РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт экологии растений и животных

ЭКОЛОГИЯ: СКВОЗЬ ВРЕМЯ И РАССТОЯНИЕ

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 50-ЛЕТИЮ
ПЕРВОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ В ИЭРиЖ

11 – 15 апреля 2011 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 № 11-04-06802).

Экология: сквозь время и расстояние. Материалы конф. молодых ученых, 11–15 апреля 2011 г. / ИЭРиЖ УрО РАН — Екатеринбург: Гощицкий, 2011. — 212 с.
Табл. 36. Рис. 53.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: сквозь время и расстояние», посвященной 50-летию первой молодежной конференции в Институте. Мероприятие проходило в Институте экологии растений и животных УрО РАН с 11 по 15 апреля 2011 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 978-5-98829-029-2

© Авторы, 2011
© ИЭРЖ УрО РАН, 2011
© Оформление. Издательство «Гощицкий», 2011

К 50-ЛЕТИЮ ПЕРВОЙ МОЛОДЕЖНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ В ИЭРИЖ

Е.В. Антонова, Т.В. Струкова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

С 11 по 15 апреля 2011 г. в Институте экологии растений и животных УрО РАН состоялась Всероссийская конференция молодых ученых «Экология: сквозь время и расстояние», посвященная 50-летию первой молодежной конференции в Институте. Столь солидная юбилейная дата оправдывает небольшой исторический экскурс.

Итак, как все начиналось? Академик Станислав Семенович Шварц, в то время директор Института, в 1961 г. выступил с инициативой проведения молодежных конференций по разнообразным проблемам биологии и экологии. По его мнению, такие конференции должны были быть, с одной стороны, школой для молодых ученых, с другой — своего рода «смотринами», на которых можно разглядеть и отобрать новые таланты. Первая молодежная конференция начала работу 12 апреля 1961 г. Многие детали этого события канули в Лету, например, точное количество и состав участников. Но, несомненно, для всех, кто принимал участие в первой «молодежке» — это не только памятная дата, связанная с первым полётом человека в космос, но и личный «звездный час».

Изучая сборник докладов первой конференции (полный список трудов молодежных конференций приведен в конце статьи), можно отметить, что выступления молодых ученых были посвящены широкому кругу проблем — анализу биоразнообразия живых организмов, вопросам лесоведения и радиоэкологии. Свои первые научные результаты представили молодые (тогда) ученые, а теперь — ведущие исследователи, увенчанные степенями и званиями: В.Н. Большаков (ныне — академик РАН); Э.А. Гилева (профессор, д.б.н.); Ю.И. Новоженов (профессор, д.б.н.); М.Я. Чеботина (д.т.н.); С.Г. Шиятов (профессор, д.б.н.) и Г.И. Махонина (д.б.н.).

Идея Станислава Семеновича Шварца обогнала время: первая городская конференции молодых ученых состоялась только спустя два года, положив начало созданию первого в стране Совета молодых ученых.

Что же было дальше? В 1962 и 1963 гг. состоялись II и III конференции молодых специалистов-биологов. Постепенно рос охват территории, увеличивалось количество участников молодежных конференций. В 1973 г. была проведена первая региональная конференция молодых ученых «Человек и биосфера», в которой принимали участие около 100 молодых специалистов, в 1975 г. — их число достигло 120

участников. С течением времени для сотрудников Института «молодежки» стали традицией, и сейчас без них не обходится ни одна весна.

Академик С.С. Шварц уделял внимание своему детищу до последних дней жизни (фото 1): XV молодежная конференция, в которой он принял участие, проходила с 17 по 19 марта 1976 г., т.е. менее чем за два месяца до его смерти.

Тематика молодежных конференций хорошо отражает и развитие направлений научных исследований Института. Так, на конференции 1975 г., которая называлась «Проблемы промышленных городов Урала», уже широко обсуждались вопросы антропогенного воздействия на окружающую среду.

С конца 70-х годов конференции проходят раз в два года, но из-за недостатка финансовых средств сборники не издаются. Некоторое время «молодежки» были выездными и проходили на базе пионерского лагеря «Кунгурка» (ныне загородный лагерь «Звездный», фото 3). В это же время в приказах Института появляются сведения о создании конкурсной комиссии по оценке докладов молодых ученых. В состав первой их них вошли д.б.н. Н.Н. Данилов (председатель), д.б.н. Л.Ф. Семериков, д.б.н. Л.Н. Добринский, д.б.н. В.С. Смирнов, д.б.н. Л.М. Сюзюмова, к.б.н. Н.В. Пешкова, к.б.н. С.В. Тарчевская, к.б.н. Б.В. Попов (фото 2). Заведующим лабораториями было поручено заслушать аспирантов и провести отбор докладов.

В начале 90-х годов был перерыв в проведении молодежных конференций. В это время в стране были не лучшие времена, и экономический кризис больно ударил по научной сфере. Но в 1994 г. (с 31 марта по 1 апреля) была проведена XXX молодежная конференция, посвященная 75-летию со дня рождения академика С.С. Шварца. С этого момента и до сегодняшнего дня проведение молодежных конференций в Институте стало ежегодным.

Отдельно можно остановиться на истории названий молодежных конференций. Первые мероприятия отдельного названия не имели, например, I-III научные конференции молодых специалистов-биологов. Затем в названиях появляются знаковые слова своего времени и растет их масштабность: «Человек и биосфера» (1973); «Экология, человек и проблемы охраны природы» (1981); «Экологические системы Урала: изучение, охрана, эксплуатация» (1987); «Экология: от Арктики до Антарктики» (2007). Были также названия и с идеологической «нагрузкой», например, «Научные основы охраны природы Урала и проблемы экологического мониторинга в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС» (1985). А название «Экология: от генов до экосистем» (2005) даже «пошло в народ»: с 2006 г. в г. Харькове (Украина) проводятся ежегодные конференции молодых ученых «Биология: от молекулы до биосферы».

К особенностям молодежек «нового времени» можно отнести широкую тематику сообщений, приглашение докладчиков с пленар-

ными лекциями, участие в работе конференции иностранных коллег, активную работу комиссии по проведению конкурсов докладов, дифференцирование публикаций участников в сборнике конференции на тезисы, краткие сообщения и статьи, призы зрительских симпатий, а также несомненный интерес к математическому анализу данных и планированию полевых и экспериментальных работ.

На конференции 2003 г. родилась идея пособия, которое выдержало уже несколько изданий — «Советы молодому ученому». В предисловии к третьему изданию, приуроченному к конференции 2011 г., подробно описаны причины, побудившие его подготовить, а также секреты его популярности среди коллег (Советы молодому..., 2011).

В 2009 г. СМУ ИЭРиЖ УрО РАН начал активно сотрудничать со Свердловской областной научной библиотекой им. В.Г. Белинского, сотрудники которой запустили проект «Конференции Екатеринбурга и Свердловской области» (http://book.uraic.ru/project/conf/). Библиотеке были переданы сборники трудов конференции за 1996–2010 гг. (http://book.uraic.ru/blog/?p=2439). Так же труды конференции за 1996–2010 гг. размещены на сайте института http://lib.ipae.uran.ru/documents/index.php?action=view&id=1.

Как проходит конференция сейчас? Работа организована в виде утренних и вечерних заседаний по различным направлениям. Утренние сессии конференции открывают пленарные лекции ведущих ученых, специально приглашенных оргкомитетом. В 2011 г. молодым ученым были представлены доклады к.б.н. Н.И. Абрамсон (ЗИН РАН, Санкт-Петербург) «Филогения, систематика, таксономия — новая волна популярности»; д.б.н., профессор М.С. Гельфанда (ИППИ РАН, Москва) «Молекулярная палеонтология»; к.б.н. Е.Н. Букваревой (ИПЭЭ РАН, Москва) «Средообразующие функции биоразнообразия — ключевой природный ресурс человечества»; Prof. Majeti Narasimha Vara Prasad (University of Hyderabad, India) «State of the art review on green technology and the various remediation approaches». В этом году все участники мероприятия получили свою «минуту славы»: в качестве новой формы на конференции были успешно опробованы короткие (2 мин.) презентации стендовых докладов.

Сейчас общепризнанно, что «молодежка» в ИЭРиЖ — одно из наиболее значимых событий научной жизни молодых биологов и экологов Уральского региона. Для студентов участие в работе конференции — это первый опыт публичного выступления (не в аудитории однокурсников и знакомых преподавателей, а перед ведущими учеными) и первая проба пера (возможностью опубликовать свои данные). Именно «молодежка» позволяет приобрести незаменимый опыт исследовательского общения.

Что же будет далее? Вновь весна, новые лица, доклады, гул речей в коридоре... Но это уже совсем другая история, которую будут писать участники новых конференций.

ТРУДЫ МОЛОДЕЖНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ

Доклады первой научной конференции молодых специалистов-биологов / Отв. ред. проф. С.С. Шварц. Свердловск, 1962. 88 с.

Человек и биосфера: Тезисы докладов первой Уральской конференции молодых ученых и специалистов / Под ред. академика АН СССР С.С. Шварца. Свердловск, 1973. 142 с.

Проблемы промышленных городов Урала: Тезисы докладов второй уральской конференции молодых ученых и специалистов / Под ред. академика АН СССР С.С. Шварца. Свердловск, 1975. 155 с.

Проблемы экологии, рационального использования и охраны природных ресурсов на Урале: Тезисы докладов конференции молодых ученых и специалистов. Свердловск, 1980. 134 с.

Экология, человек и проблемы охраны природы: Тезисы докладов областной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов / Под ред. Ф.В. Кряжимского, А.Г. Васильева. Свердловск, 1983. 113 с.

Научные основы охраны природы Урала и проблемы экологического мониторинга в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС: Тезисы докладов областной конференции молодых ученых и специалистов / Под ред. Н.С. Корытина, А.В. Бородина. Свердловск, 1985. 75 с.

Экологические системы Урала: изучение, охрана, эксплуатация: Тезисы докладов областной молодежной научно-практической школы-конференции / Под ред. В.Л. Вершинина, С.В. Криницына. Свердловск, 1987. 69 с.

Актуальные проблемы экологии: экологические системы в естественных и антропогенных условиях среды: Тезисы докладов региональной школы-семинара молодых ученых и специалистов / Под ред. В.Л. Вершинина, С.В. Криницына. Свердловск, 1989. 109 с.

Механизмы поддержания биологического разнообразия: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Е.Л. Воробейчика, С.В. Мухачевой, И.Н. Михайловой. Екатеринбург: Екатеринбург, 1995. 212 с.

Проблемы общей и прикладной экологии: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Е.Л. Воробейчика, С.В. Мухачевой, И.Н. Михайловой. Екатеринбург: Екатеринбург, 1996. 296 с.

Проблемы изучения биоразнообразия на популяционном и экосистемном уровне: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Е.Л. Воробейчика, С.В. Мухачевой. Екатеринбург: Екатеринбург, 1997. 252 с.

Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. И.Н. Михайловой, И.Б. Головачева. Екатеринбург: Екатеринбург, 1998. 280 с.

Развитие идей академика С.С. Шварца в современной экологии: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. И.Л. Гольдберг, И.Б. Головачева, И.Н. Михайловой. Екатеринбург: Екатеринбург, 1999. 232 с.

Биосфера и человечество. Материалы конференции молодых ученых памяти Н.В. Тимофеева-Ресовского / Под ред. И.Л. Гольдберг, И.Б. Головачева, И.Н. Михайловой. Екатеринбург: Екатеринбург, 2000. 352 с.

Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. И.Л. Гольдберг, Т.В. Струковой, И.Б. Головачева. Екатеринбург: Екатеринбург, 2001. Вып. 2. 338 с.

Биота горных территорий: история и современное состояние: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. И.Л. Гольдберг, Т.В. Струковой, И.Б. Головачева. Екатеринбург: Академкнига, 2002. 316 с.

Проблемы глобальной и региональной экологии: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Т.В. Струковой. Екатеринбург: Академкнига. 2003. 371 с.

Экологические механизмы динамики и устойчивости биоты: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Д.В. Веселкина, О.В. Полявиной, Екатеринбург: Академкнига, 2004. 331 с.

Экология: от генов до экосистем: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Д.В. Веселкина, О.В. Полявиной. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 335 с.

Экология в меняющемся мире: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Д.В. Веселкина, Е.В. Антоновой, И.А. Кшнясева. Екатеринбург: Академкнига, 2006. 311 с.

Экология: от Арктики до Антарктики: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Д.В. Веселкина, Е.В. Антоновой, И.А. Кшнясева. Екатеринбург: Академкнига, 2007. 396 с.

Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее. Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Д.В. Веселкина, Е.В. Антоновой, И.А. Кшнясева. Екатеринбург: Гощицкий, 2008. 348 с.

Эволюционная и популяционная экология (назад в будущее). Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Д.В. Веселкина, Е.В. Антоновой, И.А. Кшнясева, В.В. Кукарских. Екатеринбург: Гощицкий, 2009. 286 с.

Экология от южных гор до северных морей: Материалы конференции молодых ученых / Под ред. Е.В. Антоновой, Д.В. Веселкина, В.В. Кукарских, К.И. Ушаковой. Екатеринбург: Гощицкий, 2010. 224 с.

Советы молодому ученому: методическое пособие для студентов, аспирантов, младших научных сотрудников и, может быть, не только для них / под. ред. Воробейчика Е.Л. Изд. 3-е, переработ. и дополн. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2011. 122 с.

РЕАКЦИЯ СТОМАТОГРАФИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЛИСТА *SONCHUS ARVENSIS* L. НА ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ

Н.В. Абакшина*, С.В. Гаренских, Т.В. Жуйкова***

**Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия*
***Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург*

Ключевые слова: эпидермальный комплекс, химическое загрязнение.

Проведено исследование реакции стоматографических признаков листа осота полевого (*Sonchus arvensis* L.) на химическое загрязнение среды. Материал отобран на четырех участках (Свердловская область, г. Нижний Тагил). Суммарная токсическая нагрузка, оцененная по содержанию тяжелых металлов в почве, изменялась от 1.0 до 30.0 отн. ед. В каждой ценопопуляции с 30 средневозрастных генеративных растений отбирали взрослые листья, закончившие фазу интенсивного роста. Учет анатомических структур эпидермы производили методом реплик (Таршис, Таршис, 1995). Проанализировано 3 600 полей зрения.

Установлено, что эпидерма листьев у *S. arvensis* гладкая, а форма клеток — овально-волнистая с разной степенью изрезанности. Устьичные комплексы — аномоцитного типа. Листья гипостомные.

Длина эпидермальных клеток увеличивается в градиенте повышающейся токсической нагрузки от 32.0 до 153.6 мкм на адаксиальной (АД) стороне и от 35.2 до 147.2 мкм — на абаксиальной (АБ) ($p<0.001$). Размеры основных эпидермальных клеток на стороне АД больше, чем на АБ. Ширина основных эпидермальных клеток также увеличивается на градиенте фоновый–импактный участки на стороне АД от 28.8 до 108.8 мкм, на АБ — от 22.4 до 102.4 мкм. Индекс основных эпидермальных клеток варьирует в пределах 0.8–2.6 на АД и 0.8–3.1 — на АБ сторонах. Клетки становятся крупнее и приобретают более вытянутую форму. Число основных эпидермальных клеток варьирует от 213 до 1 124 клеток/мм^2 на АД, от 243 до 1 215 клеток/мм^2 — на АБ. Число основных эпидермальных клеток верхней и нижней стороны значимо уменьшается с увеличением загрязнения ($p<0.001$). Число основных клеток в нижней эпидерме больше, чем в верхней.

Химическое загрязнение приводит к уменьшению длины устьиц как на АД, так и на АБ стороне листа ($p<0.001$). При этом их ширина в градиенте загрязнения остается без изменения. Число устьиц возрастает от 0 до 221.6 шт./мм^2 на АД стороне и от 60.7 до 577.1 — на АБ. Устьиц на АБ стороне больше, чем на АД, что характерно для гипостомных листьев.

При исследовании изменчивости листа на анатомическом уровне выявлено, что значения общей и согласованной изменчивости стоматографических признаков на адаксиальной и абаксиальной сторонах листа очень близки.

Для установления степени близости исследуемых стоматографических показателей у растений с разных по уровню загрязнения участков проведен дискриминантный анализ. Наибольшие различия показаны между выборками с фонового и загрязненных участков (SMD=2.01–2.04). По показателям нижней эпидермы максимальное сходство установлено между выборками с фонового и буферного участков (SMD=0.79). Зависимость от загрязнения всех показателей у *S. arvensis* выражена в меньшей степени, чем у *Taraxacum officinale*.

Для *S. arvensis* характерна стрессово-защитная онтогенетическая стратегия, т.е. ответной реакцией на химическое загрязнение является уменьшение числа эпидермальных клеток и увеличение их размеров. Реакция на химическое загрязнение не специфична. Аналогичная реакция эпидермального комплекса на химическое загрязнение наблюдается у *T. officinale* (Жуйкова, Абакшина, 2010). Увеличение размеров эпидермальных клеток при уменьшении их числа считается проявлением суккулентных экологических признаков и отражает способы адаптации растений к различным условиям обитания.

Работа выполнена по тематическому плану научно-исследовательских работ НТГСПА (задание Минобрнауки РФ в 2010–2011 гг., № гос. регистрации 1.1.08).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Жуйкова Т.В., Абакшина Н.В. Реакция стоматографических признаков листа *Taraxacum officinale* Wigg. s.l. на химическое загрязнение среды тяжелыми металлами // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Мат-лы IV Всерос. науч. конф. с межд. участ. Йошкар-Ола: Изд-во Мар. гос. ун-та, 2010. С. 315–317.

Таршис Г.И., Таршис Л.Г. Разнообразие и диагностическое значение структурных признаков лекарственных растений // Мат-лы I Международного симпозиума. Пущино, 1995. С. 471.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА НА ФЛОРУ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ МАЛОЙ РЕКИ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИЖ)

К.К. Абашева

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: макрофиты, малая река, растительность, флора.

Ижевск, основанный в 1760 г. и получивший статус города в 1918 г., является столицей Удмуртской Республики и крупным экономическим, транспортным, торговым и культурным центром. Свое начало город ведет со строительства железоделательного завода и необходимой для его нужд плотины (Ижевский пруд, 2002). В 1763 г. было создано водохранилище на р. Иж, имеющей длину 270 км и площадь водосборного бассейна 8510 км^2. Загрязнение водохранилища не может не сказываться на состоянии всей реки на ниже по течению. Она является одним из самых загрязненных водотоков республики, собирая сточные воды многочисленных промышленных предприятий г. Ижевска (Удмуртская республика, 2008).

Цель исследования заключалась в оценке воздействия крупного города на флору и растительность макрофитов реки. В ходе работы был проведен сравнительный анализ флоры участка реки, расположенного выше города и не испытывающего влияния урбанизированной среды, и участка, расположенного ниже города.

Полевые геоботанические исследования проводили с июня по август в 2009–2010 гг. путем маршрутно-детального обследования участков водотока с описанием водных и прибрежно-водных фитоценозов (Папченков, 2001). Для сравнения флоры двух участков использовали коэффициент Жаккара.

Согласно результатам наших исследований, флора р. Иж в пределах Республики представлена 102 видами макрофитов, которые относятся к 61 роду и 34 семействам. Выше г. Ижевска она представлена 48 видами сосудистых растений из 37 родов и 22 семейств, а ниже — 83 видами из 53 родов и 31 семейства. Основное видовое разнообразие нижнего участка реки достигается за счет территории города.

Полученные в результате исследований данные свидетельствуют о значительной антропогенной нагрузке на водоток. Низкое значение коэффициента Жаккара свидетельствует о малой схожести флор двух исследованных участков реки. Во флоре нижнего участка доми-

нируют широко распространенные политопные экологически пластичные виды, способные выдерживать значительное антропогенное загрязнение и эвтрофирование. Увеличение таксономического и синтаксономического разнообразия нижнего участка реки определяется участием в формировании растительного покрова гибридов и видов, толерантных к антропогенному воздействию, в т.ч. адвентивных (6 видов). Произрастание последних объясняется большим разнообразием антропогенных местообитаний в пределах города и ниже его по течению реки. Значительно увеличена на нижнем участке течения доля терофитов, свойственных для антропогенно измененных местообитаний, что может свидетельствовать о напряженной экологической ситуации в пойме изученного водотока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ижевский пруд: Сб. ст. / Под. ред. В.В. Туганаева. Ижевск: Изд. дом «Удмуртский университет», 2002. 188 с.

Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214 с.

Удмуртская Республика: Энциклопедия. Изд. 2-е, испр. и доп. Ижевск: Изд-во «Удмуртия», 2008. 768 с.

ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРОСТА ЛИШАЙНИКОВ НА ГАРЯХ

С.Ю. Абдульманова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: лишайники, ежегодный прирост, пирогенная сукцессия, лесотундра, тайга.

В зависимости от условий местообитания и видовой принадлежности скорость роста лишайников сильно варьирует — от 2 до 34% за год. Поэтому использовать средние значения прироста лишайников для разных территорий и целей исследования невозможно, возникает необходимость определения этого параметра в конкретных условиях (Кошоев, 1984). Кроме того, недостаточно данных, характеризующих прирост лишайников в естественных и антропогенных градиентах среды. Удобным объектом для изучения особенностей прироста лишайников в ходе восстановительной сукцессии являются постпирогенные сообщества, поскольку они широко распро-

странены в природе, имеют четкую приуроченность к определенным возрастным стадиям, дают возможность проследить возрастные состояния подециев от первичного заселения субстрата лишайниками до формирования квазинатуральных ценозов. Цель нашего исследования — определение годичного прироста покровообразующих лишайников рода *Cladina* в ходе послепожарной демутации в широтном градиенте.

В анализ включены данные из 4 географических точек: 1) зона лесотундры: Полярное Зауралье — географическая провинция Обско-Тазовской лесотундры, Приуральский район ЯНАО; 2) бореальная зона: а) полоса северных редкостойных лесов — Надым-Пуровская географическая провинция, Пуровский район ЯНАО; б) граница подзоны северной и средней тайги — в пределах возвышенности Сибирские Увалы Таз-Турухтанской географической провинции, Нижневартовский район ХМАО; в) подзона южной тайги — Зауралье, Тугулымский район Свердловской области (Западная Сибирь, 1963; Ильина, 1985).

Деление гарей на возрастные группы (молодые, средневозрастные, старые гари и сообщества, близкие к коренным) проводилось на основании анализа видового состава, структуры лихеносинузий и их динамики в ходе восстановительной сукцессии (Магомедова, 2006; Абдульманова, 2010).

Сбор материала для оценки высотно-возрастных параметров кустистых лишайников осуществляли методом укосов. Измерения проводили на сыром материале с помощью линейки: определяли длину подециев и размер живой части таллома, а также возраст с учетом ежегодного однократного ветвления подециев. Прирост лишайников рода *Cladina* определяли косвенным методом (Игошина, 1939). Всего обработано более 2000 образцов.

Нормальность распределения исследуемых высотно-возрастных параметров оценивали методом Колмагорова-Смирнова в модификации Лилиефорса. Достоверность различий между показателями проверяли с использованием критерия Манна-Уитни (Вукулов, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе пирогенной сукцессии прирост покровообразующих лишайников закономерно возрастает от 0.2 см/год (на молодых гарях) до 1.1 см/год (спустя 50 лет после пожара). В сообществах, близких к коренным, темпы роста стабилизируются и могут снижаться. Доля прироста относительно общей высоты подеция снижается с 17–22% на молодых гарях до 3–5% на завершающих этапах сукцессии (см. таблицу).

Показатели прироста разных видов лишайников одной морфологической группы сильно варьируют. Например, для *C. rangiferina* характерны как максимальные значения показателя прироста — в

ТАБЛИЦА. *Динамика годичного прироста кустистых лишайников в ходе пирогенной сукцессии ($X_{ср}$±SD), в скобках –% от высоты подеция*

Природная зона	Возрастная группа пирогенных сообществ			
	Молодые	Средневозрастные	Старые	Близкие к коренным
Cladina arbuscula				
лесотундра:				
тундра	–	–	–	0.36±0.07 (5.6)
лес	–	–	0.32±0.04 (7.7)	0.29±0.05 (8.8)
редкостойные леса	0.55±0.18 (21.6)	0.49±0.04 (12.3)	0.92±0.28 (12.6)	0.70±0.08 (3.9)
средняя тайга	0.23±0.07 (17.8)	0.34±0.08 (11.1)	0.50±0.12 (9.0)	0.47±0.05 (6.6)
южная тайга	0.54±0.16 (9.6)	0.61±0.16 (7.9)	0.66±0.15 (8.2)	–
Cladina rangiferina				
лесотундра:				
тундра	–	–	–	0.42±0.08 (5.7)
лес	–	–	–	0.48±0.12 (9.2)
редкостойные леса	–	0.83±0.14 (7.5)	1.08±0.68 (14.4)	0.68±0.06 (3.3)
средняя тайга	0.21±0.05 (19.8)	0.48±0.57 (19.0)	0.56±0.12 (8.5)	0.66±0.09 (6.1)
южная тайга	0.74±0.17 (10.1)	0.83±0.13 (8.1)	0.91±0.16 (8.7)	–
Cladina stellaris				
редкостойные леса	–	–	1.02±0.15 (10.6)	–
средняя тайга	–	0.40±0.20 (11.1)	0.63±0.07 (7.0)	0.80±0.09 (5.4)
южная тайга	0.57±0.15 (8.2)	0.69±0.12 (7.0)	0.66±0.15 (7.9)	–

сообществах старых гарей полосы северных редкостойных лесов, так и минимальные — на молодых гарях средней тайги. Кроме того, для сосновых лишайниковых лесов на песчаных субстратах (средняя и северная тайга) характерны наименьшие скорости роста всех рассматриваемых видов, что, вероятно, связано со спецификой климатического режима и особенностями местообитаний — лишайники большую часть времени находятся в сухом состоянии, что существенно замедляет их рост (Lambert, Maycock, 1968).

В зональном градиенте тенденции изменения годичного прироста в ходе восстановительной сукцессии всех исследуемых видов сходны, но скорости роста значимо различаются для каждой зоны. Так, у *C. arbuscula* максимальная доля прироста отмечена в полосе северных редкостойных лесов, у *C. rangiferina* — в сообществах сосновых лесов средней тайги, у *C. stellaris* — в сообществах полосы северных редкостойных лесов и сосновых лесов средней тайги. В то же время прирост у разных видов рода *Cladina* в значительной степени больше зависит от конкретных условий местообитания, чем непосредственно от зональной приуроченности, что подтверждает анализ данных для других регионов (Андреев, 1954; Herder et al., 2003).

ВЫВОДЫ

1. В ходе послепожарной демутации повсеместно отмечено увеличение скорости роста покровообразующих лишайников рода *Cladina* с последующей стабилизацией на завершающих этапах сукцессии — в сообществах, близких к коренным. Однако повторные нарушения в результате механических воздействий могут приводить к снижению скорости роста и искажению общей тенденции процессов восстановления.

2. Значения скорости роста и период его стабилизации зависят от условий местообитания и особенностей вида.

3. Максимальные величины прироста лишайников по высоте выявлены в полосе северных редкостойных лесов, что, вероятно, определяется благоприятным сочетанием гидротермических условий среды и структуры сообществ.

Работа завершена при поддержке Программы развития научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдульманова С.Ю. Особенности восстановления напочвенного покрова в ходе пирогенной сукцесии на песчаных субстратах в лесах Западной Сибири // Биоразнообразие растительного мира: Мат-лы молодежного науч. семинара. Екатеринбург, 2010. С. 86–89.

Андреев В.Н. Прирост кормовых лишайников и приемы его регулирования // Труды БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Л., 1954. Вып. 9. С. 11–74.

Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. М., 2004. 464 с.

Западная Сибирь / Под ред. Г.Д. Рихтера. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 488 с.

Игошина К.Н. Рост кормовых лишайников на Приуральском Севере // Труды НИИ полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства. Сер. «Оленеводство». Л., 1939. Вып. 4. С. 7–28.

Ильина И.С. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 250 с.

Кошоев М.К. Опыт применения лихенометрии в Иссыккульской котловине // Геоморфологический и гидрометеорологические исследования береговой зоны озера Иссык-Куль, 1984. № 7. С. 86–98.

Магомедова М.А. Восстановление лишайникового покрова на гарях в предтундровых лесах Западной Сибири // Биота Ямала и проблемы региональной экологии. Научный вестник, 2006. Вып. 1 (38). С. 27–38.

Herder M., Kytöviita M.-M., Niemela P. Growth of reindeer lichen and effects of reindeer grazing on ground cover vegetation in Scots pine forest and a subarctic heathland in Finnish Lapland // Ecography, 2003. № 26. P. 3–12.

Lambert J.D.H., Maycock P.F. The ecology of terricolous lichen of the Northern Conifer — Hardwood forests of central Eastern Canada // Canad. J. of Botany, 1968. № 46. P. 1043–1078.

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.) TRIN. EX STEUD. В УСЛОВИЯХ РАЗНОТИПНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

П.О. Андреева, О.В. Беспалова

Южноуральский госуниверситет, г. Миасс

Ключевые слова: виталитет, эколого-ценотические стратегии, онтогенетические тактики, ценопопуляции.

Характеристика популяционных аспектов толерантности ценопопуляций (ЦП) фоновых видов растений водных экосистем в условиях различного режима химического загрязнения изучена недостаточно (Торохова и др., 2009; Мокин, 2009). Для оценки трансформаций растительности под влиянием антропогенных факторов предлагается использовать сравнительный анализ нарушенных и эталонных для данной природной зоны фитоценозов (Горчаковский, 1984).

Цель работы: оценить стратегии жизни ценопопуляций *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud в условиях интенсивного техногенного воздействия. Основные задачи: 1) оценить накопление тяжелых металлов в вегетативной и генеративной сферах *Ph. australis* и рассчитать коэффициент суммарной токсической нагрузки для пробных площадей (ПП); 2) изучить изменчивость морфометрических показателей *Ph. australis* в градиентах стрессирующей нагрузки; 3) оценить уровень жизненности ценопопуляций (ЦП) *Ph. australis* в условиях интенсивного техногенного воздействия в сравнении с фоном; 4) изучить уровень пластичности морфометрических показателей и типы онтогенетических тактик *Ph. australis* в оптимальных и пессимальных условиях; 5) охарактеризовать тип эколого-ценотической стратегии тростника южного.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Phragmites australis — тростник южный — земноводный длиннокорневищный травянистый многолетник; геофит и гелофит; гемикосмополитный, плюризональный; гигрофит, прибрежно-болотный, антропотолерантный.

Исследовались импактные территории Южного Урала на примере г. Карабаша Челябинской области (Карабашский медеплавильный комбинат (КМК) и г. Сатки (комбинат «Магнезит»). В первом случае основной загрязняющий фактор — закисление среды сернокислотными осадками, во втором — запыление магнезитовой пылью, имеющей сильную щелочную среду. Эталонные тростниковые фитоценозы — объекты сети ООПТ: Ильменский гос. заповедник (ИГЗ) и НП «Зюраткуль».

В исследованиях за счетную единицу принималась особь — парциальное образование вегетативного и семенного происхождения. Градиент ухудшения условий роста выстраивали на основе накопления 6 тяжелых металлов отдельно для вегетативной (листья и стебли) и генеративной (соцветия) сфер, и выражали через коэффициент суммарной токсической нагрузки (Безель, 2006). Содержание тяжелых металлов оценивалось по результатам атомно-абсорбционного анализа.

Типы онтогенетических тактик отражают тенденции на уровне варьирования отдельных морфогенетических параметров особей. С использованием выравнивания средних значений параметров по ЦП методом взвешивания оценивали индекс виталитета ценопопуляций (*IVC*) и коэффициент жизненности (*Q*) (Злобин, 1989; Ишбирдин, Ишмуратова, 2004). Пластичность признаков и онтогенетические тактики оценивали по методике Ю.А. Злобина (1989), эколого-ценотические стратегии — по Раменскому-Грайму. Были заложены 15 ПП, на которых отобраны по 30 модельных растений генеративного состояния. У каждого экземпляра снято по 9 показателей: высота надземного побега, длина и ширина соцветия, длина и число метамеров, число, длина и ширина листьев, длина листовых влагалищ (8 400 измерений). Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ STATISTICA 6.0 и MS EXCEL.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что содержание тяжелых металлов в вегетативной сфере *Ph. australis* в несколько раз выше (от 1.2 до 7.4 раза), чем в генеративной. В связи с тем, что коэффициенты суммарной токсической нагрузки, рассчитанные отдельно для вегетативной и генеративной сфер, различаются, то и ранги ЦП тростника в рядах возрастания загрязнения при сравнении средних показателей морфометрических признаков не всегда совпадают (таблица). Самые высокие значения

коэффициентов суммарной токсической нагрузки выявлены для района г. Карабаш, минимальные — для территории саткинского комбината «Магнезит». Содержание тяжелых металлов в разных частях растений убывает по мере удаления ЦП от источника эмиссии (для территории ИГЗ оно изменяется в интервале от 3.41 до 1.94).

Анализ трендов изменения морфометрических признаков в ЦП *Ph. australis* (по градиенту стресса) позволил выделить ключевые показатели как для импактных территорий, так и для фоновых. При ранжировании ЦП по *IVC* общими чувствительными характеристиками выступают длина листа и ширина листа, высота побега, длина соцветия; по коэффициенту суммарной токсической нагрузки — длина и ширина листа, высота побега, длина листового влагалища. Наиболее высокие показатели пластичности характерные для высоты побега (0.46–0.54) и ширины листа (0.68–0.87). В разных условиях

ТАБЛИЦА. *Суммарная токсическая нагрузка на ПП по содержанию тяжелых металлов в листьях и стеблях тростника ($К_1$), соцветиях тростника ($К_2$), а также индекс виталитета ценопопуляций (IVC), и координаты ПП*

ПП	Координаты		$К_1$	$К_2$	*IVC*
	с.ш.	в.д.			
г. Карабаш					
Ольховский пруд	55°30'051''	60°15'392''	1.72	1.43	1.17
р. Миасс (плотина)	55°27'686''	60°17'935''	5.48	2.18	1.23
р. Сак-елга №1 (хвостохр.)	55°26'040''	60°14'974''	8.54	2.57	0.88
р. Сак-елга (у моста)	55°26'493''	60°13'432''	15.33	6.53	0.84
р. Сак-елга №2 (хвостохр.)	55°26'694''	60°12'395''	19.05	9.2	1.08
Рыжий ручей	55°27'048''	60°17'109''	56.13	13.28	0.82
ИГЗ					
оз. Сириткуль	55°20'154''	60°15'283''	2.53	1.3	1.1
оз. Б.Ишкуль 1	55°17'359''	60°15'413''	2.32	1.06	0.88
оз. Б.Ишкуль 2	55°17'359''	60°15'413''	3.41	1.88	0.87
оз. Б.Миассово (кордон)	55°10'422''	60°16'532''	1.94	1.1	1.02
оз. Б.Миассово (курья Зимник)	55°10'552''	60°16'250''	1.0	1.0	0.87
оз. Ильменское (кордон)	55°10'340''	60°19'200''	1.99	2.3	1.16
г. Сатка					
оз. Зюраткуль (сплавина)	54°55'240''	59°13'320''	1.0	1.0	0.99
Заливной луг (СЗЗ)	55°05'185'	59°01'431''	1.01	1.24	1.07
Б.Сатка (СЗЗ)	55°04'145''	59°01'184''	1.19	1.48	0.93

морфометрическим признакам *Ph. australis* соответствуют разные типы онтогенетических тактик. В градиенте нарастания стрессирующей нагрузки большинство признаков реализует конвергентную тактику, характеризуемую снижением *CV* (рисунок), конвергентно-дивергентная установлена для высоты побега и длины листового влагалища, а дивергентная тактика выявлена для длины листа и метамеров, ширины соцветия.

В градиенте увеличения стрессирующей нагрузки большинство изученных ЦП тростника характеризуются как деградирующие (проявляют правостороннюю положительную асимметрию), причем на импактных территориях такие популяции преобладают. По мере улучшения условий обитания в ЦП уменьшается встречаемость особей низкого класса жизненности и возрастает коэффициент жизненности.

Ph. australis характеризуется пластичной эколого-ценотической стратегией и выступает виолентом-патиентом (*CS*) — конкурентом стресс-толерантом. В благоприятных условиях является доминантом — эдификатором сообществ переувлажненных местообитаний, а в неблагоприятных — у растений уменьшаются линейные размеры вегетативных органов и перераспределяются усилия на развитие генеративной сферы, направленной на увеличение вероятности семенного размножения и распространения.

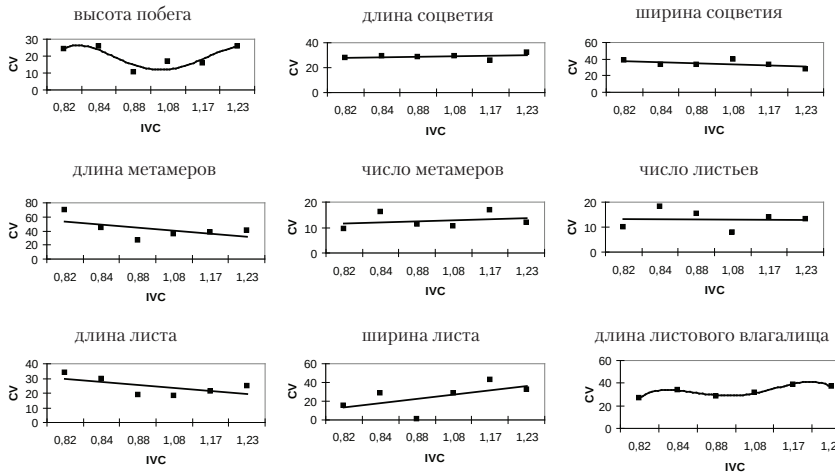

Рисунок. Зависимость вариабельности морфометрических показателей тростника от виталитета растений (г. Карабаш).
Примечание. По оси абсцисс — индекс виталитета ценопопуляции (IVC), по оси ординат — коэффициент вариации (CV).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Безель В.С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты. Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2006. 277 с.

Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология, 1984. № 5. С. 3–16.

Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 146 с.

Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М., Жирнова Т.В. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich, на территории Башкирского государственного заповедника // Вестн. Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. Мат. VII Всероссийского популяционного семинара. Популяции в пространстве и времени: Нижний Новгород, 2005. Вып. 1(9). С. 85–98.

Мокин А.А. Проявление онтогенетических тактик *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. в неблагоприятных условиях // Вестн. ОГУ, 2009. № 6. С. 252–253.

Торохова О.Н., Глухова А.З., Арешков М.А., Агурова И.В. Изменчивость морфометрических параметров тростника обыкновенного и рогоза узколистного в искусственных водоемах промышленной зоны г. Горловки // Пром. ботаника, 2009. Вып. 9. С. 75–83.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) НАГОРНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

А.С. Бондаренко

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

Ключевые слова: жужелицы, Кавказ, жизненные циклы.

Семейство жужелицы — широко распространённая группа насекомых, характеризующаяся высоким видовым разнообразием и численным обилием как в природных, так и в антропогенных экосистемах. Изучение жизненных циклов жужелиц является одним из перспективных направлений в области почвенной зоологии.

В задачи исследования входило изучение карабидофауны региона с выделением доминирующих видов, их пространственно-времменное расределение в мозаике горных биотопов, а также реконструкция жизненных циклов на основе анализа динамики половозрастной структуры популяций.

В процессе работы нами было собрано, вскрыто и проанализировано около 20 000 особей. Материал собирался в период с апреля по октябрь в 2009–2010 гг. в одиннадцати естественных биотопах почвенными ловушками Барбера (Barber, 1931). При обработке материала для выделения доминантных видов использовали шкалу Ренконена (Renkonen, 1938), согласно которой доминантными являются виды, численность которых превышала 5%. Анализ демографической структуры популяций проводили по методике Валлина (Wallin, 1987) с дополнениями (Макаров, Маталин, 2009). По состоянию гонад и степени стёртости мандибул выделяли шесть физиологических состояний: ювенильные, имматурные, генеративные первого и второго годов жизни, постгенеративные первого и второго годов жизни. При реконструкции жизненных циклов учитывались сроки встречаемости личинок. На основании полноты демографических спектров популяций выделяли жилые и проходные биотопы (Боховко, 2005; Макаров, Маталин, 2009).

В результате проведенных исследований изучены особенности реализации жизненных циклов (с учётом половозрастной структуры локальных популяций) и пространственно-временное распределение 14 видов (*Carabus prometheus* Reitter, 1887*; C. miroshnikovi* Zamotajlov, 1990*; C. starckianus* Ganglbauer, 1886; *C. reitteri* Retowski, 1885*; C. titan* Zolotarev, 1913*; C. circassicus* Ganglbauer, 1886*; C. convallium* Starck 1889*; C. cumanus* Fischer von Waldheim, 1823*; C. decolor* Fischer von Waldheim, 1823*; C. koenigi* Ganglbauer, 1886*; Pterostichus caucasicus* Chaudoir, 1846*; Pt. pseudopedius* Reitter, 1887*; Pt. fornicatus* Kolenati, 1845*; Thermoscelis insignis* Chaudoir, 1846). Для большинства видов, населяющих изучаемые биотопы характерен весенне-летний, летний или осенний тип размножения, зимовка на стадии имаго или имаго и личинки. Жизненный цикл у большинства видов реализуется как двухгодичный. Различия в сроках откладки яиц являются одним из возможных механизмов снижения межвидовой конкуренции у совместно обитающих видов, что позволяет им максимально эффективно использовать ограниченные ресурсы среды. Для всех изученных видов были определены жилые и транзитные биотопы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края (проект 09–04–96554) и целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)» Федерального агентства по образованию Российской Федерации (проект 2996).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Боховко Е.Е. Жизненные циклы жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроландшафте юга Кубанско-Приазовской низменности. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2005. 22 с.

Макаров К.В., Маталин А.В. Локальная фауна жужелиц (Coleoptera, Carabidae) как объект изучения (на примере карабидофауны Приэльтонья) // Бабенко А.Б., Матвеева Н.В., Макарова О.Л., Головач С.И. (ред.): Виды и сообщества в экстремальных условиях. Сборник, посвящённый 75-летию академика Юрия Ивановича Чернова. Москва–София: Т-во научных изданий КМК — Pensoft Publ., 2009. С. 353–374.

Barber H.S. Traps for cave-inhabiting insect // J. Elish. Mitchell Sci. Soc. ,1931. Vol. 46, № 3. P. 259–266.

Renkonen O. Statisch-ekologische Untersuchungen uber die terrestiche Kaferwelt der finischen Bruchmoore // Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo, 1938. № 6. P. 1–226.

Wallin H. Distribution, movement and reproduction of Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) inhabiting cereal fields // Plant protection reports and dissertation of the Swedish Univ. for Agric. Sci. Uppsala, 1987. Vol. 15. P. 3–19.

БИОХИМИЧЕКИЕ МАРКЕРЫ ПОЛИМОРФИЗМА МОНТАННЫХ ГОРЬКУШ (*SAUSSUREA*) НА УРАЛЕ

Е.В. Быструшкина, А.Г. Быструшкин

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: систематика, хемосистематика, полиморфизм, изоэнзимный анализ, флавоноиды, Saussurea.

Центр видового разнообразия рода горькуша (*Saussurea*) располагается в горных районах Центральной Азии и Сибири. Для монтанных горькуш, в том числе на Урале, характерно образование эндемичных видов и рас в изолированных горных системах. Редкий эндемик высокогорий Северного Урала *Saussurea uralensis* Lipsch. внесён в Красную книгу России. Традиционно к этому же виду относят высокогорные популяции на Южном Урале, однако их таксономический статус остаётся дискуссионным. Имеются различные гипотезы: либо южно-уральские растения являются эндемичным высокогорным экотипом *S. controversa* DC. (Куликов, 2005), либо изолированным реликтовым дериватом северо-уральского вида *S. uralensis* (Горчаковский, 1969; Липшиц, 1979), либо относятся к самостоятельному эндемичному виду (Быструшкина, Быструшкин, 2009 а, б).

С целью выявления генетического полиморфизма близкородственных эндемичных таксонов горькуш применяли традиционно используемые в хемосистематике методы электрофоретического анализа изоформ ферментов и хроматографическое изучение каче-

ственного состава флавоноидов. Объекты исследования – монтанные горькуши *S. alpina* (Северный Урал), *S. controversa* (Северный, Средний и Южный Урал), *S. uralensis* (Северный Урал) и растения из южно-уральских изолированных высокогорных популяций.

Всего проанализировали 11 ферментных систем, из которых четыре показали высокую активность и наличие полиморфизма по одному из локусов. Как видно из таблицы, нами выявлены аллели, дифференцирующие различные таксоны. Растения из южноуральской популяции отличаются от северо-уральской *S. uralensis* отсутствием аллеля (FDH-1^1), а также наличием быстрых аллелей, видоспецифичных для *S. controversa* (DIA-2^1) и для *S. alpina* (SOD-1^1, PGI-2^1). Это свидетельствует в пользу гипотезы их эволюционной и таксономической самостоятельности.

ТАБЛИЦА. *Межвидовой полиморфизм изоферментов и спектры флавоноидов монтанных горькуш на Урале*

Таксономическая принадлежность	Локусы / аллели				Порядковые номера соединений флавоноидов											
	Sod-1	Fdh-1	Dia-2	Pgi-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S. controversa	2, 3	2, 3	1, 2	2	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
S. uralensis	2	1, 2, 3	2	2	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
S. alpina	1, 2, 3	2, 3, 4	2	1, 2, 3, 4	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
Южно-уральские популяции	1, 2, 3	2, 3	1, 2	1, 2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание. «+» – наличие флавоноидов, «-» – отсутствие флавоноидов; цифрами показаны аллели в соответствующих локусах.

Всего в образцах листьев горькуш отмечено 12 соединений флавоноидов, из которых только пять присутствуют в спектрах каждого вида. Все 12 соединений флавоноидов отмечены в растениях южно-уральской популяции (см. таблицу). Состав флавоноидов качественно стабилен в разные годы, что свидетельствует о его видоспецифичности. Таким образом, флавоноиды растений из южноуральской популяции включают в себя соединения, видоспецифичные как для *S. controversa*, так и для *S. uralensis*, что также свидетельствует в пользу гипотезы об их самостоятельном видовом статусе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№10-04-00989, 10-04-96012, 09-04-90784, 10-04-90818, 10-04-90802, 11-04-10091), Программы Президиума РАН «Биоразнообразие» и по Заданию Федерального агентства по образованию РФ (№1.3.09).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Быструшкина Е.В., Быструшкин А.Г. Проблемы систематики некоторых уральских эндемиков // Ботанические исследования на Урале: материалы регион. с междунар. участием науч. конф., посвящ. памяти П.Л. Горчаковского / отв. ред. С.А. Овеснов; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009а. С. 55–56.

Быструшкина Е.В., Быструшкин А.Г. Феногенетическая изменчивость элементов обёртки монтанных горькуш (*Saussurea* DC.) Южного Урала // VII Зыряновские чтения: Мат-лы Всеросс. научно-практ. конференции (Курган, 10–11 декабря 2009 г.). Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2009б. С. 207–208.

Горчаковский П.Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала: Тр. Ин-та экол. раст. и жив. УФАН СССР. Вып. 66. Свердловск, 1969. 286 с.

Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург – Миасс: Геотур, 2005. 537 с.

Липшиц С.Ю. Род *Saussurea* DC. Л.: Наука, 1979. 284 с.

ПОЛОВОЙ СОСТАВ ПОПУЛЯЦИЙ МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ В ЗОНЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

М.С. Верхотурцев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: ВУРС, грызуны, половая структура.

Популяция — основная форма существования вида, а половая структура — одна из важных демографических характеристик популяции, так как она непосредственно связана с численностью и оказывает влияние на микроэволюционный процесс (Большаков, Кубанцев, 1984). Цель настоящей работы — изучить половую структуру грызунов в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) и на сопредельной фоновой территории. Объект исследования — малая лесная мышь *(Sylvaemus uralensis* Pall., 1771). Материалы получены в результате многолетнего мониторинга (2002–2010 гг.). Грызуны отловлены в зоне ВУРСа (плотность радиоактивного загрязнения почвы ^{90}Sr — 182–451 Ки/км^2) и на фоновом участке. Работа выполнена на основе функционально-онтогенетического подхода (Оленев, 2002), суть которого заключается в раздельном анализе животных разных типов онтогенеза, выполняющих в популяции разные функции. Всего проанализировано 1 224 экз. Для оценки различий в соот-

ношении полов использовали *t*-критерий для анализа альтернативно варьирующих признаков (Бейли, 1964).

Соотношение полов в осенних выборках наиболее близко к реальному, так как все репродуктивно активные особи элиминируют из популяции, а среди несозревающих сеголетков самцы и самки не различаются по многим показателям, в том числе по подвижности и попадаемости в ловушки (Оленев, Григоркина, 2011). Показано, что соотношение полов в осенних выборках за 9 лет исследования в среднем не различалось на изученных участках. В годы низкой численности выборки, как правило, были невелики, вследствие чего возрастала ошибка оценки соотношения полов за счет элемента случайности. Например, при единичных поимках нередки случаи, когда все особи оказываются одного пола. Любые расчеты в этом случае некорректны. Иная ситуация наблюдается при средней и высокой численности — соотношение полов здесь близко 1:1. В редкие годы обнаруживается доминирование одного из полов. Например, в 2005 г. (подъем численности) на загрязненной территории зарегистрировано 59% самцов, а на фоновой — только 32% (t=2.69, p<0.05, n=112).

Несмотря на обилие животных в летних выборках, для оценки соотношения полов они менее информативны из-за наличия особей разных внутрипопуляционных группировок с присущими им функциями (беременность, кормление, доминирование, неполовозрелость и др.). Доля созревших самцов на импактном участке в 2006 г. была достоверно меньше, чем на фоновом, в то время как у зимовавших наблюдалась противоположная картина — самцов было больше на импактном участке (t=3.18, p<0.05, n=24; t=2.57, p<0.05, n=57 соответственно). Эти соотношения можно считать близкими к истинному, так как выборки в этот год были достаточными по количеству. Соотношение полов для созревших и несозревающих сеголеток по средним многолетним данным не отличалось на сравниваемых участках. Только для зимовавших зверьков на фоновом участке показано достоверное преобладание самок (64%, t=2.02, p<0.05, n=62).

Таким образом, установлено, что соотношение полов у *S. uralensis* в зоне ВУРСа и на фоновом участке в среднем не различалось в осенних и летних выборках. Исключение составляли зимовавшие, среди которых самки преобладали на фоновой территории. Количественно показано ($R_{\text{Пирс}}$=–0.41), что с увеличением размера выборок соотношение полов стремится к единице.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ориентированных фундаментальных исследований УрО РАН (проект ОФИ-1, № 11–4–01-ЯЦ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бейли Н. Статистические методы в биологии. М.: Мир, 1964. 240 с.

Большаков В.Н., Кубанцев Б.С. Половая структура популяций млекопитающих и ее динамика. М.: Наука, 1984. 298 с.

Оленев Г.В. Альтернативные типы онтогенеза цикломорфных грызунов и их роль в популяционной динамике (экологический анализ) // Экология, 2002. № 5. С. 341–350.

Оленев Г.В., Григоркина Е.Б. Динамическое соотношение полов в популяциях цикломорфных млекопитающих // Зоол. журн., 2011. Т. 90, № 1. С. 45–58.

МОРФОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НИЖНИХ ЗУБОВ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *MARTES*

Д.О. Гимранов

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г. Уфа

Ключевые слова: изменчивость, частота, зубы, морфотип, Martes, дифференциация.

Изучение особенностей зубной системы млекопитающих давно и успешно вошло в практику териологических исследований. Данные по морфологии зубов современных и ископаемых животных часто привлекаются для решения задач систематики и филогении, в частности семейства горностаевых. E. Anderson (1970), для характеристики эволюционных тенденций в семействе Mustelidae, использует одонтологические данные. G. Petter (1971), основываясь на изучении зубов, приводит филогенетические построения для ископаемых Melinae. Изменчивость щёчных зубов в роде *Meles* была подробно охарактеризована Г.Ф. Барышниковым с соавт. (Барышников, Потапова, 1990; Baryshnikov et al., 2002). В.Н. Павлинин (1963) в своей работе «Тобольский соболь» рассматривает отдельные детали строения коронки ряда щёчных зубов у соболя и лесной куницы. На некоторые отличия жевательной поверхности коренных зубов этих же видов обращает внимание и Н.Г. Смирнов (1975), сравнивая черепа и нижние челюсти рецентных и ископаемых куниц. Особо стоит отметить работы M. Wolsan (1983–1985, 1988, 1989, 1993), посвященные изучению изменчивости и аномалиям в строении зубов у представителей родов *Martes* и *Mustella*. На основе изучения зубной системы куньих M. Wolsan (1993) предлагает филогенетическую схему и классификацию европейских Mustelidae.

Исследования в области систематики и филогении не могут обходиться без привлечения палеозоологических материалов. В свою очередь при работе с ископаемыми остатками, когда приходится проводить видовую идентификацию по изолированным элементам скелета, часто важен анализ особенностей зубной системы. Сравнительно хорошо сохраняющиеся в ископаемом состоянии нижние челюсти и отдельные зубы превращают одонтологический материал в ценный, а нередко и единственный источник информации о видовой принадлежности и индивидуальных особенностях животного. Особую актуальность одонтологические исследования приобретают при дифференциации остатков представителей близких видов, на костях посткраниального скелета которых неизвестны диагностические признаки. В семействе горностаевых к таким видам относятся лесная куница (*Martes martes*), каменная куница (*M. foina*) и соболь (*M. zibellina*).

Целью нашего исследования стало изучение морфотипической изменчивости зубов нижней челюсти у соболя, каменной и лесной куниц.Были поставлены следующие задачи: 1) выделение и описание морфотипов зубов изучаемых видов; 2) оценка частоты встречаемости выделенных морфотипов зубов; 3) выявление видоспецифических одонтологических признаков с высокой дифференцирующей способностью.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на краниологических сериях каменной, лесной куниц и соболя. Использованные коллекции хранятся в фондах Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург), Зоологического музея МГУ (г. Москва), Института экологии растений и животных РАН (г. Екатеринбург) и Музея естественной истории (г. Уфа). Общая выборка черепов соболя составила 840 экз., лесной куницы — 990, каменной куницы — 120 (см. таблицу). Весь краниологический материал принадлежал половозрелым особям, но дифференциация по полу не производилась.

ТАБЛИЦА. *Количество изученных зубов каждого вида*

Названия зубов	Вид		
	M. foina	*M. martes*	*M. zibellina*
I/3	120	660	430
Pm/3	120	570	430
Pm/4	120	660	530
M/1	120	660	530
M/2	120	930	780

Выборки происходят из следующих регионов:

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 (*m*=60) и Баргузинский заповедник (*n*=100);

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

При описании структуры жевательной поверхности зубов и проведении морфотипического анализа автор опирался на работы G. Vandebroek (1967), M. Wolsan (1989) и Г.Ф. Барышникова (1990, 2002). Возраст особей определяли по методике Г.А. Клевезаль (2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Описание морфотипов

Зуб I/3. Для нижнего третьего резца нами выделено 4 морфотипа: A1 –морфотип характеризуется наличием массивного дистоконида, размер которого немного уступает протокониду; A2 — дистоконид значительно уступает по величине главному бугру; A3 — характеризуется наличием небольшого дистоконида и хорошо выраженного мезиального валика; B1 — имеется дистоконид небольших размеров, а отличительная особенность данного морфотипа — наличие мезиоконида размером, уступающим двум остальным буграм (рис. 1).

Зуб Pm/3. Для этого зуба нами выделено 3 морфотипа: A0 — характерна гладкая вогнутая поверхность дистального гребня протоконида; A1 — зуб имеет небольшой уступ на поверхности дистального гребня протоконида; A2 — зубы, отнесенные в этот морфотип, имеют хорошо выраженный зубец на дистальном гребне протоконида (рис. 2).

Зуб Pm/4. Выделено 4 морфотипа: A0 — вершина протоконида острая, высокая, поверхность дистального гребня протоконида гладкая; A1 — вершина зуба острая, высокая, поверхность дистального гребня протоконида с дополнительным зубцом, лежащим близко к вершине; A2 — вершина протоконида покатая, реже острая, невысокая, дистальный гребень протоконида с дополнительным зубцом, более массивным, чем в других морфотипах, лежащим значительно ниже вершины; B1 — вершина зуба острая, высокая, поверхность дис-

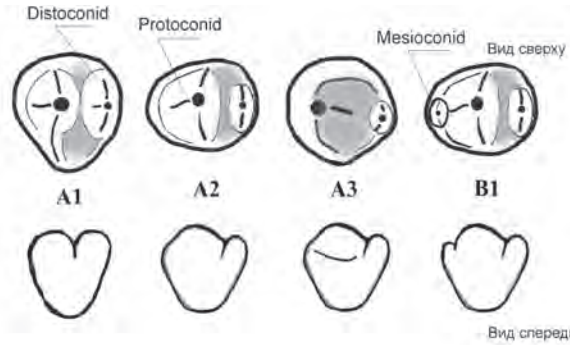

Рис. 1. Морфотипы зуба I/3.

Рис. 2. Морфотипы зуба Pm/3.

тального гребня протоконида с дополнительными зубцами, нижний зубец находится на лингвальной стороне зуба (рис. 3).

Зуб M/1. Выделено 9 морфотипов: A1 — морфотип характеризуется наличием на талониде массивного, хорошо развитого гипоконида, который занимает почти половину бассейна талонида; A2 — характеризуется наличием массивного гипоконида и дополнительным элементом — гипоконулидом, примыкающим вплотную к гипокониду. Морфотипы остальных групп (B, C, D) характеризуются значительно менее развитым гипоконидом: B1 — зубы, выделяемые в данный морфотип, имеют только гипоконид; B2 — характеризуется наличием гипоконида и гипоконулида, последний вплотную примыкает к гипокониду; B3 — зуб усложняется гипоконулидом и постгипоконулидом, лежащим строго за первым; C1 — в бассейне талонида присутствует дополнительный бугорок энтогипоконид, который примыкает к гипокониду; C2 — морфотип представляют зубы, усложненные гипоконулидом и энтогипоконидом (рис. 4).

