



Учреждение Российской академии наук
Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН
Русское ботаническое общество



Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы

Материалы Всероссийской научной конференции
с международным участием

(Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011 г.)

Том 2

**Структура и динамика растительных сообществ
Экология растительных сообществ**

Санкт-Петербург
2011

УДК 581.52:005.745

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОБОТАНИКА: ОСНОВНЫЕ ВЕХИ И ПЕРСПЕКТИВЫ:

Материалы Всероссийской конференции (Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011 г.).

ISBN 978-5-93938-044-7

Том 2: Структура и динамика растительных сообществ. Экология растительных сообществ. Санкт-Петербург, 2011. 518 с.

ISBN 978-5-93938-046-1 (т. 2)

Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы», организованной Ботаническим институтом им. В.Л. Комарова РАН и Русским ботаническим обществом, представлены в двух книгах. Второй том включает доклады, касающиеся вопросов организации растительных сообществ, влияния различных факторов природной среды на их разнообразие, видовой состав, структуру и продуктивность. Представлены результаты исследования динамики растительных сообществ после катастрофических нарушений и в результате долговременных природных изменений, а также под влиянием различных антропогенных воздействий и промышленного загрязнения среды.

Материалы сборника представляют интерес для геоботаников, экологов, географов, ботаников, специалистов в области охраны природы, лесного хозяйства.

Редакционная коллегия: В.Т. Ярмишко (ответственный редактор), И.Ю. Сумерина, В.Н. Храмцов, Е.А. Волкова, Е.А. Мазная, Н.А. Секретарева.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Отделения биологических наук РАН, Санкт-Петербургского научного центра РАН, Комитета по науке и высшей школе Санкт-Петербурга

ISBN 978-5-93938-046-1 (т. 2)
ISBN 978-5-93938-044-7

© Коллектив авторов, 2011
© Учреждение Российской академии наук
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
Русское Ботаническое общество

В большинстве исследованных озер среди прибрежно-водной растительности преобладают сообщества тростника южного и рогоза узколистного, среди погруженной — рдеста гребенчатого, роголистника погруженного и урути сибирской.

Степень минерализации воды в озерах отражается не только на видовом разнообразии высшей водной растительности, но и на количественных показателях в растительных сообществах.

В сообществах погруженной растительности во всех исследованных озерах численность и продукция изменялись в пределах от 4 до 104 экз./м² и от 63 до 348 г/м², соответственно. Наибольшие значения численности (104 экз./м²) и продукции (214 г/м²) отмечены в сообществах рдеста гребенчатого и урути сибирской в озерах Горькое и Кривое при минерализации 6.1 и 9.7 г/дм³, соответственно. Максимальная продукция (348 г/м²) обнаружена в сообществах роголистника погруженного в оз. Мельничное (минерализация 0.64 г/дм³), минимальная (63 г/м²) — в сообществах рдеста блестящего в оз. Ледорезное (минерализация 0.39 г/м²) (табл.).

В полупогруженных сообществах тростника южного численность и биомасса колебались в пределах 32–240 экз./м² и 196–1589 г/м², соответственно. Максимальные значения этих показателей отмечены в озерах Мостовое, Лена и Горькое при минерализации воды 1.3; 2.6 и 6.1 г/дм³, соответственно.

Выводы

В 2008–2010 гг. исследованы 26 разнотипных озер юга Обь-Иртышского междуречья, по химическому типу вод относящиеся к гидрокарбонатно-натриевому, сульфатно-натриевому и хлоридно-натриевому типам. Минерализация воды в озерах в период низкого уровня находилась в пределах от 0.39 до 200.0 г/дм³.

Установлено, что видовое разнообразие флоры в большей степени зависит от уровня минерализации воды, чем от химического типа вод. Оптимальна для существования высших водных растений минерализация воды до 1.5 г/дм³, видовое разнообразие макрофитов в таких водоемах составляет 11–17 видов и представлены все типы экобиоморф. Значительное обеднение видового разнообразия макрофитов (до 2–5 видов) происходит в озерах с минерализацией воды выше 1.5 г/дм³ за счет выпадения из экологического спектра плавающих и погруженных растений.

В отличие от видового разнообразия, относительно высокие показатели численности и биомассы в растительных сообществах отмечены при более высокой минерализации воды до 6.1–9.7 г/дм³.

Минерализации воды выше 10 г/дм³ является критической, после которой в озерах встречается не больше 1–2 видов полупогруженных растений, а численность и биомасса в растительных сообществах значительно снижаются.

