тайги до северной степи поверхность мезофилла возрастала за счет увеличения числа клеток без изменения их объема, а в средней степи значение ИМК поддерживалось на высоком уровне за счет увеличения объема клеток. Число хлоропластов в единице площади и ИМХ увеличивались вдоль градиента с севера на юг. Таким образом, было показано, что основным направлением структурно-функциональной адаптации листьев степных растений к аридному стрессу является изменение интегральных показателей мезофилла — а именно увеличение общей поверхности клеток и хлоропластов в единице площади листа, что необходимо для ускорения внутрилистовой диффузии CO_2 при усилении аридности климата.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 11–04–00435) и Президиума УрО РАН (проект № 13-4-НП-528).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Зверева Г.К. Экологические особенности ассимиляционного аппарата степных растений Центральной Тувы // Экология. 1986. № 3. С. 23–27.

Иванов Л.А., Ронжина Д.А., Иванова Л.А. и др. Структурно-функциональные особенности адаптации растений Гоби к аридизации климата // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10. № 24–25. С. 91–102.

Иванов Л.А., Ронжина Д.А., Иванова Л.А. Изменение листовых параметров как показатель смены функциональных типов степных растений вдоль градиента аридности // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 3. С. 332–339.

Шереметьев С.Н. Травы на градиенте влажности почвы (водный обмен и структурно-функциональная организация). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2005. 271 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ К ИЗДАНИЮ.....3

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИРОСТА ПОКРОВОБРАЗУЮЩИХ ЛИШАЙНИКОВ В ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ГРАДИЕНТАХ

С.Ю. Абдульманова 5

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *SCORZONERA GLABRA* RUPR. В УСЛОВИЯХ РАЗНОТИПНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

П.О. Андреева.....15

ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ ОКРЕСТНОСТЕЙ ДЕРЕВНИ ЧЕМБАКЧИНА (ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ – ЮГРА)

А.С. Афонин.....18

АСПЕКТЫ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ *DACTYLORHIZA OCHROLEUCA* И *D. INCARNATA* НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

А.А. Барлыбаева.....19

ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ДВОРОВЫХ АВТОСТОЯНОК

Е.Л. Вахрушева, В.А. Шадрин.....21

ПИЩЕВЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ДВУХЦВЕТНОГО КОЖАНА (CHIROPTERA, VESPERTILIONIDAE) В СРЕДНЕМ ЗАУРАЛЬЕ

О.Р. Гизуллина.....22

ПОКАЗАТЕЛЬ УСЛОЖНЕННОСТИ КОРОНАРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБОВ У ТРЕХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *MARTES*

Д.О.Гимранов.....24

МОРФОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗУБОВ ЛЕСНОГО (*MARTES PUTORIUS* L.) И СТЕПНОГО (*M. EVERSMANII* LESS.) ХОРЕЙ

Д.О.Гимранов.....28

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{90}SR, ^{137}CS В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ЖИДКИХ СБРОСОВ БАЭС

Е.В. Глухова, О.В. Рукавишникова.....32

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧЕРЕПА ЛИСИЦЫ *VULPES VULPES* L. СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Госьков.....34

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ МАНЖЕТКИ (*ALCHEMILLA VULGARIS* L. s.l.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ

М.Р. Давлятбаева, Д.А. Постникова.....36

СУТОЧНАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОНВЕРСИОННОЙ АКТИВНОСТИ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ

Д.К.Диярова.....38

«МАМОНТОВЫЕ КЛАДБИЩА» СЕВЕРНОЙ АЗИИ

Л.В. Зинатова.....46

ФЛОРА ОБВОДНЕННЫХ КАРЬЕРОВ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОС. ВОЛКОВСКИЙ (ВОТКИНСКИЙ РАЙОН УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

К.А. Ивакова.....48

СЕВЕРНЫЙ ОЛЕНЬ (*RANGIFER TARANDUS* L.) ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

А.В. Кисагулов.....49

ВЫЯВЛЕНИЕ АДАПТАЦИЙ *COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA* L. К ПИТАНИЮ КОЛОРАДСКИМ ЖУКОМ С ПОМОЩЬЮ БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ СТРЕССА