Зуб M/2. Выделено 3 морфотипа: A1 — характеризуется наличием протоконида и метаконида, между которыми существует заметное расстояние. Морфотип A2 отличается сближением протоконида и

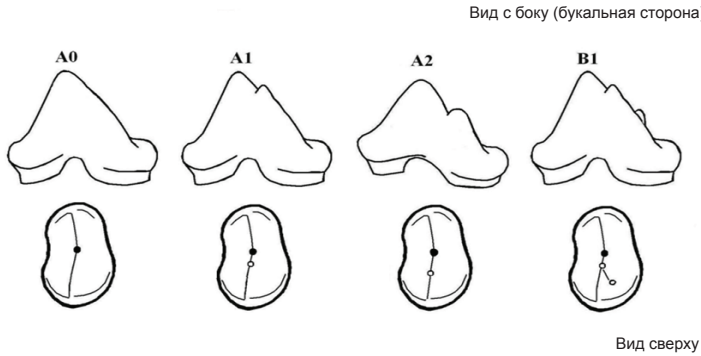

Рис. 3. Морфотипы зуба Pm/4.

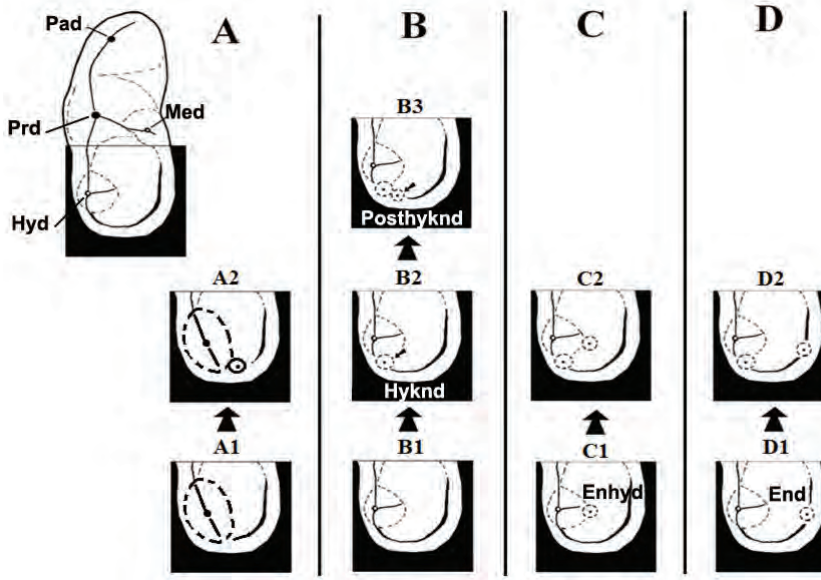

Рис. 4. Морфотипы зуба M/1.

метаконида, которые нередко образуют гребень; B1 — характеризуется наличием протоконида, метаконида, параконида и гипоконида; протоконид и метаконид сближены (рис. 5).

Частота встречаемости морфотипов

I/3. У каменной куницы преобладает морфотип A1 (62%), у остальных видов он встречается достаточно редко (2–7%). Морфотип A2 преобладает в выборках лесной куницы (80%), у каменной ку-

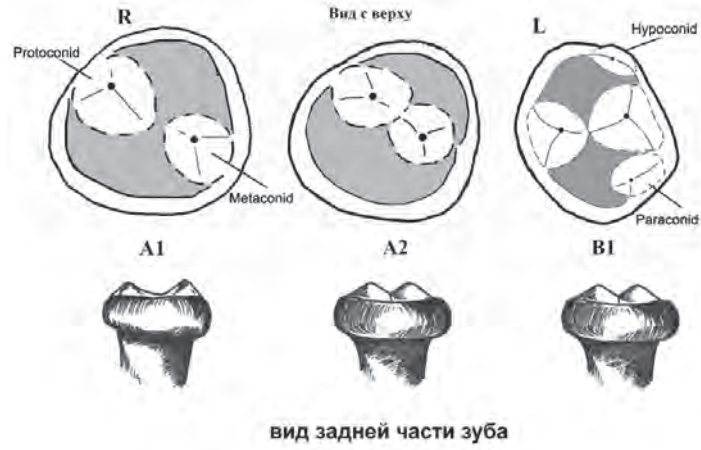

Рис. 5. Морфотипы зуба М/2.

ницы частота его встречаемости составляет 32%, а у соболя — 3%. Для соболя характерен морфотип А3 (94%), у остальных видов он встречается достаточно редко (4–7%). Частота встречаемости морфотипа В1 в ряду *M. foina–M. martes–M. zibellina* составляет соответственно 2–6–1%.

Pm/3. У лесной и каменной куниц преобладает морфотип А0 (76 и 83%). У соболей наибольшее количество зубов также принадлежит к морфотипу А0 (62%), но с большой долей морфотипа А1 — 30%. Частота встречаемости морфотипа А2 в ряду *M. foina–M. martes–M. zibellina* составляет соответственно 2–6–8%.

Pm/4. У лесной и каменной куниц преобладает морфотип А2 (90 и 95%), у соболя — морфотип А1 (67%) при частоте встречаемости А2-морфотипа 25%. Частота встречаемости морфотипа А0 в ряду *M. foina–M. martes–M. zibellina* составляет 4–3–2% соответственно. Морфотип В1 у каменной куницы не обнаружен, у лесной куницы он имеет частоту встречаемости 1%, у соболя — 6%.

М/1. Морфотипы группы А встречены только у каменных куниц (А1=55%, А2=40%). У лесной куницы преобладают морфотипы В1 и В2 (24 и 67%), реже встречается морфотип С2 (8%). У соболя в почти равном количестве преобладают морфотипы В2 и С2 (44 и 45%). Морфотипы группы D и морфотип В1 отмечены только у этого вида с частотой 1 и 2%. Талонид соболя в отличие от лесной и каменной куниц чаще имеет более сложное строение.

М/2. У лесной куницы преобладает морфотип А1 (91%), а морфотип А2 встречается в 9% случаев. У соболя и каменной куницы наибольшую частоту встречаемости имеет морфотип А2 — 96 и 83% соответственно. Морфотип А1 у каменной куницы встречен в 14%

выборки, у соболя — 1%. Морфотип B1 с одинаковой частотой (3%) встречается только у каменной куницы и соболя.

ВЫВОДЫ

1. Хищнический зуб является наиболее изменчивым из всех рассмотренных. Наибольшее количество морфотипов, выделенных для этого зуба, встречено у соболя.

2. У соболя все изученные зубы нижнего ряда характеризуются усложнением жевательной поверхности.

3. Особенности жевательной поверхности I/3 позволяют дифференцировать три вида рода *Martes*. Диагностирующими признаками являются выраженность мезиального валика и расположение дистоконида.

4. Особенности Pm/4 позволяют дифференцировать лесную куницу и соболя. Диагностирующим признаком является локализация зубца на дистальном гребне протоконида.

5. По M/2 возможна дифференциация лесной куницы от соболя и каменной куницы. Диагностирующим признаком в данном случае выступает расположение протоконида и метаконида.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 11–04–90747-моб_ст).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аристов А.А., Барышников Г.Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий (Хищные и ластоногие). СПб., 2001. 560 с.

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

Клевезаль Г.А. Принципы и методы определения возраста млекопитающих. М.: Тов. научных изданий КМК, 2007. 283 с.

Павлинин В.Н. Тобольский соболь. Свердловск: Изд-во УФАН СССР, 1963. 112 с.

Смирнов Н.Г. О направлении изменчивости краниологических признаков южноуральских лесных куниц в голоцене // Популяционная изменчивость животных: Сб. статей. Свердловск, 1975. С. 98–105.

Anderson E. Quaternary evolution of the genus *Martes* (Carnivora, Mustelidae) // Acta Zoologica Fennica, 1970. Vol. 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. Vol. 1 (for 2002). № 2. P. 133–149.

Petter G. Origine, phylogenie et systematique des Blaireaux // Mammalia, 1971. № 35. P. 567–597.

Vandebroek G. Origin of the cusps and crests of the tribosphenic molar // J. of Dental Research, 1967. Vol. 46. P. 795–804.

Wolsan M., Ruprecht A.L. Buchalczyk T. Variation and asymmetry in the dentition of the pine and stone martens (*Martes martes* and *M. foina*) from Poland // Acta theriol., 1985. № 30. P. 79–114.

Wolsan M. Morphological variations of the ferst upper molar in the genus *Martes* (Carnivora, Mustelidae) // MeÂm. 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.

Wolsan M. Phylogeny and classification of early European Mustelida (Mammalia: Carnivora) // Acta Theriol., 1993. № 38. P. 45–384.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ ГОРОДА ИЖЕВСКА

Е.А. Гондырева, Б.Г. Котегов

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: амфибии, флуктуирующая асимметрия, Rana arvalis, R. temporaria.

Изучение морфологической изменчивости как одного из основных свойств биологических объектов является одной из актуальных задач при оценке состояния популяций и экосистем, а также с точки зрения проблемы биоразнообразия. Флуктуирующая асимметрия (ФА) — особая форма изменчивости, позволяющая в силу своих особенностей (случайные, ненаправленные, генетически не обусловленные отклонения от строгой симметрии вследствие несовершенства процессов онтогенеза) оценить степень онтогенетической нестабильности. Данный подход может использоваться для оценки благополучия популяции, поскольку на показатели ФА влияет стрессирующее воздействие как средовых, так и факторов генетической асимметрии (Захаров, 1987; Palmer, Strobek, 2003).

Актуальность нашего исследования обусловлена тем, что, несмотря на огромное количество работ, посвященных различным аспектам феномена ФА, данные о ее связи с такими популяционными характеристиками, как численность и видовое разнообразие, практически отсутствуют. Цель работы — выявление особенностей видового состава, распределения и стабильности развития бесхвостых амфибий в условиях урбанизированной среды.

В качестве территории исследования был выбран г. Ижевск. Материал собирали в 2009 г. На 4 изученных маршрутах был отловлен 171 экз. бесхвостых амфибий: маршрут № 1 — лесной участок по ул. Холмогорова, охватывает заболоченный участок р. Подборенка; маршрут № 2 — территория лесного массива вдоль ул. Воткинское шоссе; марш-

рут № 3 — лесной массив по берегу Ижевского водохранилища; маршрут № 4 — участок, захватывающий низовья рек Карлутка и Позимь.

Как и предполагалось, наиболее часто встречающиеся виды — *Rana arvalis* и *R. temporaria*; зарегистрированы также *R. ridibunda* и *Bufo bufo*. Это не противоречит данным о распространении этих видов на территории Удмуртии.

Изучение относительного обилия видов бесхвостых амфибий на разных участках показало, что наибольшая встречаемость на 1 км маршрута остромордой, травяной и озерной лягушек наблюдается на 4-м участке. Это может быть обусловлено высокой гетерогенностью природно-антропогенных биотопов и наиболее благоприятными условиями для размножения.

При изучении видового состава был использован индекс видового разнообразия Шеннона, который показал, что наибольшее биоразнообразие характерно для 1-го и 4-го участков, что, возможно, отражает меньшую по сравнению с участками 2 и 3 антропогенную нагрузку. В результате сравнения фауны бесхвостых амфибий с помощью коэффициента сходства Съеренсена-Чекановского была построена дендрограмма, из которой следует, что наиболее сходные по видовому составу 2-й и 3-й участки — это возвышенные территории с отсутствием рек и явным доминированием *R. arvalis*.

В качестве биоиндикационной характеристики применялся анализ ФА морфологических признаков наиболее часто встречающихся видов в серии выборок, взятых с разных участков г. Ижевска. Всего использовано 13 признаков. Наибольшая величина средней асимметрии на признак наблюдается у особей с 1-го и 3-го участков, что отражает менее стабильные условия, возможно, связанные с трансформацией естественных биотопов — вырубка лесов, химическое загрязнение, рекреационное воздействие.

Таким образом, в ходе исследования на 4 участках территории г. Ижевска было выявлено 4 вида бесхвостых амфибий, входящие в состав двух семейств. Наиболее распространенными и многочисленными являются остромордая и травяная лягушки — они зарегистрированы на всех участках. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается на 1-м и 4-м участках, что связано с гетерогенностью биотопов. Полученные показатели ФА остромордой и травяной лягушек свидетельствуют о нарушении стабильности развития, связанном, вероятно, с неблагоприятными средовыми воздействиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-фенетический подход). М.: Наука, 1987. 216 с.

Palmer A.R., Strobek C. Fluctuating asymmetry analyses revisited // Developmental instability: causes and consequences. New York: Oxford Univ. Press, 2003. P. 279–319.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХРОМОСОМНЫХ РАС МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ: ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОРФОМЕТРИЯ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

Ю.В. Городилова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: геометрическая морфометрия, морфологическая изменчивость, хромосомные расы, филогения, Sylvaemus uralensis.

Малая лесная мышь (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811) — один из широкоареальных видов грызунов, обитающий в зонах широколиственных и смешанных лесов, степях и полупустынях. Внутривидовая таксономическая структура малой лесной мыши неоднозначна и требует дополнительных исследований.

Изначально деление на подвиды и выделение самостоятельных видов происходило на основе классических морфологических методик (Аргиропуло, 1940). В конце XX в. были получены результаты внутривидовой дифференциации малой лесной мыши на основе аллозимного анализа и изменчивости морфометрических показателей (Межжерин, 1990; 1996). С.В. Межжерин показал, что выборки малых лесных мышей с Северного Алтая и Памиро-Алая отличаются как друг от друга, так и от особей европейской части России и Закавказья, и предложил их считать самостоятельными видами: *S. katschenkoi* и *S. pallipes,* соответственно. Также он считал приемлемой точку зрения Б.А. Кузнецова (1948), что на Южном Тянь-Шане и Памиро-Алае обитает *S. pallipes*, а в районе Алтая, Восточного Казахстана и Северного Тянь-Шаня — *S. tokmak* (Межжерин, 1996).

Позже были выявлены различия в кариотипах малых лесных мышей по содержанию прицентромерного гетерохроматина с помощью метода дифференциального *C*-окрашивания хромосом (Орлов и др., 1996; Челомина и др., 1998; Богданов, 2001; Картавцева, 2002). В.Н. Орлов с соавт. (1996) считали, что группы популяций малой лесной мыши, генетически дифференцированные и занимающие определенный ареал, следует рассматривать в качестве самостоятельных видов. Было предложено выделять в составе надвида *S. uralensis* 2 вида: *S. mosquensis*, занимающей ареал от Центральной Европы до бассейна Волги и от северной границы распространения лесных мышей в Европе до Крыма, и *S. ciscaucasicus (=microps),* обитающей на Карпатах, Балканах и Кавказе (Орлов и др., 1996). Позже такого деления придерживались и некоторые другие авторы (Баскевич,

Малыгин, 2003; Баскевич и др., 2004), однако в качестве дополнительных диагностических признаков «видов» были приведены лишь незначительные различия по ширине головок сперматозоидов.

В указанных выше работах не рассматривались мыши с территории Урала и Приуралья, и, следовательно, неясно к какому таксону их относить. Н.Е. Колчева (2006) убедительно показала, что мышей из уральских локалитетов по ряду одонтометрических и качественных признаков следует отождествлять с «*uralensis*».

Параллельно развивалась другая точка зрения, что малая лесная мышь находится на начальных этапах дифференциации, которая подтверждается изменчивостью *C*-сегментов хромосом (Челомина и др., 1998; Богданов, 2001, Картавцева, 2002). В одной из работ А.С. Богдановым были описаны три хромосомные формы *Sylvaemus uralensis*, названные по географическому принципу восточно-европейской, южно-европейской и азиатской (Богданов, 2001). Позже было показано, что азиатская хромосомная форма отличается от двух других по кариотипическим и многим другим молекулярно-генетическим признакам, поэтому было предложено рассматривать ее в качестве отдельной расы. А близкие восточно-европейская и южно-европейская хромосомные формы были объединены в европейскую расу (Богданов, 2004; Богданов, Розанов, 2005). Данная схема внутривидовой дифференциации *S. uralensis* впоследствии была подтверждена результатами нескольких молекулярно-генетических исследований (Челомина и др., 2007; Богданов и др., 2009; Карамышева и др., 2010; Карамышева и др., 2011).

На основе строения гена цитохрома *b* мтДНК малой лесной мыши Г.Н. Челомина и Д.М. Атопкин (2010) предлагают, однако, рассматривать географические расы малой лесной мыши в качестве самостоятельных таксонов видового ранга. С этой точки зрения только особи западной филогенетической клады могут быть причислены к виду *S. uralensis* (Pallas, 1811), населяющие ареал от Чехии до Южного Урала. А особи, формирующие восточную кладу, и в том числе формы *pallipes* и *katschenkoi*, авторы предлагают объединить в составе вида под названием *S. tokmak* (Severtzov, 1873). Именно эта форма лесной мыши впервые была описана в азиатской части ареала (северная Киргизия). Представлению о двух выделенных таксонах как о «молодых» аллопатрических видах соответствует их политипичность (Челомина и др., 2007; Челомина, Атопкин, 2010).

Мы в целом согласны с аргументами о реальности существования именно двух хромосомных рас, однако с учетом аллопатрии трех хромосомных форм и для простоты тестирования их морфологических различий в дальнейшем изложении будем, тем не менее, условно именовать их тремя разными хромосомными расами: восточно-европейской, южно-европейской и азиатской.

После описания хромосомной и молекулярной дивергенции вида представляет интерес возврат к его морфологии. Исходя из вышесказанного, целью данной работы является изучение степени морфологической дивергенции хромосомных рас (восточно-европейской, южно-европейской и азиатской) малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811) методами геометрической морфометрии формы нижней челюсти. Важно также оценить вероятный филогенетический сигнал, содержащийся в морфометрических данных, используя методы морфологического картирования филетических деревьев по алгоритму квадратированной парсимонии Мэдисона (Madison, 1991).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изученный материал охватывает все три хромосомные расы и представлен выборками из 15-ти географических точек на территории Урала от южной до северной границ ареала вида, а также в Кавказском, Алтайском заповедниках, заповеднике «Аксу-Джабаглы» и в окрестностях реликтового бора вблизи г. Каркаралинск в Казахстане (рис. 1). Использовали в основном коллекционные материалы лаборатории эволюционной экологии ИЭРиЖ УрО РАН, сборы, полученные при личном участии автора, и материал, любезно предоставленный к.б.н. Н.Е. Колчевой, а также Зоологическим музеем МГУ. Общий объем материала составил 312 экз. *S. uralensis*.

Карта-схема ареала создана по П.А. Пантелееву (1998), деление ареала на хромосомные группы основано на данных Т.В. Карамышевой с соавт. (2010).

Для изучения морфологической изменчивости выбрали нижнюю челюсть животных, поскольку она имеет непосредственное отношение к процессу добывания и переработки пищи, которые характеризуют экологические особенности вида. С другой стороны, она является плоским объектом, что важно для корректной оцифровки изображений при использовании методов геометрической морфометрии. Изображения лингвальной стороны нижних челюстей вводили в компьютер через планшетный сканер Epson V200 с разрешением 1200 dpi. Для характеристики формы нижней челюсти использовали 16 гомологичных меток-ландмарок (рис. 2), которые размещали на изображениях и оцифровывали с помощью экранного дигитайзера TPSDig (Rohlf, 2010) для двух повторно полученных изображений в двух повторностях расстановки меток.

Для проведения канонического анализа прокрустовых координат и морфологического картирования филогенетических деревьев по алгоритму квадратированной парсимонии Мэдисона (1991) использовали пакет программ MorphoJ (Klingenberg, 2011). В работе применяли методы ресэмплинга: бутстреп и перестановочный тесты при 10 000 повторных реплик.

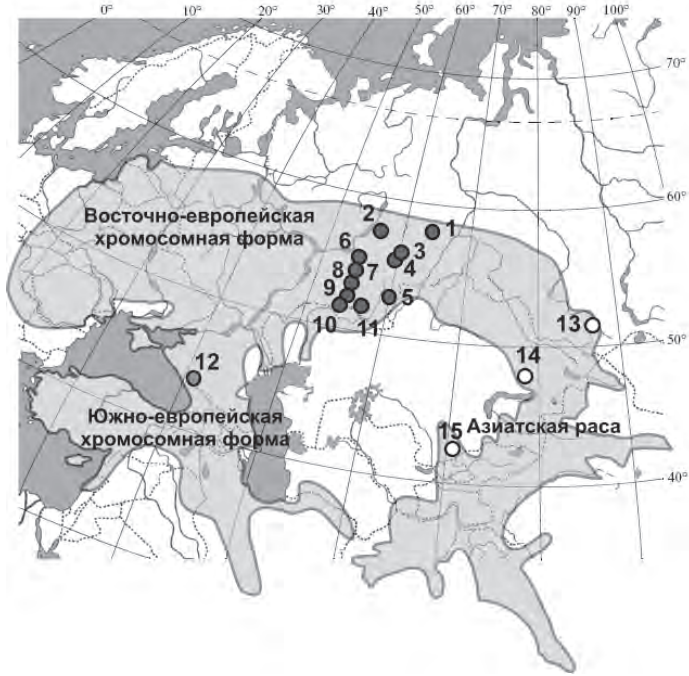

Рис. 1. Карта-схема ареала малой лесной мыши и размещения выборок, относящихся к трем хромосомным группам: восточно-европейской и южно-европейской формам и азиатской расе.

Номера точек — Россия, Свердловская обл.: 1 — Тугулымский р-н, д. Галашово (n=29), 2 — Шалинский р-н, д. Шигаево (n=27); Челябинская обл.: 3 — Каслинский р-н, ЗАТО Озерск, окр. п. Метлино (n=30), 4 — г. Миасс, Ильменский зап-к (n=19), 5 — Брединский р-н, п. Бреды (n=15); Республика Башкортостан: 6 — г. Уфа (n=12), 7 — Стерлитамакский р-н, с. Большой Куганак (n=31), 8 — Куюргазинский р-н, с. Ира (n=31); Оренбургская обл.: 9 — Саракташский р-н, с. Черный отрог (n=16), 10 — Соль-Елецкий р-н, с. Егинсай (n=28), 11 — Кувандыкский р-н, г. Кувандык (n=30); 12 — Краснодарский край, Кавказский зап-к, с. Красная Поляна (n=22); 13 — Республика Алтай, Улаганский р-н, Алтайский зап-к, оз. Телецкое (n=8); Казахстан: 14 — Карагандинская обл., Каркаралинский р-н, п. Каркаралинск (n=4), 15 — Южно-Казахстанская обл., Толебийский р-н, зап-к «Аксу-Джабаглы» (n=10).

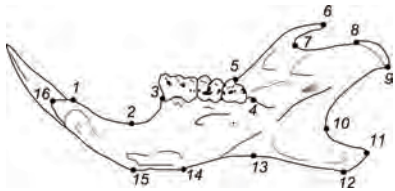

Рис. 2. Размещение 16 гомологичных меток-ландмарок на лингвальной стороне нижней челюсти малой лесной мыши.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения масштаба возможных смещений оценок межгрупповых морфологических различий, обусловленных расстановкой гомологичных меток и процессом оцифровки изображений, оцифровка и расстановка меток проводились дважды. Было установлено, что величины смещения оценок морфологических различий, связанных с расстановкой ландмарок и процессом оцифровки многократно меньше межрасовых и межпопуляционных и статистически недостоверны, что позволяет ими пренебречь. В дальнейшем использованы усредненные значения по четырем повторам.

Молекулярно-генетическая филогения, описанная А.С. Богдановым, была нами смоделирована в виде соответствующего гипотетического дерева (рис. 3). Следует пояснить, что фрагмент дерева для восточно-европейской хромосомной формы, обитающей на Урале, построен как гипотетическая модель наиболее вероятных филогеографических отношений в соответствии с учетом размещения выборок.

Метод квадратированной парсимонии Мэдисона (1991) позволяет оценить степень соответствия морфометрических отношений между таксонами структуре тестируемого филогенетического дерева. Предварительно были вычислены минимальная и максимальная длины деревьев, соответствующие нашим морфометрическим данным, которые позволяют оценить уровни гомоплазии, используя индекс консистентности (Consistency index — *CI*), и синапоморфии по величине индекса ретенции (Retention index — *RI*). Для оценки

Рис. 3. Наиболее вероятное «филогеографическое» дерево для выборок малой лесной мыши трех изученных хромосомных рас.

соответствующих индексов вычислили деревья и оценили вероятности их устойчивости для минимальной длины (TL=7.90 усл. ед.; $p<0.0001$) и максимальной — (TL=60.43 усл. ед.; $p=0.786$).

Результаты морфологического картирования молекулярной филогении для трех хромосомных рас *S. uralensis* в плоскости первых двух канонических переменных показаны на рисунке 4. Все три хромосомные расы четко дифференцированы друг от друга, но азиатская раса более удалена от остальных, длина дерева при этом близка к длине минимального дерева (TL=8.12 усл. ед., $p<0.0001$). Уровень гомоплазии (ошибки за счет параллельной эволюции признаков) оказался очень низок, поскольку величина индекса *CI* близка к единице (0.97), а уровень синапоморфии (морфологического соответствия филогении) крайне высок, так как индекс *RI* тоже близок к единице (0.99). Все это указывает на проявление отчетливого филогенетического сигнала, содержащегося в морфометрических данных.

Крайние конфигурации формы, характеризующие деформации нижней челюсти вдоль первых двух канонических переменных, показаны на рисунке 5. Видно, что если у южно-европейской расы из Кавказского заповедника (вверху) существенно увеличивается угловой отросток и уменьшается ширина сочленовного отростка, то у азиатской расы (внизу) наблюдается противоположная картина.

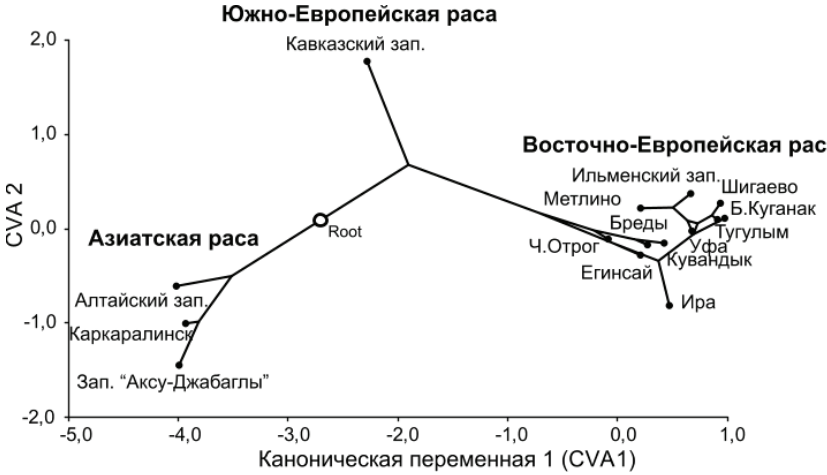

Рис. 4. Морфологическое картирование гипотетического филетического дерева трех хромосомных групп S. uralensis с учетом их молекулярной филогении (Карамышева и др., 2011) в плоскости первых двух канонических переменных (CVA1 и CVA2), характеризующих межгрупповые различия конфигурации нижней челюсти.

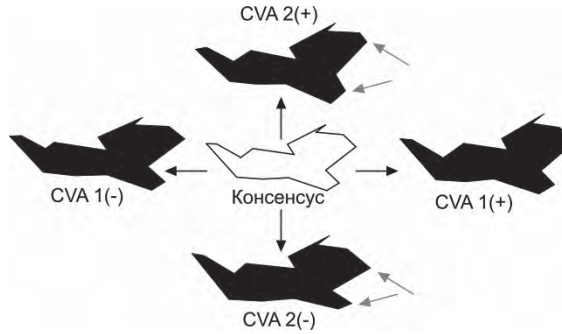

Рис. 5. Канонический анализ изменчивости формы нижней челюсти трех хромосомных рас малой лесной мыши вдоль двух первых осей (CVA1, CVA2).

На рисунке 6 в общем морфопространстве вдоль трех канонических переменных отображены эллипсоиды трех изученных рас. Хорошо видно, что азиатская раса не имеет морфологического хиатуса с европейской расой, поэтому наши данные не подтверждают мнение

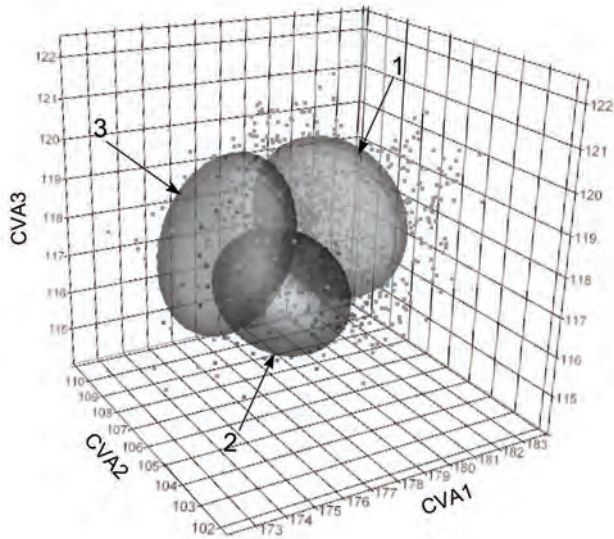

Рис. 6. Морфопространство хромосомных рас малой лесной мыши: 1 — восточно-европейской, 2 — южно-европейской и 3 — азиатской, характеризующее изменчивость формы нижней челюсти вдоль первых трех канонических переменных (CVA1-CVA3).

Г.Н. Челоминой и Д.М. Атопкина (2010) о видовом статусе *S. tokmak* и говорят о конспецифичности всех трех хромосомных форм.

ВЫВОДЫ

Выявлен отчетливый филогенетический сигнал, содержащийся в морфометрических данных при сравнении хромосомных рас *S. uralensis* методами морфологического картирования филогенетических деревьев по алгоритму квадратированной парсимонии Мэдисона: обнаруженная связь характеризуется пренебрежимо низкой гомоплазией и высокой синапоморфией (*CI*=0.97; *RI*=0.99).

Межрасовые морфологические различия формы нижней челюсти хорошо согласуются с молекулярно-генетической гипотезой о конспецифичности трех хромосомных рас малой лесной мыши и большей филетической близости представителей восточно-европейской и южно-европейской рас.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ (проект № 11-04-00720) и программы Президиума УрО РАН по совместным проектам УрО, СО и ДВО РАН (проекты № 09-С-4-1004 и 09-С-4-1005). Автор благодарен д.б.н. И.А. Васильевой за общий замысел работы, д.б.н., профессору А.Г. Васильеву за неоценимую консультативную помощь в проведении статистических расчетов методами геометрической морфометрии и к.б.н. Н.Е. Колчевой за любезно предоставленный коллекционный материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аргиропуло А.И. Семейство *Muridae* — Мыши // Фауна СССР, Млекопитающие; 1940. Т. 3. Вып. 5. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 170 с.

Баскевич М.И., Малыгин В.М. Кариотип как маркер видовой и внутривидовой изменчивости грызунов — носителей возбудителей природно-очаговых инфекций в Кавказском регионе // Териологические исследования, 2003. Вып. 4. С. 5–12.

Баскевич М.И., Потапов С.Г., Окулова Н.М. и др. Сравнительный анализ сперматозоидов у шести видов мышей рода Apodemus из Восточной Европы и Закавказья // Зоологический журнал, 2004. Т. 83. № 6. С. 725–732.

Богданов А.С. Хромосомная дифференциация популяций малой лесной мыши *Sylvaemus uralensis* в восточной части ареала вида // Зоологический журнал. 2001, Т. 80. № 3. С. 331–342.

Богданов А.С. Аллозимная изменчивость малой лесной мыши *Sylvaemus uralensis* (Rodentia, Muridae) и оценка уровня дивергенции хромосомных форм этого вида // Генетика, 2004. Т. 40. № 8. С. 1099–1112.

Богданов А.С., Атопкин Д.М., Челомина Г.Н. Анализ генетической изменчивости и дифференциации малой лесной мыши *Sylvaemus uralensis* (*Rodentia, Muridae*) методом RAPD-PCR // Известия РАН. Серия биологическая, 2009. № 3. С. 276–292.

Богданов А.С., Розанов Ю.М. Изменчивость размера ядерного генома у малой лесной мыши *Sylvaemus uralensis* (*Rodentia, Muridae*) // Генетика, 2005. Т. 41. № 10. С. 1369–1376.

Карамышева Т.В., Богданов А.С., Картавцева И.В. и др. Сравнительный FISH-анализ С-позитивных блоков прицентромерных районов хромосом малых лесных мышей *Sylvaemus uralensis* (*Rodentia, Muridae*) // Генетика, 2010. Т. 46. № 6. С. 805–816.

Карамышева Т.В., Богданов А.С. Картавцева И.В., Рубцов Н.Б. Сравнительный FISH-анализ ДНК прицентромерных районов и прицентромерного гетерохроматина хромосом лесных мышей родов *Sylvaemus* и *Apodemus* // Териофауна России и сопредельных территорий: Мат-лы международного совещания, 1–4 февраля 2011 г. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2011. С. 198.

Картавцева И.В. Кариосистематика лесных и полевых мышей (Rodentia, Muridae). Владивосток: Дальнаука. 2002. 142 с.

Колчева Н.Е. Заметки по морфологии и систематике лесной мыши, обитающей на Урале // Вестник ОГУ, 2006. № 4. Приложение. С. 67–69.

Межжерин С.В. Аллозимная изменчивость и генетическая дивергенция лесных мышей подрода *Sylvaemus* (Ognev et Vorobiev) // Генетика, 1990. Т. 26. № 6. С. 1046–1054.

Межжерин С.В. Генетические связи и видовая принадлежность лесной мыши (*Rodentia, Muridae, Sylvaemus*) Памиро-Алая // Известия РАН. Сер. биол., 1996. Т. 30, № 1. С. 30–38.

Орлов В.Н., Козловский А.И., Наджафова Р.С., Булатова Н.Ш. Хромосомные диагнозы и место генетических таксонов в эволюционной классификации лесных мышей подрода *Sylvaemus* Европы (*Apodemus, Muridae, Rodentia*) // Зоологический журнал, 1996. Т. 75. № 1. С. 88–102.

Пантелеев П.А. Грызуны Палеарктики: состав и ареалы. М.: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН. 1998. 117 с.

Челомина Г.Н., Атопкин Д.М. Молекулярно-генетические свидетельства глубокого филогенетического разрыва между европейской и азиатской расами малой лесной мыши по данным изменчивости гена цитохрома *b* мтДНК // Молекулярная биология, 2010. Т. 44. № 5. С. 792–803.

Челомина Г.Н., Атопкин Д.М., Богданов А.С. Филогенетические связи видов и внутривидовых форм лесных мышей рода *Sylvaemus* по данным частичного секвенирования гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК // Доклады РАН, 2007. Т. 416. № 2. С. 282–285.

Челомина Г.Н., Павленко М.В., Картавцева И.В. и др. Генетическая дифференциация лесных мышей Кавказа: сравнение изозимной, хромосомной и молекулярной (ДНК) дивергенции // Генетика, 1998. Т. 34. № 2. С. 213–225.

Klingenberg C.P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics // Molecular Ecology Resources, 2011. Vol. 11. P. 353–357

Maddison W.P. Squared-change parsimony reconstructions of ancestral states for continuous-valued characters on a phylogenetic tree // Systematic Zoology, 1991. Vol. 40. P. 304–314

Rohlf F.J. TpsDig version 2.15: SUNY at Stony Brook, 2010. (program).

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРБАТЫХ КИТОВ (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE* BOROWSKI, 1781) У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ О-ВА БЕРИНГА (КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА)

А.М. Госьков*, М.И. Гончарова**

**Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург*
***Московский госуниверситет им. М.В. Ломоносова*

Ключевые слова: горбачи, нагул, пространственное распределение, скопления, фотоидентификация.

Китообразные находятся на вершине пищевых цепей в морских экосистемах. Антропогенное воздействие на китообразных создает угрозу существованию их популяций, что может привести к изменениям структуры морских экосистем. Пространственное распределение и численность горбатых китов (или горбачей) в северной части Тихого океана до настоящего времени мало изучены. К моменту введения запрета на промысел китообразных в середине 60-х годов прошлого века численность горбачей катастрофически сократилась. По мнению некоторых авторов, количество горбатых китов в северной части Тихого океана не превышало 1 тыс. в середине 60-х, по мнению других — около 4 тыс. особей в середине 70-х. По данным А.А. Берзина и В.Л. Владимирова (1988) за 10 лет наблюдений в 80-х годах прошлого века в Охотском море не зарегистрировано ни одной достоверной встречи горбатого кита.

Комплексные исследования в акватории Командорских островов были начаты в 2004–2005 гг. (в рамках Международного проекта по изучению популяционной структуры горбачей в северной части Тихого океана — SPLASH) и продолжены в 2007–2010 гг. в рамках проекта по изучению косаток в дальневосточных морях (FEROP — Far East Russia Orca Project). С 2004 г. проводится сбор данных по фотоидентификации горбачей.

Для изучения особенностей формирования нагульных скоплений горбатых китов в акватории о-ва Беринга были поставлены следующие задачи: 1) выявить пространственное распределение горбатых китов; 2) провести каталогизацию горбачей, посещающих данный район, с помощью метода фотоидентификации особей; 3) охарактеризовать динамику состава нагульных скоплений; 4) установить продолжительность пребывания отдельных китов в районе исследований.

В настоящей работе анализируются данные за период с 21 июня по 5 августа 2010 г., собранные в районе Командорских островов в ходе экспедиционных работ. С береговой точки наблюдений производили сканирование акватории, данные о замеченных китообразных фиксировали в дневнике наблюдений. При благоприятных погодных условиях в море с надувных лодок, проводили фотосъёмку горбатых китов и регистрировали особенности их поведения. Для фотографирования использовались цифровые фотоаппараты: Canon 1D с объективом 75–300 мм, Canon 1D Mark II с объективом 100–400 мм и Canon 1000D с объективом 55–250 мм. Во время работы маршрут и перемещения судна фиксировали с помощью навигатора GPS. Идентификацию отдельных китов проводили по фотографиям по общепринятой методике (Katona, Whitehead, 1981).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мы проверяли следующую гипотезу: в районе Командорских островов летом горбатые киты находятся продолжительное время, в исследуемой акватории о-ва Беринга их нагульные скопления имеют относительно постоянный состав и приурочены к свалу глубин.

За 23 дня наблюдений в море были зарегистрированы 273 встречи с горбачами — это были одиночные особи, группы и крупные агрегации китов. Всего идентифицировано 316 животных.

Наши наблюдения показали, что в районе работ 290 горбачей встречены впервые, 26 китов были отмечены ранее (в 2004–2009 гг.). За период наших исследований наибольшая концентрация кормящихся горбачей (10–20 и более животных) отмечена 30 июня, 1 и 29 июля, при этом 30 июня было учтено 139 горбачей, а 1 июля — 115. За эти два дня было впервые встречено 64.1% животных, причем в двухдневный период 38 китов были отмечены повторно. В последующем количество китов, встреченных за день, снизилось. Скопления кормящихся горбачей с более высокой численностью вновь отмечены в конце июля: 29.07 было учтено и отснято 50 животных, из них 7% встречены впервые, 16 китов мы встречали хотя бы один раз 30.06 или 1.07.

Большинство китов отмечено на расстоянии 2–7 км от берега. Точки, в которых были отмечены горбачи, нанесены на карту глубин в программе Map Info 8.0 (см. рисунок). Картирование показало, что у западного побережья о-ва Беринга горбатые киты образуют нагульные скопления примерно в одних и тех же районах акватории. Малое количество повторных встреч свидетельствует о том, что большинство особей находятся в акватории о-ва Беринга непродолжительное время, и состав горбачей в этих скоплениях постоянно изменяется: 63.9% животных были встречены только один раз, 24.7% — дважды, 7% — трижды, 2.5% — четыре раза, 1.9% — пять раз.

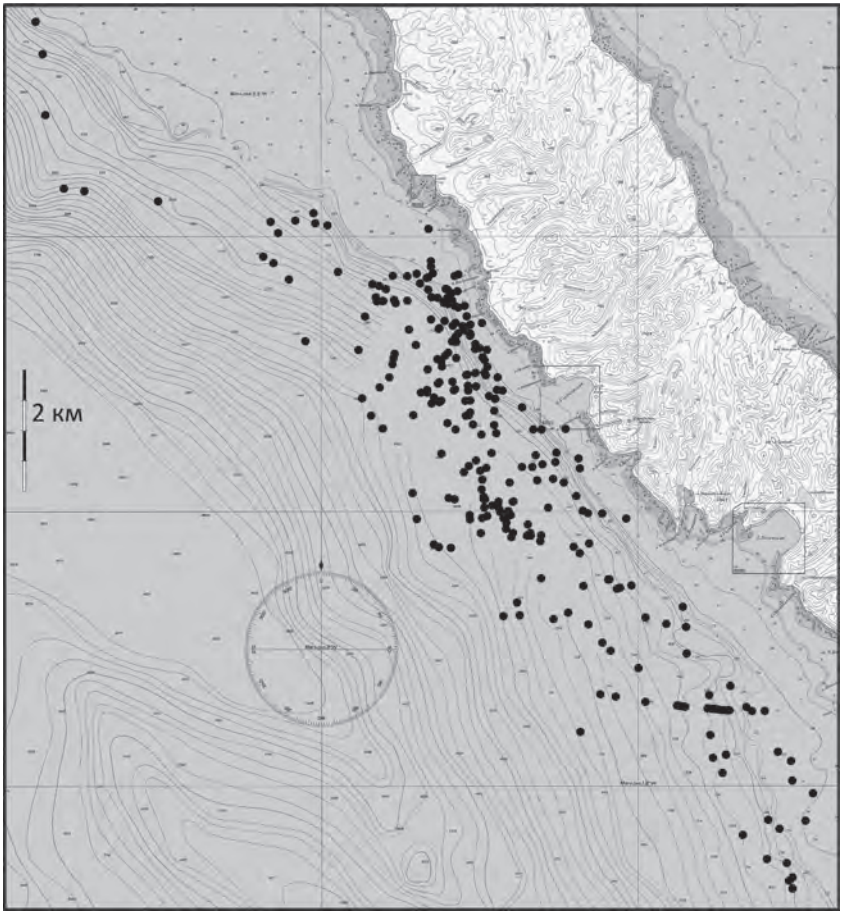

Рисунок. Точки регистрации горбатых китов.

Следует отметить, что районы скоплений располагаются вдоль свала глубин. При этом некоторые животные, по-видимому, продолжительное время находятся в исследованной акватории. Вместе с тем стабильно высокая численность и высокая степень ротации животных в исследуемой акватории летом 2010 г. говорят об общем росте численности горбачей, мигрирующих в акваторию Командорских островов на нагул.

Таким образом, наша рабочая гипотеза подтвердилась лишь частично. В летние месяцы в акватории Командорских островов, которая является важным районом нагула, наблюдается значительная концентрация горбатых китов, но степень их ротации здесь высока. Кормовые скопления в основном приурочены к свалу глубин.

Необходимо продолжение подобных исследований, чтобы накопить фактический материал, на основании которого можно будет установить закономерности пространственно-временного распределения горбатых китов в северной части Тихого океана.

ВЫВОДЫ

1. В летние месяцы в акватории Командорских островов наблюдается значительная концентрация горбатых китов.

2. Кормовые скопления в основном приурочены к свалу глубин, при этом состав скоплений непостоянен.

3. Обнаружена высокая степень ротации горбачей в данном районе.

Выражаем благодарность А.М. Бурдину за руководство и предоставленную возможность участия в проекте FEROP, а также всем участникам проекта за всестороннюю помощь и поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Берзин А.А., Владимиров В.Л. Результаты наблюдений за распределением и численностью китообразных, полученные на китобойном судне «Добрый» в октябре-декабре 1987 г. // Научно-исследовательские работы по морским млекопитающим северной части Тихого океана в 1986–1987 гг.: Проект 02.05–61 «Морские млекопитающие» соглашения СССР — США о сотрудничестве в области охраны окружающей среды / Сост. Л.А. Попов. М.: ВНИРО, 1988. С. 11–17.

Katona S.K., Whitehead H.P. Identifying humpback whales using their natural markings // Polar Record, 1981. P. 439–444.

НЕЗАВИСИМОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ КАРИОТИПА И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ В НАДВИДЕ ОБЫКНОВЕННОЙ БУРОЗУБКИ *SOREX ARANEUS* L. (MAMMALIA)

О.О. Григорьева, В.Н. Орлов

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Ключевые слова: микросателлитная ДНК, митохондриальная ДНК, неравномерность эволюции, хромосомные расы.

Зоологам хорошо известна важнейшая особенность эволюции — независимость темпов преобразования разных структур организма, когда эволюция органов идет с разной скоростью, а не синхрон-

но, как первоначально полагали многие морфологи, и в частности А.Н. Северцов (1939). Н.Н. Воронцов (1999) сформулировал принципы неравномерности преобразования органов внутри одной системы и компенсации функций на примере органов пищеварения грызунов и показал универсальный характер неравномерности темпов эволюции. Однако до сих пор остается неясным сам механизм ускорения эволюционных преобразований одних органов и замедления эволюции других и роль в этом отбора.

Поэтому нам показалось интересным сравнить темпы хромосомной и молекулярной эволюции в группе аллопатрических и парапатрических видов надвида обыкновенной бурозубки.

Таксономическая структура прежнего политипического вида обыкновенной бурозубки была разработана с использованием цитогенетических и молекулярных методов. Пять криптических видов бурозубок с парапатрическим и аллопатрическим распространением (обыкновенная, *S. araneus*; кавказская, *S. satunini*; бурозубка Вале, *S. antinorii;* джерсейская, *S. coronatus* и иберийская, *S. granarius*) целесообразно объединить в надвид обыкновенной бурозубки, используя старшее видовое название. Виды этой группы не имеют диагностических морфологических отличий, но хорошо отличаются по кариотипам (преимущественно дифференциально окрашенным наборам хромосом).

Сравнительные исследования хромосомных наборов бурозубок показали, что во многих эволюционных ветвях рода *Sorex* число хромосом в результате центрических и тандемных соединений уменьшалось, и лишь немногие виды сохранили кариотип с преобладанием исходных акроцентрических хромосом (Volobouev, 1989; Zima, 1991). Процесс уменьшения числа хромосом происходит и в эволюции надвида обыкновенной бурозубки — в этой группе число хромосом уменьшилось с 34 до 20 в результате различных (около 40) хромосомных мутаций (Орлов и др., 2004).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данные по изменчивости микросателлитных локусов и митохондриального гена цитохрома *b* получены для четырех рас обыкновенной бурозубки (Москва, Западная Двина, Селигер и С.-Петербург). Для микросателлитного анализа использованы образцы печени 130 бурозубок, собранные в 2006–2009 гг. на Валдайской возвышенности (см. таблицу и рис. 1).

Для определения последовательности нуклеотидов проведено секвенирование части митохондриального гена цитохрома *b* размером 1017 пар нуклеотидов (п.н.) 23 образцов из той же выборки, а также из базы GenBank (Шестак, 2010). Филогенетический анализ последовательностей цитохрома *b* проводили на основании метода

ТАБЛИЦА. *Места находок хромосомных рас обыкновенной бурозубки и количество зверьков (Wd — Западная Двина, Mo — Москва, Sl — Селигер, Sp — С.-Петербург)*

Пункт отлова (населенный пункт)	Координаты с.ш./в.д	Хромосомная раса				Всего
		Wd	Mo	Sl	Sp	
1. Лопаши	56°59'/32°02'	3	2	20	–	25
2. Любино	56°58'/32°02'	–	12	–	–	12
3. Рогово	56°56'/32°03'	–	3	–	–	3
4. Волок	56°51'/32°01'	3	11	–	–	14
5. Тихвинка	56°58'/32°01'	2	–	20	–	22
6. Балтинка	56°59'/31°57'	4	–	–	–	4
7. Шарыгино	56°57'/31°57'	5	–	–	–	5
8. Борзово	56°57'/31°60'	8	–	–	–	8
9. Выползово	56°51'/31°57'	4	–	–	–	4
10. Горицы	56°52'/31°51'	6	–	–	–	6
11. Бельково	56°45'/31°28'	2	–	–	–	2
12. Скудино	57°01'/31°50'	3	–	–	–	3
13. Валдай	57°57'/33°18'	–	–	–	10	10
14. Москва (Малинки)	55°27'/37°13'	–	8	–	–	8
15. Иваново	56°01'/41°03'	–	4	–	–	4
Всего		40	40	40	10	130

максимальной экономии (maximal parsimony) (Felsenstein, 1985) с использованием программного обеспечения MEGA (Tamura, 2007). Значимость филогенетических реконструкций оценивали методом бутстрэпа (bootstrap) (Felsenshtein, 1985) с использованием 1000 репликаций. Статистический анализ микросателлитных данных проводили с помощью программ FSTAT v. 2.9.3 (Goudet, 1995), GENEPOP v. 4 (Raymond, Rousset, 1995), GENETIX v. 4.03 (Belkir et al., 2001). Полученные материалы позволяют сравнить темпы эволюции хромосомных и молекулярных особенностей.

Как показали исследования сотрудников нашей лаборатории (Bulatova et al., 2000; 2007; Орлов и др., 2007; Орлов, Борисов, 2009), эти расы распространены от Финского залива до бассейнов Верхней Волги и Верхнего Днепра включительно. Зона контакта этих рас на Валдайской возвышенности возникла в послеледниковье. Раса Москва контактирует с расами Западная Двина и Селигер по границе вепсовской стадии ледника, возраст которого известен довольно точно — 15.2 тыс. лет. Вероятно, раса Москва расселялась из внеледниковой области, а расы С.-Петербург, Селигер и Западная Двина — из рефугиумов ледниковой области.

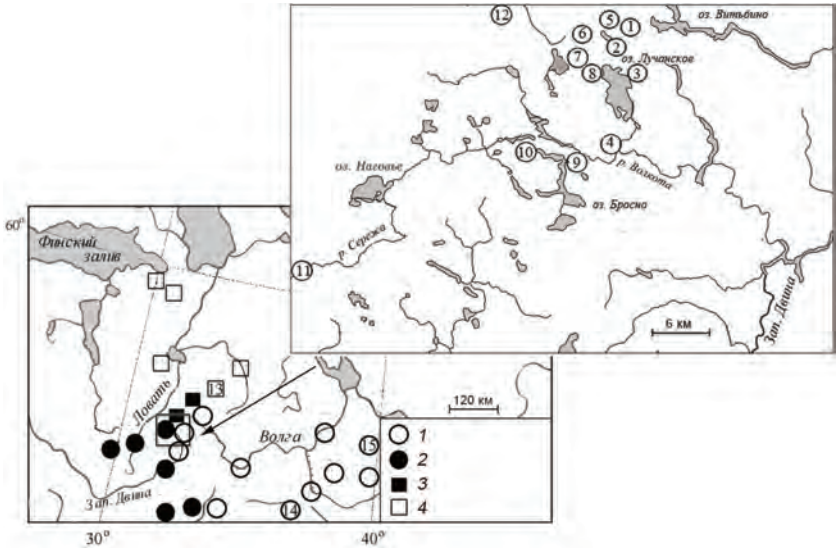

Рис. 1. Распространение хромосомных рас, контактирующих на Валдайской возвышенности. 1–15 — пункты сбора материала (см. таблицу). В рамке выделена исследованная область контакта хромосомных рас: 1 — Москва, 2 — Зап. Двина, 3 — Селигер, 4 — С.-Петербург.

Исследованные расы относятся к разным кариотипическим группам (Орлов и др., 2004). В них накапливались и, главное, фиксировались от 3 до 5 различных хромосомных перестроек, следовательно, они длительно, возможно, даже на протяжении всего позднего плейстоцена эволюционировали независимо.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мы не выявили диагностических различий между изученными расами по микросателлитным локусам (рис. 2). Для большинства локусов характерно наличие одного аллеля с высокой частотой встречаемости и нескольких — с низкой. То же можно сказать и в отношении гаплотипов гена цитохрома *b* – они отличаются на 2–15 нуклеотидных замен. Данные различия незначительны для достоверного отнесения гаплотипов к определенным хромосомным расам, а на филогенетической сети не представляется возможным выделить ни одной гаплогруппы (рис. 3).

Таким образом, фиксация хромосомных перестроек в популяциях обыкновенной бурозубки не сопровождается фиксацией молекулярных особенностей. До сих пор не обнаружены молекулярные различия, которые можно использовать для диагноза хромосомных рас обыкновенной бурозубки. Следовательно, молекулярные при-

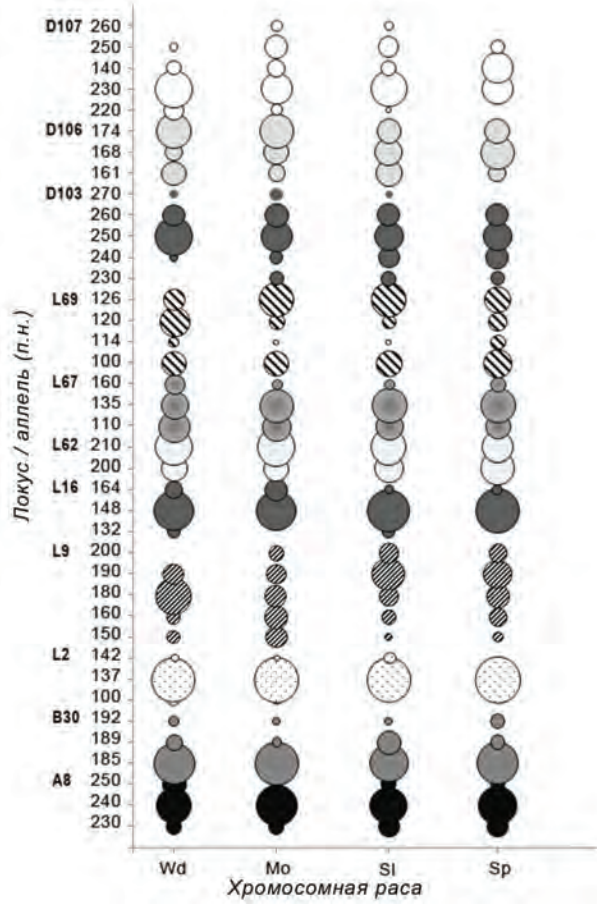

Рис. 2. Частоты аллелей (размеры пузырьков) исследованных микросателлитных локусов четырех хромосомных рас обыкновенной бурозубки. Пузырьки идентичного цвета относятся к одному локусу.

знаки эволюционируют, но накапливаются и фиксируются в популяциях медленнее хромосомных, поскольку эволюционный возраст аллопатрических видов обыкновенных бурозубок больше возраста хромосомных рас.

Как можно объяснить разную скорость эволюции цитогенетических и молекулярных структур?

Жак Азе́р (университет Лозанны) еще в 90-х годах XX в. привел некоторые данные о том, что транслокационные соединения хромосом обыкновенной бурозубки поддерживаются гаметическим отбором (драйвом) (Wyttenbach, Hausser, 1996). Возможно, именно

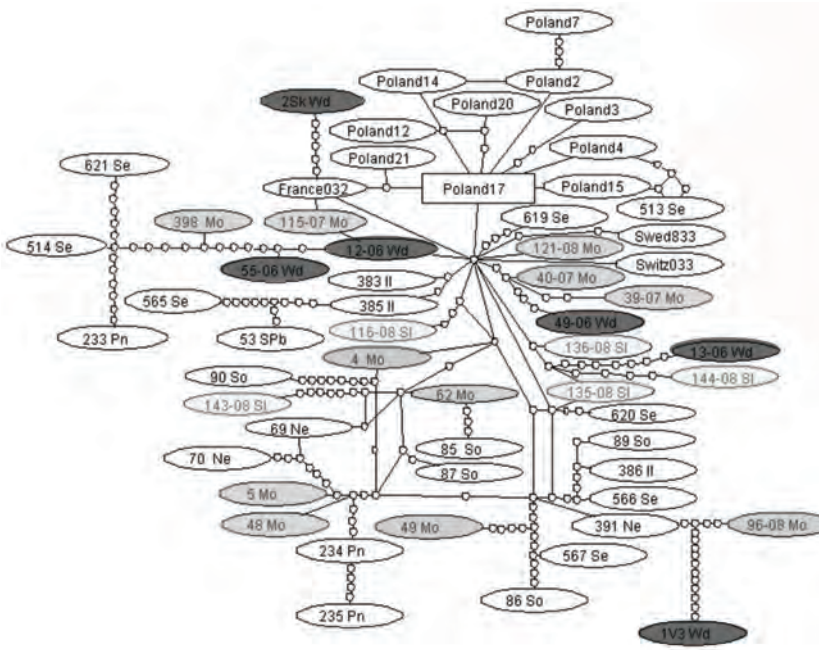

Рис. 3. Филогенетическая сеть гаплотипов фрагмента митохондриального гена цитохрома b (1017 п.н.) хромосомных рас обыкновенной бурозубки, построенная методом максимальной экономии. Цветом выделены хромосомные расы.

поэтому соединения хромосом распространяются и фиксируются в популяциях.

Напротив, для большинства молекулярных признаков характерна нейтральная эволюция. В 70–80-х годах M. Kimura (1977, 1983) показал, что большая часть молекулярного полиморфизма нейтральна в том смысле, что накапливающиеся в популяциях разнообразные молекулярные генотипы имеют одинаковые приспособленности, т.е. они нейтральны по отношению друг к другу. Например, если два генотипа, вновь возникший и прежний, в одинаковой степени адаптивны, то по отношению друг к другу они нейтральны.