Список литературы

- Кириллов В. В., Безматерных Д. М., Зарубина Е. Ю., Долматова Л. А. и др. 2008. Состав и структура экосистем степных озер Алтайского края в 2008 г. // Наука — Алтайскому краю, 2008 год. Сб. науч. ст. Вып. 2. Барнаул. С. 237–253. — Кириллов В. В., Зарубина Е. Ю., Безматерных Д. М., Долматова Л. А. и др. 2009. Сравнительный анализ экосистем разнотипных озер Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока // Наука — Алтайскому краю, 2009 год. Сб. науч. ст. Вып. 3. Барнаул. С. 311–333. — Кириллов В. В., Зарубина Е. Ю., Котовицков А. В., Кириллова Т. В., Долматова Л. А. и др. 2010. Состав и структура водных экосистем бассейна реки Бурлы в 2010 г. // Наука — Алтайскому краю, 2010 год. Сб. науч. ст. Вып. 4. Барнаул. С. 310–348. — Корелякова И. Л. 1977. Растительность Кременчугского водохранилища. Киев. 197 с. — Лисицина Л. И., Папченко В. Г. 2000. Флора водоемов России: Определитель сосудистых растений. М. 237 с. — Оксьюк О. П., Жукин В. Н., Брагинский П. Н. и др. 1993. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод // Гидробиол. журн. Т. 29. № 4. С. 62–77. — Папченко В. Г. 2003. Продукция макрофитов вод и методы ее изучения // Гидробиотаника: методология и методы. Рыбинск. С. 137–145. — Поползин А. Г. 1967. Озера юга Обь-Иртышского бассейна (Зональная комплексная характеристика). Новосибирск. 350 с. — Распопов И. М. 1992. Мониторинг высшей водной растительности. // Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. С. 173–243. — Распопов И. М. 2003. Продукция макрофитов водоемов с замедленным водообменом: основные понятия, методы изучения // Гидробиотаника: методология и методы. Рыбинск. С. 146–150. — Флора Сибири. 1988–2003. Новосибирск. Т. 1–14. — Флора СССР. 1934–1964. М.; Л. Т. 1–30.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ ЭКСТРАЗОНАЛЬНЫХ СТЕПЕЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Н. В. Золотарева

Институт экологии растений и животных УрО РАН
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202. E-mail: nvp@ipae.uran.ru

Ключевые слова: *горные степи, динамика растительности.*

В настоящее время большой интерес общественности вызывают происходящие климатические изменения, следствием которых становятся преобразования экосистем в целом и растительного покрова в частности. Известны исследования, посвященные пространственно-временной динамике лесотундровых, лесолуговых и лесных фитоценозов и в основном осуществляемые в высокогорьях или субарктических регионах,

где климатические изменения проявляются наиболее сильно. В пределах бореальной зоны особый интерес представляют растительные сообщества, формирующиеся в экстремальных для древесной растительности почвенно-климатических условиях. В качестве индикатора происходящих изменений климата в настоящее время могут рассматриваться экстразональные горные степи.

На восточном макросклоне Урала в пределах бореально-лесной зоны петрофитные степи, располагающиеся на крутых склонах южных экспозиций, являются эдафически обусловленным субклимаксом, способным существовать неопределенно длительное время. Жесткий радиационный режим и постоянный смыв мелкозема с верхних частей склона препятствуют формированию почвенного слоя достаточной мощности и влагоемкости для существования древесной растительности. Тем не менее, степные фитоценозы, находящиеся в окружении сосновых лесов, постоянно обогащаются проростками сосны, которые обычно погибают в течение первых лет жизни под воздействием экстремальных условий, существующих на крутых юго-западных склонах, где уже в течении нескольких тысячелетий сохраняется степная растительность. Однако в последние десятилетия стало очевидным сокращение площадей, занятых экстразональной степной растительностью: так, еще В. И. Прокаев и А. А. Каргашин (1980) описали на Уктусских горах в окрестностях г. Екатеринбурга 11 степных участков, последующее обследование (Баландин, 2001) показало, что три из них практически исчезли в результате зарастания сосной. Активное развитие подроста сосны отмечено нами также и на других степных участках (Золотарева, 2010).

Цель проведенного исследования — выявление изменений видового состава и структуры экстразональных степей, произошедших за последние 10 лет, на примере петрофитных степных фитоценозов, существующих в пределах Ильменского государственного заповедника.