К.А. Китаев, Г.В. Беньковская.....51

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Т.Р. Клевлеева.....55

СООТНОШЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ТЕЛА И ЗУБОВ ПОЛЕВКИ-ЭКОНОМКИ (*MICROTUS OECONOMUS* PALL.) В ОНТОГЕНЕЗЕ

Ю.Э. Кропачева.....57

К АНАЛИЗУ ФЛОРЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ ПОСЕЛКА СТАРЫЙ ПРОСВЕТ КЕТОВСКОГО РАЙОНА КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ВОДНЫЕ, ПРИБРЕЖНЫЕ И БОЛОТНЫЕ РАСТЕНИЯ

Н.А. Маленьких, Т.А. Коткова.....64

СОВРЕМЕННЫЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ, ОБИТАЮЩИХ НА ВУРСе

Г.П. Малиновский.....66

ОПЫТ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РУКОКРЫЛЫХ: ПРУДОВАЯ (*MYOTIS DASYCNEME*) И ВОДЯНАЯ *(M. DAUBENTONII*) НОЧНИЦЫ

В.А. Мищенко.....67

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *TULIPA PATENS* НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Л.В. Мухаметшина, Э.З. Муллабаева.....69

ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ БОРРЕЛИЙ В КЛЕЩАХ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ МЕТОДОМ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Т.А. Мухачева, Ж.М. Меркушина.....70

СИМБИОТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ И ВОДОРОСЛЕЙ

Н.В. Неустроева.....77

ИНГАЛЯЦИОННЫЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕМ РАЙОНЕ (НА ПРИМЕРЕ НОВОШЕШМИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Л.В.Новикова.....81

ФЕНОЛОГИЯ ПАУКА-ВОЛКА *TROCHOSA RURICOLA* (DE GEER, 1778)
В НАРУШЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ

Е.В. Плакхина.....83

ОСНОВЫ КОМПОЗИЦИИ НАУЧНОГО СТЕНДА

М.О. Садыков.....86

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРОФИЧЕСКОГО СПЕКТРА
ЗЕЛЕНОЯДНЫХ ГРЫЗУНОВ НА ПРИМЕРЕ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОЛЕВКИ
(*MICROTUS ARVALIS OBSCURUS*, PALL., 1778)

П.А. Сибиряков.....96

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЫХАНИЯ ПОДСТИЛКИ *IN SITU*:
НОВЫЕ ВОПРОСЫ

И.А. Сморкалов.....101

ФЛОРА ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ
Г. КАМБАРКИ (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

К.И. Тукмачева.....103

СПЕКТР ПИТАНИЯ ЗИМНЯКА (*BUTEO LAGOPUS*)
В КУСТАРНИКОВОЙ ТУНДРЕ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

И.А. Фуфачев, Н.А. Соколова.....105

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ
СРЕДНЕУРАЛЬСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА

И.А. Хлыстов.....110

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
КРЫЛЬЕВ ДИАПАУЗИРУЮЩЕЙ И НЕДИАПАУЗИРУЮЩЕЙ ГЕНЕРАЦИИ
СИМПАТРИЧЕСКИХ ВИДОВ БЕЛЯНОК (LEPIDOPTERA: PIERIDAE)
НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

А.О. Шкурихин, Т.С. Ослина.....119

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТЬЕВ СТЕПНЫХ
РАСТЕНИЙ ВДОЛЬ ШИРОТНОГО ГРАДИЕНТА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

П.К. Юдина, Л.А. Иванова.....130

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

материалы конференции
молодых ученых

Редакторы:
Е.В. Антонова,
В.В. Кукарских,
Н.О. Садыкова,
К.И. Ушакова
Вёрстка, оформление:
С.С. Трофимовой

Подписано в печать 13.10.2013 г.
Формат 60 × 90; 1/16
Гарнитура PeterburgC
Печать офсетная
Печатных листов 8,5
Тираж 200 экз.
Заказ №

Вёрстка и PS-файлы издательства «ЮШИКИЙ»

Отпечатано в ООО «ИД «ЛИСИЦА»
Екатеринбург, ул. Новостроя, 1а, офис 216