Теория нейтральности объясняет, как поддерживается в популяциях огромный молекулярный полиморфизм. Происходит постоянный процесс возникновения новых мутаций, удаления части мутаций отбором и замены мутаций в результате генетического дрейфа (т.е. фактора изоляции), который усиливается в малых популяциях. Большая часть вновь возникающих мутаций вредна для организма и удаляется в процессе отбора. Доля нейтральных мутаций не превы-

шает 10–13% от всех появляющихся в данном поколении, но именно они накапливаются в популяциях (Kimura, 1983).

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно предположить, что, если транслокационные соединения хромосом действительно поддерживаются мейотическим драйвом, то их фиксация в ледниковых изолятах вполне объяснима. Напротив, без поддержки отбора фиксация молекулярных признаков идет медленнее.

Несомненно, что значительная часть морфологической изменчивости также селективно нейтральна. И те органы, изменчивость которых нейтральна, эволюционируют медленнее. Напротив, если изменчивость органов поддерживается отбором, то они эволюционируют быстрее и могут компенсировать функции медленно эволюционирующих органов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 09-04-00530), Программы ФИ Президиума РАН «Биологическое разнообразие» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009-1.1-141-063-021).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М.: Прогресс-Традиция, 1999. 640 с.

Орлов В.Н., Борисов Ю.М. Филогенетические связи популяций обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus* L., Insectivora) Белоруссии по кариологическим данным // Зоол. журн., 2009. Т. 88. Вып. 12. С. 1–9.

Орлов В.Н., Булатова Н.Ш., Козловский А.И., Балакирев А.Е. Иерархия внутривидовых таксонов обыкновенной бурозубки, *Sorex araneus* (Insectivora), и таксономическая структура вида млекопитающих // Зоол. журн., 2004. Т. 83. Вып. 2. С. 199–212.

Орлов В.Н., Козловский А.И., Балакирев А.Е., Борисов Ю.М. Эндемизм хромосомных рас обыкновенной бурозубки *Sorex araneus* L. (Insectivora, Mammalia) и возможность сохранения рефугиумов в области покровного оледенения поздневалдайской эпохи // Докл. РАН, 2007. Т. 416. Вып. 6. С. 841–844.

Северцов А.Н. Морфологические закономерности эволюции. М.: Изд-во АН СССР, 1939. 610 с.

Шестак А.Г., Григорьева О.О. Полиморфизм митохондриального гена цитохром b в области парапатрии трех хромосомных рас обыкновенной бурозубки *Sorex araneus* (Mammalia) // Актуальные проблемы экологии и эволюции в исследованиях молодых ученых: Мат-лы конф. молодых сотрудников и аспирантов Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова. М., 2010. С. 373–378.

Belkir K., Borsa P., Chikhi N. et al. Genetix 4.03. Logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000. Montpellier (France): Université de Montpellier II, 2001.

Bulatova N., Searle J.B., Bystrakova N. et al. The diversity of chromosome races in *Sorex araneus* from European Russia // Acta Theriol., 2000. Vol. 45. Suppl. 1. P. 33–46.

Bulatova N.S., Shchipanov N.A., Searle J.B. Seliger — Moscow hybrid zone between chromosome races of common shrews — an initial description // Russian J. Theriol., 2007. Vol. 6. № 1. P. 111–116.

Goudet J. FSTAT (version 1.2): A computer program to calculate *F*-statistics // J. Heredity, 1995. Vol. 86. P. 485–486.

Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap // Evolution, 1985. Vol. 39. P. 783–791.

Kimura M. Preponderance of synonymous changes as evidence for the neutral theory of molecular evolution // Nature, 1977. Vol. 267. P. 275–276.

Kimura M. The neutral theory of molecular evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. 367 p.

Raymond M., Rousset F. GENEPOP (Version 1.2): Population genetics software for exact tests and ecumenicism // J. Heredity, 1995. Vol. 86. P. 248–249.

Tamura K., Dudley J., Nei M., Kumar S. MEGA 4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0 // Mol. Biol. and Evol., 2007. Vol. 24. P. 1596–1599.

Volobouev V.T. Phylogenetic relationships of the *Sorex araneus–arcticus* species complex (Insectivora, Soricidae) based on high-resolution chromosome analysis // J. Heredity, 1989. Vol. 80. P. 284–290.

Wyttenbach A., Hausser J. Brief report. Microsatellites in *Sorex araneus* (Insectivora): highly polymorphic markers for population genetic studies within and between chromosomal races // Hereditas, 1996. Vol. 125. P. 177–181.

Zima J. Is the trend toward low 2Na numbers inescapable for *Sorex araneus* populations? // Mém. Soc. Vaud. Sc. Nat., 1991. Vol. 19. P. 63–71.

ДЫХАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЛОДОВЫХ ТЕЛ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ

Д.К. Диярова

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

Ключевые слова: газообмен, диоксид углерода, дыхательная активность, плодовые тела.

Изучение дыхательной способности базидиом представляет несомненный интерес для понимания физиологии и экологии трутовых грибов, являющихся важнейшей группой дереворазрушающих организмов в современной биосфере. Их деятельность лежит в основе глобально значимого процесса окислительной конверсии органического

углерода древесного дебриса в диоксид углерода, поступающего в атмосферный обменный пул.

Для исследования использовали плодовые тела распространенных видов трутовых грибов. Образцы помещали в герметичные стеклянные камеры объемом 1.68–2.53 л, которые экспонировали в термостате при 30°С. Периодически на протяжении нескольких суток проводили оценку концентрации газов CO_2 и O_2 с помощью газоанализатора модели «Газоанализатор CO_2/O_2».

Результаты газометрического анализа свидетельствуют о том, что базидиомы трутовых грибов отличаются высокой дыхательной способностью: в зависимости от вида, выделение CO_2 составляет 0.7–3.4 мг/г·ч, а потребление O_2 — 1–4.4 мг/г·ч. При средней абсолютно сухой массе плодовых тел у рассматриваемой группы грибов, равной 4.7 г, суточное выделение CO_2 составляет 179 мг (90 мл), а потребление O_2 — 226 мг (158 мл).

Выраженной зависимости удельной дыхательной активности от массы плодового тела не обнаружено: по CO_2 коэффициент корреляции составляет — 0.08, по O_2 — 0.16. Это указывает на то, что различия в дыхательной способности плодовых тел грибов связаны с присущими им физиологическими особенностями. Однако суммарный газообмен плодовых тел обнаруживает положительную зависимость с их массой и экстраполируется линейной зависимостью с высоким уровнем детерминации (рис. 1). Для кислорода коэффициент корреляции равен 0.82 (сырая масса) — 0.88 (сухая масса), диоксида углерода — 0.77 (сырая масса) — 0.86 (сухая масса).

Оценка газообмена различных частей плодовых тел *Ganoderma lipsiense, Fomes fomentarius, Fomitopsis pinicola* и *Piptoporus betulinus* показала (рис. 2), что наиболее активной их частью является гименофор, а наименее активными — контекст (*Fomes fomentarius, Fomitopsis pinicola*) и основание шляпки (*Ganoderma lipsiense, Piptoporus betulinus*).

Таким образом, среднесуточное потребление кислорода у исследуемой группы грибов в расчете на 1 г сухой массы составляет 48 мг (34 мл) с образованием и эмиссией в окружающую среду 38 мг (19 мл)

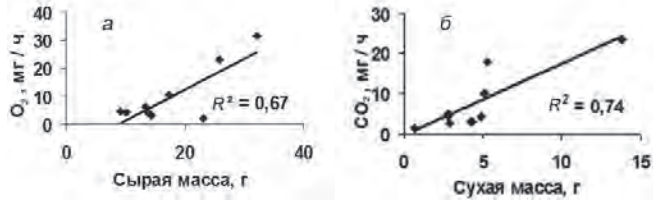

Рис. 1. Зависимость суммарного потребления кислорода (а) и выделения диоксида углерода (б) от массы плодовых тел.

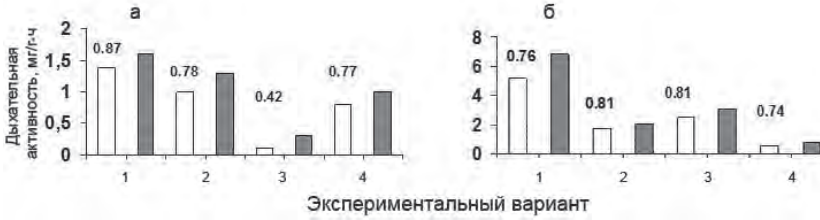

Рис. 2. Дыхательная активность различных частей плодовых тел трутовых грибов Fomes fomentarius (а) и Ganoderma lipsiense (б) (Экспериментальный вариант: 1 — гименофор текущего года, 2 — гименофор прошлого года, 3 — контекст, 4 — место прикрепления шляпки; светлая колонка — выделение CO_2, темная — потребление O_2; цифры над колонками — дыхательный коэффициент).

диоксида углерода. Суммарный газообмен плодовых тел обнаруживает положительную связь с их массой и экстраполируется линейной зависимостью. Наиболее активной газообменной структурой, определяющей дыхательную способность плодовых тел, является гименофор.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАТИВНОСТЬ В ДИНАМИКЕ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АТМОСФЕРЫ

Е.С. Дубровина

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

Ключевые слова: детерминированный хаос, среднесуточная температура, парниковый эффект, «тепловые острова».

В последние десятилетия в различных точках мира выявлена тенденция нагревания нижних слоев атмосферы в результате таких глобальных процессов, как усиление парникового эффекта (Climate change, 2007), а также образования в городах локальных «тепловых островов» под действием промышленности и урбаногенных ландшафтов (Stathopoulou, Cartalis, 2007). При изучении климатических изменений, вызванных этими явлениями, как правило, основное внимание обращается на изменение среднегодовых значений температуры. В то же время более полное представление об изменениях климата можно составить, принимая во внимание особенности поведения температуры в течение года, поскольку именно оно определяет характер ее воздействия на живые организмы и экосистемы.

Регистрируемые в последнее время периоды длительной стабильности аномальной температуры со значительными ее изменениями в конце периода (Моничев, Дубровина 2010) (температурная кривая вида «зашумленный меандр») заставляют предположить, что подобный характер динамики связан с определенной причинностью, т.е. она имеет детерминированный характер. Хаотический характер динамики может быть вызван двумя причинами: действием большого количества случайных факторов (стохастический хаос) и нелинейностью взаимосвязей между ограниченным числом детерминированных факторов (детерминированный хаос). Хаотический режим последнего типа может быть воспроизведен с помощью различных моделей, описывающих турбулентное движение в слое жидкости или газа. Простейшим примером такой динамики является модель Лоренца (Лоренц, 1981), которая позволяет связать отмеченный феномен меандровых проявлений детерминированного хаоса с усилением парникового эффекта. Согласно модели Лоренца, рост разницы температур между нижними и верхними слоями атмосферы должен вызвать усиление детерминированного хаоса и меандрового характера динамики температуры.

Цель данной работы — оценка пространственной вариативности детерминированной составляющей в ходе температур атмосферы, а также анализ изменения ее выраженности во времени и пространстве.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для анализа использовались данные ежедневных изменений температуры в г. Н. Новгороде с 1936 по 2009 гг., а также данные температурных измерений летом 2010 г. в других городах. Детерминированную составляющую и особенности хода температуры оценивали с помощью метода восстановления аттрактора в фазовом пространстве, анализа Фурье, а также мультифрактального анализа, основанного на методе модулей максимумов вейвлет преобразования. Для сравнения результатов, полученных для разных городов, и определения факторов, влияющих на выявленные характеристики температурного хода, использовали корреляционный и факторный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С одной стороны, детерминированный характер хода температуры определяется наличием длительных участков стабильной температуры с резкими перепадами между ними («меандровая детерминированность»). Подобная динамика воспроизводится моделью Лоренца и характеризуется аттрактором низкой размерности, восстановленным в лаговом пространстве. В спектре Фурье она выражается в виде доминирования низких частот (рис. 1, б, в).

С другой стороны, ход температуры внутри участков стабильной температуры (меандров) характеризуется «изрезанностью» кривой.

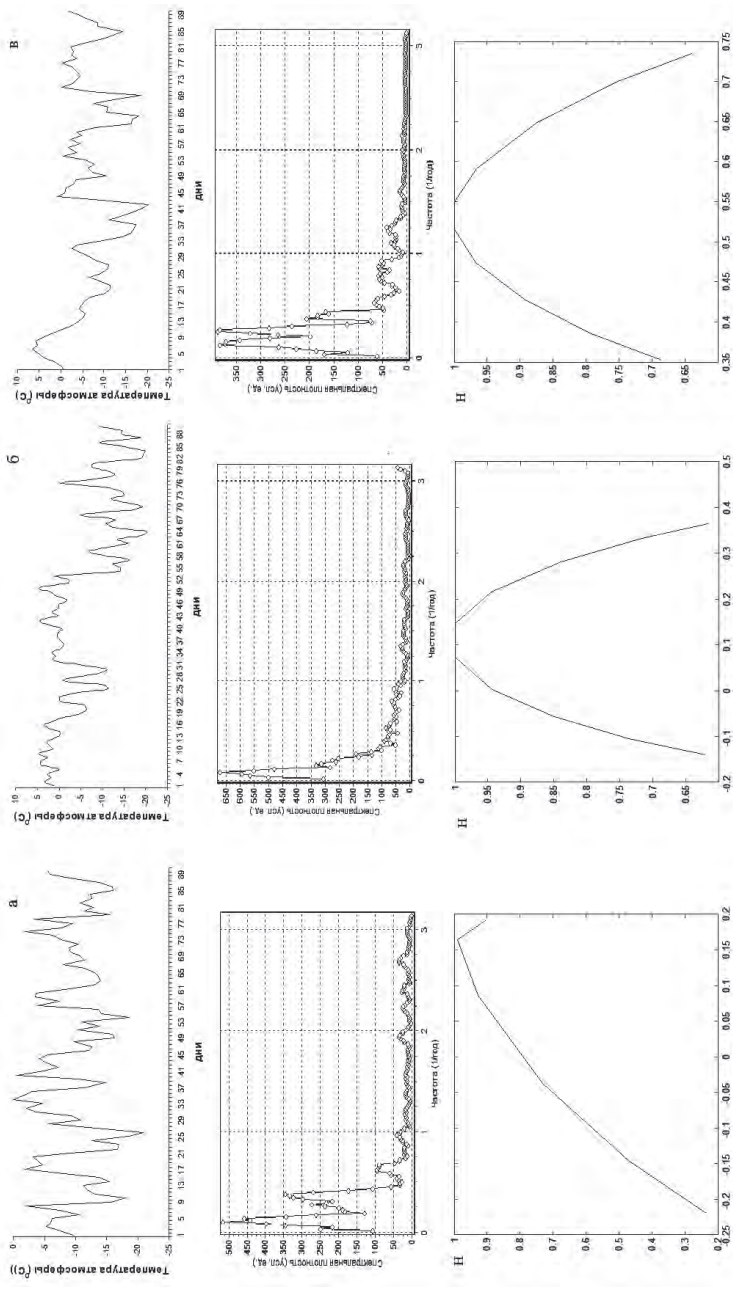

Рис. 1. Различные типы динамики температуры: а — 1978 г., низкая детерминированность; б — 2007 г., высокая «меандровая» детерминированность; в — 2009 г., высокая «меандровая» детерминированность и регулярная детерминированность.

Температурные кривые с высокой «изрезанностью» отличаются более сложным поведением, которое может быть оценено с помощью мультифрактального анализа на основе модулей максимумов вейвлет образования (регулярная детерминированность). Такие кривые характеризуются спектром сингулярности, сдвинутым вправо, в сторону больших значений показателя Гельдера, что означает большее локальное разнообразие частот в этих кривых (см. рис. 1, в).

Анализ динамики температуры в г. Н. Новгороде демонстрирует увеличение как «меандровой», так и регулярной детерминированности, начиная с середины 90-х годов XX в. (оно проявляется в снижении выравненности Фурье-спектра и сдвиге максимума спектра сингулярности в сторону больших показателей Гельдера), тогда как в 80-е и в начале 90-х годов наблюдается снижение детерминированности (рис. 2, а, б).

Анализ температурной динамики в анализируемых городах в течение лета 2010 г. выявил зависимость между положением максимума спектра сингулярностей и широтой (рис. 3, а), а также правой границей спектра сингулярностей и численностью населения города (рис. 3, б).

Следовательно динамика температуры в северных широтах и более крупных городах отличается более сильной «изрезанностью» (регуляр-

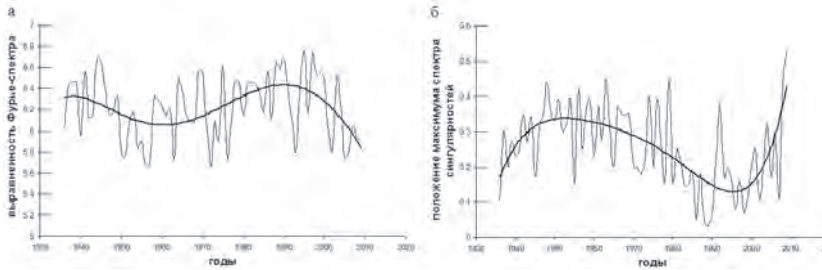

Рис. 2. Изменение выравненности Фурье-спектра (а) и положения максимума спектра сингулярностей (б) в период с 1936 по 2009 гг.

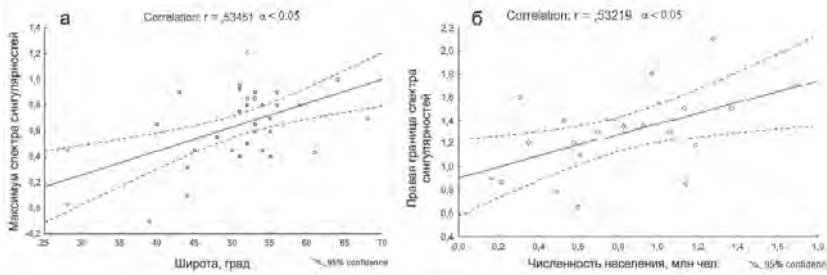

Рис. 3. Зависимость характеристик спектра сингулярностей от широты (а) и численности населения города (б).

ной детерминированностью). Этот результат дает возможность предположить влияние размеров города (так называемого эффекта «тепловых островов») на температурную динамику. С другой стороны, «меандровая» детерминированность, характеризуемая слабой выравненностью Фурье-спектра (сильным доминированием низких частот), летом 2010 г. максимально проявлялась в городах, расположенных на 30–50° в.д., т.е. в центре европейской части России (рис. 4). Меандровая детерминированность в этом случае проявляется в аномально длительном периоде высокой температуры, ставшем причиной лесных пожаров.

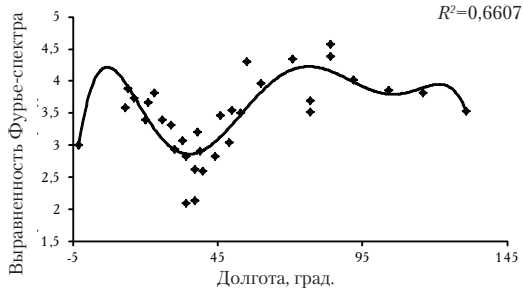

Рис. 4. Зависимость выравненности Фурье-спектра от долготы.

ВЫВОДЫ

В последние десятилетия наблюдается усиление детерминированности хода среднесуточных температур в г. Н. Новгороде.

Регулярная детерминированность хода температуры и ее разброс относительно среднего летом 2010 г. увеличивается в направлении от южных широт к северным.

В европейской части России наблюдается усиление «меандровой» детерминированности хода температуры по сравнению с более западными и восточными регионами, а также выявлено увеличение регулярной детерминированности хода температуры в более населенных городах по сравнению с менее населенными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лоренц Э. Детерминированное непериодическое движение // Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. С. 88–116.

Моничев А.Я., Дубровина Е.С. Модель Лоренца и динамика хода суточных температур на территории г. Нижний Новгород // Вестник ННГУ, 2010. № 3. С. 173–176.

Climate change 2007. The Physical Science Basis / Eds. R.K. Pachauri, A. Resinger. 2007. 989 p.

Stathopoulou M., Cartalis C. Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece // Solar Energy, 2007. № 81. P. 358–368.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ: МЕТА-АНАЛИЗ

О.В. Дуля, В.С. Микрюков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: мета-анализ, промышленное загрязнение, растения, устойчивость, эксперимент.

Обилие результатов исследований, накопившихся в научной литературе к началу XXI в., а также их недостаточная согласованность и противоречивость, диктуют необходимость синтеза данных с помощью способов более эффективного сворачивания информации, чем литературный обзор. В связи с увеличивающимся объемом информации возрастает актуальность мета-анализа. Мета-анализ — это систематизированный литературный обзор, поддерживаемый статистическими методами, цель которого — объединение и разделение результатов из нескольких сходных исследований (Glass, 1976). Однако количество публикаций российских ученых с использованием мета-анализа ничтожно мало по сравнению с потоком работ в странах запада, Японии, США и Канады.

В результате интенсивного техногенного воздействия на окружающую среду исследования биоты промышленно нарушенных земель оставались актуальными в течение XX в. В частности, в экотоксикологии растительных популяций загрязненных территорий накоплен обильный запас данных, вряд ли поддающийся систематизации традиционными способам. Мы решили подойти к этой проблеме с использованием процедур мета-анализа.

Промышленно загрязненные территории могут быть заселены популяциями ограниченного числа видов растений. С начала XX в. считается, что эти популяции более устойчивы к компонентам выбросов по сравнению с представителями тех же видов на фоновых территориях. Для проверки данной гипотезы выполнено множество экотоксикологических экспериментов по методике корневого теста Уилкинса (Wilkins, 1957) или его аналогов. Общая схема таких работ предполагает изъятие индивидуумов (в виде семенного или вегетативного потомства) из популяций загрязненных и фоновых территорий, а также их дальнейшее культивирование в лаборатории при избытке исследуемого токсиканта в питательной среде. Если скорость роста (прирост) растений из загрязненных зон статистически значимо превышает рост представителей фоновых территорий, то

исследователи обычно констатируют наличие адаптации, вызванной промышленным загрязнением. При обратном отношении либо при статистически неразличимых интенсивностях роста считается, что вид обладает так называемой структурной (естественной) устойчивостью к избытку элемента (Meharg, Macnair, 1994). В любом случае измерение такого континуального признака, как линейный или весовой прирост, обусловливает непрерывность оценки устойчивости, что приводит к широкому диапазону ее значений (Macnair et al., 1993).

С разных теоретических позиций, а также при экспериментальной поддержке наблюдаемое множество значений устойчивости объясняют, например, корреляцией с концентрацией токсиканта в среде обитания популяций (Lehman, Rebele, 2004) или полигенным наследованием устойчивости (Macnair et al., 1993). В то же время условия экспериментов, проводимых разными авторскими коллективами, весьма отличаются. Более того в специальных исследованиях показано, что варьирование количества питательных элементов в культивационном растворе, длительности эксперимента и других условий оказывает влияние на разницу между ростом популяций с загрязненных и чистых территорий (Davies, Snaydon, 1973; Garland, Wilkins, 1981; Xiong et al., 2004). Таким образом, возникает вопрос о влиянии методических факторов на интенсивность наблюдаемой относительной устойчивости по сравнению с влиянием естественных источников изменчивости. В данной работе мы поставили цель получения численной оценки относительной важности наиболее критических с точки зрения исследователей условий экспериментов, влияющих на отличия между интенсивностью роста популяций из загрязненных и фоновых местообитаний.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор материала. Поиск литературных данных производили с помощью разных комбинаций из слов «plant», «tolerance», «pollution» и «heavy metal» в поисковых системах ISI и Scopus, а также просматривая списки литературы в работах на сопряженные темы. Специфические критерии для включения исследований в нашу базу данных были следующими. Работа должна включать экспериментальную оценку устойчивости к металлу (или металлоиду) дикорастущих травянистых видов с помощью метода корневого теста Уилкинса или его аналогов. Постановка эксперимента должна подразумевать исследование одной или более выборок из популяции из загрязненного местообитания (в непосредственной близости от источника загрязнения, единицы километров, в зависимости от силы источника) с высоким содержанием исследуемого элемента в почве, а также из популяции фонового местообитания (отдаленных от источника на десятки и более километров) с концентрацией элемента

в почве, не превышающей региональный уровень. Согласно описанной простейшей схеме мы подсчитывали величину эффекта (*ES*) по Хеджесу (Hedges, Olkin, 1985) в виде стандартизированной разницы средних значений (*d*) между средней интенсивностью роста растений двух популяций в эксперименте, получая тем самым оценку степени адаптации, возникшей под влиянием загрязнения.

Более сложная схема подразумевает исследование целого ряда (более трех) популяций, обитающих в разных загрязненных местообитаниях. В этом случае, если авторами приведены величины кислоторастворимых (общих) концентраций изучаемого токсиканта в почве местообитаний популяций, полученные одновременно одним и тем же способом, мы подсчитывали линейный коэффициент корреляции Пирсона (*r*) между интенсивностью роста популяции и содержанием токсиканта в почве. После этого *r* трансформировали в *d* (Hedges, Olkin, 1985). Если дополнительной информации об уровнях загрязнения не было, мы считали *d* для каждой пары загрязненной и контрольной популяций, в дальнейшем усредняя все значения *d*.

Построение моделей. Из описания методов проведения экспериментов в выбранных публикациях мы изымали информацию о наиболее важных с точки зрения экспертов условиях экспериментов (Wilkins, 1978; Kopittke et al., 2010). На основе всей собранной информации, а также с учетом ее достаточности для математической обработки, для анализа брали следующие переменные: вид растения, токсический элемент, длительность экспонирования токсиканта, полнота питательной среды (ПС), концентрация хелатирующих лигандов, концентрация токсиканта. Так как состав разных ПС отличается как качественно, так и количественно, то мы представили модератор «полнота ПС» в балльной шкале, присваивая баллы разным ПС согласно количеству макро- и микроэлементов в них (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. *Схема перевода информации о составе ПС в балльную шкалу*

Балл	Критерий	Разбавление, раз	Пример ПС
0	Нет питательных элементов		Дистиллят
5	Только макроэлементы или макро- и малые количества микроэлементов		Раствор 0.5 или 1 г $Ca(NO_3)_2$; ПС Кноппа или её аналоги без Fe
		< 0.06	Стандартные ПС (Arnon-Hoagland = Hoagland №2, Hoagland-Snyder = Hoagland №1, Rorison) и их модификации и аналоги
10	Макро- и микроэлементы	0.06 – 0.19	
25		0.20 – 0. 35	
50		0.36 – 0.70	
100		0.71 – 1	

Из-за разной степени токсичности диапазоны используемых концентраций разных элементов сильно различаются. По этой причине мы стандартизировали все значения концентраций токсикантов.

С помощью ПО R v.2.12.2 (R Development Core Team, 2011) и пакета metafor v.1.6–0 (Viechtbauer, 2010) построены линейные модели зависимости *ES* от указанных переменных. С учетом возможности биологической интерпретации для обработки приняты модели с количеством членов менее 7, а также с взаимодействиями модераторов не более чем 2-го порядка. Оценка качества модели была проведена с использованием информационного критерия Акаике (*AIC*). В группу лучших моделей отобраны модели с минимальными значениями *AIC*. Поддержку каждой из лучших моделей и входящих в них переменных оценивали с помощью веса Акаике (Burnham, Anderson, 2002).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из огромного количества исследований на данную тему нам удалось использовать только 42 работы, опубликованные с 1958 по 2009 гг., удовлетворяющие требованиям мета-анализа. Наиболее часто встречающиеся недостатки остальных публикаций — отсутствие информации об изменчивости признака и размерах выборок, а также специфические для данной области экотоксикологии упущения — отсутствие информации о планировании эксперимента. Они не позволяют адекватно оценить корректность статистической обработки результатов. Также не могут вызывать доверия результаты работ со скудными описаниями методов и материалов проводимых экспериментов, например без описания состава питательных сред, их pH, возраста исследуемых растений и т.д.

Включенные в анализ работы содержали информацию о 32 видах растений из 10 семейств. Наиболее изучены виды из семейства Poaceae и Caryophyllaceae (виды родов *Agrostis* и *Silene*). Количество работ, посвященных разным элементам, также различно: Cu (n = 76), Pb (58), Zn (58), Cd (36), Ni (16), As (16), Mn (5), Al (3), Co (3). При этом концентрации одного и того же элемента, используемые в разных работах, могут отличаться в 20 — 20 000 раз. В экспериментах, проведенных разными авторскими коллективами, длительность экспонирования растений токсикантам, находится в интервале от 2 до 76 дней.

Из отобранных публикаций получено 269 значений *ES*. Среднее значение *ES* составляет 2.4 при доверительном интервале, полученном с помощью метода бутстрэпа [1.8; 3.0], что свидетельствует в пользу повышенной устойчивости к токсикантам в растительных популяциях промышленных земель, возникшей под действием загрязнения, по сравнению с контрольными популяциями. Общая изменчивость *ES* весьма высока: Qt=616.9 (n=268, p<0.0001).

В результате несбалансированности массива данных из 82 159 всех возможных сочетаний модераторов (при указанных выше ограничениях) обработке подлежало 8 007 моделей. Группа лучших моделей представлена в табл. 2. Все избранные модели описывают более 58% изменчивости *ES*.

ТАБЛИЦА 2. *Лучшие модели (ΔAIC<5) влияния условий экспериментов на результаты экотоксикологических исследований относительной токсикотолерантности растений из загрязненных местообитаний*

Модель	*VAF*, %	*τ*	*AIC*	*ΔAIC*	*W*
вид+$C_{токс}$×вид+$C_{токс}$×длит	58.4	11.8	1248	0	0.28
вид+ $C_{токс}$ + $C_{токс}$ ×вид+ $C_{токс}$ ×длит	58.4	11.8	1248	0	0.28
вид+длит+ $C_{токс}$ + $C_{токс}$ ×вид	58.6	11.8	1250	1.9	0.11
вид+длит+ $C_{токс}$ ×вид	58.6	11.8	1250	1.9	0.11
вид+ $C_{токс}$ ×вид+ $C_{токс}$ ×длит+ $C_{токс}$ ×полнПС	58.4	11.8	1252	3.5	0.05
вид+ $C_{токс}$ + $C_{токс}$ ×вид+ $C_{токс}$ ×длит+ $C_{токс}$ ×полнПС	58.4	11.8	1252	3.5	0.05
вид+длит+ $C_{токс}$ + $C_{токс}$ ×вид+ $C_{токс}$ ×длит	58.4	11.8	1252	3.9	0.04
вид+длит+ $C_{токс}$ ×вид+ $C_{токс}$ ×длит	58.4	11.8	1252	3.9	0.04
вид+ $C_{токс}$ +$C_{хелат}$+ $C_{токс}$ ×вид+ $C_{токс}$ ×длит	58.8	11.7	1253	4.5	0.03
вид+$C_{хелат}$+ $C_{токс}$ ×вид+ $C_{токс}$ ×длит	58.8	11.7	1253	4.5	0.03

Примечание. Вид – вид исследуемого растения; полнПС – полнота ПС; $C_{токс}$ – логарифм относительной концентрации токсиканта в ПС; длит – длительность экспонирования; $C_{хелат}$ – концентрация органических хелатирующих лигандов в ПС. VAF – доля объясняемой моделью дисперсии ES; τ – остаточная изменчивость ES (для всех τ SE(τ) = 1.3); ΔAIC – разность между AIC модели и AIC лучшей модели; W – относительный вес модели.

По значениям относительного суммарного веса переменных (т.е. их важности) получен следующий ряд: «вид»; «вид» × «концентрация токсиканта»; «концентрация токсиканта»; «концентрация токсиканта» × «длительность экспонирования»; «длительность экспонирования»; «концентрация хелатирующих лигандов»; «концентрация токсиканта» × «полнота ПС» (табл. 3).

Как и следовало ожидать, межвидовая изменчивость токсикотолерантности — наиболее значительный источник гетерогенности *ES*. Взаимодействие «вид» × «концентрация токсиканта» обладает сходным суммарным весом, что указывает на высокую вариабельность результатов экспериментов даже с одним видом в зависимости

ТАБЛИЦА 3. *Суммарный относительный вес модераторов и их взаимодействий, входящих в группу лучших моделей*

Модератор	Вид	$C_{токс}$×вид	$C_{токс}$	$C_{токс}$×длит	длит	$C_{хелат}$	$C_{токс}$×ПС
ΣW	1	0.83	0.5	0.39	0.29	0.06	0.05

от используемой концентрации токсиканта. Примером этого могут служить исследования устойчивости популяций *Sedum alfredii* к Cd и Zn (Xiong et al., 2004; Sun et al., 2005), *Silene paradoxa* к Zn, Cd и As (Arnetoli et al., 2008а; б), *Lychnis flos-cuculi* к Cu (Дуля, 2010), *Cynodon dactylon* к Pb, Zn и Cu (Shu et al., 2002). Обычно, в зависимости от ширины диапазона исследуемых концентраций, зависимость разности между устойчивостью приспособленной и контрольной популяций от концентрации токсиканта в ПС прямая или носит куполообразный характер.

Получены высокие значения веса «длительности экспонирования токсиканту», а также взаимодействия «концентрация токсиканта» × «длительность экспонирования». В частных исследованиях показана как отрицательная (Coughtrey, Martin, 1977), так и положительная (Schultz, Hutchinson, 1988; Smirnoff, Stewart, 1987) связь между оценкой относительной устойчивости и продолжительностью воздействия, а также разнонаправленное влияние времени экспонирования в зависимости от концентрации токсиканта (Lefevre et al., 2010; Roosens et al., 2003).

Наименее важными по результатам моделирования являются переменные «концентрация хелатирующих лигандов» и «полнота ПС». Присутствие хелатирующих лигандов в ПС обусловлено стремлением экспериментаторов обеспечить растения доступными формами Fe в виде органических комплексов с EDTA, HBED, EDDA и др. В то же время органические соединения связывают тяжелые металлы, и, как считается, модифицируют их действие на растения. Тем не менее в области экотоксикологии растений вопрос о биодоступности хелатных соединений тяжелых металлов остается весьма спорным (Parker, Norvell, 1999; Reichman, 2002).

Наиболее сложным с точки зрения механизмов взаимодействия является сочетание модераторов «концентрация токсиканта» × «полнота ПС». С начала использования корневого теста вплоть до настоящего времени в работах, посвященных растительной культуре, составу ПС уделяется наибольшее внимание. По крайней мере специалисты предъявляют два требования при выборе ПС: сохранение химического равновесия в экспериментальных емкостях в течение эксперимента, а также учет влияния биогенных элементов на токсичность металлов и металлоидов (Wilkins, 1978; Parker, Norwell, 1999;

Kopittke et al., 2010). Первое требование подразумевает предотвращение выпадения тяжелых металлов в виде фосфатов или гидролиза. Согласно второму, необходимо помнить об изменении губительных свойств токсиканта в присутствии биогенного «элемента-аналога» (Meharg, Macnair, 1994). С другой стороны, растения не должны страдать ни от избытка, ни от дефицита питательных элементов. Считается, что для удовлетворения всех требований необходимо подбирать наиболее близкую по составу к почвенному раствору ПС. Подробнее этот вопрос рассмотрен в работах специалистов (Parker, Norwell, 1999; Kopittke et al., 2010).

Мы полагаем, что выявленное влияние взаимодействия «концентрация токсиканта» × «полнота ПС» на относительную устойчивость растений в большей степени связано с содержанием ионов PO_4^{3-} в ПС и выпадением в осадок фосфатов тяжелых металлов. Согласно нашим подсчетам, коэффициент корреляции Пирсона между рангом ПС и концентрацией фосфатов в ПС составил 0.89 (n =42). Согласно расчетам в ПО Geochem EZ (Shaff et al., 2010), в 44 случаях из 269 в осадок должно выпасть от 1 до 100% добавленного токсиканта. Таким образом, под влиянием избытка PO_4^{3-} в ПС актуальная концентрация токсиканта может составлять до 1% от добавленного количества. Тем не менее корреляция между водорастворимыми формами и добавленным количеством токсиканта составляет 0.99, обусловливая сохранение прежнего соотношения актуальных концентраций токсикантов, используемых разными авторами.

ВЫВОДЫ

1. По значениям относительного суммарного веса переменных, влияющих на оценку устойчивости растений к компонентам промышленного загрязнения, получен следующий ряд: «вид»; «вид» × «концентрация токсиканта»; «концентрация токсиканта»; «концентрация токсиканта» × «длительность экспонирования»; «длительность экспонирования»; «концентрация хелатирующих лигандов»; «концентрация токсиканта» × «полнота ПС».

2. Полученные результаты диктуют требования для проведения экспериментов по оценке металлоустойчивости растений, заключающиеся прежде всего в использовании широкого диапазона концентраций токсиканта в ПС и многократных повторных измерениях прироста растений в течение эксперимента.

3. При проведении межвидовых сравнений металлоустойчивости по литературным данным необходимо помнить, что наибольшую изменчивость оценки токсикотолерантности обусловливают концентрация токсиканта и длительность эксперимента, в то время как менее значимыми, но важными являются параметры состава питательных сред.

Авторы выражают благодарность П.М. Копиттке (Университет Квинсленда, Австралия), а также коллективу лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ за помощь в обсуждении результатов исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ-3260.2010.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279), а также гранта Президиума УрО РАН для поддержки молодых ученых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дуля О.В. Металлоустойчивость популяций *Lychnis flos-cuculi* из зон с разными уровнями промышленного загрязнения // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования: Мат-лы конф. Нижний Тагил, 2010. С. 175–179.

Arnetoli M., Vooijs R., Gonnelli C. et al. High-level Zn and Cd tolerance in *Silene paradoxa* L. from a moderately Cd- and Zn-contaminated copper mine tailing // Environ. pollut., 2008a. Vol. 156, № 2. P. 380–386.

Arnetoli M., Vooijs R., ten Bookum W. et al. Arsenate tolerance in *Silene paradoxa* does not rely on phytochelatin-dependent sequestration // Environ. Pollut., 2008б. Vol. 152. № 3. P. 585–591.

Burnham K.P., Anderson D.R. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. New York: Springer, 2002. 488 p.

Coughtrey P.J., Martin M.H. Cadmium tolerance of *Holcus lanatusfrom* a site contaminated by aerial fallout // New Phytologist, 1977. Vol. 79. P. 273–280.

Davies M. S., Snaydon R.W. Physiological differences among populations of *Anthoxanthum odoratum* L. collected from the Park Grass Experiment, Rothamsted. I. Response to calcium // Journal of Applied Ecology, 1973. Vol. 10. P. 33–45.

Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2011.

Garland C.J., Wilkins D.A. Effect of calcium on the uptake and toxicity of lead in *Hordeum vulgare* L. and *Festuca ovina* L. // New Phytologist, 1981. Vol. 87. P. 581–593.

Glass G.V. Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research // Educational Researcher, 1976. Vol. 5. № 10. P. 3–8.

Hedges L.V., Olkin I. Statistical methods for meta-analysis. Orlando: Acad. Press, 1985. 369 p.

Kopittke P.M., Blamey F.P., Asher C.J., Menzies N.W. Trace metal phytotoxicity in solution culture: a review // J. of Experim. Bot., 2010. Vol. 61. № 4. P. 945–954.

Lefevre I., Correal E., Lutts S. Impact of cadmium and zinc on growth and water status of *Zygophyllum fabago* in two contrasting metallicolous populations from SE Spain: comparison at whole plant and tissue level // Plant Biology, 2010. Vol. 12. № 6. P. 883–894.

Lehmann C., Rebele F. Evaluation of heavy metal tolerance in *Calamagrostis epigejos* and *Elymus repens* revealed copper tolerance in a copper smelter population of *C. epigejos* // Environmental and Experimental Botany, 2004. Vol. 51. № 3. P. 199–213.

Macnair M.R., Smith S.E., Cumbes Q.J. Heritability and distribution of variation in degree of copper tolerance in *Mimulus guttatus* at Copperopolis, California // Heredity, 1993. Vol. 71. P. 445–455.

Meharg A.A., Macnair M.R. Relationship between plant phosphorus status and the kinetics of arsenate influx in clones of *Deschampsia cespitosa* (l) Beauv that differ in their tolerance to arsenate // Plant and Soil, 1994. Vol. 162. № 1. P. 99–106.

Parker D.R., Norvell W.A. Advances in solution culture methods for plant mineral nutrition research // Advances in Agronomy, 1999. № 65. P. 151–213.

Reichman S. The Responses of Plants to Metal Toxicity: A review focusing on Copper, Manganese and Zinc Melbourne: Australian minerals and energy environment foundation, 2002. 59 p.

Roosens N., Verbruggen N., Meerts P. et al. Natural variation in cadmium tolerance and its relationship to metal hyperaccumulation for seven populations of *Thlaspi caerulescens* from western Europe // Plant Cell Environ., 2003. № 26. P. 1657–1672.

Schultz C.L., Hutchinson T.C. Evidence against a key role for metallothionein-like protein in the copper tolerance mechanism of *Deschampsia cespitosa* (l) Beauv // New Phytologist, 1988. Vol. 110. № 2. P. 163–171.

Shaff J.E., Schultz B.E., Craft E.J. et al. GEOCHEM-EZ: A chemical speciation program with greater power and flexibility // Plant Soil, 2010. Vol. 330. P. 207–214.

Shu W.S., Ye Z.H., Lan C.Y. et al. Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of *Paspalum distichum* and *Cynodon dactylon* // Environ. Pollut., 2002. Vol. 120. № 2. P. 445–453.

Smirnoff N., Stewart G.R. Glutamine-synthetase and ammonium assimilation in roots of zinc-tolerant and non-tolerant clones of *Deschampsia cespitosa* L. Beauv and *Anthoxanthum odoratum* L. // New Phytologist, 1987. Vol. 107. № 4. P. 659–670.

Sun Q., Ye Z.H., Wang X.R., Wong M.H. Cadmium hyperaccumulation leads to an increase of glutathione rather than phytochelatins in the cadmium hyperaccumulator *Sedum alfredii* // J. Plant Physiol., 2007. Vol. 164. № 11. P. 1489–1498.

Viechtbauer W. Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package // J. Stat. Softw., 2010. Vol. 36. № 3. P. 1–48.

Wilkins D.A. A technique for the measurement of lead tolerance in plants // Nature, 1957. Vol. 180. P. 37–38.

Wilkins D.A. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // New Phytologist, 1978. Vol. 80. P. 623–633.

Xiong Y.H., Yang X.E., Ye Z.Q., He Z.L. Characteristics of cadmium uptake and accumulation by two contrasting ecotypes of *Sedum alfredii* Hance // J. Environ. Sci. Heal A, 2004. Vol. 39. № 11–12. P. 2925–2940.

ПРОТАНДРИЯ И ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ ФОРМЫ ПЕРЕДНЕГО КРЫЛА НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

П.Д. Жердева*, А.О. Шкурихин**

**Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург*
***Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Ключевые слова: протандрия, крыло, геометрическая морфометрия, непарный шелкопряд.

Непарный шелкопряд *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) является одним из основных вредителей лесов умеренной полосы Голарктики. Практический интерес, который вызывает этот объект, обусловливает огромное количество работ, связанных с изучением динамики его численности, особенностями пластичности различных физиологических и экологических параметров на разных стадиях жизненного цикла. Большая часть литературы посвящена изучению биологии гусениц этого вида, в то время как поведение, миграционные особенности, фенотипическая изменчивость имаго из разных частей ареала освещены в меньшей степени. Так, морфометрический анализ географической изменчивости на основе комплекса промеров крыла непарного шелкопряда был выполнен Ю.Н. Баранчиковым и Б.А. Кравцовым (1981), сезонная изменчивость половой привлекательности самок и размеров имаго были изучены на примере сибирского шелкопряда *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetverikov, 1908 (Баранчиков и др., 2002; Петько, 2010). Поскольку лётные способности имаго напрямую связаны с такими морфологическим признаками, как размер и форма крыла, изучение фенотипической изменчивости данных параметров весьма актуально. Цель данной работы — изучение динамики соотношения полов имаго в условиях лабораторного эксперимента и анализ полового диморфизма формы крыла непарного шелкопряда.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили выборки имаго непарного шелкопряда, полученные в лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования Ботанического сада УрО РАН. Эксперимент был выполнен к.б.н. Е.М. Андреевой в 2009 г. Кладки непарного шелкопряда, из которых выращивали гусениц, были собраны в 2008 г. в березовых насаждениях Покровского мастерского участка Каменск-Уральского участкового лесничества Свердловской

области (25-й и 45-й кварталы). В лабораторных условиях гусениц выращивали в индивидуальном режиме на стандартной искусственной питательной среде (ИПС) (Ильиных, 1996) и ее варианте — ИПС с добавлением ионов железа ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ из расчета 150 мг на 500 г среды) при постоянных температуре (26–27° С) и влажности (около 60%). В ходе эксперимента учитывали время вылета и размах крыльев имаго. Объем общей выборки составил 212 экз.

Камеральная обработка материала включала следующие этапы: 1) были отпрепарированы передние крылья бабочек; 2) были получены оцифрованные изображения крыльев с помощью сканера Epson Perfection 2480 PHOTO при разрешении 2400 dpi; 3) крылья каждой особи были упакованы и этикетированы; 4) оцифрованные изображения были обрабатаны в пакете программ TPS, MorphoJ 1.00b (Klingenberg, 2008) и IMP (Zelditch et al., 2004); 5) в программе tpsDig провели расстановку меток (landmarks), очерчивающих форму крыла (рис. 1).

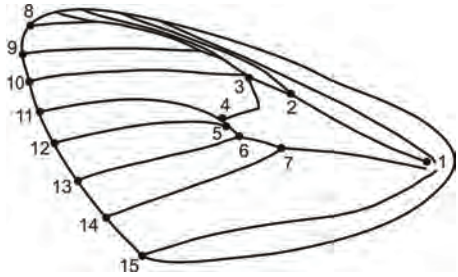

Рис. 1. Схема расстановки меток на переднем крыле непарного шелкопряда.

Количественный анализ изменчивости формы крыла проводили с помощью методов геометрической морфометрии в программе MorphoJ 1.00b (Klingenberg, 2008) и пакете программ IMP (Zelditch et al., 2004). По полученным в программе tpsDig конформациям крыла методом Прокрустова анализа обобщенных наименьших квадратов (GLS) провели выравнивание (alignment) и затем вычислили значения относительных деформаций (relative warps).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно литературным данным, для сибирского шелкопряда характерна протандрия, т.е. тенденция к более раннему вылету имаго самцов по сравнению с самками (Рожков, 1963; Петько, 2010). Это же явление описано и для непарного шелкопряда (Колтунов и др., 1998; Мамытов, 2009). В ходе проведенного нами эксперимента первыми из куколок вылетели самцы (28 февраля), в то время как первая сам-

ка вылетела 2 марта, а затем 6 марта еще 6 самок. Для оценки характера динамики соотношения полов мы объединили все полученные экспериментальные данные по декадам (рис. 2). Проверка наблюдаемых различий по времени вылета методом хи-квадрат показала наличие достоверных различий (χ^2=15.36, df=7, p<0.05). Следовательно, характер вылета имаго разных полов непарного шелкопряда можно охарактеризовать как протандрию.

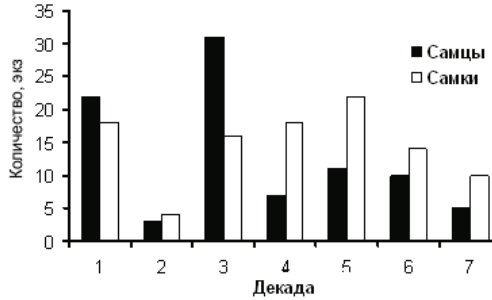

Рис. 2. Динамика соотношения полов непарного шелкопряда в эксперименте (2009 г.).

С помощью методов геометрической морфометрии мы изучили различия по признаку формы крыла между двумя полами. Достоверно значимые различия получены по форме переднего крыла самцов и самок непарного шелкопряда. Крыло самок имеет более вытянутую форму, сжато со стороны костальной и анальной жилок, крыло самцов более широкое. Наибольшие различия по форме переднего крыла самцов и самок обнаружены по признаку формы медиальной ячейки: у самок она относительно более вытянутая и узкая, чем у самцов. В целом самцы имеют крыло более округлое, в то время как у самок оно больше напоминает треугольник (рис. 3).

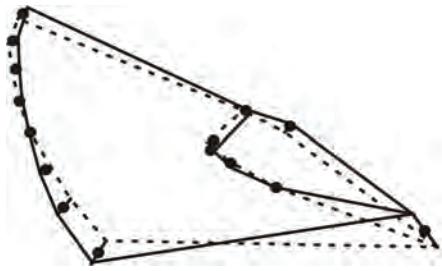

Рис. 3. Конфигурации переднего крыла, соответствующие центроидам выборок самцов (сплошная линия) и самок (пунктир) непарного шелкопряда.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лабораторного эксперимента вылет имаго непарного шелкопряда характеризуется протандрией, заключающейся в более раннем появлении самцов по сравнению с самками.

2. Методами геометрической морфометрии показано наличие значимых различий по форме переднего крыла у разных полов непарного шелкопряда. Крыло самок более вытянуто и имеет относительно более узкую медиальную ячейку по сравнению с передним крылом самцов.

Авторы выражают признательность зав. лабораторией эволюционной экологии ИЭРиЖ УрО РАН д.б.н., профессору А.Г. Васильеву за ценные замечания и обсуждение результатов работы, а также сотрудникам Ботанического сада УрО РАН — зав. лабораторией лесовосстановления, защиты леса и лесопользования д.б.н. В.И. Пономареву и к.б.н. Е.М. Андреевой — за предоставленные выборки имаго непарного шелкопряда и помощь в ходе работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-04-00720-а), Президиума РАН (программа «Биологическое разнообразие», проект № 09-П-4-1029), Программы развития ведущих научных школ (НШ-3260.2010.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранчиков Ю.Н. Кравцов Б.А. Опыт морфометрического анализа географических популяций непарного шелкопряда по совокупности признаков // Пространственно-временная структура лесных биогеоценозов. Новосибирск: Наука, 1981. С. 96–112.

Баранчиков Ю.Н., Петько В.М., Суховольский В.Г. и др. Динамика половой привлекательности разновозрастных самок сибирского шелкопряда // Энтомологические исследования в Сибири. Красноярск: КФ РЭО, 2002. Вып. 2. С. 99–111.

Ильиных А.В. Оптимизированная искусственная питательная среда для культивирования непарного шелкопряда (*Ocneria dispar* L.) // Биотехнология, 1996. № 1. С. 42–43.

Мамытов А.М. Феромонный мониторинг Южно-кыргызской популяции непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Бишкек, 2009. 16 с.

Петько В.М. Сезонная изменчивость размеров особей в популяциях сибирского шелкопряда // Изв. Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Санкт-Петербург, 2010. С. 193–200.

Колтунов Е.В., Пономарев В.И., Федоренко С.И. Экология непарного шелкопряда в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 212 с.

Рожков А.С. Сибирский шелкопряд. М.: АН СССР, 1963. 176 с.

Klingenberg C.P. Morphological integration and developmental modularity // Ann. Rev. of Ecology, Evolution and Systematics, 2008. Vol. 39. P. 115–132.

Zelditch M.L., Swiderski D.L., Sheets H.D. et al. Geometric morphometrics for biologist: a primer. New York: ELSEVIER. Acad. Press., 2004. 443 p.

ДВЕ СТОРОНЫ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА В ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВАХ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В.А. Жуйкова, К.С. Волохина, И.С. Волохин, Т.В. Жуйкова

Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия

Ключевые слова: первичная продуктивность, разложение опада, химическое загрязнение.

Продуктивность луговых сообществ складывается из двух одновременно протекающих, но противоположно направленных процессов: первичный синтез живого вещества и его разрушение, ведущее к пополнению в почве запасов гумуса и элементов минерального питания. Синтез органического вещества идет на первом трофическом уровне и в пределах растительного сообщества, распад захватывает другие трофические уровни и выходит за пределы сообщества (Продуктивность луговых..., 1974). Оба процесса находятся под контролирующим влиянием факторов природного и антропогенного характера. Необходимо отметить, что обе стороны продукционного процесса достаточно хорошо изучены, однако комплексные исследования, включающие изучение в одних и тех же биотопах скорости накопления фитомассы и разложения растительных остатков, малочисленны. Особенно это касается данных процессов, идущих в условиях техногенного загрязнения среды. Кроме того, большинство работ посвящено изучению продуктивности лесных сообществ. В связи с этим целью данной работы было изучение образования фитомассы и разложения растительных остатков в луговых сообществ вторичного происхождения на фоновых и техногенно нарушенных территориях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в 2009–2010 гг. в одном из крупных промышленных регионов Свердловской области — г. Нижний Тагил. Изучение первичной продуктивности луговых сообществ и процессов разложения опада проведено на пяти участках. Почвы исследуемых биотопов относятся к дерново-подзолистым (разновидность средний суглинок), крупнозернистыми и содержат загрязняющие вещества в токсичных количествах. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве (Zn, Cu, Pb, Cd, Mn, Co, Ni, Cr, Fe) определяли методом атомно-абсорбционного спектрального анализа на спектрофотометре фирмы Perkin Elmer AAS 300. Общий уровень химического загрязнения был выражен через индекс суммарной токсической нагрузки (S_i).

В соответствии с интегральным показателем загрязнения участки относили к фоновой (1.0 отн. ед.), буферной (3.3–6.2 отн. ед.) и импактной (22.8–30.0 отн. ед.) зонам.

Для оценки первичной продуктивности исследуемых луговых сообществ в вегетационные сезоны 2009–2010 гг. была изучена надземная и подземная фитомасса. В период максимального развития травостоя методом случайной выборки в фитоценозах закладывали по 10 учетных площадок размером 25×25 см. Отбор проб проводили методом монолитов (Шалыт, 1960).

При изучении актуальной скорости разложения опада в качестве экспонируемого материала использовали атмосферно-сухую фитомассу агро-ботанических групп (бобовые, злаки, разнотравье). Эксперименты проводили согласно методическим рекомендациям (Экологическая токсикология..., 2001). Срок экспонирования — два, четыре и шесть месяцев. В полевом эксперименте образцы помещали в верхний 5-ти см слой почвы по трансекте через каждые 30 см. На каждой трансекте последовательно закладывали по 10 образцов бобовых, злаков и разнотравья. Всего в эксперименте — 1 260 образцов.

Для исключения влияния погодно-климатических и других факторов среды аналогичные эксперименты были проведены в лабораторных условиях. В первом случае атмосферно-сухие образцы бобовых, злаков и разнотравья массой 2 г помещали в чашки Петри между слоями почвы, взятой с исследуемых участков. В качестве контроля выступал вариант без почвы. Повторность опыта — трехкратная. Чашки Петри выдерживали в термостате при температуре 28°С и влажности 60% в течение месяца. Во втором эксперименте в качестве экспонируемого материала использована фильтровальная бумага, которую также закладывали между слоями почвы с фонового и загрязненных участков. Условия экспонирования аналогичны первому эксперименту. Срок экспонирования — два месяца. Скорость разложения экспонируемого материала оценивали по убыли массы навески (%).

Определение содержания подвижных форм K_2O, P_2O_5, оценка гумусного состояния почв выполнены в соответствии с методическими рекомендациями Я.В. Пейве, А.Т. Кирсанова и И.В. Тюрина соответственно (Практикум..., 1991).

При анализе данных использовали различные статистические методы (Лакин, 1989): дисперсионный анализ (вычисление *F*-критерия Фишера), *S*-метод Шеффе, линейную регрессию (вычисление коэффициента детерминации — R^2), ранговый коэффициент корреляции Спирмена (R_s), непараметрический критерий χ^2. Статистический анализ выполнен в ПСП Statistica 6.0 (StatSoft, Inc. 1984–2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении связи между фитомассой надземных и подземных органов травянистых растений, произрастающих в условиях техно-

генного воздействия, установлена тесная корреляционная связь. Коэффициенты детерминации между исследуемыми показателями у растений со всех исследуемых участков высоко значимы независимо от периода наблюдения (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. *Результаты регрессионного анализа зависимости фитомассы надземных органов от массы подземных*

Показатели	Токсическая нагрузка, отн. ед.									
	1.0		3.3		6.2		22.8		30.0	
	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.
R^2	0.68	0.35	0.33	0.21	0.34	0.13	0.87	0.25	0.60	0.64
df	1; 73	1; 73	1; 56	1; 51	1; 56	1; 59	1; 47	1; 55	1; 31	1; 34

Примечание. $p<<0.01$.

В вегетационные сезоны 2009–2010 гг. отмечено снижение надземной фитомассы в сообществах фонового и минимально загрязненных участков по сравнению с максимально загрязненными (табл. 2). Сравнение надземной фитомассы луговых сообществ импактной зоны с остальными методом множественных сравнений Шеффе подтвердило статистически значимые различия между сравниваемыми группами только в 2009 г. (F=2.8; df=4; 46; p<0.05).

В 2010 г. надземная фитомасса на максимально загрязненном участке также была выше, чем на остальных, однако в сообществах импактной зоны наблюдалось незначительное снижение фитомассы по сравнению с предыдущим вегетационным сезоном. Напротив, в луговом сообществе участка фоновой зоны в 2010 г. было отмечено повышение надземной фитомассы по сравнению с 2009 г. Относительно низкая надземная фитомасса характерна для сообществ буферной зоны. Изменение надземной фитомассы на чистом и максимально загрязненном участках в 2010 г. привело к тому, что различия между сообществами фонового и загрязненных участков стали статистически незначимыми (F=2.3; df=4; 46; p>0.05).

Изменения подземной фитомассы в градиенте загрязнения в исследуемые вегетационные периоды имеют противоположный характер. Так, если в 2009 г. надземная фитомасса растений на загрязненных участках была значимо выше, чем на остальных, то подземная фитомасса в луговых сообществах исследуемых участков статистически значимо не различалась (S-метод — участок с токсической нагрузкой 30.0 отн. ед. и все остальные: F=1.6; df=4; 46; p>0.05). В 2010 г., наоборот, значимо не различалась надземная фитомасса, в то время как подземная на максимально загрязненном участке была выше, чем на остальных (F=6.01; df=4; 46; p<0.001).