В период с 1997 по 2001 г. нами была изучена степная растительность Ильменского хребта на территории Ильменского государственного заповедника (Горчаковский, Золотарева, 2004). Район исследования находится на восточном макросклоне Южного Урала, в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов бореально-лесной зоны на границе с лесостепью. Основной массив горных степей расположен у юго-западных берегов озера Большое Миассово в восточных предгорьях Ильменского хребта — на Демидовских сопках. Эти небольшие округлые сопки сложены серпентинитами, их северные склоны покрыты лиственнично-сосновыми и сосново-лиственничными редколесьями с остепненным травяным покровом, а южные и юго-западные — комплексом степных фитоценозов. Наиболее крутые, сухие и прогреваемые верхние части склонов заняты петрофитными степями с доминированием петрофитно-степных и степных мезоксерофитов, таких как *Artemisia commutata*, *A. frigida*, *Centaurea sibirica*, *Echinops crispus*, *Dianthus acicularis*, *Festuca valesiaca*, *Stipa pennata*. Именно эти фитоценозы были выбраны нами для проведения фитомониторинга. Крутизна склона в местообитаниях исследованных сообществ находится в пределах от 12 до 24°, в большинстве случаев более 17°, площади сообществ от 42 до 122 м², общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в 2009 г. составляло от 40 до 70 %. В 1999 г., а затем в 2009 г. для каждого из 10 исследованных сообществ составлялось геоботаническое описание, в пределах 8 из них проводилась оценка встречаемости высших растений, для чего в каждом закладывалось 25 площадок 50×50 см. Достоверность отличий исследованных параметров по годам определялась с помощью критерия Стьюдента. Для снижения субъективности глазомерной оценки проективного покрытия при проведении сравнений использовалось относительное проективное покрытие вида (доля от проективного покрытия всех видов сообщества) (Понятовская, 1964).

Метод повторных ландшафтных фотографий (Шиятов, 2009) позволяет продемонстрировать изменения в распределении лесной и степной растительности на склонах Демидовских сопкок — в 2009 г. некогда единый степной склон оказался разделен на отдельные участки (рис.).



2000 г.



2009 г.

Рис. Степной склон Демидовских сопкок, вид со стороны оз. Демидовского.

Во время первого обследования (1997–1999 гг.) подрост сосны, существующий в ложбинах и микропонижениях на склонах, имел высоту не более 100 см и изреживался в результате усыхания. При повторном обследовании горных степей были отмечены существенные изменения растительности — небольшие ложбины по склону заросли сосной, которая в настоящее время достигает 2.5–3.0 м. Также подрост сосны и лиственницы активно развивается на опушках и боковых, покатых частях склонов, где снегонакопление, а следовательно, и влагоемкость почвы выше. В 2009 г. всходы и подрост сосны отмечены и на каменистых взлобках в сообществах петрофитных степей, местообитания которых характеризуются крайне неблагоприятными условиями для существования древесной растительности. В трех из 10 исследованных фитоценозов (№ 4, 8, 10) встречены сосны в количестве 1–8 и с минимальным возрастом от 2 до 7 лет (возраст определялся путем подсчета числа мутовок ветвей (Ярмишко, 1995)).

В результате проведенных исследований выявлено изменение видового состава всех исследованных фитоценозов, высокие значения коэффициента сходства Сьеренсена свидетельствуют о том, что отмеченное изменение незначительно и в наибольшей степени проявилось в фитоценозе № 11 (табл.). В 2009 г. не найдено от 3 до 15 видов на фитоценоз, это виды с низким обилием (un.-sol.) и малой встречаемостью, в основном не превышающей 0.12, они составляют от 19 до 37 % видов I и II классов встречаемости. Число появившихся видов меньше исчезнувших и составляет от 1 до 6 на фитоценоз, они также отличаются низким обилием и малой встречаемостью. Среди появившихся видов нет принципиально новых — все они присутствовали в ценофлоре исследованных петрофитных степей в 1999 г. Среди исчезнувших два вида не найдены в 2009 г. ни в одном из исследованных фитоценозов — это однолетники *Chenopodium album* и *Euphrasia pectinata*. Наибольшее число видов исчезло из состава фитоценоза № 11, где доминируют *Stipa pennata* и *Fragaria viridis*, он находится на более поздней стадии сукцессии по сравнению с остальными исследованными фитоценозами. За прошедшее десятилетие видовое богатство фитоценозов уменьшилось на 2–10 видов, т. е. на 8–34 %.