ТАБЛИЦА 2. *Фитомасса луговых сообществ фоновой и техногенно нарушенных территорий в период 2009–2010 гг.*

Токсическая нагрузка, отн. ед.	Фитомасса, г/м^2			
	надземная		подземная	
	2009 г.	2010 г.	2009 г.	2010 г.
1.0	215.8 ± 38.2	310.8 ± 35.5	260.2 ± 43.4	210.4 ± 31.4
3.3	226.2 ± 32.5	204.5 ± 15.3	352.0 ± 50.7	284.5 ± 59.4
6.2	196.2 ± 34.3	279.6 ± 32.3	219.3 ± 56.6	173.0 ± 32.8
22.8	336.0 ± 92.4	193.4 ± 29.6	221.6 ± 50.3	90.5 ± 9.5
30.0	371.4 ± 54.8	334.1 ± 49.3	351.0 ± 51.9	461.0 ± 49.8

Сравнение надземной и подземной фитомассы растений в разные вегетационные сезоны с помощью непараметрического критерия χ^2 выявило высоко значимые различия между ними (надземная: χ^2=72.99; подземная: χ^2=75.24; df=4; p<0.001).

Различие в фитомассе сообществ фоновых и загрязненных участков в разные вегетационные сезоны может быть обусловлено изменением соотношения агро-ботанических групп и структуры доминирования отдельных видов в общей надземной фитомассе.

Анализ доли участия агро-ботанических групп в надземной фитомассе в вегетационные сезоны 2009–2010 гг. показал, что в градиенте возрастающей токсической нагрузки усиливается роль злаков и снижается доля разнотравья (см. рисунок). Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена, вычисленные для оценки связи между уровнем загрязнения и фитомассой разнотравья, статистически значимы (2009–2010: R_s=–0.9; p=0.037); доля злаков в фитомассе луговых сообществ значимо увеличивалась только в 2009 г. (R_s=0.9; p=0.037). В 2010 г. изменение доли злаков в градиенте химического загрязнения сохраняется на уровне тенденции (R_s=0.7; p=0.19). Изменение фитомассы бобовых в градиенте загрязнения статистически незначимо.

Таким образом, доля разнотравья в градиенте увеличивающегося загрязнения снижается независимо от условий вегетационного сезона. Наиболее чувствительны к погодно-климатическим условиям злаки и бобовые, варьирование фитомассы которых обусловливает изменение общей надземной массы растений луговых сообществ как в градиенте загрязнения, так и в разные вегетационные сезоны. В год со значимым ростом доли злаков в градиенте возрастающей токсической нагрузки наблюдается значимый рост общей фитомассы растений.

Установлено, что в структуре доминирования видов в надземной фитомассе независимо от вегетационного сезона выделяется один доминант и от одного до трех содоминантов. Химическое загрязнение приводит к уменьшению числа содоминантов, а также к снижению

Рисунок. Доля участия агро-ботанических групп в надземной фитомассе. 1 — злаки; 2 — бобовые; 3 — разнотравье.

доли участия в структуре доминирования видов группы «прочие» с 33% до 23% в 2009 г. и с 63% до 15% — в 2010 г.

Доминантом на фоновом участке выступает мятлик луговой (*Poa pratensis* L.). Доля его участия в надземной фитомассе лугового сообщества фонового участка составляет 20–22%. Реакцией на химическое загрязнение является смена доминантов в исследуемых фитоценозах. В сообществах импактной зоны стабильно доминирует вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.) с долей участия в надземной фитомассе 65–68%. Фитоценозы загрязненных участков представлены разнотравно-вейниковыми сообществами.

Следовательно, общая надземная фитомасса находится под контролирующим влиянием химического загрязнения и погодно-климатических факторов. Различия в условиях вегетации приводят к колебаниям общей надземной фитомассы, которые наиболее выражены в фитоценозах фоновой зоны. Роль химического загрязнения проявляется в изменении соотношения агро-ботанических групп и структуры доминирования видов в фитомассе.

На втором этапе работы была изучена потенциальная и актуальная скорость разложения, под которой понимают потерю веса образца за определенный период экспонирования, выраженную в процентах от исходной массы. В качестве экспонируемого материала были использованы стандартные образцы целлюлозы (фильтровальная бумага) и смесь надземной фитомассы (бобовые, злаки, разнотравье). Использование «стандартизированного однородного материала» (цит. по: Воробейчик, 2007) (фильтровальная бумага) при оценке потенциальной скорости разложения позволяет исключить влияние качественного состава разлагаемого образца.

Максимальная скорость деструкции целлюлозы была зафиксирована в первые два месяца (табл. 3). В градиенте увеличивающегося химического загрязнения (экспонирование фильтровальной бумаги на почве с исследуемых участков) происходит снижение скорости раз-

ТАБЛИЦА 3. *Характеристика потенциальной и актуальной скорости разложения образцов (M ± m)*

Параметр	Объект экспонирования	Срок экспонирования, мес.		Скорость разложения образцов, %, при токсической нагрузке, отн. ед.				
				1. 0	3.3	6.2	22. 8	30.0
Потенциальная скорость разложения	Фильтровальная бумага	2		13.0 ± 1.2	38.0 ± 1.3	20.8 ± 1.7	16.7 ± 2.0	4.9 ± 1.4
		4		13.0 ± 1.8	41.8 ± 1.4	27.6 ± 2.0	16.9 ± 1.5	9.4 ± 1.4
	Надземная фитомасса растений из исследуемых фитоценозов	1	*Р*	35.5 ± 6.3	–	56.1 ± 2.4	46.8 ± 1.9	–
			Б	34.6 ± 7.2	–	33.1 ± 7.7	53.2 ± 2.7	–
			З	36.6 ±7.0	–	24.1 ± 5.0	22.0 ± 4.7	–
Актуальная скорость разложения	Надземная фитомасса растений с фонового участка	12	*Р*	58.0 ± 2.3	48.9 ± 1.4	48.8 ± 3.0	40.5 ± 1.7	–
			Б	57.0 ± 1.8	54.8 ±1.6	52.5 ± 1.3	43.0 ± 1.7	–
			З	49.4 ± 1.8	44.4 ± 3.2	35.4 ± 3.1	29.2 ±2.5	–
	Надземная фитомасса растений из исследуемых фитоценозов	2	*Р*	24.6 ± 1.2	39.7 ± 1.4	46.3 ± 3.4	51.9 ± 0.9	49.5 ± 2.2
			Б	24.5 ± 1.6	23.7 ± 2.2	40.0 ± 2.7	31.7 ± 1.6	32.8 ± 2.1
			З	23.7 ± 1.0	24.7 ± 1.4	31.2 ± 0.9	20.0 ± 1.1	27.3 ± 1.5
		4	*Р*	37.7 ± 1.6	43.1 ± 1.5	61.0 ± 0.8	65.1 ± 0.7	51.6 ±1.9
			Б	33.2 ± 1.1	25.5 ± 1.0	42.7 ± 1.8	45.7 ± 0.6	35.1 ± 1.8
			З	32.1 ± 0.7	31.9 ± 2.4	37.2 ± 1.8	45.7 ± 0.9	32.5 ± 0.9
		6	*Р*	33.9 ± 1.3	45.1 ± 1.2	61.3 ± 1.2	59.9 ± 1.1	43.1 ± 1.1
			Б	31.9 ± 1.7	28.6 ± 2.2	30.0 ± 0.7	42.3 ± 1.3	30.8 ± 1.9
			З	26.3 ± 3.0	32.6 ± 1.6	36.0 ± 1.2	39.0 ± 2.8	31.8 ± 1.2

Примечание. Р – разнотравье, Б – бобовые, З – злаки; «–» – данные отсутствуют.

ложения целлюлозы: минимальные значения показателя (4.9%) отмечены на почве с максимально загрязненного участка. Дисперсионный анализ скорости разложения целлюлозы (факторы: время экспонирования (период), загрязнение почвы (субстрат)) выявил эффекты времени экспонирования (F=6.58; df=1; 90; p=0.012), уровня токсической нагрузки (F=131.25; df=4; 90; p=0.1×10^{-6}) и взаимодействия период–субстрат (F=2.75; df=4; 90; p=0.033). Причем уровень загрязнения почвы определяет 83% общей изменчивости скорости разложения целлюлозы, в то время как продолжительность экспонирования обусловливает только 1.0%, а взаимодействие факторов период–субстрат — 1.7% изменчивости признака. Сравнение скорости разложения целлюлозы в почве с участков импактной зоны (22.8–30.0 отн. ед.) с остальными вариантами S-методом Шеффе выявило статистически значимые различия между группами (экспонирование 2 мес.: F=7.7; df =4; 46; p=0.001; экспонирование 4 мес.: F=8.45; df=4; 46; p=0.001).

В ходе анализа потенциальной скорости разложения агроботанических групп установлено, что показатель в варианте с фонового участка практически не различался — в среднем он составлял 36%. Увеличение скорости разложения опада до 53% отмечено в варианте с почвой, имеющей уровень загрязнения 22.8 отн. ед. (см. табл. 2). Однофакторный дисперсионный анализ деструкционных процессов агроботанических групп на почве с фонового и загрязненных участков выявил значимые различия в скорости разложения бобовых, злаков и разнотравья (F=26.09; df=2; 6; p<0.001).

С точки зрения Н.И. Андреяшкиной (2001), при анализе актуальной скорости разложения в качестве однородного стандартизированного материала может также выступать фитомасса, собранная в одном сообществе. Поэтому в следующем эксперименте экспонируемым материалом служили воздушно-сухие образцы агро-ботанических групп с фонового участка. Установлено, что скорость разложения всех трех групп, экспонируемых на разных по уровню загрязнения участках, снижается с увеличением загрязнения почвы: бобовые — 57–43%, разнотравье — 58–41%, злаки — 50–30% (см. табл. 3).

Далее в почве каждого исследуемого биотопа были экспонированы растительные образцы, отобранные на этих же участках. Установлена общая закономерность: независимо от срока экспонирования материала скорость разложения бобовых, злаков и разнотравья увеличивается с ростом токсической нагрузки. Однофакторным дисперсионным анализом подтверждены статистически значимые различия в скорости разложения агро-ботанических групп на разных по уровню загрязнения участках (F=28.51; df=4; 782; p<0.001). Вклад фактора «токсическая нагрузка» в общую изменчивость исследуемого признака составил 60%. Обнаружено, что агро-ботанические группы разлагаются с разной скоростью и выстраиваются в один ряд независимо

от условий эксперимента: разнотравье > бобовые > злаки. Различие в скорости разложения исследуемых групп подтверждено однофакторным дисперсионным анализом (F=58.1; df=2; 245; p<0.001). Вклад фактора «агро-ботанические группы» в общую изменчивость исследуемого признака составил 32%.

Возможно, рост скорости разложения опада в градиенте возрастающего загрязнения объясняется устойчивостью отдельных групп микроорганизмов к химическому загрязнению. В качестве устойчивых групп могут выступать микромицеты, которые являются металлотолерантными и выступают основными дублерами ряда бактерий в почвах, загрязненных тяжелыми металлами (Воробейчик, 2007). Кроме того, Г.Н. Чуркиной (2007) было показано, что при высоких концентрациях Sr, Cd, Cu, Pb наблюдается рост численности почвенных грибов (*Aspargielos*, *Mucor*, *Penicillus)* и целлюлозоразлагающих микроорганизмов в среднем на 88%.

С точки зрения ряда авторов (Гришкан, 1995; Курачев, Батурина, 2005) различия в скорости разложения агро-ботанических могут быть обусловлены качественным химическим составом растительного субстрата, который является важнейшим фактором, определяющим величину потери его веса. Зависимость скорости разложения растительных остатков обратнопропорциональна количеству целлюлозы в их клеточных оболочках.

На разную скорость разложения однородного стандартизированного материала и растительных остатков указывали также В.М. Курачев и В.Б. Батурина (2005). С их точки зрения подобные различия обусловлены тем, что в опаде наряду с целлюлозой содержатся белки, углеводы, лигнин, смолы и другие соединения. Неоднородность в химическом составе клеточных оболочек экспонируемого материала, который является видоспецифичным, может выступать одним из факторов, определяющим скорость разложения органического вещества в разных биотопах.

Таким образом, скорость деструкции фитомассы зависит от уровня почвенного загрязнения. Последний косвенно влияет на численность и видовой состав почвенной биоты, от которого непосредственно зависит скорость разложения опада. Кроме того, скорость разложения в значительной мере зависит от структуры опада, в частности от химического состава того или иного вида растений.

ВЫВОДЫ

1. Особенностью вегетационных сезонов 2009–2010 гг. является снижение надземной и подземной фитомассы на участках фоновой и буферной зон по сравнению с максимально загрязненными территориями.

2. В градиенте увеличивающегося химического загрязнения наблюдается рост доли злаков в надземной фитомассе и уменьшение доли разнотравья. Доля бобовых в фитомассе изменяется незначительно.

3. Доминантами в луговых сообществах фоновой и слабо загрязненных территорий выступают мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.). В условиях загрязнения доминирует вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.). С увеличением загрязнения усиливаются позиции доминантного вида за счет уменьшения доли прочих видов.

4. Скорость разложения стандартизированного однородного материала (чистая целлюлоза и надземная фитомасса с фонового участка) уменьшается с увеличением загрязнения. Процесс деструкции опада, собранного на фоновой и техногенно нарушенных территориях, при экспонировании на этих же участках увеличивается с ростом токсической нагрузки. По скорости разложения агро-ботанические группы выстраиваются в следующий ряд: разнотравье > бобовые > злаки.

Работа выполнена по тематическому плану научно-исследовательских работ НТГСПА (задание Минобрнауки РФ в 2009–2011 гг., № гос. регистрации 1.1.08).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреяшкина Н.И., Пешкова Н.В. К оценке темпов разложения растительного опада и стандартных образцов целлюлозы в тундровых сообществах // Экология, 2001. № 1. С. 57–60.

Воробейчик Е.Л. Сезонная динамика пространственного распределения целлюлозолитической активности почвенной микрофлоры в условиях атмосферного загрязнения // Экология, 2007. № 6. С. 427–437.

Гришкан И.Б. Разложение растительного опада в основных сообществах бассейна верховий Колымы // Экология, 1995. № 1. С. 9–12.

Курачев В.М., Батурина В.Б. Темпы разложения растительных остатков в почвах техногенных ландшафтов // Сибирский экол. журн., 2005. № 5. С. 789–793.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.

Практикум по основам сельского хозяйства / И. М. Ващенко [и др.]. М.: Просвещение, 1991. 431 с.

Продуктивность луговых сообществ / В.М. Понятовская [и др.]. Л.: Наука, 1978. 287 с.

Чуркина Г.Н. Биологическая активность чернозема южного карбонатного в зависимости от агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Алматы, 2007. 40 с.

Шалыт М.С. Вегетативное размножение и возобновление высших растений и методы его изучения // Полевая геоботаника. М.; Л., 1960. Т. 2. С. 163–208.

Экологическая токсикология: Учеб. пос. / Под ред. В.С. Безеля. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. 136 с.

АДВЕНТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ФЛОРЫ СВАЛОЧНОЙ ГРУППЫ МЕСТООБИТАНИЙ ВОТКИНСКОГО РАЙОНА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Е.Н. Зянкина

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: адвентивные виды, ксенофиты, эргазиофигофиты.

За период с 2007 по 2010 гг. был изучен видовой состав адвентивных видов растений, произрастающих на свалках мусора г. Воткинска, сел Кварса и Июльское, д. Камское и других населенных пунктов, а также на кучах мусора в окрестностях садово-огородных массивов Воткинского района Удмуртской Республики. В этих местообитаниях был выявлен ряд таких редких для адвентивной флоры Удмуртии видов, как *Dicentra formosa* (Haw.) Walp., *Iberis umbellata* L., *Phoenix dactylifera* L., *Cerasus avium* (L.) Moench., *Vitis vinifera* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Persica vulgaris* L., *Punica granatum* L., *Phalaris paradoxa* L. и др. Эти виды являются либо культурными растениями, завозимыми из других регионов для употребления в пищу или выращивания на приусадебных участках, либо сорными, появившимися в данной местности благодаря непреднамеренному заносу человеком.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы, характерные для адвентивной флоры Воткинского района в целом:

1. Свалочная группа местообитаний Воткинского района насчитывает 237 видов адвентивных растений, что составляет примерно 65% от всей адвентивной флоры данного района.

2. По числу адвентивных видов доминируют семейства Asteraceae (35 видов), Poaceae (23), Rosaceae (21), Brassicaceae (18), Solanaceae (13).

3. Травянистые виды растений (84.4%) преобладают над древесными (15.6%); на долю однолетников приходится 51.5%.

4. Средиземноморские (18.7%), ирано-туранские (18.3%), североамериканские (14.5%) виды адвентивных растений преобладают над восточноазиатскими (7.7%) и другими.

5. По способу иммиграции в Воткинский район эргазиофигофиты, т.е. виды, дичающие из культуры («беженцы» из культуры) (61.6%), доминируют над ксенофитами,т.е. заносными сорными видами (33.3%); 5.1% видов являются одновременно и эргазиофигофитами, и ксенофитами.

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОСТАТКИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ ДВУХ НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ КРАСНОУФИМСКОЙ ОСТРОВНОЙ ЛЕСОСТЕПИ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Е.П. Изварин

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: голоцен, ископаемые остатки, мелкие млекопитающие, Красноуфимская лесостепь.

Кунгурско-Красноуфимско-Месягутовская лесостепь имеет островной характер, так как со всех сторон окружена смешанными хвойно-широколиственными лесами. В настоящее время естественные степные участки здесь либо распаханы, либо используются под пастбища (Горчаковский, 1967).

Главное отличие этих территорий от зональных лесостепей — отсутствие степных видов млекопитающих, хотя по палеонтологическим данным, эти виды водились здесь около 2.5–3 тыс. л.н. (Смирнов, 1993). Здесь же около 600 л.н. (Смирнов, 1993) водилась желтогорлая мышь (*Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) — обитатель европейских широколиственных лесов. В настоящее время она также не отмечена для фауны данной территории и Среднего Урала в целом (Марвин, 1969; Млекопитающие Свердловской..., 2000). Новые палеонтологические материалы могут помочь понять причины вымирания данных видов и роль человека в этих процессах. До настоящего времени для территории Красноуфимской лесостепи были описаны всего три местонахождения голоценовых остатков мелких млекопитающих (Смирнов, 1993).

В данной работе рассматривается новый материал по голоценовой фауне мелких млекопитающих долины р. Иргины (Красноуфимский район, Свердловская область; Суксунский район, Пермская область), которая лежит в зоне контакта Кунгурской и Красноуфимской островных лесостепей. Здесь же проходит северо-восточный предел сплошного распространения неморальных растений: дуб черешчатый, клен остролистный, липа мелколистная, вяз, ильм, лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый и др. (Горчаковский, 1968).

В целом в отложениях обнаружены фоссилии представителей рыб, амфибий, рептилий, птиц и разных отрядов млекопитающих: Insectivora Bowdich, 1821; Chiroptera Blumenbach, 1779, Lagomorpha Brandt, 1855, Rodentia Bowdich, 1821, Carnivora Bowdich, 1821. Среди костей и зубов насекомоядных обнаружены остатки крота (род *Talpa*

ТАБЛИЦА. *Видовой состав и количества щечных зубов мелких млекопитающих из отложений грота Нижнеиргинский и навеса Усть-Лог 5 (р. Иргина, Красноуфимская лесостепь, Средний Урал)*

Вид	Местонахождение													
	Усть-Лог 5, 2009							Нижнеиргинский грот, 2009						
	Условный горизонт (глубина, см)													
	поверхность	1 (0–1)	2 (1–3)	7 (15–20)	15 (55–60)	16 (60–65)	17 (65–70)	1 (0–5)	2 (5–10)	3 (10–15)	4 (15–20)	5 (20–25)	6 (25–30)	7 (30–35)
Степная пищуха	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Обыкновенная летяга	1	13	0	4	0	0	0	1	2	+	0	+	0	0
Обыкновенная белка	1	1	2	4	1	1	0	1	2	3	1	0	2	1
Азиатский бурундук	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Лесная мышовка	5	2	0	2	6	5	0	4	13	16	6	21	16	14
Серая крыса	3	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Полевая мышь	1	4	1	1	4	0	0	0	3	0	3	8	6	4
Желтогорлая мышь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6	1
Малая лесная мышь	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Обыкновенный хомяк	45	48	21	30	137	36	21	13	73	73	131	126	137	65
Красно-серая полевка	0	1	0	2	3	0	0	1	5	7	12	27	18	7
Рыжая полевка	1	1	1	0	10	1	2	4	5	6	7	10	14	4
Красная полевка	0	2	0	4	0	2	0	1	6	10	10	21	16	6
Рыжая и красная полевки (не опр.)	0	1	1	3	2	0	1	0	2	1	3	16	12	4
Водяная полевка	151	280	173	240	728	227	81	8	90	83	95	119	163	111
Серые полевки (не опр.)	14	60	43	66	151	129	22	13	97	67	68	104	120	72
Полевка-экономка	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Темная полевка	2	0	1	0	14	3	1	1	3	3	8	4	9	6
Обыкновенная полевка	8	17	14	18	47	32	9	2	25	13	19	20	13	10
Всего зубов, шт.	232	436	260	377	1108	436	137	49	331	283	364	485	532	306

Linnaeus, 1758), бурозубок (род *Sorex* Linnaeus, 1758) и ежа (род *Erinaceus* Linnaeus, 1758). Среди остатков зайцеобразных, помимо степной пищухи (*Ochotona pusilla* Pallas, 1768), обнаружены зубы и кости зайца (род *Lepus* Linnaeus, 1758). Определены до вида костные остатки степной пищухи и грызунов (см. таблицу).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-04-00426), программы Президиума РАН «Происхождение биосферы и эволюция гео-биологических систем» (проект № 09-П-4-1001) и научно-образовательных центров (№ ГК 02.740.11.0279).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горчаковский П.Л. Красноуфимская лесостепь — ботанический феномен Предуралья // Бот. журн., 1967. Т. 52, № 11. С. 1574–1591.

Горчаковский П.Л. Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала. Тр. ИБ УФАН СССР. Вып. 59. Свердловск, 1968. 208 с.

Марвин М.Я. Фауна наземных позвоночных животных Урала. Вып. 1: Млекопитающие. Свердловск, 1969. 156 с.

Млекопитающие Свердловской области: Справочник-определитель / *Большаков В.Н., Бердюгин К.И., Васильева И.А., Кузнецова И.А.* Екатеринбург: Екатеринбург, 2000. 239 с.

Смирнов Н.Г. Мелкие млекопитающие Среднего Урала в позднем плейстоцене и голоцене. Екатеринбург: УрО РАН, 1993. 64 с.

ОПЫТ РЕИНТРОДУКЦИИ *ALTHAEA OFFICINALIS* L. В УСЛОВИЯХ БОТАНИЧЕСКОГО САДА УДМУРТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Н.В. Караваева

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: интродукция, реинтродукция.

Althaea officinalis L. — алтей лекарственный занесен в Красную книгу Удмуртской Республики (2001) и имеет 1-ю категорию редкости. Он редок на Урале и в Предуралье. По территории Удмуртии проходит северная граница ареала этого вида. Угроза исчезновения алтея связана с подъемом уровня вод Нижнекамского водохранилища и последующим затоплением местообитаний вида (Красная книга..., 2001).

Цель данной работы — описание особенностей развития особей *A. officinalis* при реинтродукции в условиях Ботанического сада УдГУ.

Задачи: 1) изучить сезонные ритмы развития алтея лекарственного и особенности его онтогенеза; 2) оценить возможность восстановления популяции вида в естественных условиях.

Реинтродукционные исследование *A. officinalis* были проведены в Ботаническом саду УдГУ в 2008–2010 гг. Эксперимент был заложен в естественном ценозе (на лисохвостово-лабазниковом лугу) с достаточным освещением и влажностью почвы. В ходе работы использовался различный посадочный материал: 1) семена из природной популяции (окрестности д. Ныргында Каракулинского района Удмуртской Республики) и Ботанического сада с интродуцированных особей (300 шт. семян на 3 площадки); 2) рассада (31 особь в ювенильном состоянии); 3) перезимовавшие виргинильные особи (31 шт.).

Фенологические наблюдения проводились согласно стандартной «Методике фенологических наблюдений в Ботанических садах СССР» (Методика..., 1979). Изучали особенности онтогенеза особей *A. officinalis*, периодически фиксируя следующие количественные (морфометрические) признаки: высота наземной части, число вегетативных и генеративных побегов на одной особи, число листьев, цветков, средние ширина и длина листьев, средние размеры цветка и плода, количество плодов и семян (Баранова, 2006; Злобин, 1989).

За период наблюдений (2008–2010 гг.) было установлено, что *A. officinalis* является перспективным растением для реинтродукции.

1. Наиболее эффективным способом восстановления естественной популяции следует предполагать подсаживание особей второго года жизни. При таком способе наблюдалась 100%-ная приживаемость особей.

2. За 4 года жизни реинтродуцированные особи *A. officinalis* L. прошли 6 онтогенетических состояний (от семян до молодых генеративных особей).

3. У реинтродуцентов было отмечено смещение сезонного ритма на 1 2 недели по сравнению с интродуцированными особями.

4. В период исследований вид показал высокую жизнеспособность и прекрасно перенес неблагоприятные условия среды. У реинтродуцированных особей *Althaea officinalis* наблюдались более выраженные ксероморфные признаки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранова О.Г. Изучение ценопопуляций растений «Красной книги Удмуртской Республики». Ижевск: Удмуртский университет, 2006. 74 с.

Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценопопуляций растений: Учебно-метод. пос. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1989. 145 с.

Красная книга Удмуртской Республики: Сосудистые растения, лишайники, грибы / Под ред. В.В. Туганаева. Ижевск: Удмуртский университет, 2001. 290 с.

Методика фенологических наблюдений в Ботанических садах СССР // Бюл. Главного бот. сада, 1979. Вып. 113. С. 4–10.

СВЯЗЬ ДЕФОЛИАЦИИ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НЕПАРНЫМ ШЕЛКОПРЯДОМ (*LYMANTRIA DISPAR* L.) С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ВОДЯНКОЙ НА ЮГЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.И. Клобуков

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: фитопатология, насекомые-филлофаги.

В последнее время в березовых насаждениях значительное распространение получила бактериальная водянка березы, отнесенная к числу опасных заболеваний, оказывающих серьезное влияние на состояние лесов. Возбудителем болезни являются бактерии *Erwinia multivora* Scz.-Parf, которые, по мнению некоторых авторов, присутствуют в экосистеме как неотъемлемый компонент и могут играть роль факультативных симбиотрофов, способных при ослаблении организма-хозяина под действием внешних факторов переходить в паразитическую форму. Заболевание охватывает березняки Зауралья, Татарстана, Западной Сибири и Центральной России. Одним из факторов ослабления деревьев может быть дефолиация их филлофагами. Актуальность исследования этого вопроса значима для Уральского региона, где в последние годы вспышка непарного шелкопряда в березовых лесах охватила более 400 тыс. га. Цель исследования — изучение влияния дефолиации и последующей рефолиации березовых древостоев на их поражаемость бактериальной водянкой.

Исследование проводилось в березовых насаждениях, переживших многократную дефолиацию, в двух типах лесорастительных условий — устойчиво свежие и свежие, периодически влажные. После окончания дефолиации отмечалась динамика восстановления листвы. В 2009 г. в конце сезона у деревьев были взяты керны приростным буравом, отмечено санитарное состояние — наличие либо отсутствие бактериальной водянки и степень поражения болезнью по длине керна. В 2010 г. было проведено повторное взятие кернов у учтенных деревьев прошлого года, а также дополнительно у деревьев, переживших 100%-ную дефолиацию в этом году, но не дефолиировавшихся в 2009 г.

Результаты исследования показали резкое увеличение доли больных деревьев в 2010 г. — с 63 до 92% — в устойчиво свежих лесорастительных условиях и незначительное увеличение — с 80 до 87% — в свежих периодически влажных. При сравнении площадей, переживших однократную и двукратную дефолиацию, не выявлено

достоверных различий как в доле больных деревьев, так и в степени поражения древесины среди них. Наиболее интенсивное поражение древесины наблюдается в первый год развития заболевания. Так, степень поражения по диаметру ствола у деревьев, в 2009 г. отнесенных к здоровым, в 2010 г. составила 26±18%. Доля пораженной древесины у деревьев, заболевших ранее, в среднем увеличилась на 8±12% относительно диаметра ствола.

На развитие патологических процессов могли повлиять условия восстановления листвы после дефолиации. Ретроспективный анализ данных по рефолиации показал, что в 2010 г. доля деревьев, пораженных бактериальной водянкой, среди восстановивших листву в 2009 г., возросла до 30%. В 2010 г. рефолиация была незначительной из-за засушливости второй половины вегетационного периода ($ГТК_{июль\text{-}август}$ — 1.04). Интенсивность рефолиации во многом зависит от погодных условий и способности дерева сохранять некоторое количество углеводов в ксилеме на момент начала восстановления листвы. Активная рефолиация за счет усиления транспирации способствует промыванию сосудов от остатков сахаров, являющихся субстратом для бактерий. Возможно, что нарушение восстановления листвы в 2010 г. способствовало развитию заболевания у части здоровых деревьев.

Таким образом, установлена возможность влияния вспышек массового размножения насекомых-филлофагов на увеличение доли деревьев, больных бактериальной водянкой, при этом более существенна связь поражения деревьев бактериальной водянкой не с самой дефолиацией, а с лесорастительными условиями произрастания древостоя и погодными условиями последующей рефолиации.

ВЛИЯНИЕ *RHODOCOCCUS*-БИОСУРФАКТАНТОВ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

Л.В. Костина, И.Б. Ившина, М.С. Куюкина

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, г. Пермь

Ключевые слова: десорбция, сорбция, тяжелые металлы, Rhodococcus-биосурфактанты.

На фоне кризиса состояния окружающей среды чрезвычайно остро стоит проблема восстановления природных экосистем, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ). В последнее время для решения

этой задачи предлагается использование биогенных сурфактантов. Следует отметить, что подобные исследования выполнены в основном с использованием биосурфактантов из грамотрицательных бактерий рода *Pseudomonas*, в частности *P. aeruginosa* и *P. putida* (Maier, Soberon-Chavez, 2001). Однако представители описанных видов псевдомонад отнесены Комиссией ЕЭС по защите от риска, вызванного работой с биологическими объектами, во II группу опасности при работе с ними. В целях поиска продуцентов сурфактантов среди грамположительных бактерий в настоящее время интенсивно изучаются непатогенные актинобактерии рода *Rhodococcus*, обладающие способностью синтезировать биосурфактанты гликолипидной природы при росте на жидких углеводородах (Christofi, Ivshina, 2002; Philp et al., 2002). Сравнительные данные по токсичности гликолипидных биосурфактантов из *R. ruber* свидетельствуют о том, что *Rhodococcus*-биосурфактант в 10–1000 раз менее токсичен, чем синтетические сурфактанты (стеарат сукрозы DK50; корексит 9597; инипол EAP22; финазол OSR-5) и в 2–10 раз, чем трегалозо- и рамнолипиды из *R. erythropolis* и *Pseudomonas aeruginosa* (Ivshina et al., 1998), что существенно расширяет возможности его практического использования.

Цель настоящего исследования — оценка возможности использования *Rhodococcus*-биосурфактантов для мобилизации и извлечения ТМ из загрязненной почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использовали модельную почву, в состав которой входили три почвенные фракции (глина, песок и торф), предварительно высушенные в сухожаровом шкафу при температуре 105°С в течение 3 ч (Van Dyke et al., 1993). Основные физико-химические характеристики модельной почвы приведены в табл. 1.

Почву загрязняли водными растворами солей ТМ: $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, $Pb(NO_3)_2$, K_2CrO_4, $(CH_3COO)_2Cd \cdot 2H_2O$ в концентрации от 2.5 до 40.0 мМ. Эксперименты проводили в колбах Эрленмейера объемом 250 мл, в которые вносили 20 г модельной почвы, инкубирование почвенных суспензий осуществляли на орбитальном шейкере (140 об./мин). Образцы почвенных суспензий (5 мл) отбирали через 1, 3, 5, 7, 14 сут, 1, 3 и 6 мес. Отобранные пробы центрифугировали (10 мин, 12 000 об/мин), полученный супернатант отфильтровывали под вакуумом через мембранный фильтр.

Эксперимент по десорбции ТМ из модельной почвы проводили с использованием водных эмульсий сурфактантов: неочищенных *Rhodococcus*-биосурфактантов (0.5; 1.0; 2.0 и 4.0 г/л); *Rhodococcus*-биосурфактантов, экстрагированных метил-*трет*-бутиловым эфиром (0.1, 0.5 и 1.0 г/л) и синтетического сурфактанта Твина 80 (полиоксиэтиленсорбитан моноолеат) (Sigma) (0.1; 0.5 и 1.0 г/л). Биосурфактанты получали методом, разработанным в лаборатории

ТАБЛИЦА 1. *Параметры модельной колонки*

Физические параметры	
Состав модельной почвы, %	Песок – 50; глина – 30; торф – 20
Высота почвенного столба, см	50.3 ± 0.8
Диаметр почвенного столба, см	2.9 ± 0.1
Масса почвенной смеси, г	495.0
Плотность почвы, г/см^3	1.41 ± 0.08
Удельный вес, г/см^3	12.98
Масса абсолютно сухой почвы, г	489.2 ± 4.6
Плотность почвенного скелета, г/см^3	0.94 ± 0.03
Общая порозность, об.%	33.7 ± 1.2
Общий объем пор, см^3	111.9 ± 12.9
Коэффициент пористости	0.51 ± 0.04
Относительная влажность, %	20.3 ± 0.5
Полная влагоемкость, мас.%	36.0 ± 0.3
Скорость фильтрации, см/мин	5.1 ± 0.7
Химические параметры	
Фактор емкости почвы, мг-экв/100 г	24.3 ± 1.1
Сумма воднорастворимых веществ, г/100 г почвы	0.27 ± 0.004
pH	5.9 ± 0.10

Примечание. Приведены средние значения трех параллельных определений.

алканотрофных микроорганизмов ИЭГМ УрО РАН (Kuyukina et al., 2001). В качестве контроля использовали бидистиллированную воду. Для анализа количества десорбированных металлов отбор проб осуществляли через 1, 3, 5, 7, 14 сут и 1 мес. с начала эксперимента.

Количественное определение молибдена проводили роданидным, никеля — диметилглиоксимным методами (Лурье, 1984) с помощью спектрофотометра Lambda EZ201 PerkinElmer (λ=470 нм). Содержание кадмия, свинца и хрома измеряли методом атомно-эмиссионной спектроскопии на базе аналитической сервисной лаборатории (зав. лабораторией доктор C. Cunningham) Исследовательского центра оценки и ремедиации загрязненных земель (CLARCC, Эдинбург, Великобритания) с использованием спектрометра Perkin Elmer Optima 5300DV, Perkin Elmer, США.

Все эксперименты проводили в пятикратной повторности. Математическую обработку полученных результатов осуществляли традиционными методами с вычислением среднего арифметического, среднеквадратичного отклонения, стандартной ошибки и доверительного интервала, с использованием пакета компьютерных

программ Statistica (StatSoft Inc., 2001), и Excel (Microsoft Inc., 2003). При оценке степени достоверности различий средних данных применяли *t*-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сорбция ионов ТМ модельной почвой. В результате проведенных исследований нами были получены количественные данные по сорбции ионов ТМ модельной почвой. В табл. 2 приведены максимально зафиксированные параметры сорбции ионов ТМ компонентами модельной почвы в зависимости от исходной концентрации ионов ТМ. Как видно, количество сорбированных компонентами почвы ионов ТМ прямо пропорционально исходной концентрации ТМ, внесенных в модельную почву. Наиболее эффективно сорбируются ионы Cd^{2+}, MoO_4^{2-} и Pb^{2+}, сорбционная способность почвы в отношении которых в 1.3–3.2 раза выше по сравнению с таковой ионов CrO_4^{2-} и Ni^{2+}.

ТАБЛИЦА 2. *Степень сорбции ионов тяжелых металлов компонентами модельной почвы*

Концентрация, мМ	Ионы ТМ									
	Cd^{2+}		CrO_4^{2-}		MoO_4^{2-}		Ni^{2+}		Pb^{2+}	
	%	г кг$^{-1}$ почвы	%	г кг$^{-1}$ почвы	%	г кг$^{-1}$ почвы	%	г кг$^{-1}$ почвы	%	г кг$^{-1}$ почвы
2.5	68.1	0.8 ± 0.01	92.6	0.5 ± 0.01	70.2	0.7 ± 0.01	80.2	0.5 ± 0.01	66.7	1.4 ± 0.01
5.0	56.2	1.3 ± 0.02	96.8	1.0 ± 0.01	61.4	1.2 ± 0.02	93.1	1.1 ± 0.02	71.5	3.0 ± 0.01
10.0	99.6	4.5 ± 0.08	97.3	2.0 ± 0.02	52.2	2.0 ± 0.04	86.6	2.0 ± 0.01	85.8	7.0 ± 0.08
20.0	80.8	7.3 ± 0.10	97.0	4.1 ± 0.02	65.0	5.1 ± 0.08	90.3	4.2 ± 0.02	82.6	13.7 ± 0.10
40.0	82.4	14.8 ± 0.21	84.5	7.1 ± 0.06	75.5	11.6 ± 0.04	88.4	8.3 ± 0.06	68.3	22.6 ± 0.80

Примечание. Здесь и далее все численные значения даны в пересчете на содержание чистого металла.

Нами обнаружена прямая корреляция (рис. 1) между концентрацией ионов ТМ в почвенном растворе и продолжительностью процесса сорбции (R=0.99, p<0.001).

При изучении динамики процесса сорбции ионов ТМ модельной почвой установлено, что использование высоких (20.0–40.0 мМ) концентраций металла способствует более быстрому достижению предельно возможной величины показателя сорбции. Так, максимум

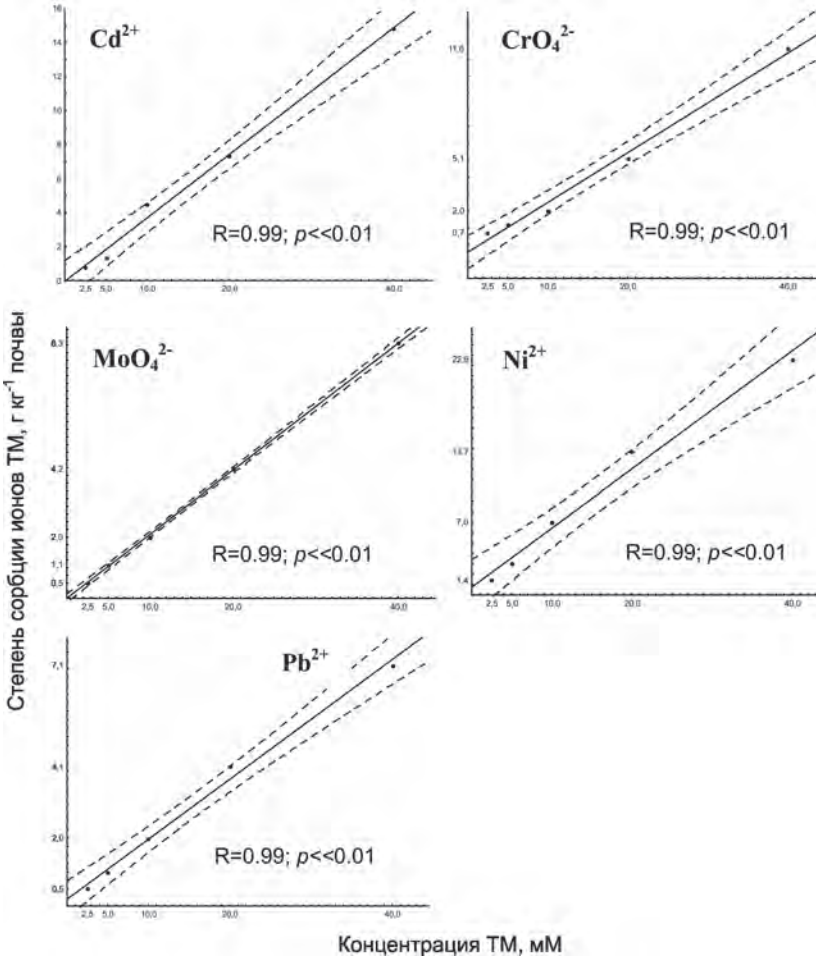

Рис. 1. Влияние концентрации ионов ТМ на степень их сорбции компонентами почвы. Точки — экспериментальные данные; сплошная линия — линия аппроксимации; пунктир — доверительные интервалы.

сорбции для катионов Ni^{2+} (93.1%) наблюдается через 3 сут., для Cd^{2+} (99.6%) и Pb^{2+} (85.8%) — через 7 сут., тогда как в отношении анионов CrO_4^{2-} (97.3%) и MoO_4^{2-} (75.5%) максимальная сорбция наблюдается через 5 сут. при концентрации ТМ от 20.0 до 40.0 мМ. При более низких (2.5–5.0 мМ) концентрациях металла предельное насыщение почвы происходит не позже, чем на 1–2-е сут. инкубирования смеси. Необходимо отметить, что в дальнейшем происходит снижение дан-

ных показателей, и по истечении месяца количество сорбированного металла в почве заметно снижается, по-видимому, вследствие естественных процессов вымывания солей ТМ из почвы, что может быть связано с обратимой сорбцией «избытка» внесенного металла из-за образования непрочных связей с почвенными частицами. Известно (Алексеев, 1987), что ТМ, присутствующие в почве в непрочно адсорбированной форме, подвержены процессам естественного вымывания под действием физико-химических факторов и, следовательно, могут представлять реальную угрозу загрязнения поверхностных и грунтовых вод данными ксенобиотиками. Следует отметить, что через 1 мес. количество сорбированных почвенными частицами ионов ТМ снижалось от 1.2 до 1.7 раза.

По нашим данным, через определенный промежуток времени (в наших опытах — после 1 мес. инкубирования) в модельной жидкопочвенной системе устанавливается динамическое равновесие между процессами адсорбции и десорбции ТМ почвенными компонентами. При равновесном состоянии системы «адсорбированный — растворенный металл» степень сорбции металла составляет 45–92% в зависимости от исходной концентрации ионов ТМ.

Десорбция и мобилизация ионов ТМ из модельной почвы под действием (био)сурфактантов. Проведенные исследования по изучению влияния эмульсий (био)сурфактантов на процесс десорбции ионов ТМ с поверхности почвенных частиц показали, что наиболее эффективным из изученных является неочищенный препарат *Rhodococcus*-биосурфактантов. Извлечение ионов ТМ неочищенным препаратом *Rhodococcus*-биосурфактантов в 1.4–1.7 раза более эффективно по сравнению с таковым экстракта биосурфактантов, и в 4.4–5.0 раз — по сравнению с синтетическим сурфактантом в условиях однократного отмывания. Как видно из табл. 3, контрольные показатели степени десорбции ионов ТМ от компонентов модельной почвы не превышают 6.3%.

Установлено, что все исследуемые (био)сурфактанты наиболее эффективно извлекают из почвы катионы Ni^{2+}, а также анионы CrO_4^{2-} и MoO_4^{2-}. Данный факт, вероятно, связан с физико-химическими свойствами этих ТМ, а также с особенностями процесса их сорбции.

Все исследуемые ионы ТМ по способности к десорбции и мобилизации с поверхности почвенных частиц под влиянием неочищенного препарата *Rhodococcus*-биосурфактантов можно расположить в следующем порядке: $Pb^{2+} > Cd^{2+} > MoO_4^{2-} > Ni^{2+} > CrO_4^{2-}$ (9411.9; 6007.9; 4503.3; 3855.6; 3571.1 мг/кг загрязненной почвы соответственно).

Необходимо отметить, что неочищенные *Rhodococcus*-биосурфактанты проявляют высокую десорбирующую активность в отношении ТМ в условиях длительного (например, 6 мес.) загрязнения (рис. 2).

ТАБЛИЦА 3. *Извлечение ионов тяжелых металлов из модельной почвы с помощью (био)сурфактантов,%*

ТМ	(Био)сурфактант			
	Rhodococcus-биосурфактант		Твин 60	Контроль (вода)
	неочищенный	экстракт		
Cd^{2+}	82.3	48.1	16.5	2.3
CrO_4^{2-}	87.1	58.0	19.3	3.9
MoO_4^{2-}	88.3	54.6	19.7	6.3
Ni^{2+}	92.5	66.6	21.1	4.8
Pb^{2+}	68.7	42.3	15.1	1.8

Примечание. Показано максимальное извлечение ТМ из почвы при уровне загрязнения почвы, равном 20.0 мМ.

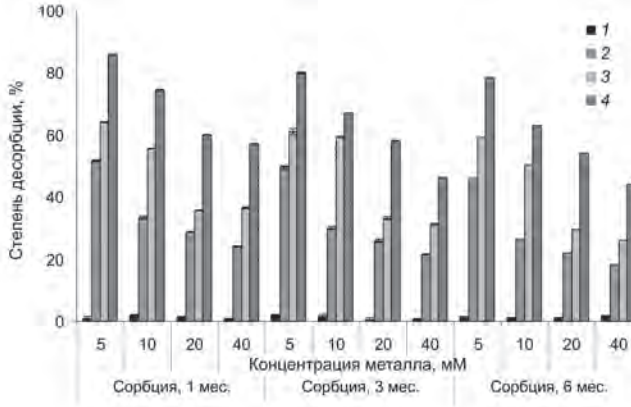

Рис. 2. Извлечение молибдена из модельной почвы при различных концентрациях (2–4) Rhodococcus-биосурфактантов в условиях длительного загрязнения. 1 — контроль (вода); 2 — 1.0 г/л; 3 — 2.0 г/л; 4 — 4.0 г/л; 1–6 мес — продолжительность загрязнения почвы ТМ.

В результате проведенных исследований установлено, что интенсивность процесса десорбции молибдена с поверхности почвенных частиц прямо пропорциональна концентрации используемых (био) сурфактантов (рис. 3). Так, при концентрации 0.5 г/л количество десорбированного никеля составляет 34.6%, что в 6 раз превышает Твин 60 и в 10 раз превышает контрольный показатель. При повышении концентрации биопрепаратов до 1.0 г/л степень десорбции ионов никеля достигает уровня 52.5%, а при внесении 2.0 г/л биосурфактантов — 73.3%, тогда как внесение биосурфактанта в концентрации 4.0 г/л обеспечивает 92.5%-ое извлечение ионов ТМ.

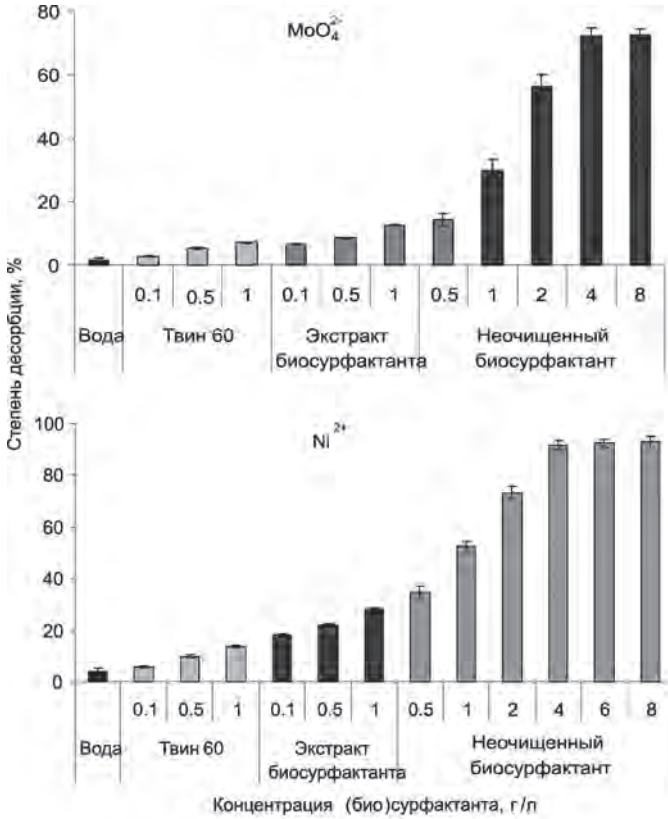

Рис. 3. Влияние различных концентраций (био)сурфактантов на степень извлечения ионов ТМ из почвы.

Следует отметить, что дальнейшее увеличение концентрации биосурфактантов не приводило к заметному увеличению степени отмывания ионов ТМ. Возможно, данный факт связан с тем, что ионы металлов имеют более высокое сродство к сурфактантным мицеллам при низких концентрациях сурфактантов. Так, в литературе показана возможность более эффективного отмывания почвы при использовании пониженной (до 0.25%) концентрации рамнолипидов для наиболее эффективного удаления ТМ. Кроме того, при высоких концентрациях сурфактантов увеличивается размер мицелл, что снижает степень упаковывания активных анионных головок и сокращает время удержания металлов на мицеллах (Mulligan et al., 1999).

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены основные закономерности способности (био)сурфактантов

десорбировать ионы ТМ от компонентов почвы. Подобрана оптимальная концентрация *Rhodococcus*-биосурфактантов, позволяющая эффективно (до 95%) извлекать ионы ТМ из почвенной среды даже в условиях высокого (20–40 мМ) уровня загрязнения почвы, что свидетельствует о потенциальной экономической эффективности применения исследуемого препарата в биотехнологиях *in/ex situ* очистки почв и грунтов, загрязненных солями ТМ.

ВЫВОДЫ

Установлено, что степень десорбции тяжелых металлов из почвы прямо пропорциональна концентрации вносимых *Rhodococcus*-биосурфактантов.

Оптимальная концентрация *Rhodococcus*-биосурфактантов, позволяющая десорбировать до 90% ионов ТМ из загрязненных почв за период однократного их отмывания, составляет 4.0 г/л.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (№ 09-П-4-1034) и «Молекулярная и клеточная биология» (№ 09-П-4-1020).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 141 с.

Лурье А. Аналитическая химия промышленных вод. М.: Химия, 1984. 448 с.

Christofi N., Ivshina I.B. Microbial surfactants and their use in field studies of soil remediation // J. Appl. Microb., 2002. Vol. 93. P. 915–929.

Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Philp J.C., Christofi N. Oil desorption from mineral and organic materials using biosurfactant complexes produced by *Rhodococcus* species // W. J. Microbiol. Biotechnol., 1998. Vol. 14. P. 711–717.

Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Philp J.C. et al. Recovery of *Rhodococcus* biosurfactants using methyl tertiary-butyl ether extraction // J. Microbiol. Methods., 2001. Vol. 46. P. 149–156.

Maier R.M., Soberon-Chavez G. Pseudomonas aeruginosa rhamnolipids: biosynthesis and potential applications // Appl. Microbiol. Biotechnol., 2001. Vol. 54. P. 625–633.

Mulligan C. N., Yong R.N., Gibbs B.F. Removal of heavy metals from contaminated soil and sediments using the biosurfactant surfactin // J. Soil Contamination., 1999. Vol. 8, № 2. P. 231–254.

Philp J.C., Kuyukina M.S., Ivshina I.B. et al. Alkanotrophic *Rhodococcus ruber* as a biosurfactant producer // Appl. Microbiol. Biotechnol., 2002. Vol. 58, № 6. P. 902–909.

Van Dyke M.I., Gulley S.L., Lee H., Trevors J. Evaluation of microbial surfactants for recovery of hydrophobic pollutants from soil // J. Ind. Microbiol., 1993. Vol. 11. P. 163–170.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ МЕЖЕВАЯ УТКА ПО СОСТАВУ ОРГАНИЗМОВ МАКРОЗООБЕНТОСА

Е.М. Кондакова

Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия

Ключевые слова: антропогенные факторы, биоиндикация, водные беспозвоночные, сапробность.

В настоящее время все жёстче встает проблема антропогенной нагрузки на природные системы. Для сохранения типичных и уникальных природных ландшафтов, разнообразия животного и растительного мира, объектов природного и культурного наследия наряду с многочисленными особо охраняемыми природными территориями на Среднем Урале создан Природный парк «Река Чусовая». Река Межевая Утка (протяженность 121 км) берет начало из Уткинского болота, входит в Висимскую зону парка, в окрестностях д. Усть-Утка впадает в р. Чусовую — левый приток Камы. Питание реки осуществляется горными притоками (более 20) и родниками, поэтому вода сравнительно чистая, но на отдельных участках наблюдается влияние антропогенных факторов, снижающих численность и биоразнообразие беспозвоночных животных.

Исследования проводили в 2008–2010 гг. по договору с Природным парком «Река Чусовая» на р. Межевая Утка в Висимской зоне парка. Животных собирали по общепринятой методике. Дифференцированная оценка степени загрязнения по видовому разнообразию и показательному значению таксонов выполнялась по системе Вудивисса и ее модификациям. С помощью индекса сапробности определяли разряд качества воды и принадлежность обследуемого участка водоема и водотока к зоне сапробности.

Нами выявлены 74 таксономические группы беспозвоночных животных, относящихся к семи типам, среди которых самыми массовыми являются Членистоногие. Особенно богат представителями класс Насекомые. Для определения экологического состояния реки из всего перечня обнаруженных беспозвоночных нами были выделены индикаторные организмы. Определение индекса сапробности воды показало, что он изменяется от α-олигосапробной зоны до α-мезосапробной. Разряд качества варьирует от вполне чистых до умеренно загрязненных вод. Преобладает β-мезосапробная зона, вода относится к разряду

«достаточно чистая». Изучив таксономический состав беспозвоночных животных нескольких стаций, мы получили обобщенную характеристику по оценке качества воды, согласно которой индекс сапробности составил 2.0, что соответствует β-мезосапробной зоне и характеризует водоем как удовлетворительно чистый.

Результаты наших исследований по выявлению экологического состояния р. Межевая Утка позволяют заключить, что главным загрязнителем является животноводческая ферма, однако влияние выявленных антропогенных факторов сглаживается процессами смешения, разбавления и самоочищения воды.

ВЛИЯНИЕ СЛОЖНОСТИ СУБСТРАТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНЫХ МИКРОБИОЦЕНОЗОВ

К.А. Корляков, Н.Ю. Арсентьева

Челябинский госуниверситет

Ключевые слова: рельеф, экотон, сообщества, биомасса.

Метод «стекол обрастания», пришедший из почвоведения в гидробиологию, используется в различных экологических исследованиях. Однако влияние рельефа стекол на формирование сообществ практически не изучено. Мы постарались модифицировать данный метод: стекла размером 25×35 см были с одной стороны искусственно покрыты царапинами, т.е. одна сторона каждого стекла представляла собой площадь с более сложным микрорельефом в сравнении со второй ровной поверхностью. Затем стекла были выставлены в различные водоемы. Для изучения влияния микрорельефа на отдельные монокультуры аналогично были подготовлены предметные стекла и отшлифованные и выветренные горные породы.

Целью работы было изучить влияние рельефа стекол и горных пород на структуру и динамику заселяющих их биоценозов и популяций организмов. Задачи: исследовать динамику заселения опытных стекол обрастания биотой в природных водоемах различного типа и характер заселения стекол обрастания и горных пород различными гидробионтами в монокультуре.

В результате работы было установлено, что биомасса биоценозов на стороне стекла с неровной поверхностью превышала в не-

сколько раз, а иногда и на порядок таковую на ровной поверхности. В различных по гидродинамике водоемах на поцарапанных сторонах стекол первичными поселенцами были одноклеточные колониальные и многоклеточные «нитчатые» водоросли, которые в свою очередь заселялись различными беспозвоночными: поденками, личинками хирономид, олигохетами, моллюсками. Причем сообщества на неровных поверхностях стекла формировались за первый месяц экспозиции — июнь, и лишь к концу вегетационного периода эти сообщества постепенно осваивали ровную поверхность стекла. То же самое наблюдалось в отношении колоний одноклеточных зеленых водорослей. Плотность колоний на стороне стекла с поцарапанной поверхностью превышала на два порядка плотность колоний на стороне стекла с ровной поверхностью. Данная закономерность наблюдалась на протяжении всего летнего периода. В экспериментах с монокультурой дрожжей *Candida albicans* наблюдалась аналогичная ситуация — плотные концентрации клеток смещались в процессе экспозиции в понижения и повышения микрорельефа стекол. Водоросль — обрастатель *Compsopogon coeruleus* на горных породах с отшлифованной поверхностью образовывала однородный по плотности и высоте зарослей слой, тогда как на выветренной стороне заросли расселялись неравномерно. Наиболее длинные пучки зарослей располагались на возвышенностях, в сильных понижениях рельефа водорослей почти не было.

ВЫВОДЫ

На неоднородной поверхности стекла скорость формирования ценозов и рост биомассы происходит быстрее относительно ровной поверхности стекла.

Биоценозы, формирующиеся на неровной поверхности стекла, отличаются разнообразием и сложностью структуры сообществ в сравнении с ровной поверхностью.

Степень возмущения рельефа субстрата при его заселении биотой влияет на пространственную структуру и динамику формирующихся ценозов. То же касается и отдельных видов поселенцев.

На формировании сложных и продуктивных сообществ на неровных поверхностях субстратов может сказываться комплекс факторов, характерных для ландшафтных экотонов: увеличение удельных поверхностей субстратов, аккумуляция питательных веществ, образование «вязкого слоя», где снижается скорость поверхностных течений.

ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКЦИИ НЕКОТОРЫХ БЕЗНЕКТАРНЫХ ОРХИДЕЙ (ORCHIDACEAE JUSS.) НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

М.М. Кривошеев

Башкирский госуниверситет, г. Уфа

Ключевые слова: орхидеи, Южный Урал, репродукция.

Большинство факторов естественной редкости орхидных являются следствием их репродуктивных особенностей, в связи с этим нами изучены аспекты репродуктивной экологии некоторых видов представителей сем. Orchidaceae Juss. на Южном Урале.

Одни из интереснейших представителей семейства, это виды, не имеющие первичного пищевого аттрактанта — нектара. Они привлекают опылителей обманным путем, оставляя последних без энергетического вознаграждения. К безнектарным орхидеям, произрастающим в умеренной зоне, относятся виды рода *Dactilorhiza*, *Orchis*, *Ophrys*, *Cyprypedyum* (Фегри, Пэйл, 1982; Блинова, 2008; Arditti et al., 1971; Vakhrameeva et al., 2008). Башмачки имеют характерные цветки-полуловушки. Изучение опыления цветков такого типа началось еще со времен Ч. Дарвина (1950), однако, изучение репродукции безнектарных двутычинковых орхидных, таких как виды родов *Dactilorchiza* и *Orchis* посвящено небольшое число работ. Последним видам характерны цветки, имеющие нектарник, в котором, однако, нектар отсутствует, причем безнектарность этих орхидей — явление вторичное (Dressier, 1981).

В качестве объектов изучения нами выбрано четыре вида безнектарных орхидей — *Orchis militaris* L., *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó., *D. ochroleuca* (W stn. ex Boll) Holub и *D. russowii* (Klinge) Holub., и поставлены следующие задачи: 1) изучить эффективность посещения (ЭП) орхидей насекомыми и сравнить полученные данные с процентом плодоношения (эффективностью опыления — ЭО) видов; 2) выявить возможную зависимость между процентом плодоношения и пространственным расположением особей в популяции орхидей.

Исследования проводили в 2009–2010 гг. на территории Урала, в предгорьях хребтов Ирендык и Крыкты.

Эффективность посещения орхидей насекомыми изучали подсчитывая поллинарии в цветках в период полного цветения видов на примере 30 генеративных особей в популяциях *O. militaris*, *D. incarnata*, *D. ochroleuca*, и у всех цветущих особей *D. russowii* (28 шт.), обнаруженных в 2009 г. Процент плодоношения так же определяли на примере 30 особей в популяции каждого вида (на 28 особях *D. russowii*) при полном созревании коробочек.

Изучение зависимости расположения особей и ЭО проводили на примере популяции самого многочисленного из изученных видов — *O. militaris* в 2010 г., (выборка из 101 особи). При определении процента плодообразования было выделено четыре локуса популяции, различающиеся по общему проективному покрытию (ОПП), высоте травостоя и плотности расположения особей. Также измеряли высоту растения, длину соцветия и подсчитывали цветки в соцветии.

Соотношение эффективности посещения и процента плодоношения (см. таблицу) может указывать на какие-либо тенденции, проявляющиеся в репродуктивной стратегии вида. Например, если ЭП ниже, чем процент плодоношения (как в случаи *D. incarnata*), то это согласуется с тем, что важным фактором поддержания популяции вида является его способность к автогамии. Если же ЭП выше процента плодоношения у не автогамной орхидеи (в нашем случае у трех остальных изученных видов), то опыление вида в данных условиях, возможно, осуществляется не или слабо специализированными насекомыми.

ТАБЛИЦА. *Соотношение типа опыления, эффективности посещения и процента плодообразования в изученных популяциях орхидей*

Вид	Тип опыления*	Плодоношение, %	Доля плодов, %
Dactylorhiza incarnata	автогамия** ксеногамия гейтоногамия	49.5	91.0
D. ochroleuca	ксеногамия гейтоногамия	76.0	61.5
D. russowii	ксеногамия гейтоногамия	56.0	59.0
Orchis militaris	ксеногамия гейтоногамия	51.0	60.0

*Примечание. * — тип опыления по И.В. Татаренко (2007),*
*** — автогамия D. incarnata указана по И.В. Блиновой (2008).*

В целом, изученные виды рода *Dactylorhiza* можно отнести к группе орхидных с высоким процентом плодообразования. Для сравнения, плодообразование *D. incarnata* в средней полосе России составляет 45.8–68.2% (Vachrameeva et al., 2008), *D. fuchsii* (Druce) Soó, в Московской обл. — 57.4% (Татаренко, 2007), у *D. maculata* (L.) Soó, в Мурманской обл. 40–60% (Блинова, 2008).

Таким образом, репродуктивный успех вида напрямую зависит от степени его специализации по отношению к опылению, а стало быть, от активности опылителей и морфологической схожести цветка орхидеи с опылителем. При этом механизмы опыления у орхидных не ограничиваются морфологией цветков и оригинальными способами привлечения насекомых. Безнектарность многих видов орхидных, по мнению некоторых авторов (Jersakova, 2007; David et al., 2007; Hansen, Olesen, 1999), может обеспечивать более эффектив-

ное перекрестное опыление — насекомое, не обнаружив нектар в нескольких цветках, перелетает на следующее соцветие и вероятность гейтеногамии снижается.

Подражание цветков орхидных растениям, содержащим нектар, повышает количество посещений орхидеи (Назаров, 1995, Johnson, 2000, Mattila, Kuitunen, 2000), а стало быть, увеличивает уровень плодоношения. При этом возникает следующая тенденция: предполагается, что при большой численности безнектарных орхидей в экотопе по сравнению с другими цветущими нектарными растениями, эффективность опыление орхидных будет снижаться в связи с отсутствием энергетического вознаграждения для опылителей. Такая же особенность может проявляться при плотном расположении особей в популяции (опылитель, не обнаружив нектара на нескольких соцветиях орхидей, не станет обследовать соседние особи) и при большом числе цветков в соцветии.

Однако, при изучении пространственного расположения особей *O. militaris* и эффективности его опыления, нами не выявлено каких либо четких закономерностей. Практически нет различий в доле образовавшихся плодов на особях с большим числом цветков, от 30 шт. и больше, и особях, где цветков не более 10 шт. на соцветие (61 и 60% соответственно). Различия менее 1% проявляются и при сравнении длины соцветия, плотности расположения цветков в нем, высоты возвышения особей над травостоем. Закономерностей между пространственным расположением особей и их плодоношением не выявлено и в популяции *O. militaris* в северо-восточной Мордовии (Киселева, Тимонин, 2001).

Различия в плодообразовании более 9% нами обнаружены лишь в одном локусе исследованной популяции *O. militaris*. На участке, с ОПП 23%, со средней плотностью особей 6 экз./м , расположенным вдоль проселочной дороги, плодообразования достигает 52.4%, тогда как в остальных локусах популяции, с плотностью расположения особей от 0.1 до 0.8 экз./м и ОПП 35–60%, доля плодов составляет от 61 до 64%.

Выявленные различия небольшие, и не могут явно подтверждать зависимость пространственного расположения особей в популяции орхидей и эффективности их опыления. Для обоснования этого предположения необходимо увеличить число модельных популяции или локусов популяций с различными условиями произрастания особей. Последнее осложнено факторами, связанными с редкостью орхидей, а так же характерной им низкой численностью особей. При этом низкая численность орхидных в свойственных им фитоценозах косвенно подтверждает предположение о влиянии расположения особей на эффективность их опыления.

При проведении исследований нами не учитывалась длительность цветения орхидей; известно, что цветки орхидных сохраняют свою репродуктивную функциональность длительное время, вплоть до момента опыления (Фегри, Пэйл, 1982; Dressier, 1981).

Таким образом, репродуктивный успех популяции орхидей в конкретных условиях всегда будет стремиться к максимуму, и использование доли плодоносящих особей в популяции в качестве показателя репродуктивного успеха может быть не совсем корректным. Именно благодаря этой особенности орхидных, процент плодообразования в различных участках их ареала в условиях средней полосы России, как показано на примере видов рода *Dactylorhiza*, может быть примерно одинаков.

Таким образом, стремление отдельной особи растения привлечь как можно больше опылителей для переноса поллинариев и дальнейшего развития популяции ограничивается сверхспециализацией орхидей по отношению к насекомым. Сверхспециализация является фактором сдерживающим численность особей орхидных в пределах некоторого уровня, достаточного с одной стороны, для поддержания популяции в состоянии стабильности, а с другой, не приводящего к снижению эффективности опыления. Особенно это касается вегетативно неподвижных безнектарных орхидных, использующих обманную аттрактацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Блинова И.В. Особенности опыления орхидных в северных широтах // Бюлл. МОИП. Отд. биол., 2008. Т. 113. Вып. 1. С. 39–47.

Дарвин Ч. Опыление орхидей насекомыми. Дарвин Ч. Собр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т. 6. 696 с.

Киселева Т.Г., Тимонин А.К. Эффективность опыления *Orchis militaris* в Юго-Восточной Мордовии // Бот. журн., 2001. Т. 86. № 4. С. 72–75.

Татаренко И.В. Биоморфология орхидных (Orchidaceae Juss.) России и Японии. Автореф. ... дис. докт. биолог. наук. М., 2007. 59 с.

Фегри К., Пэйл ван дер Л. Основы экологии опыления. М. 1982. С. 254–318.

Arditti By Joseph, Jeffrey D.C., Flick B.H. Post-pollination phenomena in ochid flowers // New Phytol. 1971. Vol. 70. P. 1125–1141

David L. Roberts, Richard M. Bateman Do ambush predators prefer rewarding or non-rewarding orchid inflorescences? // Biological Journal of the Linnean Society. 2007. Vol. 92. P. 763–771.

Dressier R.L. The orchids: natural history and classification. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1981. 332 p.

Jersakova J. Do nectar manipulative studies support cross-pollination hypothesis? // Вест. Тверского ун-та, 2007. № 7 (35). С. 8–11.

Hansen I., Olesen J. M. Comparison of reproductive success in two orchids: the nectarless Dactylorhiza majalis and the nectar-producing *Gymnadenia conopsea* // Nordic Journal of Botany, 1999. P. 665–671.

Mattila E., Kuitunen M.T. Nutrient versus pollination limitation in Platanthera bifolia and Dactylorhiza incarnata (Orchidaceae) // Oikos: Copenhagen, 2000, Vol. 89. P. 360–366.

Vakhrameeva M.G., Tatarenko I.V., Varlygina T.I. et al. Orchids of Russia and adjacent countries. Liechtenstein. Gantner Verlag K.G., 2008. 690 p.

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЖЕВАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МОЛЯРОВ ПОЛЕВКИ-ЭКОНОМКИ *MICROTUS OECONOMUS* PALL. (ARVICOLINAE, RODENTIA)

Ю.Э. Кропачева

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: морфотипическая изменчивость, онтогенетическая изменчивость, Microtus oeconomus.

Форма жевательной поверхности коренных зубов серых полевок широко используется в филогенетических, таксономических, стратиграфических и эволюционных исследованиях. Подсчет частот морфотипов — один из приемов оценки морфологической изменчивости. Зачастую принимается, что в течение дефинитивной стадии онтогенеза животного морфотип остается неизменным. Изменения морфотипов и особенности роста моляров в течение жизни грызунов изучены лишь на единичных видах. Однако смена морфотипа у взрослых полевок уже была показана (Коурова, 1986; Чепраков, 1983, 2010).

На материалах изучения прижизненных слепков животных из лабораторной колонии полевки-экономки мы попытались проследить закономерности онтогенетических изменений формы и размеров первого нижнего коренного зуба (m1) и их связь с размером тела животного.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании использовано 23 животных, рожденных в лабораторной колонии в период с сентября по январь 2011 г. в семи выводках пяти пар полевок. Все животные изучены до возраста 90 дней, до 120 дней — 16 особей, до 150 — 7, до 210 — 2. Изменения формы и размеров жевательной поверхности первого нижнего коренного зуба (m1) фиксировали с помощью снятия прижизненных слепков по методике Г.В. Оленева (1980) с интервалом один месяц, начиная с месячного возраста. Измеряли максимальную длину слепка, и одновременно со снятием слепка измеряли длину тела. Форму жевательной поверхности описывали двумя способами:

1. Качественный подход — определение морфотипа. По наличию или отсутствию дополнительных углов на внутренней и наружной сторонах передней непарной петли m1 выделены три морфотипа: 1) дополнительный угол отсутствует с обеих сторон передней непарной петли; 2) дополнительный угол присутствует только на внутренней стороне передней непарной петли; 3) наличие дополнительного угла с обеих сторон передней непарной петли (рис. 1).

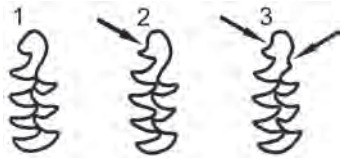

Рис. 1. Морфотипы m1 полевки-экономки.

2. Количественный подход — оценка степени развития выемки на внутренней стороне передней непарной петли m1 и эмалевого выступа на наружной стороне передней непарной петли m1 в баллах от 1 до 6 (рис. 2).

Статистический анализ данных выполнен в пакете программ Statistica v.6.0.

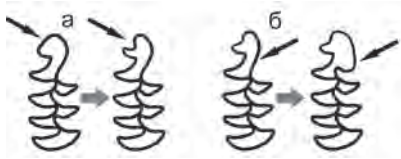

Рис. 2. Наименьшая и наибольшая степень развития выемки на внутренней стороне передней непарной петли m1 (а) и эмалевого выступа на наружной стороне передней непарной петли m1 (б).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение длины жевательной поверхности m1 и длины тела животного коррелируют между собой, что подтверждает корреляционный анализ, показавший значимую связь между длиной m1 и длиной тела (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. *Коэффициент корреляции Пирсона (r) длины m1 и длины тела для каждой возрастной группы*

Возраст, дни	*r*	*n*
30	0.66	21
60	0.61	21
90	0.70	21
120	0.66	15
150	0.71	7

Примечание. $p < 0.05$.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал статистическую значимость различий возрастных групп и выводков по длине жевательной поверхности m1 и длине тела (табл. 2, 3).

Из 23 изученных животных изменение морфотипа было зафиксировано у двух: у одного животного в период от 60 до 90 дней поя-

ТАБЛИЦА 2. *Результаты двухфакторного дисперсионного анализа длины жевательной поверхности m1 в возрастных группах и выводках*

Фактор	SS сумма квадратов	Степени свободы	MS средний квадрат	*F*	*p*
Выводок	0.42	6	0.07	27.84	<0.001
Возраст	0.19	2	0.098	38.92	<0.001
Взаимодействие	0.04	12	0.003	1.36	0.22
Ошибка	0.12	48	0.002		

ТАБЛИЦА 3. *Результаты двухфакторного дисперсионного анализа длины тела в возрастных группах и выводках*

Фактор	SS сумма квадратов	Степени свободы	MS средний квадрат	*F*	*p*
Выводок	28.98	5	5.79	12.62	<0.001
Возраст	39.48	2	19.74	43	<0.001
Взаимодействие	4.74	10	0.47	1.03	0.43
Ошибка	20.66	45	0.45		

вился дополнительный угол на наружной стороне передней непарной петли m1, у второго в период от 90 до 120 дней исчез дополнительный угол на внутренней стороне передней непарной петли.

Более изменчивой оказалась степень развития эмалевого выступа на наружной стороне передней непарной петли m1 и выемки на внутренней стороне передней непарной петли m1. Зафиксированы следующие варианты: 1) без изменений; 2) уменьшение (на 1 балл); 3) увеличение на 1 или 2 балла. Первый вариант изменения степени развития эмалевого выступа был отмечен у 6 животных, второй — у одного, третий — у 16 животных из всей выборки. Первый вариант изменения степени развития выемки обнаружен у 15 животных, второй — у одного и третий — у семи.

ВЫВОДЫ

1. Установлена статистически значимая корреляционная связь между длиной тела и длиной m1. Показана статистически значимая зависимость длины тела и длины m1 от возраста животного и принадлежности его к определенному выводку.

2. Изменение морфотипа было зафиксировано у двух из 23 животных: появление дополнительного угла на наружной стороне передней непарной петли m1 у одного животного и исчезновение дополнительного угла на внутренней стороне передней непарной петли у другого.

3. Количественные изменения формы m1 зафиксированы у большинства исследованных животных. Увеличение степени выраженности эмалевого выступа на наружной стороне непарной петли m1 наблюдалось у 16 животных из 23. Увеличение степени развития выемки на внутренней стороне передней непарной петли m1 отмечено только у 7 полевок.

Автор благодарит д.б.н. Н.Г. Смирнова, к.б.н. Е.А. Маркову, к.б.н. А.В. Бородина, П.В. Рудоискателя, к.б.н. М.И Чепракова, к.б.н. И.А. Кузнецову, к.б.н. М.В. Модорова, к.б.н. Л.Э. Ялковскую за помощь в выполнении работы.

Работа выполнена при поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ-1022.2008.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279), РФФИ (грант № 11–04–00426).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Коурова Т.П. Изменение рисунка жевательной поверхности зубов трех видов полевок на постювенильных стадиях развития // IV съезд Всесоюзного териологического общества: Тез. докл. М., 1986. Т. 2. С. 65.

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

Чепраков М.И. Возрастная изменчивость формы жевательной поверхности коренных зубов желтобрюхого лемминга // Экология, человек и проблемы охраны природы: Тез. докл. науч.-практич. конф. молодых ученых и специалистов. Свердловск, 1983. С. 107–109.

Чепраков М.И. Изменчивость формы жевательной поверхности коренных зубов у обыкновенных леммингов (*Lemmus*) // Научн. вестн. Ямало-Ненецкого автономного округа, 2010. № 1 (64). С. 75–82.

ПИРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ НАСЕЛЕНИЯ МУРАВЬЕВ В СОСНОВЫХ БОРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Т.М. Кругова, И.В. Кудряшова

Алтайский госуниверситет, г. Барнаул

Ключевые слова: динамика населения муравьев, пирогенная сукцессия, послепожарная трансформация, население муравьев.

Динамика животного населения в ходе вторичных сукцессий стала предметом пристального внимания специалистов; не составляет исключения и пирогенная трансформация населения беспозвоночных (Гонгольский, 2006; Мордкович и др., 2007). Однако закономерности

динамики таксоценов изучаются разрозненно в отдельных регионах, что не позволяет разграничить региональные особенности протекания исследуемых процессов и их свойства.

Цель настоящего исследования — изучение зональных особенностей пирогенной трансформации населения муравьев в сосновых борах лесостепи и степи юга Западной Сибири в первые годы после пожара. Муравьи выбраны в качестве модельной группы из-за их значимости в биоценозе (хищники, почвообразователи), экологического разнообразия и высокой пластичности — способности к быстрому изменению параметров населения при смене экологических условий. Проанализированы особенности видового состава, плотности поселения муравьев, зонального размещения видов и распределения их гнезд по элементам увалистого мезорельефа на гарях в сравнении с древостоями, не пройденными пожаром.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена в 1998–2010 гг. в азональных сосновых борах Алтайского края на пяти мониторинговых полигонах, составляющих трансект общей протяженностью около 600 км от средней лесостепи (две точки) через южную лесостепь и засушливую степь до сухой степи (по одной точке). В каждой точке обследовали не пройденный пожаром древостой (контрольный участок) и гарь. Учеты секционных гнезд муравьев проведены на протяжении 4–8 лет методом пробных площадей (за время исследования — по 23–142 площадки по 25 м^2 на каждом участке) (табл. 1). Гнезда-капсулы обследовали вне зависимости от количественного учета. Для видов, создающих секционные гнезда, были рассчитаны плотность поселения (число гнезд на единицу площади) и встречаемость в ряду лет (доля лет, когда вид встречен, от общего количества лет исследования на данном мониторинговом полигоне).

Зональное распределение видов характеризует их отношение к факторам среды, поэтому проанализировано распределение выявленных видов в пределах обследованного трансекта по природным подзонам. На основании данных о плотности поселения и встречаемости в ряду лет (в случаях, когда полученные данные не противоречат имеющимся в литературе сведениям о зональном распространении видов) выявлены виды, приуроченные в сосновых борах к северной и южной частям исследованного зонального трансекта.

Существенные различия режима тепла и влаги на разных элементах рельефа (песчаные увалы эолового происхождения) позволяют предположить, что на гарях наряду с изменениями видового состава и плотности поселения видов возможно смещение микростациальной приуроченности гнезд муравьев. Распределение гнезд по элементам рельефа изучали на центральном полигоне трансекта (южная лесостепь) в 2007–2008 гг. на площадках шириной 10 м, заложенных от вершины увала по южному склону к низине и по северному скло-

ТАБЛИЦА 1. *Объем и сроки проведения исследований*

Показатель	Лесничество				
Год пожара	Ларичихинское (средняя лесостепь)	Бобровское (средняя лесостепь)	Власихинское (южная лесостепь)	Волчихинское (засушливая степь)	Угловское (сухая степь)
Годы исследования	1997 г., повторно – 2006 г. (как гарь, так и контрольный участок)	1997 г., повторно – 2006 г. (гарь)	2005 г.	1997 г.	1997 г.
Общее число лет наблюдения за пробными площадками	Контроль – 3 года Гарь – 8 лет	Контроль и гарь – по 5 лет	Контроль и гарь – по 5 лет	Контроль и гарь – по 7 лет	Контроль и гарь – по 8 лет
Общее число пробных площадок	Контроль – 25, гарь – 39	Контроль – 23, гарь – 23	Контроль – 109, гарь – 142	Контроль – 23, гарь – 24	Контроль – 33, гарь – 46

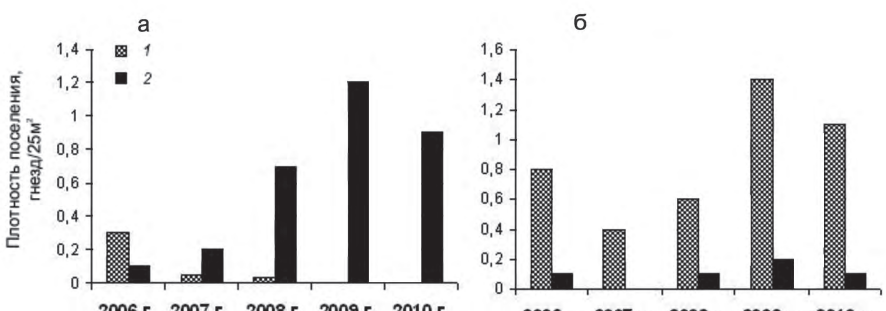

Рис. 1. Плотность поселения T. caespitum (а) и M. ruginodis (б) в сосновом бору (1) и на гари (2) в южной лесостепи (Власихинское лесничество).

ну вновь к вершине (таким образом, длина площадки составляла на разных увалах 60–120 м). На контрольном участке заложено четыре площадки, на гари — семь.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На мониторинговых полигонах в ненарушенных сосновых борах и на гарях выявлено 35 видов муравьев, из них 26 видов найдены как на гарях, так и на контрольных участках, 3 — только в нативных сосняках, 6 — только на пострадавших от огня территориях. Различия видового состава касаются преимущественно малочисленных, найденных единично видов. На гарях ежегодно видов встречается несколько меньше (до 14), чем на контрольных участках (до 18).

Общая плотность поселения муравьев на гарях в средней лесостепи сопоставима с контрольными участками, в отдельные годы — выше, чем в ненарушенных сосновых борах. В южной лесостепи уменьшение плотности поселения муравьев отмечено на второй год после пожара с последующим восстановлением. В степной зоне плотность поселения муравьев в течение первых 10 лет после пожара уменьшается до нуля, при этом гнезда муравьев обнаруживаются на сохранившихся после пожара участках древостоя.

С учетом литературных данных (Резникова, 1983; Омельченко, 1996; Radchenko et al., 2010) были выявлены виды, приуроченные в сосновых борах к северной и южной частям зонального трансекта: первые не проникают на юг далее южной лесостепи (*Lasius platythorax*, *Myrmica ruginodis*, *Leptothorax muscorum*), вторые не встречаются севернее засушливой степи (*Lasius carniolicus*), южной лесостепи (*Myrmica coreana*), южного участка средней лесостепи (*M. lonae*) или встречаются в лесостепной зоне значительно реже, чем в степной (*Lasius alienus*, *Tetramorium caespitum*) (табл. 2).

В населении муравьев сосновых боров средней лесостепи количественно преобладает *Lasius platythorax*, приуроченный к северной части зонального трансекта. Виды, приуроченные к южной части последнего, встречаются здесь единично. В южной лесостепи количественные лидеры приурочены как к северной (*L. platythorax*, *Myrmica ruginodis*), так и к южной (*M. lonae*, в 2006 г. — также *Tetramorium caespitum* и *Lasius alienus*) частям трансекта. В сосновых борах степной зоны по числу гнезд преобладают виды, приуроченные к южной части трансекта (*L. alienus*, *L. carniolicus*, *Tetramorium caespitum*); виды, приуроченные к его северной части, не обнаружены.

На гарях зональное распределение видов отличается от ненарушенных сосновых боров. Виды, приуроченные в нативных сосняках к южной части зонального трансекта, в лесостепной зоне на гарях встречаются севернее, чем на контрольных участках, или чаще, чем в древостоях, не пройденных пожаром. Так, *Lasius alienus* на контрольных участках отмечен лишь в южной лесостепи и степной зоне, на

ТАБЛИЦА 2. *Встречаемость на мониторинговых полигонах видов муравьев, распределенных неоднородно в пределах исследованного зонального трансекта*

Вид	Сосновый бор (контроль)					Гарь				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Виды, приуроченные в сосновых борах к южной части зонального трансекта										
Myrmica coreana Elmes, Radchenko et Kim, 2001			20		25			20		
M. lonae Finci, 1926		40	100	57	38			100	57	
Tetramorium caespitum Linnaeus, 1758	20	80	80	100	63	75	20	100	100	75
Lasius alienus Foerster, 1850			20	57	63	25		60	43	63
L. carniolicus Mayr, 1861				83	25			40	29	25
Виды, приуроченные в сосновых борах к северной части зонального трансекта										
Myrmica ruginodis Nylander, 1846	40	20	100	14		38	40	80		
Leptothorax muscorum Nylander, 1846	20	40	60					20		
Lasius platythorax Seifert, 1991	100	100	100			100	100	100		14

Примечание: 1 — средняя лесостепь, Ларичихинское лесничество, 2 — средняя лесостепь, Бобровское лесничество, 3 — южная лесостепь, Власихинское лесничество, 4 — засушливая степь, Волчихинское лесничество, 5 — сухая степь, Угловское лесничество.

гарях — во всех обследованных природных подзонах; *L. carniolicus* в сосновых борах зарегистрирован только в степи, на гарях — в южной лесостепи и степной зоне (см. табл. 2). Встречаемость в ряду лет *Tetramorium caespitum* в наиболее северной точке трансекта на гари существенно выше, чем в ненарушенном сосновом бору; в южной лесостепи в сосновом бору он многочислен лишь в отдельные годы, на гари — постоянно (рис. 1а).

Напротив, виды, приуроченные к северной части исследованного зонального трансекта, на гарях встречаются реже, чем в сосновых борах (*Leptothorax muscorum*, *Myrmica ruginodis*) (см. табл. 2) и при более низкой плотности поселения (*M. ruginodis*) (рис. 1б).

В степной зоне отмечено изменение биотопической приуроченности видов на гарях: в сухой степи на пройденной огнем территории отмечены *Cataglyphis aenescens* Nylander, 1846, *Cardiocondylla elegans* Emery, 1985 и *Leptothorax nassonovi* Ruzsky, 1895, характерные для открытых степных местообитаний.

На гарях в средней лесостепи, как и в древостоях, не пройденных пожаром, наибольшая плотность поселения характерна для *Lasius platythorax,* приуроченного к северной части зонального трансекта. В южной лесостепи произошла частичная смена количественных лидеров: из числа видов, приуроченных к северной части исследованного трансекта, *L. platythorax* преобладает по числу гнезд как на гари, так и на контрольном участке, а *Myrmica ruginodis* — один из самых малочисленных видов на пройденной огнем территории; из числа приуроченных к южной части трансекта видов на гари многочисленны не только *M. lonae*, как на контрольном участке, но и *T. caespitum*, плотность поселения которого в контроле сильно меняется в ряду лет. В степной зоне, как правило, как на гарях, так и на контрольных участках преобладают по числу гнезд виды, приуроченные к южной части трансекта; вместе с тем в сухой степи на четвертый год после пожара наиболее многочисленным был *C. aenescens*, характерный для открытых степных местообитаний.

В целом в средней лесостепи в ненарушенных сосновых борах виды, приуроченные к южной части исследованного зонального трансекта, при количественных учетах почти не встречаются, а на гарях на отдельных участках составляют до 50% общей плотности поселения муравьев (рис. 2а). В южной лесостепи их доля в общей плотности поселения муравьев на гари выше, чем на контрольном участке (рис. 2б). Доля видов, приуроченных к северной части исследованного зонального трансекта, на гарях в Ларичихинском (средняя лесостепь) и Власихинском (южная лесостепь) лесничествах ниже, чем в древостоях, не пройденных пожаром (рис. 2).

В сосновом бору южной лесостепи гнезда видов, приуроченных к южной части зонального трансекта, расположены преимущественно в пределах наиболее прогреваемых элементов рельефа — вершин увалов и верхних частей южных склонов (рис. 3). *M. lonae* наиболее регулярно встречается на южных склонах и верхних частях северных склонов (на 3 площадках из 4), наибольшей плотности поселения достигает в средних частях южных склонов (до 11 гнезд/25 м^2) и на вершинах увалов (до 9 гнезд/25 м^2). *T. caespitum* найден в 2008 г. только на вершине увала (1 гнездо/25 м^2); ранее, когда он был более многочисленным (в 2006 и 2007 гг.), его гнезда также встречались на вершинах увалов и в верхних частях южных склонов.

Гнезда видов, приуроченных к северной части зонального трансекта, отмечены на всех элементах рельефа; прослеживается тенденция увеличения их встречаемости и плотности поселения в низинах и на северных склонах (см. рис. 3). *Myrmica ruginodis* наиболее регулярно встречается в низинах (на 4 площадках) и средних частях северных склонов (на 3 площадках); наибольшая плотность поселения отмечена в нижней части северного склона (до 4 гнезд/25 м^2), а также в низине и верхней части северного склона (до 2.5 гнезда/25 м^2).

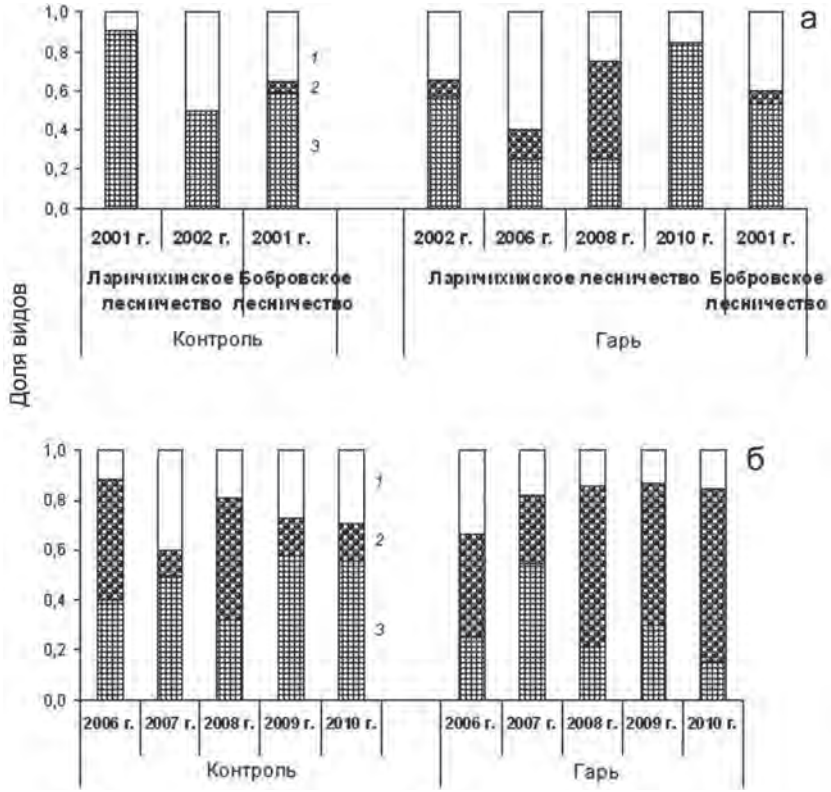

Рис. 2. Плотность поселения видов различной зональной приуроченности в сосновых борах и на гарях в средней (а) и южной (б) лесостепи;
1 — виды, равномерно распределенные в пределах трансекта,
2 — виды, приуроченные к южной части трансекта,
3 — виды, приуроченные к северной части трансекта.

Lasius platythorax на каждой из частей северного склона найден на 3 площадках, наибольшая плотность поселения отмечена в верхней части южного и средней части северного склонов (до 1.4 гнезда/25 м^2) и в нижней части северного склона (до 1.3 гнезда/25 м^2). Аналогичная тенденция прослеживается для *M. lobicornis*, этот вид чаще всего встречается в низине между увалами (найден на всех обследованных площадках); впрочем, наибольшее значение плотности поселения отмечено для него на вершине (до 2.2 гнезда/25 м^2).

На гари распределение гнезд муравьев по элементам рельефа отличается от контрольного участка (рис. 4). Виды, приуроченные к южной части зонального трансекта, занимают здесь все элементы рельефа: *M. lonae* наиболее регулярно встречается не на вершинах

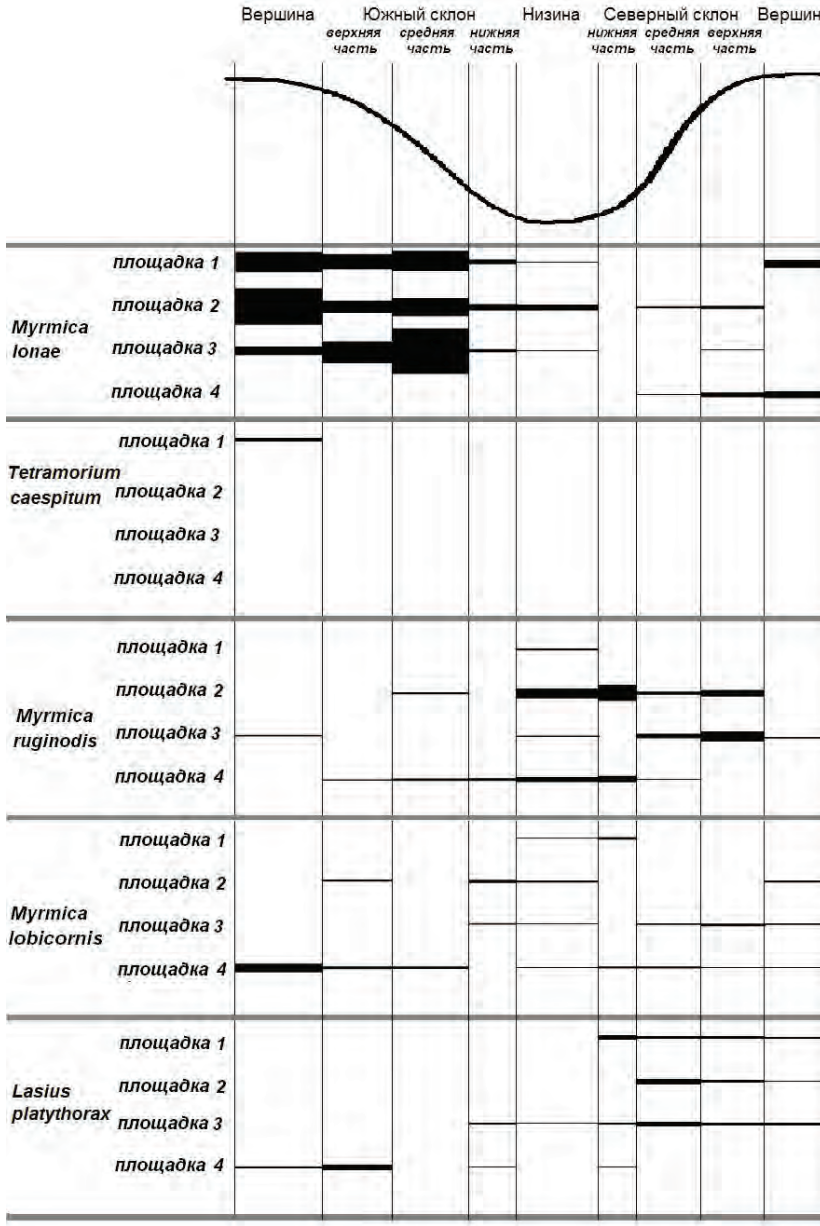

Рис. 3. Плотность поселения наиболее многочисленных видов муравьев на разных элементах рельефа в сосновом бору (контроль) в южной лесостепи (толщина линии отражает значение плотности поселения).

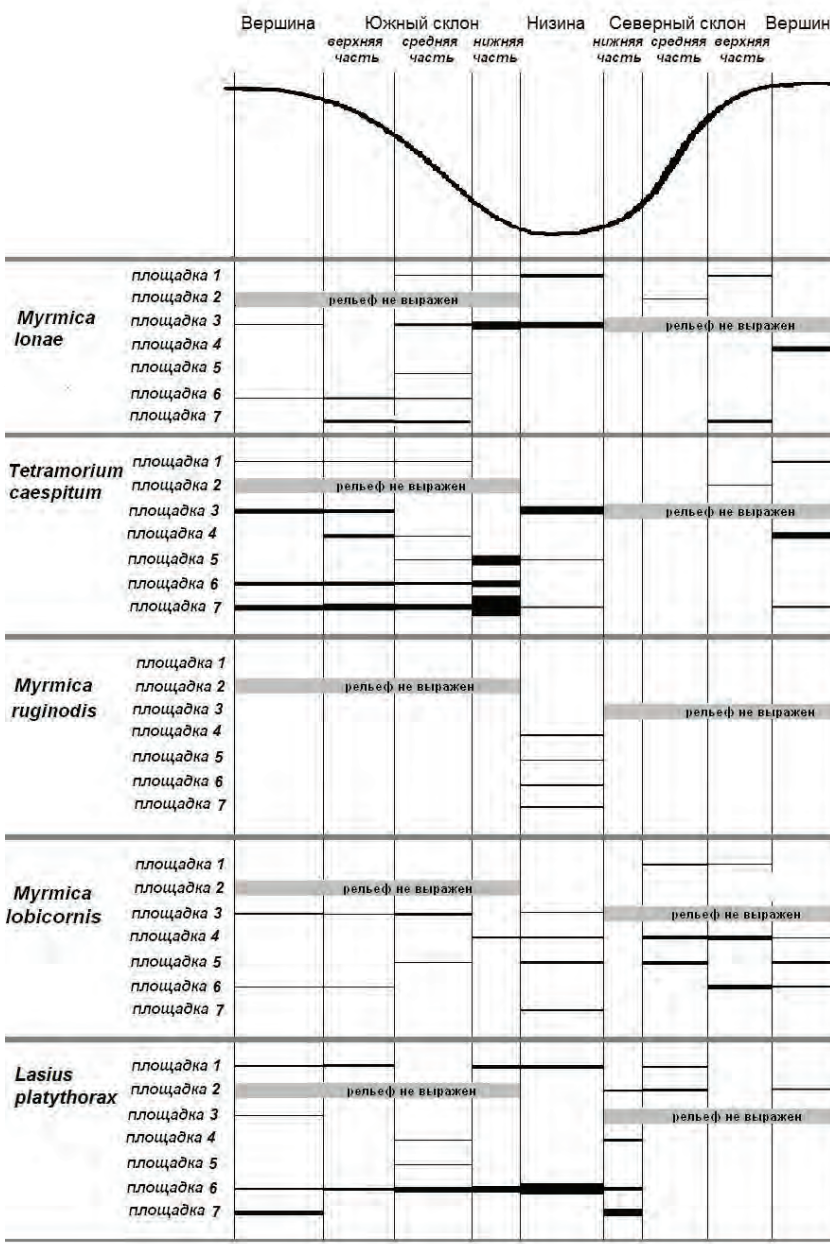

Рис. 4. Плотность поселения наиболее многочисленных видов муравьев на разных элементах рельефа на гари в южной лесостепи (толщина линии отражает значение плотности поселения).

увалов и в верхних частях южных склонов, как в нативном сосняке, а в средних частях южных склонов (на 5 площадках), а наибольшая плотность поселения характерна для нижних частей южных склонов и низин (до 2 и до 1.5 гнезда/25 м^2 соответственно); *T. caespitum* также зарегистрирован преимущественно в верхних и средних частях южных склонов (на 5 площадках из 6), наибольшая плотность поселения — 5 гнезд/25 м^2 — зарегистрирована в нижней части южного склона. Напротив, микростациальное распределение видов, приуроченных к северной части исследованного зонального трансекта, на гари более специфично, чем на контрольном участке: *M. ruginodis* отмечен на пострадавшей от огня территории только в низинах между увалами; *Lasius platythorax* наиболее регулярно встречается в нижних частях северных склонов (найден на 4 площадках), наибольшая плотность поселения отмечена в низине между увалами (до 2.8 гнезда/25 м^2); *M. lobicornis* чаще всего встречается в низинах и средних частях северных склонов, наибольшая плотность поселения — в средней и верхней частях северного склона (до 1.3 гнезда/25 м^2).

ВЫВОДЫ

1. Различия видового состава муравьев в сосновых борах и на гарях касаются преимущественно малочисленных, редко встречающихся видов.

2. Кратковременное уменьшение плотности поселения муравьев после пожара происходит в южной лесостепи (2–3-й годы после пожара), более длительное (до 10 лет) — в степной зоне.

3. Для пяти видов выявлена приуроченность в сосновых борах к северной части исследованного зонального трансекта, для трех видов — к его южной части.

4. На гарях в лесостепной зоне увеличивается встречаемость в ряду лет видов, приуроченных в ненарушенных сосновых борах к более южным природным подзонам; возрастает их вклад в общую плотность поселения муравьев.

5. В средней лесостепи и в засушливой степи на гарях преобладают по числу гнезд те же виды, что и в ненарушенном сосновом бору. В южной лесостепи после пожара произошла частичная смена состава количественных лидеров с резким уменьшением плотности поселения *Myrmica ruginodis*, приуроченного к северной части исследованного зонального трансекта, и увеличением — *Tetramorium caespitum*, приуроченного к его южной части. В сухой степи на четвертый год после пожара наиболее многочислен был *Cataglyphis aenescens*, приуроченный к открытым местообитаниям степной зоны.

6. В южной лесостепи виды, приуроченные к южной части исследованного зонального трансекта, на контрольном участке наиболее многочисленны на верхних элементах увалистого микрорельефа, на гари занимают большинство микростаций, наибольшей плотности

поселения достигают в средних и нижних частях южных склонов. Приуроченные к северной части трансекта виды в сосновом бору встречаются на всех элементах рельефа; на гари *Myrmica ruginodis* обнаружен только в низинах между увалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гонгольский К.Б. Лесные пожары как фактор формирования сообществ почвенных животных // Журн. общ. биол., 2006. Т. 47, № 2. С. 127–138.

Мордкович В.Г., Любечанский И.И., Березина О.Г. Проблема лесных пожаров и пирогенных сукцессий сообществ почвенных беспозвоночных Сибири // Сиб. экол. журн., 2007. № 2. С. 169–181.

Омельченко Л.В. Особенности распределения муравьев лесной зоны Западно-Сибирской равнины // Сиб. экол. журн., 2006. № 3–4. С. 227–237.

Резникова Ж.И. Межвидовые отношения муравьев. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.

Radchencko A.G., Elmes G.W. Myrmica Ants (Hymenoptera, Formicidae) of the Old World. Warszava, 2010. 897 p.

ХАРАКТЕРИСТИКИ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА СЕМЯН В ПОПУЛЯЦИЯХ СОЛОДКИ НА УРАЛЕ И В ЗАУРАЛЬЕ

О.А. Мелинтинович

Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: популяции солодки, урожайность и качество семян.

Ранее проведенные исследования в популяциях солодки (*Glycyrrhiza* L.) в рассматриваемой части ареала показали, что в этих популяциях абсолютно преобладает вегетативное размножение. Сеянцы солодки прегенеративного возраста нигде не были обнаружены. Предполагается, что это может быть связано с низкими урожайностью и показателями качества семян, определяющими потенциал семенного возобновления. Цель нашей работы состояла в оценке потенциала семенного возобновления двух видов солодки в природных популяциях вблизи северной границы ареала на Урале и в Зауралье. Задачи исследования: 1) определить некоторые параметры урожайности семян в исследуемых популяциях; 2) оценить ряд показателей качества семян (доли зрелых (выполненных) семян и твердых семян) в этих же популяциях.

Исследуемый материал (по 10 генеративных побегов из каждой популяции в фазе полного созревания плодов) был собран в благоприятные для вызревания семян годы в популяциях солодки уральской (*G. uralensis* DC.) на юго-западной окраине Санарского бора близ с. Степное (Челябинская обл., 2008 г.) и солодки Коржинского (*G. korshinskyi* Grig.) в урочище Узкова падь (Курганская обл., Куртамышский район, 2010 г.). Для каждого побега подсчитывали количество зрелых и прочих (щуплых, недозревших, поврежденных вредителями) семян. В образцах зрелых семян, полученных при смешивании фракций таких семян от каждого побега из соответствующих популяций, оценивали долю твердых (не способных к прорастанию без повреждения семенной кожуры) семян путем проращивания в чашках Петри. Исследования проводились в лаборатории молекулярной генетики растений Института экологии растений и животных УрО РАН под руководством к.б.н. А.Ю. Беляева.

В пределах каждой выборки количество семян различных категорий, определяемое для каждого отдельного побега, варьировало в очень широких пределах. Так, количество зрелых семян на побеге в выборке солодки уральской колебалось от 7 до 51 шт., прочих семян — от 3 до 55 шт., а в выборке солодки Коржинского — от 52 до 160 шт. и от 13 до 72 шт. соответственно. Общий урожай (883 шт.) зрелых (полноценных) семян с 10 побегов в популяции солодки Коржинского оказался более чем в 5 раз выше, чем в популяции солодки уральской. В целом доля зрелых семян в общем урожае семян в выборке с. Коржинского оказалась значительно больше (69%), чем в выборке с. уральской (40%). Проращивание семян из обеих выборок дало сходный результат: в среднем 80% семян оказались твердыми. Такие семена почти все прорастают после скарификации.

ВЫВОДЫ

1. В популяциях солодки уральской и солодки Коржинского вблизи северной границы ареала на Урале и в Зауралье может формироваться достаточно много полноценных, способных к прорастанию семян, что противоречит гипотезе о недостатке таких семян в популяциях.

2. Доля твердых семян в общем урожае зрелых семян в популяциях обоих видов солодки оказалась одинаковой и достаточно высокой — 80%, что может способствовать формированию почвенного банка жизнеспособных семян солодки в исследованных популяциях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №10-04-00989 и № 10-04-96012).

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ *LOBARIA PULMONARIA* (L.) HOFFM.

В.С. Микрюков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: лишайники, Lobaria pulmonaria, экологическая ниша, факторы окружающей среды.

В распространении видов отмечаются определенные закономерности, связанные с физическими условиями окружающей среды (Elith et al., 2009). Первые попытки описать эти закономерности носили качественный характер (Grinnell, 1904; Раменский, 1971). В настоящее время для описания и предсказания данных закономерностей используются количественные подходы (Elith et al., 2006).

Определение подходящих местообитаний для редких видов является важной задачей (Engler et al., 2004; Guisan et al., 2005), поскольку оно находит применение в отраслях по сохранению видового богатства, планировании и организации заповедных и охраняемых территорий, а также в эволюционной экологии.

Объектом данного исследования являлся крупный листоватый эпифитный лишайник *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (лобария легочная), занесенный в Красную книгу России и многих европейских стран. Основная цель работы — интерполяция видовой преференции на территориях, для которых отсутствуют данные о встречаемости *L. pulmonaria*: 1) анализ современного распространения вида; 2) установление его биоклиматических границ; 3) квантификация связи местообитаний *L. pulmonaria* с параметрами окружающей среды; 4) выявление ключевых лимитирующих факторов и определение наилучшего набора переменных, которые описывают данную связь; 5) создание карты потенциального распространения лишайника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для исследования использованы как собственные сборы (Средний и Южный Урал, Западная Сибирь), так и данные, полученные для особо охраняемых природных территорий России (ООПТ), лихенологического гербария WSL (Швейцария), консорциума Северо-Американских лихенологических гербариев (NALH), глобальной базы данных по биоразнообразию (GBIF) и Европейской базы биологических коллекций (BioCASE). В общем массив данных включает 1 504 местонахождения *L. pulmonaria*.

Для выполнения поставленных задач были выбраны следующие предикторы: 19 биоклиматических переменных (Busby, 1991), которые являются производными средних за 60 лет температуры и влажности (*WorldClim*; см. Hijmans et al., 2005), высота над уровнем моря (*Ibid.*), нормализованный относительный индекс растительности и его стандартное отклонение для каждого месяца (*NDVI*, средние за 18 лет), типы климата по классификации Кёппена (Peel et al., 2007), земной покров (Hansen et al., 2000), годовые потенциальная (*ПЭТ*) и фактическая эвапотранспирация (*АЭТ*) и водный баланс (Tateishi et al., 1996). Все предикторы были интерполированы к единому пространственному разрешению в 2.5 угловые минуты (что соответствует площадке размером около 20 км^2 на уровне экватора) с использованием ПО ArcMap v.10 (Esri ArcGIS).

Первые методы для построения моделей распространения видов основывались на традиционном подходе использования *p*-значений, однако все большее внимание уделяется информа-ционно-теоретическим методам и мультимодельному выводу (*multimodel inference*; см. Burnham et al., 2002). Такая смена методологических предпочтений во многом была обусловлена осознанием зачастую ошибочных результатов, полученных с использованием классических подходов (например, пошаговой регрессии) к выбору оптимального количества предикторов (Miller, 2002; Whittingham et al., 2006).

В данной работе моделирование осуществлялось с помощью машинного обучения (метод максимальной энтропии) в ПО MaxEnt v.3.3.3e (Phillips et al., 2006). Для выбора оптимального количества предикторов был применен алгоритм *L1*-регуляризации, при котором с помощью одного параметра (β) определялся штраф для модели за количество переменных. Лучшая модель (по принципу компромисса между объясняемой изменчивостью и сложностью модели) была выбрана в соответствии со значениями модифицированного критерия Акаике (*AICc*), рассчитанными в ПО ENMTools v.1.3 (Warren et al., 2010).

Для диагностики качества модели использовали показатель площади под *ROC*-кривой (*AUC*). Оценку предсказательной способности модели проводили с помощью метода перекрестной проверки (*cross-validation*). Для тренировки модели данные о присутствии вида были разбиты случайным образом на 10 частей, каждая из которых включала 75% (n=718) от общего количества записей. В качестве данных об отсутствии вида была взята случайная выборка 10 000 фоновых точек (т.н. псевдоотсутствия), которые представляют все разнообразие доступных условий окружающей среды. Оставшиеся 25% (n=307) известных местообитаний были использованы для тестирования модели.

Вклад каждой переменной в финальную модель (в %) определяли посредствам прироста информации (*information gain*). Однако

данный показатель очень чувствителен к коллинеарности переменных и способен переоценить вклад сильно связанных предикторов. Поэтому в качестве альтернативной метрики использовали меру важности переменных, полученную с помощью метода складного ножа (*jackknife*; см. Efron et al., 1993). Данный подход заключается в поочередном исключении каждой переменной из модели и построении ее с использованием оставшихся предикторов. Это позволяет определить относительную важность каждого предиктора для описания распространения вида, а также оценить количество «уникальной» информации, вносимой каждым из них.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С использованием известных местонахождений вида, которым соответствуют значения переменных окружающей среды, были построены модели географического распространения изучаемого лишайника. Показано, что все модели (вне зависимости от количества выбранных предикторов) имеют предсказательную силу выше, чем случайные данные (AUC>0.9, биномиальный тест: p<<0.0001).

Однако при рассмотрении объясняющих переменных обнаружено, что многие из них связаны между собой, причем связь может быть достаточно сильной (коэффициент корреляции Пирсона принимает значения от -0.93 до 0.99). Это указывает на необходимость исключения коллинеарных предикторов, которое проводили с помощью информационно-теоретического подхода (Warren, Seifert, 2010). Задавая различную силу штрафа модели, содержащей все переменные, выбирали модель, для которой наблюдалось наиболее резкое изменение разницы информационных критериев ($AICc$) с увеличением β. Выбранная модель (β=5; рис. 1) включала 13 предикторов, которые и были использованы в дальнейшем.

Прирост информации для выбранной модели, построенной по всем известным местообитаниям, составил 1.49. Значение AUC=0.92 (стандартное отклонение 0.0042) свидетельствует о том, что в 92% случаев в случайной выборке из местообитаний, отмеченных как подходящие, вид будет присутствовать с большей вероятностью по сравнению с выборкой из местообитаний, отмеченных как неподходящие. Пороговое значение для одинаковых уровней чувствительности (доли всех неподходящих местообитаний, предсказанных как неподходящие, т.е. истинно отрицательных) и специфичности (доли подходящих, предсказанных как подходящие, т.е. истинно положительных) было относительно невелико (38%), что также свидетельствует о приемлемом качестве модели.

Выявлено, что наибольшим вкладом в модель обладают 4 переменные (рис. 2а), включающие годовое количество осадков (био12), стандартное отклонение вегетационного индекса ноября (NDVI-σ), среднюю температуру [$t^{\circ}_{ср}$] самой влажной четверти года [ЧГ] (био8)

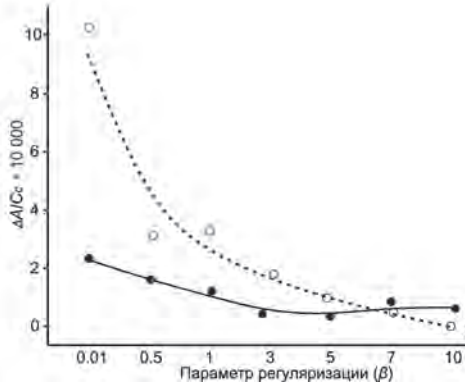

Рис. 1. Значения разницы информационных критериев в зависимости от силы налагаемого на модель штрафа. 1 — модели, включающие взаимодействия факторов; 2 — аддитивные модели. Минимальное значение AICc = 277258.

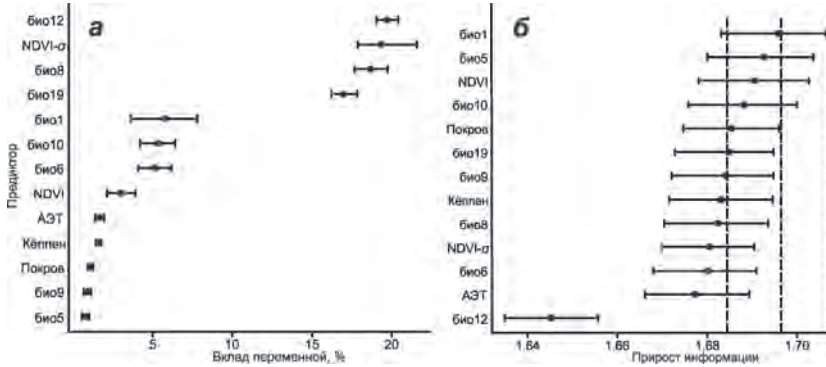

Рис. 2. Вклад переменных в модель (а) и качество модели (б) в зависимости от исключения одного из предикторов (пунктиром обозначена полная модель). Показаны средние (n=10) и доверительные интервалы. Обозначения предикторов см. в тексте.

и количество осадков в самой холодной ЧГ (био19). Меньший вклад вносили средняя годовая температура (био1), $t^{\circ}_{ср}$ самой теплой ЧГ (био10) и минимальная температура самого холодного месяца (био6). Минимальный вклад в модель был характерен для $t^{\circ}_{ср}$ самой сухой ЧГ (био9) и максимальной температуры самого теплого месяца (био5). Распределения вероятности присутствия вида в зависимости от большинства предикторов были унимодальны.

В связи с тем, что перечисленные выше переменные не являются абсолютно независимыми друг от друга, данная оценка может быть смещена. Влияние отдельных переменных было проанализировано с помощью метода джекнайфа. Наблюдаемые значения прироста информации при исключении переменных не выходят за правую часть доверительного интервала значений прироста информации полной модели (рис. 2б). Это свидетельствует о том, что при исключении переменной модель не становится лучше. С другой стороны, при исключении одного из предикторов (био12) качество модели заметно ухудшается, следовательно переменная содержит наиболее полезную информацию и оказывает наибольшее относительное влияние на модель.

По результатам моделирования для определения ранее неизвестных географических районов, в которых может быть обнаружен вид, была построена карта потенциального распространения *L. pulmonaria* (доступна на сайте автора: http://goo.gl/tpB8b). Изображенные на ней области с высокой вероятностью присутствия лишайника занимают обширную территорию суши. Однако известно, что данный лишайник имеет сравнительно узкую экологическую амплитуду и уязвим для антропогенного пресса (в связи с чем он и находится на грани исчезновения во многих регионах). При этом в моделировании из всего спектра типов антропогенного влияния был представлен только один — урбанизация. На наш взгляд, изображенное потенциальное распространение *L. pulmonaria* намного шире реализованного.

Полученная модель является неполной аппроксимацией экологической ниши вида (Pulliam, 2000; Soberón, 2007), поскольку она всегда зависит от неизвестного количества не независимых факторов, которые могут взаимодействовать в пространстве неизвестным образом (Lobo et al., 2008). Более того, данная модель не принимает во внимание такие факторы, как географические и исторические барьеры, конкуренцию и ограниченную способность вида к распространению, а выделенные климатические переменные зачастую влияют на распространение вида не прямым образом, а воздействуют на другие факторы, как, например, тип растительных сообществ или доступность ресурсов (Araújo et al., 2007). В свою очередь использование таких косвенно воздействующих предикторов основывается на допущении об устойчивости их взаимодействия с непосредственно влияющими переменными в пространстве и времени. Вместе с тем другим допущением является постоянство влияния факторов окружающей среды на видовую преференцию на всем протяжении географического распространения исследуемого объекта (Elith et al., 2009).