Таблица

Краткая характеристика фитоценозов петрофитных степей Ильменского заповедника

№	Содоминанты, проективное покрытие, %		Видовое богатство		Число исчезновений/появлений	Индекс Шеннона		Коэффициент Сьеренсена
	1999	2009	1999	2009		1999	2009	
5	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Echinops crispus</i> , 20	<i>Artemisia frigida</i> , 25 <i>Dianthus acicularis</i> , 15	28	26	4/2	2.54	2.35	0.89
12	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Dianthus acicularis</i> , 15	<i>Dianthus acicularis</i> , 25 <i>Festuca valesiaca</i> , 30	35	29	7/1	2.91	2.43	0.88
6	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Echinops crispus</i> , 40	<i>Dianthus acicularis</i> , 25 <i>Echinops crispus</i> , 40	36	32	5/1	2.62	2.36	0.91
7	<i>Artemisia commutata</i> , 15 <i>Artemisia frigida</i> , 10 <i>Echinops crispus</i> , 15	<i>Artemisia frigida</i> , 15 <i>Dianthus acicularis</i> , 15 <i>Festuca valesiaca</i> , 15	37	33	6/2	2.96	2.77	0.89
4	<i>Alyssum obovatum</i> , 15 <i>Artemisia frigida</i> , 15 <i>Centaurea sibirica</i> , 20	<i>Centaurea sibirica</i> , 20 <i>Dianthus acicularis</i> , 15 <i>Festuca valesiaca</i> , 15	41	35	7/1	3.05	2.86	0.89
8	<i>Artemisia frigida</i> , 15 <i>Dianthus acicularis</i> , 15 <i>Festuca valesiaca</i> , 15	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Centaurea sibirica</i> , 15	31	36	3/6	2.83	2.78	0.84
10	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Dianthus acicularis</i> , 15 <i>Festuca valesiaca</i> , 15	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Festuca valesiaca</i> , 20	35	29	9/2	2.92	2.61	0.84
11	<i>Fragaria viridis</i> , 40 <i>Stipa pennata</i> , 15	<i>Carex caryophylla</i> , 15 <i>Fragaria viridis</i> , 15 <i>Stipa pennata</i> , 35	54	44	15/6	3.13	2.86	0.78
13	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Centaurea sibirica</i> , 20	<i>Centaurea sibirica</i> , 15 <i>Dianthus acicularis</i> , 15 <i>Festuca valesiaca</i> , 15	32	29	5/2	2.83	2.7	0.89
17	<i>Artemisia frigida</i> , 25 <i>Stipa pennata</i> , 25	<i>Artemisia frigida</i> , 20 <i>Festuca valesiaca</i> , 20 <i>Stipa pennata</i> , 25	28	27	5/4	2.47	2.71	0.84

В каждом из фитоценозов произошла смена одного или двух содоминантов (табл.), в 2009 г. не отмечено фитоценозов, где содоминантами были бы *Artemisia commutata* или *Alyssum obovatum*, уменьшилась частота доминирования *Artemisia frigida* и *Echinops crispus*, увеличилась — *Dianthus acicularis* и *Festuca valesiaca*. Несмотря на то, что относительное проективное покрытие *Dianthus acicularis* и *Festuca valesiaca* в совокупности рассматриваемых фитоценозов за прошедший период в среднем увеличилось в 2 раза, это изменение недостоверно. Не было выявлено достоверных изменений относительного проективного покрытия и встречаемости для видов, входящих в состав исследованных фитоценозов, а также и для эколого-ценотических групп видов. Т. е. ни у одного из видов рассматриваемых фитоценозов изменения про-

ективного покрытия и встречаемости за прошедший период не имели однонаправленного характера. Что подтверждается отсутствием достоверных отличий между годами наблюдений значений индекса Шеннона, рассчитанного по проективному покрытию.