Предсказательное моделирование географического распространения видов, основанное на условиях окружающей среды для известных местообитаний, является важным направлением в аналитической

биологии. Полученные результаты могут использоваться для определения различий в условиях существования изучаемых популяций *L. pulmonaria* с последующим выявлением наиболее вероятных экологических и эволюционных сил, формирующих наблюдаемое распространение вида (Graham et al., 2004). Определение силы связи и функционального ответа присутствия вида с каждым фактором окружающей среды предоставляет полезную информацию для установления важных признаков местообитаний, на которые следует обратить особое внимание при интродуцировании данного вида и организации природоохранных территорий. Кроме того, такие данные позволяют оценить потенциальное влияние климатических изменений (например, глобального потепления) на ареал вида.

ВЫВОДЫ

1. Предсказательное моделирование и картирование, основанные на связи биологических видов и биофизических факторов экосистем, в которых они обитают, могут предоставить новую фундаментальную информацию для разработки стратегий по менеджменту и охране этих видов и экосистем.

2. Несмотря на то, что региональный климат может иметь меньшее значение для прогнозирования предпочтений вида к условиям местообитаний по сравнению с локальными микроусловиями, полученная модель имела достаточно высокую предсказательную силу, что свидетельствует о значительном влиянии рассматриваемых абиотических факторов на распространение *L. pulmonaria*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Раменский Л.Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: «Наука», 1971. 334 с.

Araújo M.B., New M. Ensemble forecasting of species distributions // Trends in Ecology & Evolution, 2007. Vol. 22. № 1. P. 42–47.

Burnham K.P., Anderson D.R. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. New York: Springer, 2002. 488 p.

Busby J.R. BIOCLIM: a bioclimatic analysis and prediction system // Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis. Eds. C.R. Margules and M.P. Austin. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO: Canberra, Australia, 1991. 207 p.

Efron B., Tibshirani R. An introduction to the bootstrap. New York: Chapman & Hall, 1993. 436 p.

Elith J., Graham C.H., Anderson R.P. et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data // Ecography, 2006. Vol. 29. № 2. P. 129–151.

Elith J., Leathwick J.R. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time // Ann. Rev. of Ecology Evolution and Systematics, 2009. Vol. 40. P. 677–697.

Engler R., Guisan A., Rechsteiner L. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data // J. of Applied Ecology, 2004. Vol. 41. № 2. P. 263–274.

Graham C.H., Ron S.R., Santos J.C. et al. Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs // Evolution, 2004. Vol. 58. № 8. P. 1781–1793.

Grinnell J. The origin and distribution of the chestnut-backed chickadee // Auk, 1904. Vol. 21. P. 364–365.

Guisan A., Thuiller W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models // Ecology Letters, 2005. Vol. 8. № 9. P. 993–1009.

Hansen M.C., Defries R.S., Townshend J.R.G., Sohlberg R. Global land cover classification at 1km spatial resolution using a classification tree approach // Intern. J. of Remote Sensing, 2000. Vol. 21. № 6–7. P. 1331–1364.

Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // Intern. J. of Climatology, 2005. Vol. 25. № 15. P. 1965–1978.

Lobo J.M., Jimenez-Valverde A., Real R. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models // Global Ecology and Biogeography, 2008. Vol. 17. № 2. P. 145–151.

Miller A.J. Subset selection in regression. CRC: Boca Raton: Chapman & Hall, 2002. 238 p.

Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification // Hydrology and Earth System Sciences, 2007. Vol. 11. № 5. P. 1633–1644.

Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecological Modelling, 2006. Vol. 190. № 3–4. P. 231–259.

Pulliam H.R. On the relationship between niche and distribution // Ecology Letters, 2000. Vol. 3. № 4. P. 349–361.

Soberón J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species // Ecology Letters, 2007. Vol. 10. № 12. P. 1115–1123.

Tateishi R., Ahn C.H. Mapping evapotranspiration and water balance for global land surfaces // Isprs J. of Photogrammetry and Remote Sensing, 1996. Vol. 51. № 4. P. 209–215.

Warren D., Seifert S. Environmental niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria // Ecological Applications, 2010. Vol. 21. № 2. P. 335–342.

Warren D.L., Glor R.E., Turelli M. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models // Ecography, 2010. Vol. 33. № 3. P. 607–611.

Whittingham M.J., Stephens P.A., Bradbury R.B., Freckleton R.P. Why do we still use stepwise modelling in ecology and behaviour? // J. of Animal Ecology, 2006. Vol. 75. № 5. P. 1182–1189.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВТОРНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТНЫХ ФОТОГРАФИЙ

А.П. Михайлович

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: анализ изображений, исторические ландшафтные фотографии, пространственно-временная динамика древесной растительности.

Исторические ландшафтные фотографии — объективный источник информации о состоянии и расположении древесной растительности в пространстве в прошлом (Шиятов и др., 2007). Цель настоящего исследования — анализ пространственно-временной динамики древесной растительности в экотоне верхней границы древесной растительности (ЭВГДР) на Полярном Урале (горный массив Рай-Из) с использованием повторных ландшафтных изображений.

На первом этапе производится сегментирование пространства карты в соответствии с ближним, средним и дальнем планами фотографий. Затем с использованием специально разработанных программных модулей выполняется выделение масок объектов на каждом сегменте фотографии и рассчитывается отношение площади маски объектов к площади сегмента. Величины данного показателя, полученные для «старого» и «нового» снимков, используются при расчете индекса изменений древесной растительности. В соответствии со значениями индексов области на карте, соответствующие сегментам изображений, раскрашиваются цветом разной интенсивности.

Полученная оценка изменений характеризует весь сегмент карты в целом, при этом распределение растительности в нем может быть неоднородным. Оценка изменений на разных масштабах отражают разную специфику: на среднем плане возможна оценка изменений пространственного положения древесной растительности, густоты, вертикальной и частично горизонтальной сомкнутости древостоя, на ближнем плане — оценка изменения размеров отдельных деревьев, их состояния, появление или гибель подроста. Данные, полученные на разных масштабах, могут взаимно дополнять друг друга. Устойчивость оценок, полученных для дальнего плана, будет ниже по сравнению с оценками, полученными для ближнего и среднего планов.

Пространственный анализ позволяет визуализировать степень отображения участков территории на анализируемых фотографиях, выявить участки территории, фотографирование которых еще необходимо произвести.

На основе использованного метода были созданы карты-схемы изменений в ЭВГДР на основе 74 повторных исторических ландшафтных фотографий, предоставленных С.Г. Шиятовым.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 09-04-13850 офи-ц и № 09-04-01004-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В., Циммерман Н.Е. Вертикальный и горизонтальный сдвиги верхней границы редколесий и сомкнутых лесов в XX столетии на Полярном Урале // Экология, 2007. № 4. С. 243–248.

МИКРОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ИХ ОБИЛИЯ

М.В. Модоров*, А.А. Селезнев**

**Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*
***Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург*

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, повторности, видовое богатство.

Экологи выделяют несколько типов пространственного распределения особей в популяции. Согласно И.А. Шилову (2003), оно бывает равномерным, диффузным и мозаичным. При этом подчеркивается, что равномерное распределение в природе встречается достаточно редко, что обусловлено неоднородностью среды обитания. Исходя из сказанного можно предположить, что структуры выборок живых организмов, добытые в пределах какого-либо биотопа, будут определяться не только характеристиками этого биотопа, но и локальными особенностями микроучастков, на которых они были получены (Козлов, 2003).

Цель данной работы — анализ пространственной структуры населения мелких млекопитающих, добытых на небольшом участке.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве места отлова использовали участок на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа, на котором отловы мел-

ких млекопитающих ведутся нами с 2009 г. (Модоров, 2010). Ранее здесь была деревня, а в настоящее время произрастает рудеральное растительное сообщество. Данный участок считали одним местообитанием. Линии живоловушек по 25 шт. выставляли параллельно друг другу. Расстояние между соседними линиями составляло 100 м, между соседними ловушками на одной линии — 5 м. Отловы проводили с 3 по 12 июля 2010 г. Ловчие средства проверяли один раз в сутки с 9 до 12 ч, в качестве приманки использовали шарики из муки, пропитанные нерафинированным растительным маслом. Для каждого зверька фиксировали номер линии и ловушки, в которой он был пойман. Для проверки статистических гипотез применяли критерий Манна-Уитни, анализировали таблицы сопряженности, 95%-ный доверительный интервал рассчитывали по методу Вальда.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице представлены данные, характеризующие выборки мелких млекопитающих, добытых с помощью четырех линий ловушек. Всего было отловлено 6 видов зверьков, при этом ни на одной из линий мы не зафиксировали полного видового богатства.

Попарное сравнение выборок по видовому составу проводили с использованием анализа таблиц сопряженности. Показано, что выборки, добытые на линиях 1 и 2, а также 2 и 3 сходны (χ^2=4.9–9.3, df=4, p=0.053–0.30). Статистически значимые различия между выборками зверьков, отловленных на линиях 1 и 3 существуют, но они незначительны (χ^2=9.6, df=4, p=0.048). В то же время выборка, добытая на линии 4, существенно отличается от всех прочих (результаты попарных сравнений: χ^2>50, df=4–5, p<<0.01). Обнаруженные различия обусловлены высоким обилием в выборке с линии 4 узкочерепной полевки, а также отсутствием здесь малой лесной мыши.

Относительная численность мелких млекопитающих, отловленных на линиях 1–4, варьировала от 15.6 до 23.6 ос./100 ловушко-сут. (см. таблицу). С учетом 95%-ного доверительного интервала этих значений можно заключить, что в выборках, добытых на линиях ловушек 1 и 3, относительная численность зверьков была статистически значимо выше, чем в выборке, полученной на линии 2. При этом видовой состав и соотношение видов в выборках были сходными.

Динамика суточных выловов малой лесной мыши на линиях ловушек 1–3 в первые 7 суток отлова была синхронной (χ^2=4.9, df=12, p=0.96), что видно из рис. 1. В последующие дни эта синхронность была нарушена (χ^2=11.5, df=4, p=0.02). Анализ таблиц сопряженности показал синхронность выловов полевки-экономки на всех линиях ловушек (χ^2=39.6, df=27, p=0.056), однако уровень поддержки данной гипотезы весьма невысок (p лишь незначительно превосходит уровень 0.05).

Результаты исследований позволяют заключить, что выборки мелких млекопитающих, отловленные четырьмя линиями живолову-

ТАБЛИЦА. *Количество особей и относительная численность мелких млекопитающих, добытых на четырех линиях живоловушек*

Вид и показатель	Линия 1	Линия 2	Линия 3	Линия 4	Всего
Apodemus uralensis	26	13	16	0	55
Arvicola terrestris	1	3	0	0	4
Microtus gregalis	0	0	0	27	27
Microtus oeconomus	23	9	16	17	65
Sicista betulina	2	5	9	0	16
Sorex araneus	7	9	11	2	29
Отловлено зверьков	59	39	52	46	196
Кол-во видов	5	5	4	3	6
Относительная численность (ос./100 лов.-сут.)	23.6	15.6	20.8	18.4	19.6
95%-ный доверительный интервал	18.3–28.9	11.1–20.1	15.8–25.8	13.6–23.2	17.1–22.1

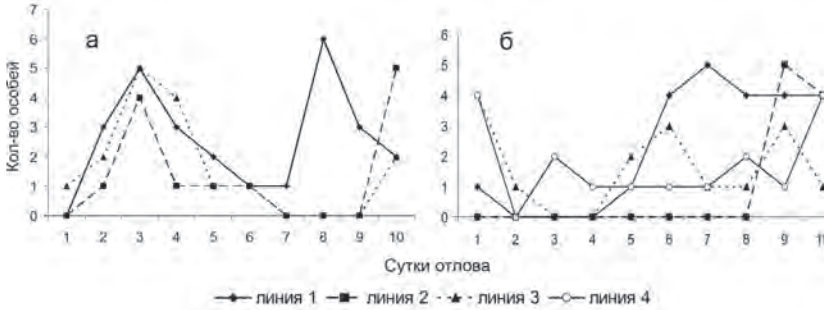

Рис. 1. Динамика суточных выловов малой лесной мыши (а) и полевки-экономки (б) четырьмя линиями живоловушек.

шек, установленными на расстоянии 100–300 м друг от друга, различались между собой. Наибольшим своеобразием обладала выборка зверьков, добытая на линии 4, что по нашему мнению обусловлено микробиотопическими особенностями данного локалитета. С одной стороны, доля степных видов растений здесь была выше, а островные заросли крапивы двудомной и конопли посевной отсутствовали, с другой — высота костреца безостого (наиболее обильного вида на участке исследования) была ниже, чем на линиях 1–3. По-видимому, такие условия благоприятны для обитания степного подвида узкочерепной полевки и не подходят для мышей, предпочитающих я заросли рудеральной растительности (крапивы и конопли). Подчеркнем, что малая лесная мышь считается высокоподвижным видом, однако

за 10 дней в ловушки линии 4 протяженностью 120 м зверьки не попались, несмотря на то, что в 100 м от этого места их было много, а используемая нами приманка для них привлекательна.

Выборки с линий ловушек 1–3 были сходными по видовому составу, однако отличались по обилию мелких млекопитающих. Причина подобных различий может быть связана с мозаичностью растительности на участке отловов либо с агрегированностью зверьков вокруг иных мест. О наличие такой агрегированности у малых лесных мышей свидетельствуют данные, представленные на рис. 2а: на всех линиях ловушек большая часть зверьков попалась в первые пять ловчих средств, в то же время были группы близкорасположенных ловушек, в которые зверьки за 10 дней не попались ни разу. Визуальный анализ графика рис. 2а позволяет предположить, что на линии 1 было два участка агрегегации особей (ловушки с 1-й по 5-ю и с 16-й по 20-ю), тогда как на остальных линиях только по одному, поэтому, на линии 1 было отловлено наибольшее количество мышей. В выборках полевок-экономок агрегированность зверьков не столь очевидна (рис. 2б).

Рис. 2. Количество особей малой лесной мыши (а) и полевки-экономки (б) отловленных в разные ловушки. Обозначения кривых см. на рис. 1.

Таким образом, распределение особей ряда видов (узкочерепная полевка, малая лесная мышь) на участке отловов оказалось неравномерным. По-видимому, это связано с гетерогенностью растительного покрова, однако возможно влияние и других, не учтенных нами факторов. Следствием неравномерного распределения особей многочисленных видов могут стать статистически значимые различия между выборками, добытыми на линиях ловчих средств стандартной протяженности (25 ловушек, установленных через 3–5 м), по параметрам видовой состав и обилие мелких млекопитающих.

Авторы выражают благодарность к.б.н. О.В. Харитоновой за проведение геоботанического описания участка исследования, а также сотрудникам лаборатории популяционной радиобиологии ИЭРиЖ УрО РАН за ценные замечания, высказанные в процессе работы.

Работа выполнена при поддержке Программы развития научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279), программы поддержки междисциплинарных фундаментальных исследований УрО РАН (проект № 09-М-24-2001) и программы ориентированных фундаментальных исследований УрО РАН (проект ОФИ-1, № 11-4-01-ЯЦ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Козлов М.В. Мнимые повторности (pseudoreplications) в экологических исследованиях: проблема, не замеченная российскими учеными // Журн. общ. биол., 2003. Т. 64, № 4. С. 292–307.

Модоров М.В. Опыт использования различных методов учета мелких млекопитающих, обитающих в зонах техногенных нарушений // Экология от южных гор до северных морей. Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2010. С. 119–122.

Шилов И.А. Экология. М.: Высшая школа, 2003. 512 с.

МИКОРИЗООБРАЗОВАНИЕ ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА (*LARIX SUKACZEWII* DYL.) В УСЛОВИЯХ СТЕРЛИТАМАКСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА

Г.М. Мухаметова

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г. Уфа

Ключевые слова: микориза, Larix, промышленное загрязнение.

Эктомикориза является неотъемлемой частью корневой системы лиственницы Сукачева. Цель настоящей работы — изучить реакцию эктомикоризы лиственницы Сукачева в условиях Стерлитамакского промышленного центра (СПЦ): 1) особенности формирования и строения симбионта (толщина и тип сложения грибного чехла); 2) анатомические параметры корней растения.

Отбор образцов всасывающих корней лиственницы Сукачева произведен по И.А. Селиванову (1981) и Д.В. Веселкину (2003). Анатомическое строение эктомикориз проанализировано на поперечных срезах под микроскопом AxioImager.A2 (Carl Zeiss, Германия) — по 100 срезов с каждой пробной площади (ПП).

На поглощающих корнях обнаружены эумицетные хальмофаговые эктомикоризы типичного строения. В условиях СПЦ интенсивность микоризообразования составляет 82%, в зоне условного контроля — 77%. Влияние загрязнения проявляется в форме изменения соотношения обилия микориз с чехлами разных типов сложения.

На каждой ПП обнаружено по 9 подтипов чехлов. В зоне загрязнения в 2 раза повышается представленность псевдопаренхиматических и двойных чехлов: контроль — 10% случаев, а в зоне загрязнения — 21%. В условном контроле возрастает обилие плектенхиматических типов чехлов — с 2% в зоне загрязнения до 13% в контроле. Доли бесструктурных типов чехлов практически одинаковы: 34% в контроле и 38% в зоне загрязнения. Кроме того, выделен еще один подтип эктомикоризы — HN. Его характерным признаком является отсутствие наружного грибного чехла с сохранением хорошо развитой сети Гартига между клетками коры корня. Доля подтипа HN в зоне контроля и загрязнения составляет 17 и 19% соответственно.

Заметно изменяются и анатомические параметры строения эктомикориз. В условиях промышленного загрязнения общие поперечные размеры корня существенно увеличиваются — с 278.2±7.6 до 346.8±11.7 мкм по сравнению с контрольной ПП. Одновременно возрастают как диаметр корней растения (с 270.6±7.3 до 334.0± 11.0 мкм), так и толщина грибных чехлов (с 14.1±1.8 до 21.4± 2.1 мкм).

Снижение диаметра корня растения в условиях относительного контроля происходит вследствие возрастания числа слоев танниновых клеток коры корня, которые сплющиваются в тангентальном направлении. Возрастанию встречаемости таких клеток соответствует уменьшение числа слоев «живых» клеток коры корня, сохранивших тургор. В зоне загрязнения по сравнению с контролем в 2 раза больше число слоев «живых» клеток коры корня и окончаний с сохраненным тургором.

Таким образом, неблагоприятные экологические условия произрастания (промышленное загрязнение) растение может компенсировать более высоким уровнем развития микоризы. Это можно рассматривать как адаптивные реакции, направленные на обеспечение устойчивости роста и развития лиственницы Сукачева в условиях Стерлитамакского промышленного центра.

Работа выполнена при поддержке гранта Carl Zeiss в рамках «Программы поддержки научно-исследовательской работы молодых ученых вузов России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Веселкин Д.В. Изменчивость анатомических параметров эктомикоризных окончаний разного строения // Микология и фитопатология, Т. 37. Вып.1. 2003. С. 22–29.

Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.

СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ КЛЕЩЕЙ *IXODES PERSULCATUS* SCHULZE И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЕЁ ФОРМИРОВАНИЯ

Т.А. Мухачева

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

Ключевые слова: Ixodes persulcatus, генетическая структура, гаплотипы, цитохром с-оксидаза, мтДНК.

Широкоареальные виды представляют большой интерес с точки зрения изучения процессов внутривидовой дифференциации и отношений между локальными популяциями. Ярким примером являются клещи *Ixodes persulcatus* Schulze, распространенные во всей таежной зоне Евразии и являющиеся основным переносчиком возбудителей клещевого энцефалита и Лайм-боррелиоза в России. Огромный ареал в совокупности с низкой собственной подвижностью клещей позволяет предположить наличие четко выраженной внутривидовой структуры и независимой эволюции удаленных друг от друга популяций.

Цель настоящего исследования — выявление современной генетической структуры популяций *I. persulcatus* и процессов, способствующих ее формированию. Были поставлены следующие задачи: 1) изучить разнообразие особей вида *I. persulcatus* по гену цитохром с-оксидазы; 2) выделить группы популяций и проанализировать их географическое распространение; 3) оценить время дивергенции популяций *I. persulcatus* между собой и с родственными видами *Ixodes*; 4) предположить вероятные процессы формирования сложившейся популяционной структуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Была изучена выборка из 83 клещей *I. persulcatus*, собранных за период 2007–2010 гг. на территории от г. Санкт-Петербурга до о-ва Сахалин. В качестве генетического маркера использовался фрагмент митохондриального гена I субъединицы цитохром с-оксидазы (*cox1*). Выделение нуклеиновых кислот, ПЦР-амплификация фрагмента гена и его секвенирование проводили стандартными методами. Для проведения филогенетического анализа использованы последовательности соответствующего фрагмента *cox1 I. persulcatus, I. ricinus* и *I. pavlovskyi* из базы данных GenBank (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/). Расчет попарных генетических дистанций выполнен с использованием MEGA 5 (Tamura et al., 2007), оценка показателей

гаплотипического и нуклеотидного разнообразия внутри групп популяций — с помощью программы DnaSP v.5.10.01. Для оценки времени расхождения популяций и отделения вида *I. persulcatus* от близкородственных видов клещей мы использовали скорость нуклеотидных замен в гене *cox1*, рассчитанную для насекомых (Papadopoulou et al., 2010) и составляющую 3.54% на 1 млн. лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее нами (Мухачева, Якушкина, 2010) было показано отсутствие внутривидовой изменчивости *I. persulcatus* по региону D3 28S и 12S рРНК на территории РФ. Вариабельность нуклеотидов по фрагменту гена *cox1 I. persulcatus* оказалась значительно более высокой и составила 2.38%. Анализ нуклеотидных последовательностей позволил выделить 33 гаплотипа, разделяющихся на три группы: первая (53%) встречается на всей изученной территории — от Санкт-Петербурга до Сахалина; вторая (30%) ограничивается территорией Урала и Западной Сибири; третья (17%) характерна для Сахалина и Восточной Сибири (см. рисунок).

Нами были рассчитаны показатели гаплотипического, нуклеотидного разнообразия, а также средние и максимальные значения

Рисунок. Ареал I. persulcatus и места сбора образцов (черные кружки). Штриховкой показаны области распространения выделенных групп гаплотипов cox1 с частотами их встречаемости (в%). Кроме того, указаны показатели гаплотипического разнообразия для региональных комплексов популяций.

попарных генетических дистанций в группах популяций из одного географического региона (см. таблицу). В целом популяции Восточной Сибири и Дальнего Востока обладают наибольшими показателями, свидетельствующими о более длительной эволюции этих групп. Клещи с Северо-Запада России, напротив, гомогенны по изучаемому маркеру.

ТАБЛИЦА. *Показатели генетической изменчивости популяций I. persulcatus (по географическим регионам). Для сравнения приведены показатели для I. ricinus*

Регион	Число гапло-типов	Hd гапло-типическое разнообразие	Pi нуклео-тидное разнообразие	Значение попарных дистанций в группе	
				среднее	макси-мальное
Ixodes persulcatus					
Северо-Запад	2	0.47 ± 0.132	0.00041 ± 0.00011	0.0000	0.0009
Урал	17	0.85 ± 0.025	0.00185 ± 0.00010	0.0016	0.0043
Западная Сибирь	6	0.78 ± 0.048	0.00174 ± 0.00017	0.0014	0.0043
Восточная Сибирь	7	0.83 ± 0.072	0.00235 ± 0.00031	0.0022	0.0051
Дальний Восток	7	0.92 ± 0.037	0.00206 ± 0.00022	0.0022	0.0034
В целом	33	0.897 ± 0.015	0.00212 ± 0.00010	0.0018	0.0051
Ixodes ricinus (последовательности из GenBank)				0.0030	0.0095

Оценка максимального времени разделения популяций *I. persulcatus* предполагает существование общего предка около 140 тыс. лет назад (предположительно в Восточной Сибири или на Дальнем Востоке). Время расхождения *I. persulcatus* и *I. pavlovskyi* (обитает в Западной и Восточной Сибири) составляет примерно 2.6 млн. лет, а *I. persulcatus* и европейского клеща *I. ricinus* — 3.4 млн. лет назад, что косвенно подтверждается палеонтологическими данными (Filippova, 2002).

Учитывая меньшую степень генетической дивергенции *I. persulcatus* по сравнению с близкими видами (например, *I. ricinus*), можно подтвердить ранее сделанное предположение о наличии одного рефугиума данного вида в последнем ледниковом периоде. Однако данный рефугиум, вероятно, объединял генетически различные популяции, которые после наступления благоприятных условий (примерно 10 тыс. лет назад) расселились по всей тайге. Возможно также, что наблюдаемое разнообразие сформировалось в процессе расселения вида в связи с адаптацией к локальным условиям.

ВЫВОДЫ

1. Вариабельность нуклеотидов *I. persulcatus* по гену *cox1* составила 2.38%, было выделено 33 гаплотипа.

2. Гаплотипы *cox1* можно разделить три на группы, одна из которых распространена повсеместно.

3. Оценка максимального времени дивергенции популяций *I. persulcatus* составила около 140 тыс. лет назад.

4. Наблюдаемое распределение гаплотипов связано как с историческими событиями («бутылочное горлышко» с наступлением оледенения), так и с вторичными процессами дивергенции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Мухачева Т.А., Якушкина А.Ю. Анализ генетической структуры популяций клещей *Ixodes persulcatus* Shulze на территории России // Экология от южных гор до северных морей: Мат-лы конф. молодых ученых (19–23 апреля 2010 г.). Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2010. С. 124–128.

Filippova N.A. Forms of sympatry and possible ways of microevolution of closely related species of the group *Ixodes ricinus-persulcatus* (Ixodidae) // Acta Zoologica Lituanica, 2002. Vol. 12. № 3. P. 215–227.

Papadopoulou A. et al. Revisiting the insect mitochondrial molecular clock: the mid-Aegean trench calibration // Mol. Biol. Evol., 2010. Vol. 27. № 7. P. 1659–1672.

Tamura K. et al. MEGA 4: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0 // Mol. Biol. Evol., 2007. Vol. 24. № 8. P. 1596–1599.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К СРЕДНЕУРАЛЬСКОМУ МЕДЕПЛАВИЛЬНОМУ ЗАВОДУ

А.А. Николаев

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: экологическая оценка, климат, аэропромышленные загрязнения, цифровая модель рельефа, модель геопространства.

Состояние древесной растительности зависит от комплекса экологических факторов, уровни действия которых могут существенно изменяться в пространстве и времени. Цель настоящего исследования — проведение экологической оценки территории, прилегающей к Среднеуральскому медеплавильному заводу (СУМЗ), на основе комплексного анализа информационной модели геопространства.

Созданный ранее сотрудниками УГЛТУ и ИЭРиЖ УрО РАН набор растровых и векторных слоев, характеризующих состояние сосновых древостоев и лишайниковых синузий, а также пространственные данные, характеризующие морфометрические параметры рельефа района исследований, был дополнен новыми данными об инсоляционном и температурном режиме территории, а также распределении осадков в пространстве в холодный период времени. Для решения данной задачи были установлены автоматические термодатчики на 5 пробных площадях, расположенных на разном удалении от СУМЗа, проведены снегомерные измерения, определены кислотность и фитотоксичность снеговой воды на 54 пробных площадях.

Для оценки поступления прямой солнечной радиации на участки в весенний период была использована модель SOLARFLUX (Hetrick et al., 1993). С использованием функций морфологического анализа на основе цифровой модели рельефа в ГИС ARC/INFO были получены следующие растры: уклон (крутизна) и экспозиция склона, а также кривизна участков поверхности. Они позволяют оценить характеристики гидрологического режима территории.

Анализ значений коэффициентов токсичности, полученных методом биотестирования с использованием одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer, позволил установить отсутствие токсического эффекта снеговой воды в импактной зоне. При этом ранее полученные специалистами УГЛТУ и ИЭрИЖ УрО РАН данные о содержании поллютантов в почве, серы в хвое, морфофизиологических параметрах состояния древостоев свидетельствует о наиболее сильном негативном воздействии завода на древесную растительность в данной зоне. Этот факт можно объяснить тем, что почва накапливает поллютанты длительное время, а в снег загрязняющие вещества попадают только в течение зимнего периода времени, причем в последние годы значительно сократился объем выбросов СУМЗ, вследствие внедрения новой технологии производства. Необходимо отметить, что в юго-восточном направлении от СУМЗа на некоторых пробных площадях снеговая вода обладает средней и даже высокой токсичностью.

Анализ распределения кислотности снеговой воды на пробных площадях в районе исследования свидетельствует о мозаичности распределения данного показателя в пространстве. При этом на пробных площадях в импактной зоне значения pH лежат в диапазоне 6.3–6.8, а в юго-восточной части района исследований — в интервале 5.0–5.8.

Можно предположить, что на токсичность и подкисление снеговой воды на пробных площадях в юго-восточной части района исследований могут влиять источники загрязнения юго-западной части г. Екатеринбурга. Проверка этого предположения требует проведения дальнейших исследований.

Таким образом, анализ данных снегомерных измерений на территории, прилегающей к СУМЗу, свидетельствует о наличии трен-

да снижения глубины снега в районе исследований при движении с запада на восток. В импактной зоне снеговая вода не токсична для *Chlorella vulgaris*, значения pH воды лежат в диапазоне 6.3–6.8. В юго-восточной части района исследований на некоторых пробных площадях наблюдаются подкисление снеговой воды и повышение ее токсичности. Возможное объяснение отсутствия токсического эффекта в импактной зоне –снижение объемов выбросов СУМЗа в последние годы и влияние источников загрязнения г. Екатеринбурга на юго-восточную часть района исследований.

Работа проводится при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 09-04-13850 офи-ц. и № 09-04-01004-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Hetrick W.A., Rich P.M., Barnes F.J., Weiss S.B. GIS-based solar radiation flux model // Amer. Soc. for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers, 1993. Vol. 3. GIS. Photogrammetry, and Modeling. P. 132–143.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ СКЛАДЧАТОКРЫЛЫХ ОС (HYMENOPTERA: VESPIDAE) СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Николаенкова

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

Ключевые слова: складчатокрылые осы, Vespidae, кормовые растения.

Настоящая работа выполнена на основе 22-летних сборов складчатокрылых ос сотрудниками и студентами кафедры зоологии Уральского госуниверситета (1988–2010 гг.), в том числе автором (2007–2010 гг.). Насекомых собирали вручную сачком с соцветий и в местах гнездования. Для сбора насекомых применяли также ловушки Малеза, Мэрике, Барбера, светоловушку, оконную и ловушки на приманку. Для изучения биологии некоторых складчатокрылых ос использовали приманочные гнездовья различных конструкций.

Цель настоящей работы — изучение особенностей и экологии ос семейства Vespidae Свердловской области. Были поставлены следующие задачи: 1) выяснить видовой состав складчатокрылых ос Свердловской области; 2) выявить пищевые связи имаго складчатокрылых ос с энтомофильными растениями Свердловской области; 3) выяснить видовой состав складчатокрылых ос г. Екатеринбурга.

Мировая фауна складчатокрылых ос составляет около 900 видов, на Среднем Урале в настоящее время она насчитывает 46 видов, относящихся к 14 родам и трем подсемействам: Vespinae, Polistinae и Eumeninae, из них 27 видов (59%) впервые описаны нами для Свердловской области.

Благодаря широкой экологической и этологической пластичности бумажные осы в условиях урбанизации способны заселять территории, непригодные для большинства насекомых, ведущих одиночный образ жизни. Переход от природных биотопов к урбанизированным сопровождается уменьшением числа общественных видов всего на 6 видов, а одиночных — на 23 вида. Происходит качественное обеднение фауны общественных видов на 35%, а одиночных — на 79%.

В окрестностях биологической станции УрГУ (Сысертский район) нами было выявлено 20 видов цветковых растений из 9 семейств (Salicaceae, Rosaceae, Umbelliferae, Compositae, Polygonaceae, Onagraceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Geraniaceae), на которых было зарегистрировано питание 27 видов складчатокрылых ос.

Автор выражает благодарность своим коллегам за предоставленный энтомологический материал.

Работа выполнена при поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ-3260.2010.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИСКОПАЕМЫХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕЩЕРЫ СЫРТИНСКАЯ, ЮЖНОЕ ЗАУРАЛЬЕ

И.П. Новоселова*, Е.А. Кузьмина **

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

***Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, поздний плейстоцен, Урал.

Позднеплейстоценовая биота Северной Евразии из-за своеобразного строения обозначается как гиперзональная, гиперборейная или безаналоговая тундростепь (Смирнов, 2001). На территории Южного Зауралья описана пещера Сыртинская (Кузьмина, 2003), в стратиграфии рыхлых отложений которой имеются слои позднеплейстоценового возраста. Для них описаны фауны крупных (Кропачева, Улитко,

2005) и мелких млекопитающих (ММ) и получены противоречивые радиоуглеродные даты. Цель настоящей работы — изучить видовой состав и структуру животного населения ММ (Rodentia, Lagomorpha) из рыхлых позднеплейстоценовых отложений горизонта 24 (глубина 200–210 см от поверхности) квадрата Б пещеры Сыртинская.

Раскопки и извлечение ископаемых остатков проводили в 2002 г. стандартными методами (Князев, 1979). Определение остатков ММ проводили по щёчным зубам при помощи эталонных коллекций и определителей (Громов, Ербаева, 1995; Бородин, 2009).

Всего определено 632 щёчных зуба ММ, относящихся к 10 видам двух отрядов (Rodentia, Lagomorpha) (см. таблицу). Участие каждого

ТАБЛИЦА. *Количество определенных ископаемых щёчных зубов ММ из пещеры Сыртинская (горизонт 24, квадрат Б, глубина 200–210 см от поверхности)*

Вид	M1	M2	M3	m 1	m 2	m 3	Всего зубов	Q_{max}	Доля вида, %
Отр. LAGOMORPHA – зайцеобразные									
Ochotona pusilla пищуха степная	PM3 –1; 2 – моляра			–	–	–	3	1	0.71
Отр. RODENTIA – грызуны									
Marmota bobak(?) сурок степной(?)	2 верхних			–	–	–	2	1	0.71
Allactaga major большой тушканчик	–	1	–	1	1	–	3	1	0.71
Cricetulus migratorius серый хомячок	1	–	–	–	–	–	1	1	0.71
Allocricetulus eversmanni хомячок Эверсманна	–	–	–	1	–	–	1	1	0.71
Lagurus lagurus степная пеструшка	85	52	47	117	111	49	461	117	83.57
Eolagurus luteus желтая пеструшка	8	8	4	8	8	2	38	8	5.71
Arvicola terrestris водяная полевка	–	–	–	–	3	2	5	3	2.14
Microtus gregalis узкочерепная полевка	–	–	–	5	–	–	5	5	3.57
Microtus oeconomus полевка–экономка	–	–	–	2	–	–	2	2	1.43
Microtus sp. серые полевки	7	3	1	–	5	1	17	–	–
Обломки	–	–	–	–	–	–	94	–	–
Итого (сумма):	–	–	–	–	–	–	632	140	100

вида в структуре животного населения рассчитывали по максимальному числу одноименных зубов (Q_{max}), сумму которых брали за 100%.

В горизонте 24 квадрата Б пещеры Сыртинская видом-доминантом является степная пеструшка; обычны: желтая пеструшка, узкочерепная полевка, водяная полевка, полевка-экономка; редкие виды — большой тушканчик, сурок, пищуха степная, хомячок Эверсманна, серый хомячок.

Доминирующей группой видов ММ, выделенных по местообитанию, является степная (90.7%), на 2-м месте — полупустынная (5.7%), на 3-м — околоводная (3.6%). По типу питания доминирует группа зеленоядных животных.

Таким образом, изученная фауна ММ относится к позднеплейстоценовому степному типу фаун, выделенному ранее (Малеева, 1982; Струкова, 2002; Кузьмина, 2003).

Работа выполнена при поддержке Программы развития научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279), программы «Происхождение биосферы и эволюция гео-биологических систем» № 09-П-4-1001 и гранта РФФИ № 11-04-00426.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бородин А.В. Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири. (Поздний плейстоцен — современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 99 с.

Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны // Определитель по фауне России; вып. 167. С-Пб.: Зоол. ин-т, 1995. 522 с.

Князев А.В. Исследование зоогенных отложений пещер для выяснения истории биогеоценозов // Общие методы изучения истории современных экосистем. М., 1979. С. 129–141.

Кропачева Ю.Э., Улитко А.И. Крупные млекопитающие из местонахождения пещера Сыртинская, Южное Зауралье // Экология: от генов до экосистем: Сб. тр. конф. молодых ученых. Екатеринбург, 2005. С. 135–137.

Кузьмина Е.А. Позднеплейстоценовые и голоценовые сообщества мелких млекопитающих из пещерных местонахождений Южного Зауралья // Четвертичная палеозоология на Урале. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. С. 193–210.

Малеева А.Г. Мелкие млекопитающие Верхнеалабугской фауны, Южное Зауралье // Плиоцен и плейстоцен Урала: Мат-лы к XI конгр. INQUA. Свердловск, 1982. Ч. 2. С. 9–38.

Смирнов Н.Г. Зональное распределение млекопитающих в позднем валдае на Урале // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. М., 2001. С. 209–219.

Струкова Т.В. Степная пеструшка (*Lagurus lagurus* Pall.) и узкочерепная полевка (*Microtus gregalis* Pall.) в четвертичных фаунах Среднего и Южного Зауралья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2002. 23 с.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ЖИВОТНЫХ МЕТОДОМ ГАРМОНИЧЕСКОЙ СРЕДНЕЙ В СРЕДЕ MICROSOFT EXCEL

И.В. Овечкин

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

Ключевые слова: алгоритм, индивидуальный участок, конфигурация индивидуального участка, мелкие грызуны, площадь.

Метод гармонической средней (Dixon, Chapman, 1980) — один из тех методов, которые позволяют получать наиболее достоверную информацию об интенсивности использования территории и пространственном распределении животных (Moorcroft et al., 1999).

В настоящее время существует программное обеспечение, способное выполнять обработку данных с помощью метода гармонической средней, но работа таких программ часто схожа с работой «черного ящика», так как у пользователя нет возможности влиять на процесс обработки или дополнить алгоритм.

Цель нашей работы заключалась в создании в широко распространённой среде Microsoft Excel алгоритма вычисления площади и конфигурации индивидуального участка особи на основании координат ее отловов с последующим графическим представлением результатов.

Алгоритм был разработан для оказания помощи при анализе и визуальном представлении пространственного распределения наземных животных. Для самостоятельной доработки алгоритма не требуется навыка работы с языками программирования, пользователь получает возможность изменять параметры обработки данных (координаты поимок и их формат представления, разрешение исследуемого пространства вероятностей, критерии ограничения участка и т.д.). Для полной автоматизации и стандартизации процесса расчета была реализована последовательность расчета критерия непрерывности участка.

С помощью данной методики были обработаны собственные данные отловов мелких грызунов на площадке мечения. Исследования проводили с мая по октябрь 2010 г. на опытном участке смешанного леса площадью 0.64 га (6 400 м^2), расположенном в районе с. Шигаево Шалинского района. Основной объект наблюдений – рыжая лесная полевка (*Clethrionomys glareolus/Myodes glareolus*). Использовали метод мечения и повторного отлова. Во время отловов ловушки проверяли каждые 12 ч (8:00 и 20:00), тем самым наблюдая ночную и дневную активность.

На исследуемой площадке отлова в течение репродуктивного периода наблюдается увеличение размеров индивидуального участка (см. рисунок) исследуемой особи по мере увеличения массы и созревания животного, что соответствует литературным данным.

Рисунок. Конфигурация участка особи № 32 (самец-сеголеток). а — июнь (160 м²); б — июль (426 м²); в — сентябрь (651 м²).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Dixon K.R., Chapman J.A. Harmonic mean measure of animal activity areas // Ecology, 1980. Vol. 61. № 5. P. 1040–1044.

Moorcroft P.R., Lewis M.A., Crabtree R.L. Home range analysis using a mechanistic home range model // Ecology, 1999. Vol. 80. № 5. P. 1656–1665.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КРЫЛОВОГО РИСУНКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ БЕЛЯНОК (LEPIDOPTERA: PIERIDAE) В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

Т.С. Ослина*, А.О. Шкурихин**

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

***Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

Ключевые слова: сезонная изменчивость, Pieris, крыловой рисунок, меланин, терморегуляция, лесостепная зона, Южный Урал.

У бабочек семейства Pieridae широко распространено явление полифенизма в окраске, прежде всего в степени меланизации крыльев. Выделяют следующие типы полифенизма: сезонный (Brakefield, French, 1995; Stoehr, Goux, 2008), полифенизм, обусловленный широтной зональностью и высотной поясностью (Watt, 1968; King-

solver, Wiernasz, 1986; Espeland et al., 2007), а также половой диморфизм (Stoehr, Goux, 2008; Kingsolver, Wiernasz, 1986).

Большинство авторов связывают явление полифенизма в степени меланизации с особенностями терморегуляции бабочек. В. Уотт (Watt, 1968), используя выборки желтушек рода *Colias* Fabricius, 1807 из природных популяций, установил, что более темные бабочки при прочих равных условиях нагреваются значительно быстрее светлых, что объясняется большей способностью к поглощению солнечной энергии за счет меланина. Охлаждение у темных и светлых желтушек происходит в равной степени. Каких-либо иных механизмов изменения температуры тела (например, за счет метаболических реакций, мускульных движений или испарения) у желтушек не обнаружено. Исходя из полученных результатов В. Уотт предположил, что более темные бабочки рода *Colias* в горных и северных местообитаниях должны достигать большего репродуктивного успеха, так как их преимущества в обогреве от солнечных лучей ведут к большей активности в питании, спаривании и откладке яиц. В жарких районах обитания светлые желтушки обладают преимуществом в преодолении теплового стресса (Watt, 1968).

Предполагалось, что наибольшее влияние на регуляцию температуры оказывает затемнение базальной области дорзальной и вентральной поверхностей передних и задних крыльев, так как крылья бабочек не обладают достаточной теплопроводностью, чтобы рисунок маргинальных областей крыла мог оказывать влияние на температуру тела. Однако Дж. Кингсолвер (Kingsolver, 1985) высказал ряд предположений о взаимосвязи всего крылового рисунка с особенностями поведения различных видов чешуекрылых, связанного с терморегуляцией.

Для бабочек рода *Pieris* Schrank, 1801 характерна поза, которую Кингсолвер назвал позой отражения и предложил математическую модель, объясняющую ее адаптивное значение. В этой позе бабочка располагает торакс перпендикулярно, а крылья под некоторым углом к солнцу (рис. 1). При этом белые крылья *Pieris* отражают солнечные лучи, проецируя их на тело. Угол расположения крыльев определяется тем, какие участки крыла лучше отражают лучи. Например, виды рода *Pontia* Fabricius, 1807, у которых имеются крупные черные пятна по краю крыла, располагают крылья под большим углом друг к другу, чем бабочки рода *Pieris*, у которых затемнение маргинальной области невелико.

В условиях лесостепной зоны Южного Урала для *Pieris napi* (Linnaeus, 1758) и *P. rapae* (Linnaeus, 1758) характерен лёт с апреля по сентябрь, как правило, в трех генерациях. Лёт разных генераций в течение сезона происходит в сильно отличающихся погодных условиях. Принимая во внимание значение крылового рисунка белянок для терморегуляции, следует ожидать значительных различий в степени его меланизации у имаго разных генераций.

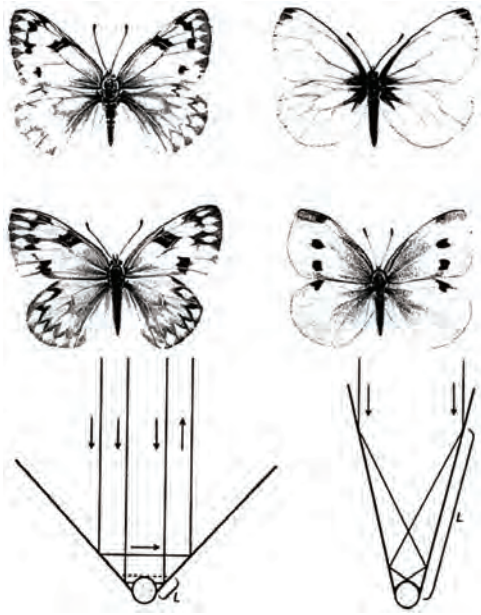

Рис. 1. Относительные углы расположения крыльев в позе отражения в зависимости от затемнения маргинальной области крыла (слева — Pontia, справа –Pieris) (по: Kingsolver, 1985).

Целью нашей работы было изучение сезонной изменчивости крылового рисунка двух видов огородных белянок *P. napi* L. и *P. rapae* L. (Lepidoptera: Pieridae) в условиях лесостепной зоны Южного Урала на протяжении всего периода лёта их генераций.

Решались следующие задачи:

1) Выявить структуру корреляций внутри комплекса меланиновых элементов рисунка, а также между элементами рисунка и площадью крыльев *Pieris napi* и *P. rapae*.

2) Проанализировать сезонную изменчивость размерных характеристик меланиновых элементов крылового рисунка в течение всего периода лёта изучаемых видов в условиях лесостепной зоны Южного Урала.

3) Проанализировать сезонную изменчивость степени интенсивности окраски меланиновых элементов крылового рисунка в течение всего периода лёта изучаемых видов в условиях южноуральской лесостепи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор белянок осуществляли в окрестностях пос. Метлино Каслинского р-на Челябинской области. Отлов бабочек проводили с 13 мая по 14 сентября 2010 г. Объемы выборок приведены в таблице.

Анализ сезонной изменчивости проводили по измерениям площадей меланиновых элементов крылового рисунка. Для этого с по-

ТАБЛИЦА. *Объем собранного и проанализированного материала*

Вид	Пол	Всего собрано, экз.	Проанализировано, экз.
Pieris napi L.	Самцы	313	108
	Самки	231	69
Pieris rapae L.	Самцы	156	118
	Самки	61	45

мощью фотоаппарата Canon Eos 450D были получены цифровые изображения крыльев. Затем в пакете программ Siams Mesoplant были измерены площади 13 изучаемых признаков. Схема промеров представлена на рис. 2. Интенсивность окраски элементов рисунка оценивали визуально по балльной шкале: слабая окраска — 1 балл, средняя степень интенсивности — 2, максимально интенсивная окраска — 3. Статистическую обработку результатов проводили в программах Statistica 6.0 и Past 200.

Рис. 2. Схема измерения площадей меланиновых элементов крылового рисунка (слева — дорзальная сторона, справа — вентральная сторона крыла).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе структуры фенотипических корреляций элементы рисунка, расположенные на вентральной и дорзальной сторонах, мы рассматривали как самостоятельные признаки. Были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена между всеми анализируемыми признаками. Для обоих изучаемых видов характерна высокая степень корреляции площадей передних и задних крыльев. Сильные взаимосвязи обнаруживаются между площадями пятен как на дорзальной, так и на вентральной сторонах. У самцов и самок *P. napi* (рис. 3а) площади крыльев коррелируют с апикальным затемнением, а для *P. rapae* (рис. 3б) такой тесной связи между этими элементами не обнаружено. Для самок обоих видов также прослеживается взаимосвязь площадей пятен и площадей крыльев. Проведенный нами тест

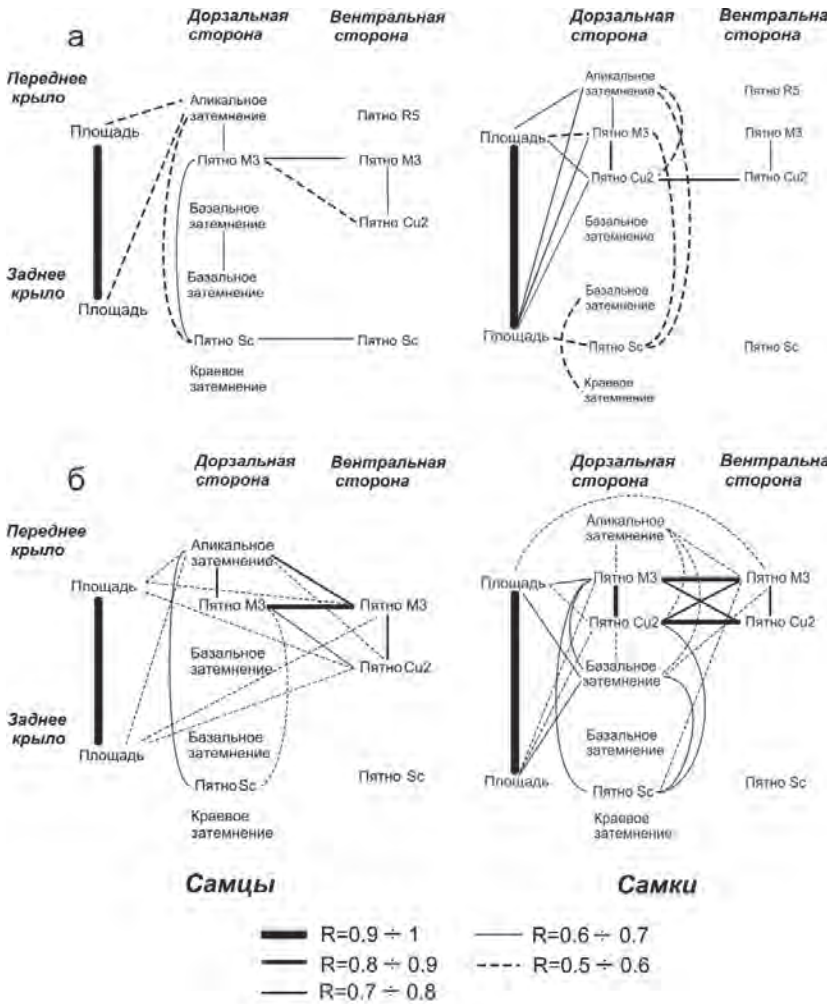

Рис. 3. Диаграмма взаимосвязей признаков крылового рисунка Pieris napi (а) и P. rapae (б). R — значение коэффициента корреляции Спирмена.

Мантеля показывает отсутствие различий в структуре корреляций между полами внутри видов: для обобщенных выборок самцов и самок *P. rapae g*=0.72, для *P. Napi* — *g*=0.82.

В целях изучения сезонной изменчивости крылового рисунка выборки обоих видов были разделены на три подвыборки в соответствии с динамикой лёта первой, второй и третьей генераций в течение лета 2010 г. (рис. 4).

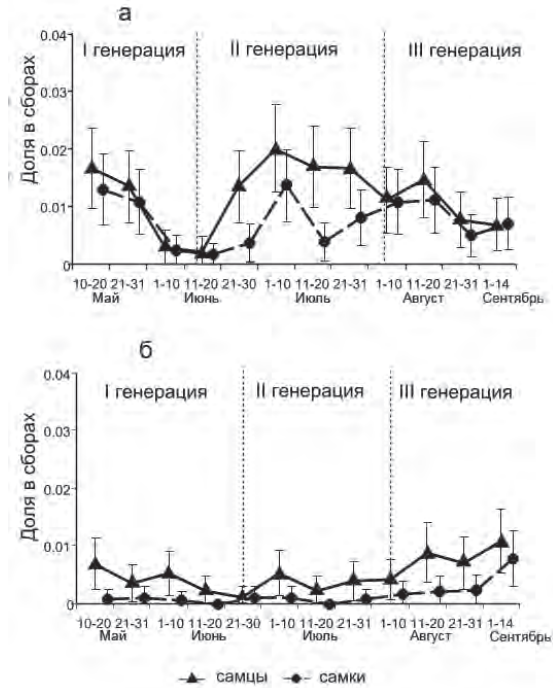

Рис. 4. Сезонная динамика относительного обилия самцов и самок белянок P. napi (а) и P. rapae (б) в окр. пос. Метлино (2010 г.).

Мы провели анализ главных компонент дисперсии площадей меланиновых элементов рисунка для каждого вида и пола отдельно. Затем на основании собственных чисел главных компонент провели канонический анализ различий по экспрессии меланиновых элементов крылового рисунка между тремя генерациями для каждого вида и пола, за исключением самок *P. rapae* из-за недостаточного объема подвыборок.

Результаты канонического анализа выборок самцов *P. napi* представлены на рис. 5. Вдоль первой канонической оси, на которую приходится 96% межгрупповой дисперсии, отчетливо проявились различия между весенней генерацией, с одной стороны, и летне-осенней — с другой. Весенняя генерация достоверно отличается от летней (D^2=30, p<0.01) и осенней (D^2=28, p<0.01) генераций, а последние между собой не различаются. Для весенней генерации бабочек, в отличие от летне-осенних, характерны большая площадь базального затемнения обоих крыльев и малая площадь апикального затемнения.

Канонический анализ площадей меланиновых элементов рисунка самок *P. napi* (рис. 6) показал, что вдоль первой канонической оси,

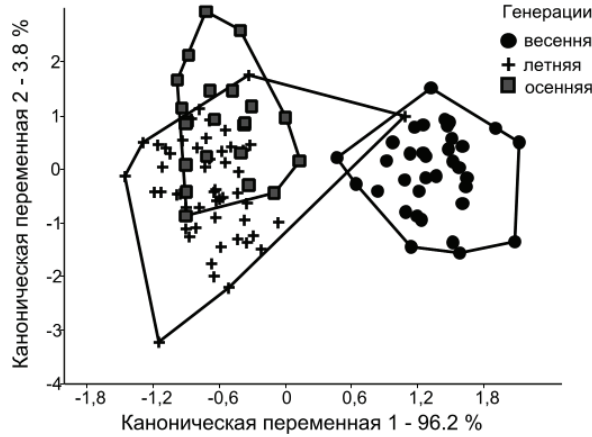

Рис. 5. Результаты канонического анализа площадей меланиновых элементов крылового рисунка самцов P. napi.

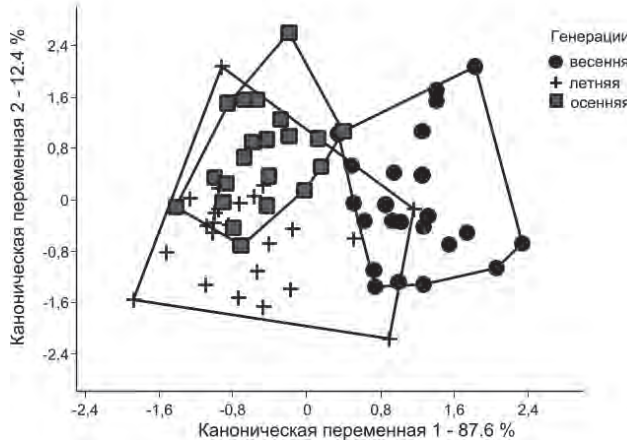

Рис. 6. Результаты канонического анализа площадей меланиновых элементов крылового рисунка самок P. napi.

на которую приходится 88% межгрупповой дисперсии, отчетливо проявились различия между весенней и летне-осенними генерациями. Как и в случае самцов, весенняя генерация достоверно отличается от летней (D^2=10.6, p<0.01) и осенней (D^2=9.3, p<0.01) генераций, а последние между собой не различаются. Весенняя генерация самок *P. napi* отличается от летнее-осенних обширным базальным затемнением крыльев, а также малой площадью апикального затемнения и дорзальных пятен M3, Cu2 и Sc.

Результаты канонического анализа изменчивости площадей меланиновых элементов крылового рисунка самцов *P. rapae* представлены на рис. 7. Как и в предыдущих случаях, вдоль первой канонической оси, на которую приходится 94% межгрупповой дисперсии, отчетливо проявились различия между весенней и летне-осенними генерациями. Весенняя генерация достоверно отличается от летней (D^2=11.8, p<0.01) и осенней (D^2=10.7, p<0.01) генераций, а последние между собой не различаются. Весеннее поколение отличается от летнее-осенних малой площадью апикального затемнения, а также большой площадью базального затемнения заднего крыла и переднего крыла с вентральной стороны.

Рис. 7. Результаты канонического анализа площадей меланиновых элементов крылового рисунка самцов P. rapae.

Сезонную изменчивость интенсивности окраски элементов крылового рисунка оценивали с помощью критерия Краскела-Уоллеса. Для всех изучаемых групп характерно достоверно более интенсивное апикальное затемнение при более слабом базальном затемнении на дорзальной стороне крыльев у летних и осенних генераций по сравнению с весенними. Для весеннего поколения *P. napi* отмечено более выраженное затемнение вдоль жилок, но при этом окраска пятен на крыльях менее интенсивная, причем как на дорзальной, так и на вентральной сторонах по сравнению с особями летнего и осеннего поколений.

Для *P. rapae* также характерна более интенсивная окраска пятен у летнего и осеннего поколений по сравнению с весенними. У весеннего поколения самцов *P. rapae* в большей степени развито затемнение вентральной стороны задних крыльев.

Таким образом, полученные нами результаты хорошо согласуются с литературными данными. По литературным данным (Kingsolver, Wiernasz, 1986), североамериканские виды *Pieris* из северных широт

имеют более темную окраску вентральной стороны крыльев и более светлую — дорзальной по сравнению с популяциями из южных широт, что в общем соответствует предложенной модели для позы отражения. В пользу этой модели свидетельствуют также исследования сезонного полифенизма калифорнийской популяции *P. rapae*, в ходе которых было показано, что особи весенней генерации характеризуются большим затемнением вентральной стороны задних крыльев и базальной области дорзальной поверхности передних крыльев, но менее развитым затемнением апикальной части крыла и меньшими размерами черных пятен медиальной системы (Stoehr, Goux, 2008). Тенденция к большей меланизации показана также для горных популяций *P. napi adalwinda* в Норвегии (Espeland et al., 2007).

Сезонная изменчивость крылового рисунка в условиях южноуральской лесостепи характеризуется схожим трендом. Слабое затемнение маргинальной части дорзальной поверхности крыла увеличивает ее альбедо, а густое обширное базальное затемнение более эффективно улавливает отраженные маргинальной областью крыла лучи света. Бабочка с подобным крыловым рисунком нагревается быстрее и эффективнее. Таким образом, весенние генерации видов рода *Pieris* адаптированы к низким температурам воздуха. У летних генераций, наоборот, существует опасность перегрева, поэтому у них отражающая часть дорсальной поверхности крыльев затемнена в большей степени, а улавливающая — в меньшей.

ВЫВОДЫ

1. Анализ структуры корреляций показал наиболее тесную связь между площадью переднего и заднего крыльев, а также между площадями пятен как на дорзальной, так и на вентральной сторонах. Для самок обоих видов также установлена взаимосвязь площадей пятен и площадей крыльев. Для *P. napi* выявлена связь между размерами апикального затемнения и площадью переднего крыла.

2. Анализ сезонной изменчивости площади меланиновых элементов крылового рисунка двух видов рода *Pieris* выявил особенности весенней генерации, связанные с адаптациями к более низким температурам воздуха. Имаго данного поколения вне зависимости от пола и вида характеризуются обширным базальным затемнением дорзальной стороны обоих крыльев и малой площадью апикального затемнения.

3. Половой диморфизм в сезонной изменчивости крылового рисунка *P. napi* проявляется в том, что у самок пятна на крыльях имаго летней и осенней генераций крупнее по сравнению с пятнами на крыльях весенней, что не характерно для самцов.

4. Установлены различия в интенсивности окраски крылового рисунка между весенними и летне-осенними генерациями обоих изученных видов. Вне зависимости от вида и пола для крыльев имаго

весеннего поколения характерна более интенсивная окраска базального затемнения и одновременно бледная окраска апикального затемнения и пятен.

Авторы выражают признательность н.с. Ботанического сада УрО РАН, к.б.н. Л.А. Ивановой за помощь в освоении методов обработки изображений в пакете программ SIAMS Mesoplant.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН (программа «Биологическое разнообразие», проект № 09-П-4-1029), научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279) и РФФИ (грант №11-04-00720-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Brakefield P.M., French V. Eyespot development on the butterfly wing: the epidermal response to damage // Dev. Biol., 1995. Vol. 168. P. 98–111.

Espeland M., Aagaard K., Balstad T., Hindar K. Ecomorphological and genetic divergence between lowland and montane forms of the *Pieris napi* species complex (Pieridae, Lepidoptera) // Biol. J. of the Linnean Soc., 2007. Vol. 92. P. 727–745.

Kingsolver J.G. Thermal ecology of *Pieris* butterflies: A new mechanism of behavioral thermoregulation // Oecologia, 1985. Vol. 66. P. 540–545.

Kingsolver J.G., Wiernasz D.C. Dissecting correlated characters: adaptive aspect of phenotypic covariation in melanization pattern of *Pieris* butterflies // Evolution, 1986. Vol. 43, № 3. P. 491–503.

Stoehr A.M., Goux H. Seasonal phenotypic plasticity of wing melanisation in cabbage white butterfly, *Pieris rapae* L. (Lepidoptera: Pieridae) // Ecological Entomology, 2008. Vol. 33. P. 137–143.

Watt W.B. Adaptive significance of pigment polymorphism in *Colias* butterflies. I. Variation of melanin pigment in relation to thermoregulation // Evolution, 1968. Vol. 22, № 3. P. 437–458.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA) СРЕДНЕГО УРАЛА С ЗАПАДА НА ВОСТОК

Е.М. Первушина*, А.А. Первушин**

**Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*
***Свердловский областной краеведческий музей, г. Екатеринбург*

Ключевые слова: структура сообществ, рукокрылые, Средний Урал.

Структура сообществ рукокрылых Среднего Урала до сих пор изучена слабо. Наиболее подробные сведения получены при обследовании пещер, большинство которых расположено в западной части

региона, и практически отсутствуют данные о расселении рукокрылых на востоке региона и структуре их сообществ в активное время года, когда большинство животных покидает пещеры. Известно, что видовое разнообразие рукокрылых с запада на восток значительно уменьшается главным образом за счет отсутствия неморальных европейских видов. Считалось, что эти виды не проникают на восток региона из-за отсутствия в Среднем Зауралье участков широколиственных и смешанных лесов европейского типа и значительной удаленности мест зимовок (Большаков и др., 2000).

Цель настоящей работы — на основании собственных и литературных данных провести сравнительный анализ видового разнообразия рукокрылых восточных и западных районов Среднего Урала с учетом прилегающих равнинных территорий. Основные задачи: 1) обобщить все имеющиеся сведения о распространении оседлых и перелетных видов на западе и востоке региона; 2) выявить современную структуру летнего сообщества рукокрылых на западе и востоке региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены на территории Свердловской области в Шалинском и Ирбитском районах: первая точка расположена на западном макросклоне Среднего Урала (Средне-Предуральская область) в пределах подзоны широколиственно-хвойных лесов; вторая — на восточном макросклоне (Средне-Зауральская область) в подзоне южной тайги (Лесорастительные условия..., 1973). Отловы животных проводили летом (активный период года для рукокрылых) с помощью мобильной ловушки Борисенко, а также орнитологическими сетями в местах кормления. За 2007–2010 гг. было учтено более 80 особей, отловлено и окольцовано 30 особей 7 видов рукокрылых. Определяли вид, пол, возраст (по наличию хрящевых прослоек в местах сочленения метакарпальных костей и фаланг передних конечностей) и репродуктивное состояние, а также измеряли массу тела, длину предплечья и общую длину тела.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице приведены результаты собственных исследований и литературные данные (Булычев, 1878; Марвин, 1969; Большаков и др., 2000; 2005) о распространении рукокрылых на Среднем Урале. Согласно литературным данным, в пределах восточного склона Среднего Урала известны достоверные находки одного перелетного и пяти оседлых видов рукокрылых (см. таблицу). Нами установлено, что, помимо них, на юго-восток региона (Сысертский р-н Свердловской обл.) в активный период года проникают также бореальный оседлый вид ночница усатая и неморальный перелетный — нетопырь

ТАБЛИЦА. *Видовой состав рукокрылых в пределах Среднего Урала с учетом прилегающих равнинных территорий (приблизительная численность)*

Виды рукокрылых		Западный склон		Восточный склон		
		литературные данные	наши данные	литературные данные	наши данные	
			Шалинский р-н		Сысертский р-н (Первушина, 2006)	Ирбитский р-н
Оседлые	Кожанок северный[1] *Eptesicus nilssonii*	<300	-	<30	71	1
	Ушан бурый[1] *Plecotus auritus*	<150	1	<10	4	-
	Ночница прудовая[1] *Myotis dasycneme*	<250	-	<2000	33	1
	Ночница водяная[1] *Myotis daubentonii*	<50	5	<150	113	2
	Ночница Брандта[1] *Myotis brandtii*	<150	-	<20	45	12
	Ночница усатая[1] *Myotis mystacinus*	<10	5	-	3	-
	Ночница Наттерера[2] *Myotis nattereri*	<10	-	-	-	-
Перелетные	Нетопырь лесной[2] *Pipistrellus nathusii*	<5	-	?	58	1
	Вечерница рыжая[2] *Nyctalus noctula*	<5	-	?	-	-
	Кожан двуцветный[1,2] *Vespertilio murinus*	<5	-	<5	101	2
Общее число видов		10	3	6	8	6

Примечание. [1] – бореальные виды, [2] – неморальные виды (Богдарина, Стрелков, 2003).

лесной (Первушина, 2006). Последний вид по пойменным местообитаниям продвигается еще севернее на крайний восток региона в Среднее Зауралье (Ирбитский р-н). Это единственная современная северо-восточная находка вида на Урале. Ранее М.Я. Марвин (1969), ссылаясь на Н.П. Булычева (1878), сообщал о находке нетопыря лесного в этом районе (у автора — в Ирбитском уезде). Эти сведения сомнительны, поскольку в первоисточнике (Булычев, 1878) нет упоминаний об этом виде. При этом имеются указания о находке в Ирбитском уезде вечерницы рыжей (автор использует старое название *Vespertilio noctula*), что маловероятно, так как достоверные сведения о проникновении этого вида на Средний Урал пока отсутствуют.

Крайняя северо-восточная точка его находки на Урале отмечена В.П. Снитько в Ильменском заповеднике (2009).

В отношении ночницы усатой в литературе имеются только три достоверные находки на Среднем Урале — на его западном макросклоне, а именно: на территории Красноуфимкого р-на Свердловской области, на территории Кунгурского р-на и заказника «Предуралье» в Пермской области. Предполагается, что остальные ее находки на востоке региона, не имеющие современного подтверждения, относятся к близкородственному виду — ночнице Брандта (Большаков и др., 2005). Особенности распространения усатой ночницы до сих пор не выявлены. Согласно нашим отловам, в активное время года на западе региона (Шалинский р-н) она является обычной (учтено более 20 особей), тогда как на юго-востоке (Сысертский р-н) встречаются одиночные особи в составе колоний ночниц Брандта (Первушина, 2006). На востоке Среднего Зауралья севернее 57° с.ш. (Ирбитский р-н) ночница усатая нами не отмечена, в то время как ночница Брандта, наоборот, является фоновым видом в условиях южной тайги. Это подтверждает предположение (Стрелков, Бунтова, 1982) о том, что Уральские горы являются меридиальной границей распространения первого вида на восток, по крайней мере в пределах Среднего Урала.

Таким образом, стабильным компонентом сообществ рукокрылых на западе и востоке региона являются бореальные оседлые виды, широко распространенные в лесной и лесостепной зонах. Изменение видового состава происходит главным образом за счет европейских видов — представителей «неморальной фауны», а также усатой ночницы. Следовательно, формирование сообществ рукокрылых в пределах Среднего Урала осуществляется в основном за счет проникновения видов по западному направлению.

ВЫВОДЫ

1. Видовое разнообразие рукокрылых на восточном макросклоне Среднего Урала выше, чем полагали ранее. В теплое время года здесь встречается 8 видов из 10, отмеченных на западе региона.

2. Находка нетопыря лесного в Ирбитском районе Свердловской области позволяет уточнить северо-восточные границы ареала вида.

3. Число находок и обилие ночницы усатой в пределах Среднего Урала уменьшается с запада на восток.

Выражаем благодарность к.б.н. К.В. Маклакову за помощь при отлове животных, д.б.н. Ф.В. Кряжимскому — за предоставленную возможность работать на стационаре в д. Шигаево (Шалинский р-н Свердловской обл.), Г.Н. и В.Н. Бачуриным — за предоставленную возможность работать на базе Экологического научно-просветительского центра «Скородум» (Ирбитский р-н Свердловской обл.). Исследования поддержаны грантом для молодых ученых и аспирантов УрО РАН (2011 г.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большаков В.Н., Бердюгин К.И., Васильева И.А., Кузнецова И.А. Млекопитающие Свердловской области: Справочник-определитель. Екатеринбург, 2000. 240 с.

Большаков В.Н., Орлов О.Л., Снитько В.П. Летучие мыши Урала. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 176 с.

Булычев Н.П. Очерк флоры и фауны Ирбитского уезда // Зап. УОЛЕ. 1878. Т. 4. С. 1–38.

Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области / Сост. Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. Свердловск, 1973. 176 с.

Первушина Е.М. Экологический анализ летнего населения рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург: Ин-т экологии растений и животных УрО РАН, 2006. 25 с.

Марвин М.Я. Фауна наземных позвоночных животных Урала. Вып. 1. Млекопитающие. Свердловск, 1969. 156 с.

Дремлют на крыше летучие мыши... // Наука Урала. 2009. Октябрь. № 22. С. 8.

Стрелков П.П., Бунтова Е.Г. Усатая ночница (*Myotis mystacinus*) и ночница Брандта (*Myotis brandtii*) в СССР и взаимоотношения этих видов. Сообщение 1 // Зоол. журн., 1982. Т. 61. Вып. 8. С. 1227–1241.

ЭКОТОПОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА АНТРОПОГЕННОГО ЛАНДШАФТА (НА ПРИМЕРЕ ФЛОРЫ ДЕРЕВНИ УШУР БАЛЕЗИНСКОГО РАЙОНА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Л.Ф. Перевощикова, В.А. Шадрин

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: антропогенное воздействие, флора, экотоп, экотопологическая структура.

Выявление экотопологической структуры позволяет установить степень антропогенного воздействия на видовой состав, возможности прогнозирования участия видов естественных сообществ и появления пришлых видов.

Цель исследования — выявление и изучение экотопологической структуры антропогенного ландшафта и его основной составляющей — растительного покрова, в частности, флоры. Задачи: 1) на исследуемой территории определить и установить экотопы и их видовой

состав; 2) дать сравнительную характеристику флоры экотопов и их структуру; 3) показать географические, эколого-ценотические и биоморфологические особенности экотопов; 4) на основе параметров трансформации выявить степень антропогенного изменения и нарушенности ландшафта.

Территория исследования находится в подзоне южной тайги. С помощью общепринятых методов геоботанических флористических исследований было изучено 12 экотопов: придорожные, призаборные, экотопы свалок, ремонтных мастерских, зернотока, фермы, посевов многолетних и однолетних трав, пропашных культур, обнажения, пастбища, огороды.

В изученных экотопах выявлено 193 вида сосудистых растений, которые входят в 141 род и 40 семейств. Наибольшее число синантропных видов характерно для придорожных территорий (103), так как здесь условия для проявления антропогенных факторов более разнообразные, в частности, привнос видов. Минимальное число видов обнаружено в экотопах пропашных культур (42) и на огородах (52) из-за селективной деятельности человека.

Спектр ведущих семейств в порядке убывания по числу видов составляют: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Rosaceae, Apiaceae, Schrophulariaceae, Lamiaceae, Caryophylaceae, Polygonaceae, из них к термо- и ксерофильным относятся семейства Asteraceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Fabaceae.

Зональные условия локализации исследуемого ландшафта отражаются в бореальном характере его растительного покрова ценотические позиции в нем сохраняют лесные виды. В то же время обнаружены и виды открытых типов местообитаний. И те, и другие в биологическом спектре представлены преимущественно гемикриптофитами и терофитами.

Изучение параметров трансформации показало следующее. Доля малолетних видов составляет более 40%, что отражает явный антропогенный прессинг. Наибольшее число их отмечено в экотопах посевов однолетних трав (48.8%), пропашных культур (57.1%), огородов (50%), где они представлены сорно-полевыми видами. Меньше всего малолетников на призаборных территориях. Значительная доля видов 10 ведущих семейств как показатель большой трансформированности отмечена для экотопов пропашных культур (83.3%). Доля синантропных видов во всех экотопах составляет более 60%, что также характеризует их как антропогенно-трансформированные. Вследствие этого и индекс синантропизации наиболее высок в таких антропогенно-трансформированных экотопах, как экотопы пропашные культуры и огороде.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО СВОЕОБРАЗИЯ СОБОЛЯ В ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЯХ АРЕАЛА

С.Л. Пищулина

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Ключевые слова: генетическая структура популяций, контрольный регион мтДНК, микросателлитные локусы яДНК, соболь.

Соболь до сих пор остается практически не исследованным генетически с помощью современных методов молекулярной диагностики. После резкого снижения численности в XX веке в структуре популяций по всему ареалу произошли существенные изменения, связанные как с искусственным расселением, так и с естественным восстановлением численности. Работа проведена с целью оценки генетического своеобразия популяций соболя из крайней западной и центральной частей ареала. Были поставлены следующие задачи: оценить состав мтДНК, как отражающей распределение и своеобразие материнских линий и оценить разнообразие и частоты встречаемости аллелей мультиаллельных микросателлитных локусов ядерной ДНК, как отражающих генетический состав популяций в настоящее время.

Нами получены данные о последовательностях контрольного региона мтДНК (495 п.н.) и частотах аллелей 11 микросателлитных локусов для выборок соболей, добытых на Северном Урале и в Центральной Сибири (Тунгусско-Чунский и Курагинский районы Красноярского края, Катангский и Братский районы Иркутской области).

Для уральской выборки — региона симпатрии с лесной куницей, где отмечена межвидовая интрогрессия мтДНК (Рожнов и др., 2010), — в анализ включали последовательности только митохондриальной линии «zibellina». Для 67 особей уральского соболя отмечено 42 гаплотипа контрольного региона (H=0.96), для 19 особей из Тунгусско-Чунского района — 9 гаплотипов (H=0.83), для 30 особей из Курагинского района — 16 гаплотипов (H=0.93), для 29 особей из Катангского района — 15 гаплотипов (H=0.93), для 27 особей из Братского района —12 гаплотипов (H=0.91). Величина нуклеотидного разнообразия (ϖ) в уральской выборке составила 2.08%, а в сибирских варьировала от 1.31 до 1.47%. Таким образом, генетическое разнообразие соболя на Урале заметно выше, чем в районах Центральной Сибири.

На основании анализа медианной сети гаплотипов (метод MJ, программа Network) можно предположить существование в про-

шлом двух центров расселения соболя, из каждого из которых он распространился практически по всему ареалу.

Анализ на основе частот аллелей методом кластеризации (Pritchard et al., 2000), реализованным в программе Structure v. 2.2, также показал четкое отличие уральской выборки и отсутствие выраженной популяционной структуры в пределах совокупной выборки из Центральной Сибири.

Таким образом, выполненный анализ состава ДНК продемонстрировал, что популяции соболей, обитающих в исследованных районах Центральной Сибири, в настоящее время генетически достаточно однородны. Показано также их существенное отличие от соболей, населяющих Северный Урал и более высокий уровень генетического разнообразия соболя в Уральском регионе. Последнее может быть объяснено, как последствиями выпусков на Урале восточно-сибирских соболей в начале 1950-х гг., так и и влиянием на формирование уральских популяций естественных миграций соболя на протяжении более длительного исторического периода.

Автор глубоко признателен научным руководителям И.Г. Мещерскому и В.В. Рожнову за важные критические замечания, а также выражает благодарность С.Н. Каштанову и Л.В. Симакину за предоставление материала для анализа.

Работа выполнена в рамках Программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие», ОБН РАН «Биологические ресурсы России: Оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕТЕРОХРОННЫХ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ УРАЛА И ЗАУРАЛЬЯ)

Е.Г. Политова, Т.Ю. Жданова

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

Ключевые слова: гумус, почвы, скорость восстановления почв.

Почвы являются неотъемлемой частью экосистем суши, центральным звеном их функционирования. Из-за различных природных и антропогенных воздействий почвы деградируют. Восстановление почв происходит в течение длительного времени. Поэтому, для оцен-

ки масштабов и прогнозирования последствий современных форм деградации почвенного покрова требуется изучение давних аналогов таких нарушений.

Цель работы — оценить скорость восстановления новообразованных черноземных почв в ряду 50-ти летние — 4 000 летние — голоценовые почвы вблизи древних поселений и курганных могильников.

В предлагаемой работе изучались разновременные новообразованные и погребенные черноземные почвы вблизи археологических объектов в лесостепной зоне Урала и Зауралья. Были изучены новообразованные почвы на породах с искусственно срезанными гумусовыми горизонтами (такие почвы могут служить моделью развития современных деградированных почв); почвы древних фортификаций (такие почвы могут служить моделями развития различных почв на отвалах); почвы культурного слоя древних поселений (такие почвы могут служить моделями развития урбанизированных территорий).

Для выполнения работы был использован полевой материал 2008–2009 гг. Изучены морфологические и агрохимические характеристики (50 образцов) и показатели качественного состава гумуса (30 образцов).

Нами показано, что на уровне подтипа погребенные почвы сходны с современными черноземами выщелоченными. Содержание гумуса в погребенных почвах на момент погребения (до 3.3%) было близко к содержанию в современных почвах (3.6–4.5% углерода в фоне). Отношение концентрации гуминовых к фульвокислотам (Сгк/Сфк) оказались очень близки (фульватно-гуматный тип гумуса). В погребенных и в фоновых голоценовых почвах в составе гумуса преобладает фракция ГК-2. Значения оптических плотностей, определяющих степень зрелости молекулы гуминовой кислоты, и коэффициента цветности E_4/ E_6 также не показывают серьезных различий.

Первые десятиления характеризуются максимальной скоростью почвообразовательных процессов, позднее она замедляется. В условиях лесостепи средняя скорость гумусообразования в 50-летних почвах, по нашим данным, составила 1.8 мм/г. (для 4 000-летних — 0.075 мм в год), скорость гумусонакопления — 0.08% углерода/г. в горизонте А (для 4 000-летних — 0.001%) или 2 360 кг/га в год в слое 0–50 см (87.5 кг/га). В целом можно говорить о крайне низких темпах восстановления гумусного потенциала почв: так за 50 лет новообразованные почвы достигли по запасам гумуса лишь 24.3%, за 4 000 лет — 72.3% от показателей фоновых черноземов выщелоченных.

Таким образом, восстановление почвы, особенно гумусовых горизонтов, представляет собой длительный процесс. Поэтому почвы требуют всемерной охраны как незаменимый компонент биосферы.

Работа проведена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (ГК № 2192 от 09.11.2009).

КОРМОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ТРОФИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ НАСЕКОМОЯДНЫХ ПТИЦ В УСЛОВИЯХ СОВМЕСТНОГО ОБИТАНИЯ

А.А. Постовалова

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

Ключевые слова: кормовое поведение, симбиотопия, трофические спектры.

Наблюдения проводились в Сысертском районе Свердловской области, на территории биостанции УрГУ. Объекты исследования — белая трясогузка, мухоловка-пеструшка и серая мухоловка, участки обитания которых на территории биостанции в значительной мере перекрываются, что дает основание говорить о симбиотопии модельных видов. Цель нашей работы — выяснить особенности кормового поведения и пищевых спектров птенцов исследуемых видов в условиях совместного обитания.

Собраны данные по составу корма птенцов (всего 1 982 пробы) и особенностям кормового поведения модельных видов (всего непрерывные наблюдения составили 50 ч.). Пробы корма собирали с помощью метода шейных лигатур. При изучении кормового поведения использовали современные представления о его структуре и соответствующую терминологию (Remsen, Robinson, 1990; Резанов, 2000 и др.). Путем визуальных наблюдений выяснили частоту использования различных кормовых методов, микростаций и кормовых субстратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Белая трясогузка. Охотится, используя метод пешей (44–71% от всех кормовых методов в разные годы) и воздушной охоты (11–27%). Предпочитает для сбора корма наземные (50–56% от всех микростаций в разные годы) и воздушные (35–47%) открытые пространства. Субстратом служит поверхность земли (29–56% от всех субстратов в разные годы), воздух (30–46%), реже трава. Частой добычей являются двукрылые (14–34% в разные годы), бабочки (7–15%).

Серая мухоловка. В большинстве случаев охотится в воздухе, предварительно высматривая добычу с присады и стремительно догоняя её в коротком броске (46–80% от всех методов в разные годы). В составе корма часто встречаются мухи (36–61% в разные годы), бабочки (6–22%), стрекозы (7–11%).

Мухоловка–пеструшка. Предпочитает охотиться в кронах (38–58% от всех микростаций в разные годы), зависая в трепещущем полете (45–52% от всех методов в разные годы) и схватывая добычу с хвои, листвы или ветвей (38–58% от всех субстратов в разные годы). Добывает очень разнообразные кормовые объекты, но среди них редко присутствуют очень подвижные формы. Часто встречаются пауки (5–30% в разные годы), гусеницы (4–20%), жесткокрылые (4–27%), двукрылые (6–26%).

Полученные данные свидетельствуют о существовании значительных различий в кормовом поведении мухоловки-пеструшки, серой мухоловки и белой трясогузки. Совместное обитание птиц этих видов без выраженного конкурентного исключения обусловлено специфическим способом использования ресурсов каждым видом. Птицы кормятся характерными методами, придерживаются свойственных каждому виду микростаций и проявляют избирательность в питании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Резанов А.Г. Кормовое поведение птиц: метод цифрового кодирования и анализ базы данных. М., 2000. 224 с.

Remsen J.V.Jr., Robinson S.K. A classification scheme for foraging behavior in terrestrial habitats // Studies in Avian Biology, 1990. № 3. P. 144–160.

МИКОТРОФНОСТЬ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ НЕКОТОРЫХ ЗЛАКОВ НА ЗОЛООТВАЛАХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Е.А. Раков

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

Ключевые слова: микосимбиотрофизм, ценопопуляция, промышленные отвалы.

Золоотвалы тепловых электростанций представляют собой промышленные отвалы, растительный покров на которых изрежен или вообще отсутствует. По своим физико-химическим свойствам зольные отвалы малопригодны для роста растений, и процесс самовосстановления фитоценозов здесь очень замедлен. В таких условиях растения прибегают к помощи грибных организмов — микотрофные растения лучше закрепляются в зольном субстрате.

Настоящая работа выполнена на примере злаков: щучки дернистой (*Deschampcia caespitosa* (L.) Beauv.) — на золоотвалах Нижнетуринской (НТГРЭС) и Верхнетагильской ГРЭС (ВТГРЭС) (таёжная зона, подзона южной тайги) и вейника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.) — на золоотвалах НТГРЭС по методике Селиванова (1981). После отбора образцов (образец — корни 5-ти особей), в лабораторных условиях, корни мацерировались и окрашивались. Затем у каждого образца просматривались по 100 полей зрения и определялись параметры: частота встречаемости микоризы (%), степень микоризной инфекции, интенсивность микоризы (%). И, в последствии, данные обрабатывались в программе Statistica 6.0. Для сравнения средних значений использовался непараметрический критерий Краскела-Уоллеса.

В результате проведённых исследований установлено, что с увеличением возраста территории золоотвала параметры микотрофности снижаются (таблица). Это может объясняться тем, что в более благоприятных условиях растения реже прибегают к помощи грибных организмов.

ТАБЛИЦА. *Показатели микотрофности ценопопуляций щучки дернистой и вейника наземного на золоотвалах НТГРЭС и ВТГРЭС*

		Частота встречаемости (%)	Степень микоризной инфекции	Интенсивность микоризы (%)
щучка	ВТГРЭС	20.8±2.6	0.28±0.04	14.35±1.62
	НТГРЭС	35.9±2.6	0.48±0.04	35.1±1.6
Значение критерия		$H(2;n=20)=10.31$*	$H(1;n=20)=6.61$*	$H(1;n=20)=14.33$*
вейник (золоотвалы НТГРЭС)	№ 1 (45 лет)	#20.2±0.9 19.6±1.2	#0.21±0.01 0.20±0.01	#12.8±0.97 12.4±0.75
	№ 2 (35 лет)	#23.6±0.93 22.6±0.68	#0.23±0.02 0.22±0.02	#15.8±0.73 14.6±1.17
	№ 3 (15 лет)	#31.8±0.97 29.8±1.5	#0.33±0.03 0.31±0.03	#30.4±0.75 28.6±1.33
Значение критерия		#$H(2;n=15)=11.13$* $H(2;n=15)=10.61$*	#$H(2;n=15)=8.19$* $H(2;n=15)=8.13$*	#$H(2;n=15)=11.07$* $H(2;n=15)=10.31$*

Примечание: # — данные для генеративных особей вейника наземного
** — достаточный уровень значимости критерия ($p<0.05$).*

ФАУНА И ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ОС-БЛЕСТЯНОК (HYMENOPTERA: CHRYSIDIDAE) СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

П.В. Рудоискатель

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург
Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: блестянки, перепончатокрылые, фауна, Hymenoptera, Chrysididae.

Мировая фауна ос-блестянок насчитывает более 3000 видов (Kimsey, 1990), фауна Европы — более 600 видов (Linsenmaier, 1959), а для европейской части бывшего СССР приводится всего 99 видов хризидид (Никольская, 1978). До настоящего времени фауна России в целом остается слабо изученной, а имеющиеся сведения носят фрагментарный характер и относятся к Кировской (Леви и др., 1974; Юферев и др., 2001), Московской (Званцов, 1988; Щербаков, 2008), Пензенской (Стойко, Полумордвинов, 2004; Шибаев, 2006), Псковской (Федоров, 1999; Рещиков, 2002; Вершинина и др, 2006), Челябинской (Рудоискатель, 1999, 2008б) и Ульяновской (Благовещенская, 1990) областям, Кавказским минеральным водам (Винокуров, 2004, 2006б) и Республикам Башкортостан (Рудоискатель, 2004б), Кабардино-Балкарии (Винокуров, 2006а), Коми (Седых, 1974, Рудоискатель, 2004а) и Северной Осетии (Званцов, 1987). Для Свердловской области из литературных источников (Редикорцев, 1907, 1911) известен всего один вид — *Chrysis ignita* (Linnaeus, 1761).

Необходимость исследования данной группы обусловлена и практическими задачами: блестянки являются паразитами одиночных пчелиных — активных опылителей растений, а также эвменовых и роющих ос — важных энтомофагов. Осы-блестянки, будучи паразитами одиночных ос и пчелиных, входят в состав сложных энтомокомплексов, исследование которых очень важно для организации охранных мероприятий этих ценных перепончатокрылых.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Настоящая работа выполнена на основе сборов насекомых сотрудниками и студентами кафедры зоологии Уральского госуниверситета в течение 23 лет (1988–2010 гг.), сотрудников ИЭРиЖ УрО РАН (2001–2010 гг.) и автора (1996–2010 гг.). Большая часть мате-

риала сверена с коллекцией Зоологического института (ЗИН РАН, г. Санкт-Петербург).

Насекомых отлавливали вручную энтомологическим сачком на камнях, песчаных и каменистых осыпях, просеках, отвесных стенках оврагов, сухом древостое, стенах деревянных и каменных построек, с соцветий и около естественных гнезд пчелиных, эвменовых и роющих ос. Блестянок регулярно извлекали из функционирующих ловушек Малеза, Мэрике и оконной ловушки (Фурсов, 2003). Кроме того, блестянок выводили из зараженных гнезд одиночных складчатокрылых и роющих ос в искусственных гнездовьях (окрестности г. Екатеринбурга), а также в непогоду или темное время суток извлекали пинцетом из пустующих приманочных гнездовий для одиночных ос и пчел. Сбор блестянок проводился в Артинском, Ачитском, Белоярском, Гаринском, Ирбитском, Каменском, Красноуфимском, Невьянском, Нижнесергинском, Пригородном, Пышминском, Ревдинском, Серовском, Сухоложском, Сысертском, Талицком, Тугулымском и Туринском районах, а также в окрестностях г. Североуральска.

Определение материала выполнено автором по определительным таблицам М.Н. Никольской (1978), Л.С. Кимси (Kimsey, Bohart, 1990) и описаниям Л. Берланда (Berland, Berland, 1938). За период исследований было собрано и проанализировано около 5 200 экз. насекомых. Порядок перечисления видов принят по М.Н. Никольской (1978). Материал, представленный в работе, хранится на кафедре зоологии Уральского госуниверситета и в фондах ИЭРиЖ УрО РАН.

Целью настоящей работы является изучение фауны и особенностей экологии ос-блестянок Свердловской области. Были поставлены следующие задачи: 1) инвентаризовать фауну ос-блестянок Свердловской области; 2) изучить фенологические аспекты блестянок в подзоне южной тайги Среднего Урала в пределах Свердловской области; 3) выяснить пищевые связи взрослых ос с энтомофильными растениями южной тайги Среднего Урала в пределах Свердловской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

К настоящему времени в Свердловской области зарегистрировано нахождение 26 видов ос-блестянок, относящихся к 9 родам (Рудоискатель, 2006, 2008, 2010), из них 25 видов до наших исследований не были отмечены на территории области: *Cleptes* sp. (ближе не определено), *Omalus sareptanus* Mocsary, 1889, *O. aeneus* (Fabricius, 1787), *O. auratus* (Linnaeus, 1761), *Holopyga amoenula* (Dahlbom, 1845), *Hedychrum nobile* Scopoli, 1763, *H. gerstaeckeri* Chevrier, 1869, *Hedychridium ardens* (Coquebert, 1801), *H. coriaceum* (Dahlbom, 1854), *Euchrum roseum Rossius*, 1790, *Trichrysis cyanea* (Linnaeus, 1761), *Chrysis dichroa* Dahlbom, 1854, *Ch. hirsuta* Gerstaecker, 1869, *Ch. pustulosa* Abeille de Perrin, 1878,

Ch. bicolor Lepeletier, 1806, *Ch. fasciata* Olivier, 1790, *Ch. iris* Christ, 1791, *Ch. viridula* Linnaeus, 1761, *Ch. splendidula* Rossius, 1790, *Ch. sybarita* Foerster, 1853, *Ch. fulgida* Linnaeus, 1761, *Ch. valida* Mocsary, 1889, *Ch. ignita* (Linnaeus, 1761), *Ch. longula* Abeille de Perrin, 1879, *Pseudochrysis neglecta* (Shuckard, 1837). По литературным сведениям и нашим данным, в Свердловской области обитает не менее 224 видов ос-образных (Vespoidea), доля блестянок при этом составляет 11.6%.

По времени встречаемости в природе блестянок подзоны южной тайги Урала (исследования проводились на стационаре биологической станции Уральского госуниверситета — окр. дер. Ключи, Сысертский район Свердловской области, 65º35' с.ш., 60º50' в.д.) мы разделили на три группы (Добровольский, 1969):

Полисезонные. Виды с длительным периодом лёта, который начинается с первой декады мая (± 5–10 дней) и продолжается до конца сентября. К этой группе относится 4 вида: *Omalus sareptanus*, *Trichrysis cyanea*, *Chrysis longula*, *Ch. ignita*.

Весенне-летние виды. Встречаются с конца мая, а лёт заканчивается в августе (3 вида): *Omalus aeneus*, *Chrysis hirsuta*, *Ch. pustulosa*.

Летние. Группа ос, лёт которых начинается в июне и заканчивается в августе. Самая многочисленная группа, объединяющая 17 видов: *Omalus auratus*, *Holopyga amoenula*, *Hedychrum nobile*, *Hedychridium ardens*, *H. coriaceum*, *Euchrum roseum*, *Chrysis pustulosa*, *Ch. bicolor*, *Ch. fasciata*, *Ch. iris*, *Ch. viridula*, *Ch. splendidula*, *Ch. sybarita*, *Ch. fulgida*, *Ch. valida*, *Pseudochrysis neglecta*.

В условиях южной тайги Среднего Урала (юг Свердловской области) нами выявлено 19 видов цветковых растений из 8 семейств (Umbelliferae, Compositae, Polygonaceae, Euphorbiaceae, Cruciferae, Rosaceae, Rubiaceae, Geraniaceae), на которых было зарегистрировано питание 17 видов блестянок (см. рисунок). Наблюдения проводили с III декады мая до II декады сентября (2004–2010 гг.).

По нашим наблюдениям, *Omalus sareptanus* и *O. auratus* в Свердловской области являются паразитами роющих ос рода *Passaloecus* Shuckard, 1837 (Hymenoptera, Crabronidae). Блестянки были выведены из заселенных искусственных гнезд на стационаре биостанции УрГУ (Рудоискатель, Фадеев, 2008б). В литературе детальных сведений о паразитировании этих видов на осах рода *Passaloecus* Shuck., по-видимому, нет.

ВЫВОДЫ

Фауна ос-блестянок Свердловской области к настоящему времени насчитывает 26 видов, относящихся к 9 родам.

В условиях подзоны южной тайги Среднего Урала детально изучена фенология 24 видов хризидид. По времени встречаемости в природе блестянки были разделены нами на три основные группы: полисезонные — 4 вида, весенне-летние — 3, летние — 17.

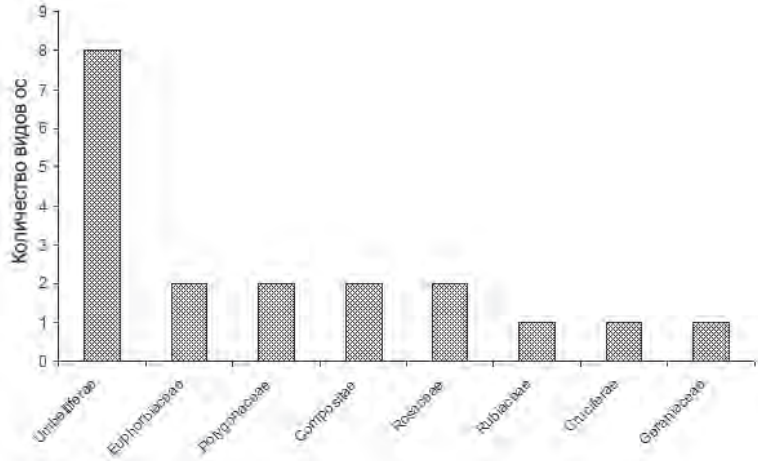

Рисунок. Трофические связи ос-блестянок с цветковыми растениями южной тайги Среднего Урала (в пределах Свердловской области).

В условиях южной тайги Среднего Урала нами выявлено питание 17 видов хризидид на 19 видах цветковых растений из 8 семейств.

Выражаю благодарность всем коллегам, любезно передавшим свой энтомологический материал. Признателен С.А. Белокобыльскому, куратору коллекционного фонда отделения перепончатокрылых насекомых Зоологического института (г. Санкт-Петербург), за возможность работы с коллекциями М.Н. Никольской и А.П. Семенова-Тян-Шанского.

Работа выполнена при поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ-3260.2010.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Благовещенская Н.Н. Осы-энтомофаги Среднего Поволжья // Экология насекомых и их охрана: Межвузовский сб. науч. тр. Ульяновск: УГПИ им. И.Н. Ульянова, 1990. С. 5–29.

Вершинина А.О., Мокин П.В., Рещиков А.В., Рудоискатель П.В. Дополнения к фауне перепончатокрылых (Hymenoptera) национального парка «Себежский» // Национальный Парк «Себежский»: Мат-лы научно-практич. конф. Псков, 2006. С. 109–112.

Винокуров Н.Б. Видовой состав ос-хризидид (Hymenoptera, Chrysididae) в зоне лесной рекультивации нарушенных земель горных экосистем Кабардино-Балкарии // Современные проблемы популяционной экологии: IX междун. научно-практич. экологич. конф. Белгород, 2006а. С. 31–32.

Винокуров Н.Б. Новый для фауны Европы вид ос-блестянок *Chrysis bilobata* Balthasar (Hymenoptera, Chrysididae) и особенности его экологии на

Северном Кавказе // Методология и методы научных исследований в области естествознания: Мат-лы Всероссийской научно-практич. конф., посвященной 100-летию д.б.н., проф. Л.В. Воржевой. Самара: Изд-во СГПУ, 2006б. С. 63–67.

Винокуров Н.Б. Осы-хризидиды (Hymenoptera, Chrysididae) особо охраняемого эколого-курортного региона Кавказских Минеральных Вод // Актуальные проблемы сохранения устойчивости живых систем: Мат-лы VIII междун. науч. экологич. конф. Белгород, 2004. С. 33–34.

Добровольский Б.В. Фенология насекомых. М.: Высшая школа, 1969. 232 с.

Званцов А.Б. Фауна и географическое распространение ос-блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) в Московской области // Насекомые Московской области. М.: Наука, 1988. С. 80–97.

Леви Э.К., Сысолетина Л.Г., Шернин А.И. Отряд Перепончатокрылые // Животный мир Кировской области. Вып. 2. Киров, 1974. С. 236–288.

Никольская М.Н. Определитель насекомых европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. Т. 3, ч. 1, вып. 119. С. 58–71.

Редикорцев В.В. Матеріалы къ энтомофаунъ Урала. Ч. II // Записки УОЛЕ. Екатеринбург, 1911. Т. 31. Вып. 1. С. 86–93.

Редикорцев В.В. Матеріалы къ энтомофаунъ Урала // Записки УОЛЕ. Екатеринбург, 1907. Т. 26. С. 75–80.

Рещиков А.В. Осы (Hymenoptera: Aculeata: Vespidae, Mutillidae, Pompilidae, Sphecidae, Chrysididae, Cleptidae) национального парка «Себежский» // РИО+10: Охрана окружающей среды, природопользование, образование: Мат-лы Псковской обл. экологич. конф. Великие Луки: Дом экологического просвящения, 2002. Вып. 7. С. 116–122.

Рудоискатель П.В. Дополнения к фауне ос Республики Коми // Исследования биологических систем: перспективы и достижения: Тезисы студенческой науч. конф. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2004а. С. 16–17.

Рудоискатель П.В. Итоги изучения фауны и экологии осообразных (Hymenoptera: Scolioidea, Pompiloidea, Chrysidoidea, Vespoidea et Apoidea) на Среднем Урале // Биология будущего: традиции и инновации: Мат-лы Всероссийской, с междун. участием, конф. молодых ученых, посвященной 90-летию УрГУ. Екатеринбург: АМБ, 2010. С. 15–16.

Рудоискатель П.В. К изучению ос (Hymenoptera, Vespoidea) в Висимском заповеднике // Экологические исследования в Висимском биосферном заповеднике: Мат-лы науч. конф., посвященной 35-летию Висимского заповедника. Екатеринбург, 2006. С. 281–283.

Рудоискатель П.В. К фауне блестянок, складчатокрылых и роющих ос (Hymenoptera, Chrysididae, Vespidae, Sphecidae и Crabronidae) заповедника «Денежкин Камень» (Северный Урал) // Горные экосистемы и их компоненты: Труды междун. конф. Т. 3. М.: КМК, 2007. С. 75–76.

Рудоискатель П.В. Материалы к фауне блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) Свердловской области // Мат-лы междун. научно-практич. конф. / Труды Ставропольского отделения РЭО: Вып. 4. Ставрополь: Аргус, 2008а. С. 141–142.

Рудоискатель П.В. Материалы к фауне Ильменского заповедника. I. Блестянки и складчатокрылые (Hymenoptera, Chrysididae, Vespidae) // Биоразнообразие наземных и почвенных беспозвоночных на Севере. Сыктывкар, 1999. С. 170–172.

Рудоискатель П.В. Материалы к фауне осообразных Восточно-Уральского заповедника // Мат-лы IV международной конференции. Оренбург, 2008б. С. 211–214.

Рудоискатель П.В. Первые сведения к фауне осообразных (Hymenoptera, Vespoidea) заповедника «Шульган-Таш» // Исследования биологических систем: перспективы и достижения: Тезисы студенческой научн. конф. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2004б. С. 17–18.

Рудоискатель П.В., Фадеев К.И. Опыт использования искусственных гнездовий для изучения биологии некоторых складчатокрылых и роющих ос (Hymenoptera: Vespidae; Sphecidae) в окрестностях г. Екатеринбурга // Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее: Мат-лы конф. молодых ученых ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург: Гощицкий, 2008. С. 253–257.

Стойко Т.Г., Полумордвинов О.А. Обзор фауны ос-блестянок (Hymenoptera: Chrysididae) Пензенской области // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов: СГУ, 2004. Вып. 3. С. 53–57.

Федоров Г.К. Некоторые семейства жалящих перепончатокрылых (Hymenoptera: Chrysididae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Eumenidae, Sphecidae) Себежского национального парка // Природа Псковского края, 1999. Вып. 9. С. 9–11.

Фурсов В.Н. Как собирать насекомых-энтомофагов (сбор, содержание и выведение паразитических перепончатокрылых). Киев: Логос, 2003. 66 с.

Шибаев С.В. Материалы к фауне ос-блестянок (Hymenoptera, Chrysididae) на территории Среднего Поволжья // Тезисы докл. Симпозиума стран СНГ по перепончатокрылым насекомым. М., 2006. С. 93.

Щербаков Д.Е. Новые находки перепончатокрылых из Подмосковья и других регионов России с замечаниями по синонимии видов *Konowia* // Русский энтомологический журнал, 2008.Т. 17(2). С. 209–212.

Юферев Г.И., Целищева Л.Г., Алалыкина Н.М. Отряд Перепончатокрылые // Животный мир Кировской области. Беспозвоночные животные (Дополнение). Киров, 2001. Т. 5. С. 186–208.

Berland L., Berland F. Faune de France. 34. Hym nopt res Vespiformes. III. (Cleptinae, Chrysididae, Trigonalidae). Paris, 1938. 146 p.

Kimsey L.S., Bohart R.M. The Chrysidid Wasp of the World. Oxford, New York, Toronto: Oxford University Press, 1990. 652 p.

Linsenmaier W. Revision der Familie Chrysididae (Hymenoptera, Chrysididae) mit besondere Berucksichtigung der europaischen Species // Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., 1959. Bd. 32, H.I. 232 S.

РАДИОНУКЛИДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В ОЦЕНКЕ УРОВНЕЙ ПЛУТОНИЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

О.В. Рукавишникова, Е.В. Глухова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: радионуклидные отношения, плутоний, радионуклиды.

В настоящее время в Уральском регионе сложилась сложная радиационная обстановка. Его территория подвергается загрязнению радионуклидами, поступающими в составе сбросов и выбросов атомно-энергетических предприятий, работающих в штатном режиме, и, особенно, в результате радиационных аварий. Качественный и количественный состав таких выбросов и сбросов определяется особенностями аварийных ситуаций и технологических процессов, используемых на предприятиях. Так, известно, что в аварийных выбросах ПО «Маяк» (1957 г.), обусловивших формирование Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа), среди долгоживущих радионуклидов преобладал ^{90}Sr, а величина его отношения к ^{137}Cs составляла 71. Позднее, в 1967 г., эту же территорию загрязнили принесенные ветром радиоактивные донные отложения оз. Карачай, которое служило технологическим водоемом ПО «Маяк». Величина отношения ^{90}Sr/^{137}Cs в загрязненных донных отложениях составляла 0.3.

Цель работы состояла в оценке уровней загрязнения почв головной части ВУРСа и возможности их использования для расчетного определения содержания плутония в почвах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В 2003–2007 гг., в непосредственной близости от эпицентра аварии на ПО «Маяк» в 1957 г. были заложены три трансекты протяженностью по 15 км. Центральная трансекта совпадала с осью следа, а западная и восточная охватывали соответствующие его периферии и находились на удалении 3–5 км от оси следа. На разном расстоянии от эпицентра аварии в пределах каждой трансекты закладывали почвенные разрезы. Пробы почв отбирали из разрезов слоями до глубины 45 см с учетом площади.

Содержание ^{90}Sr и ^{239,240}Pu определяли радиохимическим, а ^{137}Cs — гамма-спектрометрическим методами. Предел обнаружения для ^{90}Sr составлял 0.2 Бк, Pu — 0.001 Бк, ^{137}Cs — 0.1 Бк. Погрешность не превышала 20%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что обследованная территория загрязнена радионуклидами в разной степени (см. таблицу). Основной загрязнитель центральной трансекты — ^{90}Sr. Его максимальный запас в почве достигает 39 800 кБк/м^2. Количество ^{137}Cs и ^{239,240}Pu значительно меньше — не превышает 1 244 и 106.7 кБк/м^2 соответственно. В почвах западной трансекты также преобладает ^{90}Sr, а на территории восточной загрязнение сформировано ^{90}Sr и ^{137}Cs в равной степени. В целом запасы радионуклидов на периферии следа примерно на один-два порядка величин меньше, чем в почвах центральной трансекты. По уровню загрязнения обследованной территории радионуклиды располагаются в ряду ^{90}Sr>^{137}Cs>^{239,240}Pu.

ТАБЛИЦА. *Содержание радионуклидов в обследованных почвах, кБк/м^2*

Трансекты	^{90}Sr	^{137}Cs	^{239,240}Pu
Центральная	39 800 / 10 800	1 244 / 370.6	106.7 / 25.0
Западная	96.6 / 10.5	67.6 / 4.5	0.66 / 0.31
Восточная	178.9 / 136.6	167.1 / 117.2	0.92 / 0.76

Примечание. Над чертой – вблизи ПО «Маяк», под чертой – на удалении 15 км.

Изучение характера вертикального распределения радионуклидов в разных типах почв показало, что основное их количество, как правило, сосредоточенно в слое 15 см.

Учитывая трудоемкость и высокую стоимость определения плутония радиохимическим методом, мы попытались наряду с аналитическим определением оценить его запасы в почвах, полученные расчетным путем. Для расчетов использовали данные, характеризующие уровни загрязнения почв ^{90}Sr и ^{137}Cs, а также величины радионуклидных отношений. Для аварийных выпадений 1957 г. брали отношения ^{239,240}Pu/^{90}Sr = 0.0018 и ^{90}Sr/^{137}Cs=71. Донные отложения оз. Карачай характеризовались величинами отношений ^{239,240}Pu/^{137}Cs = 0.0118 и ^{90}Sr/^{137}Cs=0.3.

На первом этапе, решая систему уравнений с использованием радионуклидных отношений, рассчитали вклад двух аварий в загрязнение ^{90}Sr и ^{137}Cs почвенного покрова каждой трансекты:

$$x+y=a\ (1);\ v+p=b\ (2);\ -71x+p=0\ (3);\ -0.3y+p=0\ (4),$$

где x — ^{137}Cs, v — ^{90}Sr, поступившие в ходе аварии 1957 г. (кБк/м^2); y — ^{137}Cs, p — ^{90}Sr принесенные с донными отложениями оз. Карачай (кБк/м^2); a — суммарное содержание ^{137}Cs, b — ^{90}Sr в местах отбора

проб, (кБк/м^2). Используя полученные результаты и приведенные выше радионуклидные отношения $^{239,240}Pu/^{90}Sr$ и $^{239,240}Pu/^{137}Cs$, рассчитали вклад каждой из аварий в плутониевое загрязнение почв. Общий запас $^{239,240}Pu$ представляет собой сумму вкладов двух аварий и глобальных радиоактивных выпадений.

Так как эти величины были определены группой исследователей (Ааркрог и др., 1998) в 1995 г., все результаты настоящей работы были откорректированы поправкой на распад. В расчетах учитывали и уровень глобального фона.

Запасы $^{239,240}Pu$, определенные аналитическим методом и рассчитанные с использованием изотопных отношений в слоях почвы разной мощности, представлены на рис. 1. Видно, что на участке остепнённого луга имеет место удовлетворительная сходимость аналитического и расчетного методов определения содержания плутония в слоях почвы мощностью 15 см и более. В условиях избыточного увлажнения почв увеличение мощности слоя с 5 до 40 см приводит к росту различий от 5 до 34%.

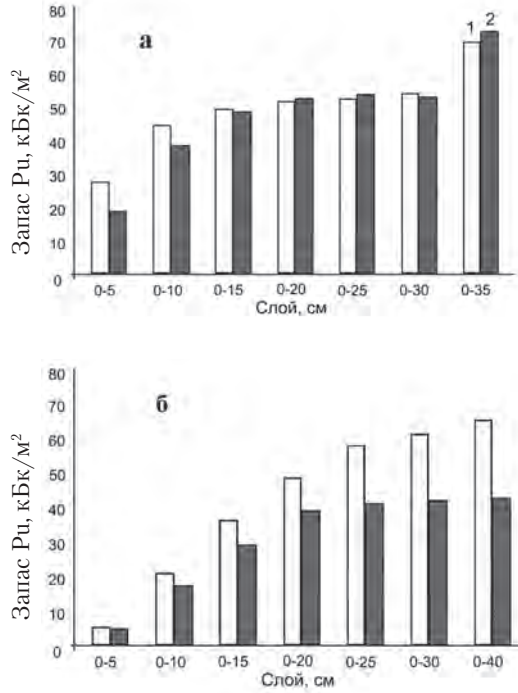

Рис. 1. Запас плутония в почвах остепнённого (а) и пойменного (б) лугов. 1 — аналитическое определение, 2 — расчетные данные.

С учетом полученных данных мы рассчитали запас плутония в почвенном покрове трех обследованных трансект и сравнили эти результаты с его реальным содержанием (рис. 2). В почвах остепненного луга центральной трансекты запасы плутония отличались от реальных в среднем на 3.2%, а в почвах пойменного луга — на 34%, на западной трансекте различия составляли 46.3%, однако все они были статистически недостоверны. На восточной трансекте различия в оценках запасов плутония, полученных расчетным и аналитическим путем, достигали 90%. Видимо, это обусловлено наличием дополнительных источников поступления радионуклидов неустановленного состава. Одним из них могут быть аэрозольные выбросы ПО «Маяк» (Бакуров и др., 2007).

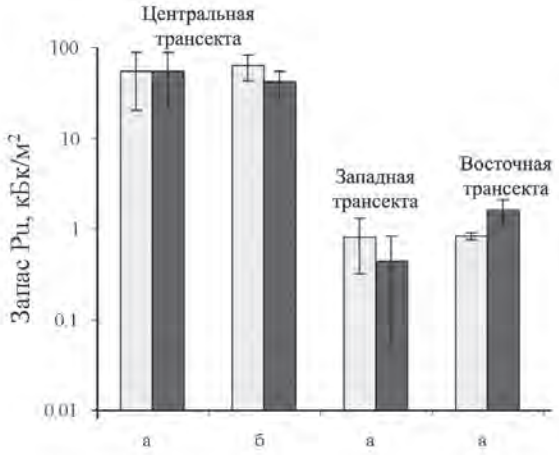

Рис. 2. Запас плутония в почвах остепненного (а) и пойменного (б) лугов, определенный аналитическим (светлые столбики) и расчетным (темные столбики) методами.

ВЫВОДЫ

Почвенный покров обследованных экосистем загрязнен преимущественно ^{90}Sr, максимальные запасы которого вблизи оси следа достигают 39 800 кБк/м^2. Содержание ^{137}Cs на один, а $^{239,240}Pu$ на два порядка величин ниже. В исследованных почвах основное количество радионуклидов сосредоточенно в верхнем 15-см слое.

Достоверно рассчитать запасы изотопов Pu можно при условии, что мощность опробованного почвенного слоя соответствует той части профиля, в которой содержится не менее 85% ^{90}Sr и ^{137}Cs от общего их содержания в почве.

Сравнение оценок содержания изотопов Pu в почвах, полученных аналитическим и расчетным путем, показало удовлетворительную сходимость результатов на территориях, загрязненных радиоактивными выпадениями с известным соотношением радионуклидов. При наличии дополнительных источников поступления неустановленного состава расчетный метод не применим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ааркрог А., Дальгаардт Х., Нильсен С.П. и др. Радионуклиды в зонах воздействия двух ядерных инцидентов: Кыштым, 1957; оз. Карачай, 1967 // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин / Под ред. А.В. Трапезникова и С.М. Вовка. Заречный, 1998. С 5–50.

Бакуров А.С., Шейн Г.П., Аксенов Г.М., Ровный С.И. Обобщение многолетних результатов радиационного мониторинга в зоне влияния ПО «Маяк» // Опыт преодоления последствий техногенных аварий и развитие атомных технологий: Мат-лы. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию аварии на ПО «Маяк». Челябинск, 2007. С 8–25.

ЭКОУРБОГЕНЕЗ: В ПОИСКАХ СТРАТЕГИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

М.О. Садыков

Уральская государственная архитектурно-художественная академия, г. Екатеринбург

Ключевые слова: урбанизация, динамика экосистем, экология города, экоурбогенез.

В современной системе расселения наблюдается комплекс взаимосвязанных тенденций и проблем, порождающих кризис природопользования, что делает эти проблемы общими для градостроительства и экологии. Контакты между этими науками слабы и опосредованы, в связи с чем в архитектурной науке представления об окружающей среде редко выходят за рамки обывательского «экологизма», а экология не располагает проектировочным инструментарием для вмешательства в территориальное планирование (ТП). Полем совместной деятельности архитекторов и экологов должна стать разработка альтернативных концепций ТП. В настоящей работе рассматривается выдвинутая автором гипотеза, лежащая в основе одной из таких концепций.

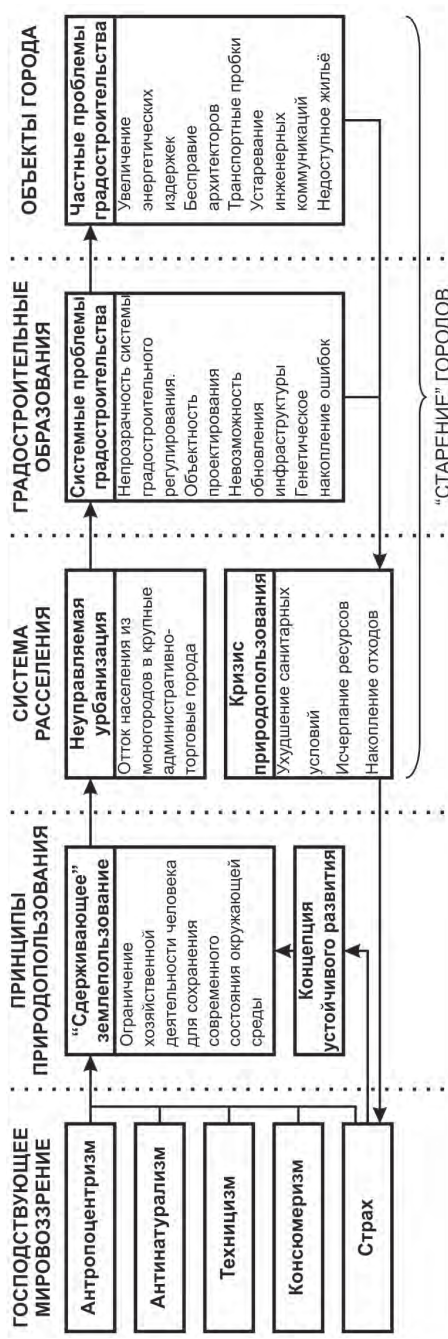

Рисунок. Структура актуальных проблем территориального планирования.

Предваряя гипотезу, необходимо провести обзор проблем современного ТП, сгруппированных по уровню проявления и согласно причинно-следственным связям (рисунок).

Архитекторы, как правило, занимаются решением частных градостроительных проблем, но даже самые продуманные решения принимаются согласно системе, эти проблемы породившей. Возможное изменение системы вызывает много бесплодных споров в профессиональной среде архитекторов.

Большинство проблем градостроительства и ТП обострено процессами урбанизации: ростом административно-торговых городов и распространением городского образа жизни. Проблемные аспекты урбанизации усугублены на постсоветском пространстве существованием моногородов, нежизнеспособных в условиях гражданских свобод и рыночной экономики. Спецификой урбанизации в Российской Федерации является неравномерное распределение крупных административно-торговых городов и их малая площадь по отношению к общей площади государства. Процесс урбанизации практически неуправляем в гражданском обществе, а противодействие ему сопряжено с большими убытками (Пивоваров, 1999).