За прошедшее десятилетие изменилась горизонтальная структура сообщества: достоверно возросли видовая насыщенность (в среднем с 10.6 до 12.3 видов на 0.25 м², $p < 0.05$) и гомогенность, оцененная с помощью коэффициента пестроты сложения (Шенников, 1964) в среднем с 29 до 38 % ($p < 0.01$). Увеличение гомогенности фитоценоза подтверждается снижением в 2009 г. значений коэффициента вариации числа видов на 0.25 м² (20.5 % в 1999 г. и 14.6 % в 2009 г., $p < 0.01$). Возрастание гомогенности рассматриваемых фитоценозов при снижении видового богатства, очевидно, связано с произошедшим изменением распределения видов по классам встречаемости. Так, в 1999 г. доля видов с низкой встречаемостью (I и II классы) составляла 69.5 %, и она достоверно снизилась в 2009 г. — 59.7 %, в то время как доля видов со средней и высокой встречаемостью (III–V классы) выросла (30.5 и 40.3 %, соответственно, $p < 0.05$). Наблюдаемые изменения структуры петрофитных степей могут быть связаны с увеличением мезофитизации их местообитаний, приводящей к сглаживанию экопической неоднородности.

В последние десятилетия накоплено достаточное количество информации, свидетельствующей о возрастании среднегодовой температуры и количества осадков на территории Южного Урала. По данным Н. С. Гордиенко (2007), для района Ильменского заповедника с 1928 по 2005 г. наблюдается повышение среднегодовой температуры воздуха, в основном за счет возрастания зимних температур, в то же время среднегодовая сумма осадков почти не изменилась, но в 1968–2005 гг. произошло их перераспределение по сезонам — зима стала суше, лето — дождливее. В то же время Л. И. Агафонов и В. В. Кукарских (2008), опираясь на данные Зилаирской метеостанции, указывают, что с конца 1960-х гг. на Южном Урале увеличилось количество осадков в течение всего года и, особенно, холодного периода. Также в 1970–2003 гг. отмечено повышение температуры, наиболее выраженное в холодный период года. Изучая влияние изменчивости осадков и температуры воздуха на радиальный прирост сосны обыкновенной в островном бору степной зоны Южного Урала, авторы приходят к заключению, что для формирования стволовой древесины наибольшее значение имеют осадки холодного периода, которые обеспечивают влагозапас почвы. При этом выявлено лимитирующее влияние температуры на радиальный прирост.

Очевидно, что при сохранении современной тенденции климатических изменений сосна сможет закрепиться даже в наиболее ксерофитных степных фитоценозах, что неизбежно приведет к их постепенному зарастанию и исчезновению многих степных растений. В связи с этим, несмотря на незначительные отличия видового состава за прошедшие 10 лет, а также незначимые — видового богатства и выравненности видовых обилий, наблюдаемые изменения нельзя рассматривать в ранге флуктуаций, так как возрастание гомогенности пространственной структуры исследованных петрофитных степей и появление в их границах подроста сосны — признаки сукцессионных смен, требующих дальнейшего мониторинга.

Работа выполнена при поддержке Президиума УрО РАН (проект №09-М-45-2002) и грантов РФФИ № 10-05-00297, РФФИ-«Урал» № 10-04-96055.

Список литературы

- Агафонов Л. И., Кукарских В. В. 2008. Изменения климата прошлого столетия и радиальный прирост сосны в степи Южного Урала // *Экология*. № 3. С. 173–180. — Баландин С. В. 2001. Динамика степной растительности Уктусских гор (Средний Урал) // *Бот. журн.* Т. 86. № 5. С. 103–110. — Гордиенко Н. С. 2007. Сезонное развитие природы Ильменского заповедника. Екатеринбург; Миасс. 94 с. — Горчаковский П. Л., Золотарева Н. В. 2004. Реликтовая степная растительность Ильменских гор на Южном Урале. Екатеринбург. 120 с. — Золотарева Н. В. 2010. Современное состояние памятника природы «Старопышминские скалы и горные степи» (Свердловская область) // *Материалы междунар. конф.: Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов*. Тюмень. С. 47–49. — Понятовская М. Н. 1964. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // *Полевая геоботаника*. Т. 3. Л. С. 209–299. — Прокаев В. И., Каргашин А. А. 1980. Ботанический памятник природы «Уктусские горы» на Среднем Урале // *Продуктивность и рациональное использование растительности Урала*. Свердловск. С. 109–117. — Шенников А. П. 1964. Введение в геоботанику. Л. 447 с. — Шиятов С. Г. 2009. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург. 216 с. — Ярмишко В. Т. 1995. Стационарные методы изучения смен растительных сообществ под воздействием промышленного атмосферного загрязнения на Крайнем Севере // *Антропогенная динамика растительного покрова Арктики и Субарктики: принципы и методы изучения*. СПб. С. 97–114.