На вершине иерархии проблем находятся господствующие мировоззренческие установки: антропоцентризм (что благо для человека, то благо вообще), антинатурализм (на человека не распространяются естественные законы), техницизм (возможности науки и техники безграничны) и консюмеризм (социальное превосходство через потребление), под властью которых общество породило заведомо ошибочную систему природопользования. На этом же уровне проявляется и страх перед будущим, заставляющий общество искать способы сохранения существующего уклада вещей в меняющихся условиях. В изменениях образа жизни общество не заинтересовано в связи с теми же четырьмя установками, которые не могут быть исправлены одними только воспитанием и образованием (Криницын, 2009).

Плодотворное научное вмешательство возможно лишь на уровне принципов природопользования, которые устанавливаются законодательно, но при отсутствии достойной научной альтернативы исходят из господствующего мировоззрения. Видимостью такой альтернативы является концепция устойчивого развития — политизированный комплекс реакционных критериев для оценки инновационных разработок, создающий иллюзию природоохранной деятельности. Под знаменами устойчивого развития взращиваются такие антинаучные концепции, как энергосбережение (сокращение потребления ресурсов на уровне индивидуального потребителя при увеличении суммарного ресурсопотребления системы), зеленая архитектура (внесение в архитектуру зеленых насаждений без понимания процессов, протекающих в почвах), космополис (неограниченный рост

городов вплоть до объединения в глобальный город) и экодома (формирование комфортной среды внутри здания любой ценой). В этих концепциях экономическая целесообразность остается движущей силой устойчивого развития, а заявленное «сохранение окружающей среды» представлено преимущественно демагогическими лозунгами. Причины противоречий между экологией и экономикой подробно освещены в классической литературе по экологии (Одум, 1986).

В градостроительстве и территориальном планировании устойчивость проявляется в том, что инфраструктура исторического центра города воспроизводится во всем остальном городе. Неизменный исторический центр становится источником анахронизмов и градостроительных ошибок, неизбежно накапливающихся на периферии города. В градостроительстве это явление известно как генетика городов. Прямым следствием генетически предопределенного развития становится «старение городов» — увеличение удельной ресурсоемкости протекающих в городе процессов вне зависимости от уровня жизни, поскольку инфраструктура города неспособна адаптироваться к меняющимся условиям. На фоне роста ресурсопотребления увеличивается пагубное и ничем не компенсируемое воздействие человека на протекание биосферных процессов. Идея «старения городов» является обобщающей для актуальных проблем городов и кризиса природопользования и тем самым дает подсказку, каким образом должна быть изменена система.

Предложенная автором концепция ТП получила название *экоурбогенез* — проектирование городов как гетеротрофных экосистем в составе меняющейся экосистемы более высокого порядка. Приоритетами экоурбогенеза являются обновление городов и баланс между истощением и восстановлением почв в соответствии с представлениями о динамике экосистем.

Обновление городской структуры может быть достигнуто путем миграции городов: последовательного развития в одном или немногих географических направлениях и отчуждения территории в противоположных. Город, не имеющий привязки к историческому центру, не воспроизводит первоначальный «ген» города, благодаря чему каждый последующий участок инфраструктуры адекватнее актуальным факторам градостроительства, чем предыдущий. Как именно добиться этого — вопрос прикладного градостроительства, причем вопрос несложный: географическое движение городов создает необходимые условия для того, чтобы возросла эффективность ранее известных средств градостроительства.

Миграции городов невозможны при «сдерживающем» землепользовании, согласно которому город удерживается в существующих границах, а освоение новых территорий осуществляется лишь небольшими участками. «Сдерживающее» землепользование исходит из двух ложных предпосылок: техносфера и биосфера могут

быть взаимно изолированы, а окружающая среда нуждается в сохранении современного состояния. Этих же взглядов придерживается и современная градостроительная практика. Оборотной стороной «сдерживающего» землепользования является то, что человек никогда не отчуждает ранее освоенные территории, если рентабельно дальнейшее их хозяйственное использование. Кроме того, «сдерживающее» землепользование порождает «старение городов», что на практике опровергает первую предпосылку, а представление о динамике экосистем опровергает вторую предпосылку: природоохранная деятельность заключается не в сохранении современного состояния, а в поддержании биосферных процессов. В свете этих представлений на смену «сдерживающему» должно прийти «балансирующее» землепользование, входящее в состав концепции экоурбогенеза.

Процессы хозяйственного освоения и естественного восстановления экосистем аналогичны, но разнонаправленны: экогенетическая сукцессия формирует и обогащает почвы, а хозяйственная деятельность истощает их. Даже в самых благоприятных условиях в лесной полосе восстановление экосистем на ландшафтах с уничтоженной почвой протекает не менее 1 000 лет, поэтому принято считать, что раз город стоит на истощенных почвах, пусть и дальше находится на том же месте — к чему нам бесплодная пустыня. Но в том случае, если была уничтожена лишь растительность, для естественного восстановления экосистем достаточно 100 лет, и оно может быть ускорено рекультивацией (Разумовский, 1981). Если в географически движущемся городе ограничить продолжительность каждой фазы хозяйственного освоения территорий и использовать средства градостроительства, щадящие по отношению к почвам (а это не представляет сложности, если не иметь установки «строить на века»), в шлейфе отчуждения города оказывается не пустыня, а быстро восстанавливающийся пустырь.

Таким образом, экологическая целесообразность экоурбогенеза обусловлена сокращением энергоемкости городов за счет обновления и оптимизации их структуры и отчуждения территорий, опережающего истощение почв. Изменение принципов землепользования меняет факторы ценообразования и влечет за собой изменение приоритетов рынка, но сами механизмы социального устройства и рыночной экономики остаются неизменными. Благодаря этому экоурбогенез в отличие от большинства футуристических концепций позволяет достигнуть экологических преимуществ без принципиального изменения образа жизни горожанина.

В настоящее время экоурбогенез является лишь умозрительно аргументированной гипотезой, но в программу дальнейших исследований заложены расчеты продолжительности и последовательности фаз хозяйственного освоения территорий в соответствии с экспериментальными данными экологии и разработка пространственных моделей эко-

урбанистических образований. Автор допускает, что мог неверно или избирательно интерпретировать научное знание фундаментальной экологии, поэтому экологи приглашаются к сотрудничеству и дискуссии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Криницын С.В. Мир между двух экологий. Екатеринбург: Банк культурной информации, 2009. 108 с.

Одум Ю. Экология: пер. с англ: в 2 т. М.: Мир, 1986.

Пивоваров Ю.Л. Основы геоурбанистики. М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 1999. 232 с.

Разумовский С.М. Закономерности динамики биоценозов. М.: Наука, 1981. 232 с.

РАЗНООБРАЗИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕЧНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

И.И. Самойловская

Челябинский госуниверситет

Ключевые слова: антропогенное воздействие, макрозообентос, речные экосистемы.

Реки, протекающие по урбанизированным территориям, подвергаются антропогенному воздействию, приводящему к изменениям всех компонентов речных экосистем. Цель настоящей работы — охарактеризовать влияние сбрасываемых недостаточно очищенных хозбытовых стоков на макрозообентос р. Биргильда. Задачи: 1) определить таксономический состав макрозообентоса реки; 2) оценить изменение разнообразия организмов макрозообентоса на участках, различающихся по степени загрязнения.

Отбор проб производился выше (станции 010 и 020) и ниже (станции 030 и 040) пос. Полетаево в мае (после паводка) 2009 г. и октябре 2010 г. путем кошения гидробиологическим сачком зарослей макрофитов и прибрежной растительности (Руководство..., 1992). Организмы определяли по соответствующим руководствам. Таксономическое сходство макрозообентоса участков сравнивали с помощью коэффициентов Жаккара и Чекановского.

Всего определено 33 таксона макрозообентоса. Доминирующими группами являются насекомые и моллюски.

В мае 2009 г. число таксонов по станциям изменялось следующим образом: станция 010 — 14 таксонов, 020 — 8, 030 — 12, 040 — 16. Показатели сходства таксономического состава разных станций низкие: значения коэффициента Жаккара колеблются от 0.12 до 0.30, коэффициента Чекановского — от 0.21 до 0.47. Наименьшая скорость течения и более развитая растительность характерны для станций 010 и 040. Наибольшая скорость течения при почти полном отсутствии зарослей отмечены на станции 020.

Жаркое и сухое лето 2010 г. привело к пересыханию реки в среднем течении (станция 010), от которой к осени сохранились лишь небольшие водоемы в наиболее глубоких местах (станция 020). Наибольшее разнообразие зафиксировано в пробе из такого водоёма — 12 таксонов. На станции 030 определено 8 таксонов, на станции 40 — 2. Показатели сходства остались низкими: 0–0.18 — коэффициент Жаккара, 0–0.30 — коэффициент Чекановского.

ВЫВОДЫ

1. Определяющим фактором разнообразия таксонов макрозообентоса весной после паводка является наличие местообитаний на станциях — зарослей растительности. Степень развития водной и прибрежной растительности определяется скоростью течения, извилистостью русла, глубиной реки и другими гидрологическими характеристиками.

2. Уменьшение расхода воды в реке в осеннюю межень ослабляет возможность разбавления сточных вод и приводит к повышению концентрации загрязняющих веществ в реке. Как следствие, снижается разнообразие организмов макрозообентоса на станциях, расположенных ниже точки сброса стоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ ФОНОВЫХ И ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Е.М. Секерина, О.В. Семенова

Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия

Ключевые слова: биоразнообразие, дождевые черви, почвенная мезофауна, токсическая нагрузка.

Мезофауна — самая многочисленная часть почвенных животных, размер которых колеблется в пределах от 1.3 до 10.2 мм. В городах в результате значительного загрязнения почвы наблюдается снижение биоразнообразия почвенной мезофауны, поэтому целью нашей работы стало изучение видового состава и динамики численности почвенных животных на участках с различной степенью токсической нагрузки.

Было выбрано 5 участков, различающихся по степени химического загрязнения, расположенных на территории г. Нижний Тагил (с. Покровское — 1.0; Корабельный мыс — 3.3; Рудник — 6.2, Алапаевский отвал — 8.4; Строгановские отвалы — 22.8 отн. ток. ед.). Отбор почвенной мезофауны проводился в летний период 2007 и 2009 гг. с помощью биоценометра. Отобранных из почвы беспозвоночных фиксировали в 50%-ном растворе спирта.

За время исследования нами было обнаружено 9 систематических групп почвенных животных. В 2007 г. практически на всех участках были найдены представители всех групп, а 2009 г. по количеству систематических групп лидировал Рудник — 9 групп. На одном из самых загрязненных участков (Алапаевский отвал) обнаружены только 4 группы.

Изучение динамики численности и биоразнообразия почвенной мезофауны показало, что как в 2007 г., так и в 2009 г. на исследуемых участках преобладали дождевые черви, моллюски и личинки жуков.

Общая численность почвенных животных за два года наблюдений на различных участках значимо не различалась (попарные сравнения методом Манна-Уитни).

Наибольшее значение в почве имеют дождевые черви, особенно велика их роль в почвообразовании. Эти малоподвижные животные, устойчивые к изменениям среды, — удобный объект для изучения, как изменения в окружающей среде, вызванные деятельностью человека, отражаются на животном мире. Нами было обнаружено 5 видов

дождевых червей. Наибольшая их численность в 2007 г. наблюдалась на Корабельном мысе и Алапаевской ветке, а в 2009 г. — в с. Покровское, что может быть связано с низкой степенью загрязнения данных участков (исключение — Алапаевская ветка), либо с колебаниями численности внутри данной группы.

Таким образом, на исследуемых участках обнаружено 9 таксономических групп. Лидирующее положение занимают представители жесткокрылых, моллюски и малощетинковые черви. Показатели численности почвенных беспозвоночных в 2007 и 2009 гг. на одних и тех же территориях значительно различались, что, вероятно, связанно с климатическими условиями. Значимых различий между численностью почвенных беспозвоночных на фоновой и загрязненных территориях не выявлено.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЧИВОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРЕСС-ФАКТОРА — ВЫБРОСОВ ТЭЦ-2

Н.Г. Семенец, И.В. Пак

Тюменский госуниверситет

Ключевые слова: сосна обыкновенная, морфометрические признаки, изменчивость, стресс.

Топливно-энергетический комплекс — один из крупнейших загрязнителей окружающей среды: в 2004 г. на его долю пришлось 48% общих выбросов вредных веществ в атмосферу.

Цель данной работы — изучение изменчивости сосны обыкновенной, произрастающей в районе ТЭЦ-2 г. Тюмени. Были поставлены следующие задачи: 1) определить показатели всхожести семян, собранных на участках в районе ТЭЦ-2 и контрольном; 2) изучить изменчивость морфометрических признаков хвои, почек, шишек и семян сосны обыкновенной, произрастающих в районе ТЭЦ-2; 3) оценить глубину различий в изменчивости морфологических признаков сосны обыкновенной за пятилетний период.

Изменчивость сосны обыкновенной изучали на двух участках, находящихся в окрестностях г. Тюмени: 1-й — зона выбросов, которая располагается в непосредственной близости от ТЭЦ-2 (радиус 1 км); 2-й (контрольный) — сосновый участок, который не подвергался влиянию вредных веществ, так как находился на расстоянии 15 км от ТЭЦ-2.

На исследуемых участках в 2005 и 2010 гг. собирали и обрабатывали шишки, семена, ветки с хвоей и почками. Комплексная оценка проростков, хвои, почек и шишек выявила глубокие различия по этим показателям у сосны обыкновенной, произрастающей в районе ТЭЦ-2 и на контрольном участке. В районе ТЭЦ-2 всхожесть семян оказалась достоверно ниже, чем у контрольных растений. Более низкие показатели всхожести сохранялись на протяжении 2005 и 2010 гг. Также для района ТЭЦ-2 характерна большая доля неполнозернистых, деформированных и пустых семян. Кроме того, на импактном участке (по сравнению с контрольным) зафиксировано уменьшение морфометрических показателей проростков семян, возрастание степени повреждения хвои, а также уменьшение средних значений признаков шишек и чешуи при возрастании их изменчивости.

Сравнение данных за 2005 и 2010 гг. свидетельствует о возрастании негативного воздействия на сосну обыкновенную и ухудшении всех изученных показателей.

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТАКТИКИ И СТРАТЕГИЯ *CALAMAGROSTIS EPIGEIOS* (L.) ROTH. ИЗ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ БИОТОПОВ

В.А. Сильных, Т.В. Жуйкова

Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия

Ключевые слова: генеративная сфера, онтогенетические тактики, онтогенетическая стратегия, химическое загрязнение.

Цель работы — изучение онтогенетических тактик и стратегий выживания вейника наземного *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., произрастающего на фоновой и техногенно нарушенных территориях.

Вейник наземный — многолетнее длиннокорневищное травянистое растение, представитель семейства злаковых (Poaceae) (Определитель..., 1994). Этот полиморфный вид широко распространен на песках, травянистых склонах, сухих лугах, в степях, среди кустарников, преимущественно на супесчаных почвах и в лесах. Факультативный эндемик, устойчив к химическим элементам, в том числе к тяжелым металлам.

Исследования проведены на фоновых и техногенно нарушенных территориях (Свердловская область, г. Нижний Тагил). В соответствии с интегральным показателем загрязнения участки были ран-

жированы на фоновый (S_i=1.5 отн. ед.), буферные (S_i=2.5–6.2 отн. ед.) и импактный (S_i=22.8 отн. ед.) (Жуйкова, 2009).

В период 2008–2010 гг. было исследовано пять ценопопуляций (ЦП). В каждой из них изучено 30 особей *C. epigeios*, находящихся в средневозрастном онтогенетическом состоянии. У каждого растения анализировали 14 признаков генеративной сферы: длина и ширина метелки; расстояния между первым и вторым, вторым и третьим, третьим и четвертым узлами; число боковых осей первого, второго, третьего порядков; максимальная и минимальная длина боковых осей первого, второго, третьего порядков.

Для каждого параметра вычислены среднее арифметическое, ошибка среднего и коэффициент вариации (C_v). Уровни варьирования признаков определены в соответствии с методическими рекомендациями Г.Н. Зайцева (1973). Онтогенетические тактики *C. epigeios* выделяли в соответствии с методическими разработками Ю.А. Злобина (1989), М.М. Ишмуратовой и А.Р. Ишбирдина (2002). Онтогенетическую стратегию вида определяли по характеру индекса морфологической интеграции (*I*), рассчитываемого как доля достоверных корреляционных связей от числа возможных парных связей (Злобин, 1989). Индекс виталитета ценопопуляции (*IVC*) оценивали по размерному спектру особей (Ишмуратова, Ишбирдин, 2002).

Анализ варьирования генеративных признаков в градиенте увеличивающейся токсической нагрузки выявил наличие у вида различных онтогенетических тактик. *Неопределенную тактику* проявляют такие признаки, как длина и ширина метелки, расстояние между первым и вторым, вторым и третьим узлами, число боковых осей первого, второго, третьего порядков, максимальная длина боковых осей первого, второго, третьего порядков, минимальная длина боковых осей первого и третьего порядков. *Дивергентно-конвергентная тактика* проявляется в изменчивости минимальной длины боковых осей второго порядка и расстояния между третьим и четвертым узлами.

Исследуемые ценопопуляции образуют следующий ряд жизненности по уменьшению *IVC* (участки с токсической нагрузкой): 1.5 > 2.7 > 6.2 > 22.8 > 3.3 отн. ед. Несмотря на то, что один из буферных участков (S_i=3.3 отн. ед.) стоит последним в данном ряду, можно констатировать тенденцию ухудшения жизненности ценопопуляций *C. epigeios* в градиенте повышающейся токсической нагрузки. Индекс размерной пластичности вида равен 1.43 и характеризуется как низкий.

Для *C. epigeios* характерна защитно-стрессовая онтогенетическая стратегия. С ухудшением условий роста до некоторой степени происходит усиление координации развития растения. Дальнейшее усиление загрязнения приводит к обратному процессу — ослаблению морфологической целостности растения и реализации стрессовой стратегии в условиях высокого загрязнения.

Работа выполнена по тематическому плану научно-исследовательских работ НТГСПА (задание Минобрнауки РФ в 2009–2011 гг., № гос. регистрации 1.1.08).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ишмуратова М.М. Родиола иремельская на Южном Урале. М.: Наука, 2006. 252 с.

Ишмуратова М.М., Ишбирдин А.Р. Об онтогенетических тактиках *Rhodiola iremelica* // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: Тез. докл. IV Всероссийского популяционного семинара. Нижний Тагил, 2002. С. 76–78.

Жуйкова Т.В., Гаренских С.В. Характеристика стоматографических признаков *Plantago major* L. и *Cirsium arvense* L. в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Мат-лы всерос. научно-практич. конфер. Киров, 2009. Вып. VII. Ч. 2. С. 99–102.

Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. Казань: Изд-во КГУ, 1989. 146 с.

Определитель сосудистых растений Среднего Урала / П.Л. Горчаковский и др. М.: Наука, 1994. 525 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПОЧВЫ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВКЛАДА ДЫХАНИЯ ПОДСТИЛКИ

И.А. Сморкалов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

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

Изучение почвенного дыхания — одно из важных направлений в современном почвоведении, экологии и биосферных исследованиях. При этом величина общей эмиссии CO_2 из почвы не всегда является информативным показателем ввиду своей комплексной природы, что ведет к большой вариабельности в пространстве и времени. Поэтому разделение общего потока углекислого газа с поверхности почвы на компоненты (определение вклада дыхания корней и микроорганизмов или определение вклада подстилки и минерального слоя) представляет одну из важнейших методологических задач.

Задача данной работы — разработать методику разделения вкладов дыхания подстилки и минерального слоя в общее дыхание почвы в полевых условиях.

Измерение почвенного дыхания проводили по стандартному варианту закрытого динамического камерного метода с использованием полевого респирометра SR1LP (Qubit systems, Canada).

Исследования выполняли в районе действия Среднеуральского медеплавильного завода (г. Ревда) в двух зонах: импактной (2 км от завода) и фоновой (34 км).

В первом варианте измеряли общее дыхание, затем измеряли дыхание минерального слоя сразу после удаления подстилки и через 5–30 мин. Интенсивность дыхания подстилки рассчитывали как разность общего потока углекислого газа и его эмиссии с поверхности минерального слоя. Этот подход оказался неудачным: для большой части измерений были получены отрицательные значения расчетного параметра — величины дыхания подстилки, что представляется неправдоподобным.

Поэтому мы изменили схему опыта: измеряли общее дыхание, аккуратно извлекали подстилку и помещали ее в полиэтиленовый пакет, который возвращали на место удаленной подстилки, а затем сразу и через 40 мин измеряли дыхание подстилки в пакете. Интенсивность дыхания минерального слоя рассчитывали как разность общего дыхания и дыхания подстилки.

В этом варианте опыта показатели дыхания подстилки оказались более стабильными после 40-минутной экспозиции подстилки в пакете. Не получено ни одного отрицательного значения дыхания минерального слоя (как рассчитываемого показателя). Предварительно полученные данные показали меньший вклад подстилки в общее дыхание в импактной зоне — 37.2±6.5% (n=5), по сравнению с таковым на фоновой территории — 52.1±2.6% (n=5). Приведены средние значения и стандартные ошибки среднего.

По результатам проведенного исследования разработана методика определения вкладов подстилки и минерального слоя в общий поток CO_2 из почвы: после измерения общего дыхания подстилку следует аккуратно перенести в воздухонепроницаемый пакет и поместить обратно на свое место. Чтобы избежать ошибок, вызванных увеличением выделения углекислого газа при неизбежном механическом перемешивании подстилки при изъятии, измерение ее дыхания следует проводить через некоторое время (40 мин и более).

Работа завершена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-01218), Программы развития ведущих научных школ (НШ-3260.2010.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИКИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА МОЛОЧАЙ (*EUPHORBIA* L.) ПО ПРИЗНАКАМ ЛИСТОВЫХ СЕРИЙ

С.В. Соловьев

Новосибирский госуниверситет

Ключевые слова: Euphorbia, листовые формации, листовые серии.

Секция *Esula* Dumort. — одна из наиболее сложных в таксономическом отношении групп рода *Euphorbia* L. Ее представители составляют большинство видов молочаев, распространенных на территории Урала и лесостепного Зауралья (Байков, Соловьев, 2010). Исследованию некоторых видов этой секции и посвящена данная работа.

Широкие пределы варьирования, а также слабая изученность индивидуальной и внутрипопуляционной изменчивости диагностических признаков затрудняют идентификацию видов молочаев. Решение данных вопросов невозможно без проведения детальных исследований качественных и количественных показателей. В диагностике молочаев используются многие признаки, среди которых особое внимание уделяется морфологии листьев (Байков, 1996; Гельтман, 1996). В связи со значительной изменчивостью морфологических признаков листьев наиболее эффективным может стать сравнительно-морфологический анализ полночленного листового ряда (серии), состоящего из листьев низовой, срединной и верховой формаций, а также листьев соцветия — брактей (Байков, 1997). Это позволит не только сравнивать листья синхронно по формациям друг с другом, но и выявлять различия в так называемых траекториях листовых рядов, которые отражают как видоспецифические черты, так и черты, обусловленные гидротермическим режимом сезонного развития растения.

В результате исследования были получены траектории изменения длины и ширины листьев для некоторых видов рода *Euphorbia,* которые показали, что систематически далекие виды характеризуются заметными различиями, а близкие виды имеют сходные траектории, но и они обладают уникальными отличиями. Например, два близкороственных вида — *E. uralensis* Fish. ex Link и *E. virgata* Waldst. et Kit., отличаются тем, что у первого в большинстве случаев имеется неполный листовой ряд, т.е. у образцов в фазе плодоношения отсутствуют или имеются в небольшом количестве листья срединной формации.

У некоторых образцов *E. uralensis* брактеи осей соцветия третьего порядка значительно меньше листьев низововой формации. У *E. virgata* верхние брактеи осей соцветия третьего порядка по размеру близки к листьям низовой формации, но всегда крупнее последних. Эти виды также отличаются по числу листовых рубцов: у *E. virgata* обычно менее 15, у *E. uralensis* — 20–35 (реже 40–50).

Анализ листовых серий видов рода *Euphorbia* позволил установить специфические закономерности, которые не могут быть выявлены другим способом анализа или при простом визуальном рассмотрении образцов. Эти закономерности более точно определяют морфологические (и отчасти экологические) различия близких видов и позволяют дать им правильную оценку, в том числе с точки зрения их филогении.

Исследование выполнено при финансовой поддержке интеграционного проекта № 77 Сибирского отделения Российской академии наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Байков К.С. Сем. Euphorbiaceae — Молочайные // Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1996. Т. 10: Geraniaceae — Cornaceae. С. 38–58, 205–209.

Байков К.С. К систематике *Euphorbia altaica* С.А. Меу: анализ листовых рядов // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Барнаул, 1997. Вып. 3. С. 3–7.

Байков К.С., Соловьев С.В. Молочаи Южного Зауралья // Вестник Томского гос. ун-та. Биология, 2010. №3 (11). С. 12–17.

Гельтман Д.В. Сем. Euphorbiaceae // Флора Восточной Европы. СПб., 1996. Т. 9. С. 256–287.

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ОКУНЯ ОБЫКНОВЕННОГО *PERCA FLUVIATILIS* (LINNAEUS, 1758) ОЗЕР ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Н. Терещенко

Челябинский госуниверситет

Ключевые слова: антропогенное загрязнение, рыбы, счетные признаки, флуктуирующая асимметрия.

Флуктуирующая асимметрия (ФА) представляет собой отклонения от строго билатеральной асимметрии и служит выражением особой формы изменчивости — внутрииндивидуального разнообразия

как проявления случайной изменчивости развития. Данная работа посвящена изучению ФА обыкновенного окуня из озер Челябинской области, различающихся по степени антропогенного воздействия. В наши задачи входило оценить ФА окуня с использованием различных признаков, а также эффективность различных показателей ФА.

Отбор материала был произведен из трех озер: Шелюгино (приемник сточных вод предприятий, искусственное озеро) — 150 экз.; Смолино (водоем в черте города Челябинска) — 150 экз. и Малое Миассово (озеро, частично расположенное на территории Ильменского заповедника) — 114 экз. Для оценки ФА использовались показатели ФА1 и ФА2 и их дисперсия (Palmer, Strobeck, 2003), а также доли асимметричных особей и число случаев асимметрии на одну особь.

У 2 из 5 внешних морфометрических признаков была выявлена асимметрия: число чешуй в боковой линии и число ветвистых лучей в грудном плавнике. Показатели ФА1, ФА2 имеют минимальное значение в оз. Малое Миассово, однако их дисперсии в этом водоёме выше. У всех четырех билатеральных признаков костей черепа (число отверстий каналов сейсмосенсорной системы) была выявлена асимметрия. Количество рыб, асимметричных по числу отверстий в зубной кости и предкрышке, исчисляется в выборках единичными экземплярами. Информативными следует считать два признака: число отверстий в слёзной и лобной костях. По показателям ФА1, ФА2 и их дисперсиям минимальные значения имеет выборка оз. Малое Миассово. Также наименьшие значения в этом озере зафиксированы для доли асимметричных рыб и среднего число случаев ФА в обеих группах признаков (см. таблицу).

Таким образом, для большинства обследованных признаков минимальные значения ФА зафиксированы в оз. Малое Миассово — водоеме, подверженном наименьшему антропогенному воздействию. Более четкую оценку ФА дает использование костей черепа. При большом объеме выборки достаточно применять простейшие пока-

ТАБЛИЦА. *Показатели ФА для групп признаков*

Признаки	Озеро		
	Смолино	Шелюгино	Мал. Миассово
Внешние меристические			
Доля асимметричных рыб в выборке	0.87	0.92	0.74
Среднее число случаев асимметрии на одну особь	1.08	1.07	0.84
Кости черепа			
Доля асимметричных рыб в выборке	0.43	0.47	0.34
Среднее число случаев асимметрии на одну особь	0.45	0.54	0.37

затели, характеризующие асимметрию: долю асимметричных рыб по отдельным признакам и по их совокупности в целом, а также число случаев асимметрии на одну особь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry analyse revisited // Developmental instability (DI): cause and consequences. Oxford: Oxford Univ. Press., 2003. P. 279–319.

ОСОБЕННОСТИ ЗАСЕЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ГНЕЗДОВИЙ ОДИНОЧНЫМИ СКЛАДЧАТОКРЫЛЫМИ И РОЮЩИМИ ОСАМИ HYMENOPTERA: VESPIDAE, CRABRONIDAE В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

К.И. Фадеев

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

Ключевые слова: биология, искусственные гнездовья, Vespidae, Crabronidae.

Одиночные осы давно привлекают внимание исследователей, так как являются регуляторами численности некоторых фитофагов. Однако данная группа до сих пор плохо изучена: не полностью оценена роль ос как опылителей; литературные сведения о гнездовой биологии, трофических связях и паразитах одиночных ос фрагментарны. Часто о гнездовой биологии ос известно лишь то, в каких субстратах они поселяются (земля, древесина, полые стебли) без детализации, в то время как многие одиночные осы успешно заселяют полости в пригодных гнездовых субстратах, предоставленные человеком невольно (тростниковые крыши, отверстия в древесных материалах и др.) и специальные искусственные гнездовья. В настоящее время для ряда одиночных ос, описанных еще в XVIII–XIX вв., с помощью искусственного гнездования выясняются трофические связи, поведение, гнездовая биология, изучаются предимагинальные стадии и др.

Цель настоящей работы изучение биологии складчатокрылых и роющих ос, заселяющих искусственные гнезда. Использован метод привлечения одиночных жалящих перепончатокрылых с помощью искусственных гнездовых конструкций. Общие принципы изготовления гнездовий для ос были заимствованы из литературы. Субстрат

для гнездования (отрезки полых стеблей зонтичных (*Pastinaca)* диаметром 0.5–15 мм и длиной 100–200 мм) размещался в деревянных ящиках с нависающей крышкой. Материалом послужили трехлетние сборы (2007–2009 гг.) гнезд ос из искусственных гнездовий, выполненные автором. Гнездовья размещали на стволах деревьев или стенах построек на территории биостанции УрГУ (56°35' с.ш., 60°50' в.д.) в окрестностях дер. Ключи Сысертского района Свердловской области. Время экспозиции гнездовий — май–октябрь. С 2007 по 2009 гг. нами было установлено 22 улья, вмещавших около 10.5–12.5 тыс. полых трубок. Заселенные стебли извлекали и подвергали камеральной обработке. Определение гнезд велось по внутреннему содержимому и по имаго, выведенным из них.

За период наблюдений (2007–2009 гг.) одиночными осами и пчелами было заселено около 1 500 тростинок: за 2007 г. — 205 шт. (процент заселенности — 1.9% от 10.5 тыс.), за 2008 г. — 713 шт. (процент заселенности — 6.8% от 10.5 тыс.), за 2009 г. — около 600 шт. Получено 931 гнездо складчатокрылых и роющих ос: в 2007 г. — 53 гнезда складчатокрылых и 105 гнезд роющих ос; в 2008 г. — 111 и 365 гнезд; в 2009 г. — 249 и 47 гнезд соответственно.

За время наблюдений выявлено гнездование представителей 3 семейств ос (Vespidae, Crabronidae, Pompilidae) и 3 семейств пчел (Megachilidae, Colletidae, Apidae). Отмечено гнездование ос из 7 родов, из них 8 видов из 2 родов Vespidae, 5 видов из 4 родов Crabronidae, а также из одного рода Pompilidae.

При анализе предпочтений в выборе полостей определенного диаметра использованы наиболее представленные семейства — Vespidae и Crabronidae, роды *Passaloecus* и *Rhopalum*. Для гнездования были использованы стебли диаметром 2–10 мм. Наиболее часто заселялись отверстия диаметром 3 мм (478 шт. за 2007–2009 гг.). Осы сем. Vespidae заселяли гнезда диаметром 2–8 мм. У представителей этого семейства наблюдалось явное предпочтение в выборе для гнездования трубочек диаметром 3–4 мм (85% гнезд). Осы Crabronidae заселяли тростинки диаметром 2–5 мм. Роющие осы были представлены двумя массовыми родами: *Passaloecus* и *Rhopalum*. Предпочтение они отдавали тростинкам диаметром 2–3 мм, возможно, между этими родами существует конкуренция за гнездовые полости одного и того же диаметра. У ос рода *Passaloecus* отмечено поведение по охране гнезда.

Для ос рода *Rhopalum* гнездование достоверно отмечено с III декады июня до последней декады августа. Большая продолжительность гнездования (5 декад) для ос рода *Rhopalum*, возможно, связана с использованием в качестве провизии для своих личинок широкого спектра таксонов сеноедов (Psocoptera). В провизии прослеживается сезонная динамика (в начальный период гнездования заготавливаются мелкие нимфы, постепенно появляются крылатые имаго). Для ос рода *Passaloecus* гнездование зарегистрировано с I декады

июня до I декады сентября. Такая продолжительность периода гнездования, возможно, связана с использованием в качестве провизии большого спектра таксонов тлей (Homoptera: Aphidoidea).

Автор выражает глубокую признательность П.В. Рудоискателю за ценные советы и идейную поддержку, директору биологической станции УрГУ Е.А. Мельникову — за возможность проведения исследований, а также студентам первых курсов биологического факультета (2007–2009 гг.) — за помощь в сборе энтомологического материала и изготовлении гнездовий.

Работа выполнена при поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ-3260.2010.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА)

О.В. Харитонова

Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. академика Д.Н. Прянишникова

Ключевые слова: видовое разнообразие, радиационное загрязнение, растительные сообщества, структура фитоценозов.

Природные биогеоценозы, расположенные вблизи ПО «Маяк», после аварии 1957 г. подвергаются воздействию радиации. В 1966 г. на отчужденной территории в головной части Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) был организован Восточно-Уральский государственный заповедник (ВУГЗ) общей площадью 16 616 га (Тарасов, 2007).

Уже в первые два года после аварии были выявлены изменения в составе и структуре фитоценозов в зоне ВУРСа. В составе сообществ значительно снизилось проективное покрытие хамефитов, гемикриптофитов и терофитов либо они выпали полностью (Смирнов, 1993б). В некоторых случаях изменения состава были вызваны не прямым действием радиации, а косвенным экологическим факторам.

Исследования по определению запаса радионуклидов в почве заповедника показали существование градиента их распределения в двух направлениях: от эпицентра аварии вдоль следа и от центральной оси следа к его периферийным частям. В почвах заповед-

ника содержание ^{90}Sr, основного загрязнителя, уменьшается с 29.3 до 0.4 МБк/м^2 в направлении от эпицентра к северо-восточной границе (30 км от эпицентра). Кроме того, на данной территории наблюдается загрязнение изотопами ^{137}Cs и ^{239}Pu; их содержание в почве также уменьшается при удалении от эпицентра аварии (Современное состояние..., 2008).

Цель настоящей работы — изучение состояния фитоценозов, произрастающих на территории ВУГЗа, а также выявление различных факторов, которые определяют формирование видового состава данных сообществ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования растительных сообществ на территории ВУГЗа проводились в 2005–2009 гг. В ходе работы были заложены постоянные и временные пробные площади на четырех поперечных профилях, пересекающих территорию ВУРСа на расстоянии 2, 6–8, 9–15 и 27 км от эпицентра аварии. Изучали видовой состав фитоценозов, общее проективное покрытие и встречаемость слагающих его растений, высоту травостоя.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В первые годы после аварии наблюдалось уменьшение видового богатства из-за выпадения некоторых видов из фитоценозов (Смирнов, 1993а). В настоящее время радиоактивные изотопы попрежнему депонируются в почве, и, следовательно, должны оказывать влияние на видовой состав сообществ. Однако нами не выявлено прямой зависимости между влиянием повышенного уровня радиационного воздействия и уменьшением видового богатства в изученных фитоценозах. Среднее число видов на одной пробной площади (α-разнообразие) в сообществах, встреченных на центральной оси следа, несколько больше, чем аналогичный показатель в фитоценозах периферийной части (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. *α- и γ-разнообразие фитоценозов в разных частях ВУГЗа*

Расстояние от эпицентра аварии, км	Среднее число видов в сообществе		Общее количество видов в фитоценозах	
	центральная часть	периферийная часть	центральная часть	периферийная часть
2	35	27	48	65
6–8	35	35	132	62
9–15	45	34	154	139
27	–	26	–	94

В то же время наблюдается изменение γ-разнообразия (видовое богатство всех растительных сообществ на данной трансекте): при удалении от эпицентра оно заметно увеличивается, за исключением участка 27 км (см. табл. 1), который представляет собой заболоченную местность, для растительности которой характерно пониженное видовое разнообразие. К тому же здесь практически не формируются типичные рудеральные фитоценозы. Таким образом, увеличение видового разнообразия в первую очередь зависит от разнообразия сообществ на рассматриваемых участках и степени их трансформированности.

Результаты многочисленных радиобиологических исследований показывают, что от воздействия ионизирующего излучения в первую очередь страдают растущие и размножающиеся организмы. Так как монокарпические виды размножаются исключительно генеративным путем, то следует ожидать снижения доли их участия в составе фитоценозов в зоне с высоким уровнем радионуклидного загрязнения.

Оценка количества монокарпических видов показала, что при удалении от эпицентра аварии наблюдается закономерное увеличение их числа. То же самое наблюдается при сравнении фитоценозов, расположенных в пределах центральной оси следа и на его периферии (табл. 2).

Так как монокарпические растения чаще всего приурочены к антропогенно трансформированным местообитаниям, поэтому очевидно, что в рудеральных сообществах их количество будет больше. Это связано также с тем, что именно в сильно деградированных местообитаниях наблюдается интенсивный занос семян растений с менее загрязненных территорий.

Е.Г. Смирнов с соавт. (1983), исследуя влияние ионизирующего излучения на луговые сообщества, выделил несколько видов, оказавшихся наиболее устойчивыми: *Cirsium setosum, Chamaenerion angustifolium, Poa pratensis, Potentilla anserina, Sonchus arvensis, Taraxacum officinale*. Анализ встречаемости данных видов показал, что все они (кроме *C. setosum*) не получают видимого преимущества и встречаются в основном в тех типах фитоценозах, к которым имеют ценотическую приуроченность (табл. 3). Подобную высокую встречаемость *C. setosum* (в пределах 2 и 6–8 км зон) можно объяснить рекультивационными работами, которые проводились в первые годы после аварии.

Таким образом, можно заключить, что на формирование растительных сообществ, их видового состава и структуры в наименьшей степени оказывает влияние радиационное загрязнение почвы на данной территории и в большей степени другие виды антропогенной нагрузки (рекультивационные работы, сенокошение, вырубка леса и лесовосстановление, прокладывание дорожно-тропиночной сети и др.), а также факторы внутренней среды сообществ.

ТАБЛИЦА 2. *Число монокарпических растений в разных частях и типах сообществ ВУГЗа*

Расстояние от эпицентра аварии, км	Количество монокарпических видов на разных участках		Количество монокарпических видов в разных фитоценозах		
	центральная часть	периферийная часть	лесные	луговые	рудеральные
2	1	3	1	3	0
6–8	15	2	5	9	8
9–15	27	15	7	14	28
27	–	4	2	3	–

ТАБЛИЦА 3. *Встречаемость устойчивых к радиационному излучению растений на территории ВУГЗа*

Вид	Расстояние от эпицентра аварии, км	Встречаемость, %, в сообществах		
		лесных	луговых	рудеральных
Chamaenerion angustifolium	2	0	100	0
	6–8	33.3	25	0
	9–15	37.5	100	0
	27	50	0	–
Cirsium setosum	2	100	100	100
	6–8	33.3	100	100
	9–15	50	85.7	100
	27	50	100	–
Poa pratensis	2	0	0	50
	6–8	33.3	75	75
	9–15	25	28.5	80
	27	0	100	–
Potentilla anserina	2	0	100	0
	6–8	0	25	25
	9–15	0	28.6	100
	27	0	20	–
Sonchus arvensis	2	0	0	50
	6–8	0	0	50
	9–15	12.5	57.1	20
	27	0	50	
Taraxacum officinale	2	0	0	50
	6–8	33.3	0	50
	9–15	25	42.9	60
	27	0	0	–

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Смирнов Е.Г. Природные условия и растительность Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. М.: Наука, 1993а. С. 79–84.

Смирнов Е.Г. Жизненные формы и радиоэкология растений // Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. М.: Наука, 1993б. С. 103–118.

Смирнов Е.Г., Шеин Г.П., Гуро В.Н., Мальцева Л.Н. Действие острого гамма-излучения на растительность луга // Экология, 1983. № 6. С. 34–38.

Современное состояние наземных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа: уровни загрязнения, биологические эффекты / В.Н. Позолотина, И.В. Молчанова, Е.Н. Караваева, Л.Н. Михайловская, Е.В. Антонова. Екатеринбург: Гощицкий, 2008. 204 с.

Тарасов О.В. Современное состояние Восточно-Уральского заповедника // Опыт преодоления последствий техногенных аварий и развитие атомных технологий: Мат-лы научно-практич. конф., посвященной 50-летию аварии на ПО «Маяк». Челябинск, 2007. С. 126–133.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ СГУП «РЫБХОЗ «ПИХТОВКА»», УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА

В.С. Шалавина

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Ключевые слова: макрофиты, растительность, рыбохозяйственные водоемы, степень зарастания.

Распространение и интенсивность развития высшей водной и прибрежно-водной растительности зависят от многих факторов окружающей среды. Перепады уровня воды обычны для рыбохозяйственных водоемов, однако не все виды макрофитов адаптированы к влиянию данного фактора (Варфоломеев, Крылов, 1986). Цель нашей работы заключалась в изучении растительности рыбохозяйственных водоемов рыбхоза «Пихтовка». Нами решались следующие задачи: 1) анализ синтаксономической структуры растительности; 2) оценка надземной фитомассы доминирующих ценозообразователей; 3) определение степени и характера зарастания рыбохозяйственных водоемов.

Исследованиями были охвачены 20 рыбохозяйственных водоемов. Полевой сбор материала проводился в течение трех летних сезонов (2008–2010 гг.) путем маршрутно-детального обследования

водных объектов с картированием и описанием водных и прибрежно-водных фитоценозов. Классификация растительности выполнена в соответствии с традициями доминантной школы (Миркин и др., 2000; Папченков, 2001). Для картирования растительного покрова использовали крупномасштабную карту (1: 25 000). С помощью составленной картосхемы рассчитывали показатель степени зарастания, которую оценивали по шкале, предложенной В.Г. Папченковым (2001). Для вычисления площади зарастания каждого рыбохозяйственного водоема использовали программу КОМПАС-3D, а для выделения основных типов зарастания водоемов — классификацию З.В. Синкявичене (Бобров, Чемерис, 2006). Надземную воздушно-сухую фитомассу оценивали по доминирующим видам макрофитов. Укосы взвешивали на лабораторных квадрантных весах «ВЛКТ 500 г — М» в трехкратной повторности. Статистическая обработка материала выполнена с помощью табличного редактора EXCEL.

В результате анализа синтаксономической структуры растительности рыбохозяйственных водоемов было выделено 59 ассоциаций, объединенных в 33 формации и 9 групп формаций (рис. 1). Наиболее разнообразны в синтаксономическом отношении формации *Potameta lucentis* (4 ассоциации), *Typheta angustifoliae* (4), *Typheta latifoliae* (3), *Equiseteta fluviatilis* (3), *Cariceta acutae* (3).

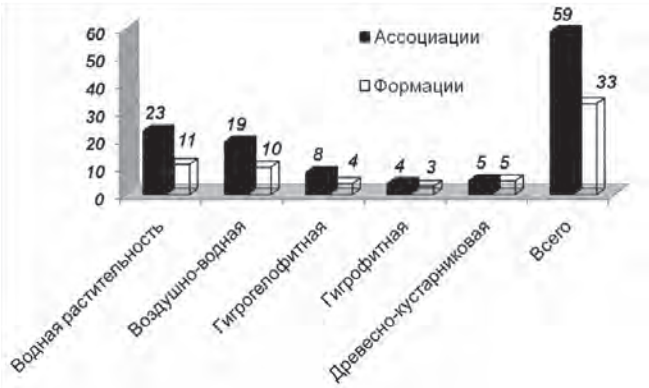

Рис.1. Синтаксономическая структура растительности рыбохозяйственных водоемов рыбхоза «Пихтовка».

Для оценки надземной воздушно-сухой фитомассы были использованы макрофиты, формирующие наиболее крупные заросли — *Typha angustifolia* L. (10 укосов), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (10), *Potamogeton lucens* L. (10) и *Typha* × *glauca* Godr. (5). Всего было выполнено 35 укосов (см. таблицу).

ТАБЛИЦА. *Средняя надземная воздушно-сухая фитомасса*

Ассоциация	Фитомасса, г/м²
Potametum lucentis	257±15
Phragmitetum australis	1840±138
Typhetum angustifoliae	1912±164
Typhetum × glaucae	1975± 57

Согласно исследованиям З.Б. Бактыбаевой (2009), средние значения надземной воздушно-сухой фитомассы доминирующих видов макрофитов в биологических очистных прудах на горнорудных объектах Зауралья (Республика Башкортостан) изменяются следующим образом: *Potamogeton lucens* L. — 139–274 г/м², *Phragmites australis* Trin. ex Steud. — 575–3 312 г/м², *Typha angustifolia* L. — 450–1 666 г/м².

На рыбохозяйственных водоемах рыбхоза «Пихтовка» в условиях избыточного поступления биогенов отмечаются сравнительно высокие показатели среднего значения надземной воздушно-сухой фитомассы основных ценозообразователей (Шалавина, Капитонова, 2009). По степени зарастания водоемы могут быть разбиты на 8 классов (Папченков, 2001): 1-й — не заросшие или почти не заросшие (площадь зарослей менее 1% от площади акватории); 2-й — очень слабо заросшие (1–5%); 3-й — слабо заросшие (6–10%); 4-й — умеренно заросшие (11–25%); 5-й — значительно заросшие (26–40%); 6-й — сильно заросшие (41–65%); 7-й — очень сильно заросшие (66–95%); 8-й — сплошь заросшие (96–100%). Степень зарастания рыбохозяйственных водоемов рыбхоза «Пихтовка» представлена на рис. 2.

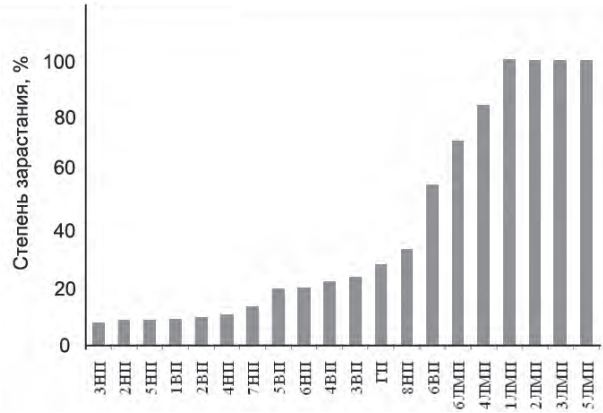

Рис. 2. Степень зарастания рыбохозяйственных водоемов рыбхоза «Пихтовка». Пруд: НП — нагульный, ВП — выростной, ГП — головной, ЛМП — летнее-маточный.

Так, выростные и нагульные пруды по степени зарастания относятся соответственно к 3-му и 4-му классам; головной и 8-й нагульный пруды — к 5-му; 6-й выростной и 6-й летне-маточный пруды — к 6-му; а летне-маточные пруды — к 7-му и 8-му классам. Наиболее заросшие участки прудов расположены с наветренной стороны, в непосредственной близости к лесу. Наименее заросшие участки отмечены для головного пруда в приплотинной зоне, а также для крупных прудов в зоне волнобоя и вдоль дамб, по которым курсируют машины рабочего персонала. По своему характеру зарастание рыбохозяйственных водоемов можно отнести к фрагментарному, прибрежному, прибрежно-фрагментарному и сплавинному.

ВЫВОДЫ

1. В составе растительности выделено 59 ассоциаций, объединенных в 33 формации и 9 групп формаций. Наибольшим разнообразием выделяется настоящая водная растительность — 23 ассоциации из 11 формаций. Воздушно-водная включает 19 из 10, гигрогелофитная – 8 из 4, гигрофитная — 4 из 3, древесно-кустарниковая — по 5.

2. В условиях избыточного поступления биогенов в рыбохозяйственных водоемах отмечаются сравнительно высокие показатели среднего значения надземной воздушно-сухой фитомассы.

3. По характеру зарастания рыбохозяйственных водоемов можно выделить фрагментарный, прибрежный, прибрежно-фрагментарный и сплавинный типы. Выростные и нагульные пруды — слабо и умеренно заросшие, головной и 8-й нагульный — значительно заросшие, 6-й выростной и 6-й летне-маточный– сильно заросшие, летне-маточные пруды очень сильно заросшие и сплошь заросшие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бактыбаева З.Б. Использование водной и прибрежно-водной растительности реки Таналык для создания биологических очистных прудов на горнорудных объектах Зауралья: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2009. 22 с.

Бобров А.А., Чемерис Е.В. Изучение растительного покрова ручьев и рек: методика, приемы, сложности // Гидроботаника 2005: Мат-лы VI Всерос. школы-конф. по водным макрофитам. Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2006. С. 181–204.

Варфоломеев В.В., Крылов Г.С. Промышленное рыборазведение в условиях Удмуртской АССР. Опыт рыбхоза «Пихтовка». Устинов: Удмуртия, 1986. 82 с.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2000. 264 с.

Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

Шалавина В.С., Капитонова О.А. Растительность рыбохозяйственных прудов СГУП Рыбхоз «Пихтовка» (Удмуртская республика) // Антропогенная трансформация природной среды: Мат-лы междун. семинара молодых ученых. Пермь, 2009. С. 290.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА НАЗЕМНЫХ ГЕОИЗОБРАЖЕНИЙ И ИХ ОПИСАНИЙ

И.В. Шелепов

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: информационно-поисковая система, ландшафтные фотографии, пространственные данные.

Исследование пространственно-временной динамики растительных сообществ в условиях глобального и регионального изменений климата — одна из важных современных задач ландшафтной экологии. Исторические ландшафтные фотографии являются источником объективных данных о состоянии и местоположении древесной растительности в прошлом и настоящем (Шалаумова, Шелепов, 2010).

С.Г. Шиятовым собран уникальный архив, состоящий из нескольких тысяч исторических фотографий горных массивов Урала, полученных разными исследователями в первой половине XX — начале XXI вв. Поиск и анализ большого количества фотоизображений без использования современных информационных технологий очень трудоемок и малоэффективен.

Цель данной работы — разработка подхода к представлению изображений и полученных на основе их анализа пространственных данных в информационной системе в целях изучения пространственно-временной динамики древесной растительности.

На стороне сервера система реализована с помощью языка программирования PHP 5, СУБД (Система Управления Базами Данных) MySQL 5, а также распределенной системы картографического сервиса Google Maps. На стороне клиента система реализована с помощью языка программирования JavaScript, HTML, CSS.

В ходе исследования для решения задач поиска и анализа повторных исторических наземных геоизображений была разработана Интернет-ориентированная пространственная информационно-поисковая система *photolandscape.org*. Система содержит модули аутентификации пользователя, ввода фотографий и аннотаций к ним, экспорта данных, картографический модуль, а также базу данных, которая позволяет хранить фотоизображения, пространственные данные, связанные с ними, их описания, а также системные метаданные.

Интерфейс пользователя реализован на русском и английском языках. Поиск изображений и их описаний производится с помощью элементов интерфейса интерактивной карты и дополнительных элементов в виде списков, кнопок, ссылок и изображений, расположенных рядом с ней. Результат поиска доступен как в виде миниатюр и всплывающих подсказок к ним, так и в виде отдельных страниц, содержащих крупные изображения и их подробные описания.

Таким образом, система позволяет хранить информацию о пространственной ориентации фотографии и по запросу получать ее с учетом удобства для пользователей. Для работы подходит любой современный веб-браузер.

Работа проводится при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 09-04-13850 и № 09-04-01004-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Шалаумова Ю.В., Шелепов И.В. Семантический анализ описаний ландшафтных фотоснимков высокогорий Урала для определения состояния и динамики растительности // Экология от южных гор до северных морей: Мат-лы конф. Екатеринбург: Гощицкий, 2010. С. 206–210.

К ФАУНЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЮ МОЛЛЮСКОВ РОДА *CASPIOHYDROBIA* (MOLLUSCA: GASTROPODA: HYDROBIIDAE) В ЗАУРАЛЬЕ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.С. Шишкоедова

Челябинский государственный педагогический университет

Ключевые слова: Caspiohydrobia, Зауралье, Западная Сибирь, малакофауна, моллюски.

Впервые на территории Челябинской области солоноватоводные моллюски рода *Caspiohydrobia* Starobogatov, 1970 были найдены нами в июне 2009 г. в оз. Саламатка (Красноармейский район). К уже известной малакофауне области были добавлены 9 видов (из них 5 обнаружены на территории России впервые), один род (*Caspiohydrobia*) и одно семейство (Hydrobiidae Stimpson, 1865) (Шишкоедова, 2010). Озеро Саламатка является сегодня самым северным известным местообитанием моллюсков рода *Caspiohydrobia* в мире.

По нашему мнению, находка моллюсков семейства Hydrobiidae свидетельствует о том, что распространение этой группы на Урале и

Западной Сибири, как и фауна брюхоногих моллюсков в целом, нуждается в дальнейшем изучении. Цель настоящей работы — получение сведений о распространении каспиогидробий по территории Челябинской области и смежных регионов России и Казахстана, а также изучение особенностей их биологии и биотопических требований.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследовались раковины моллюсков, извлеченные преимущественно из береговых выбросов и донных отложений. Живые гастроподы ввиду мелких размеров были собраны с мелководья вместе с субстратами и зафиксированы в 96%-ном этиловом спирте с последующим разбором материала при помощи бинокуляра МБС-10. Из-за труднодоступности открытой воды некоторых водоемов материал представлен исключительно сухими раковинами. Для измерения солености воды применяли кондуктометр-солемер COM100 и монитор качества воды PHT-028 (HM Digital Inc.).

Видовую диагностикау моллюсков семейства Hydrobiidae, а также некоторых других семейств двустворчатых и брюхоногих моллюсков осуществляли компараторным методом, впервые описанным З.И. Иззатуллаевым и Я.И. Старобогатовым (1984). Для определения видовой принадлежности моллюсков рода *Caspiohydrobia* этот метод до сих пор остается основным. Это связано с тем, что виды внутри рода выделены в основном по результатам, полученным с помощью компараторного метода, а также недостаточной изученностью других значимых признаков.

Компараторный метод заключается в наложении контуров раковины голотипа на раковину исследуемого моллюска с помощью рисовального аппарата типа «камера люцида» с соблюдением масштаба. Далее оценивается, насколько точно совпадают контуры голотипа с раковиной (Иззатуллаев, Старобогатов, 1984).

Наша модификация заключалась в том, что использовался не рисовальный аппарат, а графическая программа CorelDRAW, в которой на изображение раковины моллюска в стандартном положении, полученное путем цифровой макрофотосъемки масштабом до 20:1, накладывался векторный контур раковины голотипа с соблюдением масштаба. Часть контуров для сравнения была взята из первоописаний видов, а также любезно предоставленных д.б.н. С.И. Андреевой (ОмГМА) рисунков раковин голотипов, выполненных с помощью рисовального аппарата, и фотографий из каталога (Кантор, Сысоев, 2006).

На наш взгляд, такая модификация повышает качество и оперативность определения по сравнению со стандартной методикой.

К преимуществам модифицированной методики можно отнести общедоступность и возможность сохранения изображений для перепроверки результатов и последующей работы с ними.

Видовую диагностику остальных групп водных гастропод осуществляли по стандартным методикам — с учетом особенностей раковины и строения половой системы.

Для вычисления индекса видового сходства между водоемами был использован индекс Съеренсена: $K=2c/(a+b)$, где a и b — число видов в сравниваемых водоемах, а c — число общих видов (Зданович, Криксунов, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего за 2009–2010 гг. нами было обследовано 103 водоема, из них 37 имеют соленость выше 1000 мг/л. Обнаружено семь новых местообитаний каспиогидробий: в Челябинской области — озера Третье, Четвертое (Красноармейский район) и пруд на р. Черной у пос. Черноборский (Чесменский район); в Курганской — озера Большие Тукмакты и Идгильды (Сафакулевский район); в Костанайской области Казахстана — озера Казачье и Каракамыс (Аулиекольский район). Подтверждено обитание каспиогидробий в ранее известных точках — р. Убоган и оз. Кушмурун Костанайской области Казахстана.

Были собраны и определены совместно встречающиеся с каспиогидробиями виды гастропод. Всего найдено 30 видов брюхоногих моллюсков (табл. 1). Наибольший интерес представляет находка каспиогидробий в донных отложениях пресных и слабоминерализованных водоемов: в пруду на р. Черной и береговых выбросах озер Каракамыс и Казачье. Индексы сходства фаун данных водоемов приближены к единице (табл. 2), водоемы характеризуются достаточно богатой малакофауной (14–20 видов), преимущественно характерной для пресных водоемов.

Среди моллюсков рода *Caspiohydrobia* наиболее часто встречаются *C. aralensis* и *C. sogdiana* (найдены во всех восьми водоемах), а среди гастропод, традиционно относимых к пресноводным, — *Lymnaea kazakensis* (в шести водоемах) и *Planorbis planorbis* (в пяти водоемах).

Таким образом, всего нами обнаружено 12 видов рода *Caspiohydrobia:* в Челябинской обл. — 9 видов (4 местообитания), в Курганской обл. — 10 новых видов, 1 род и 1 семейство (2 местообитания). На территории Костанайской области Казахстана подтверждены старые местообитания (р. Убоган и оз. Кушмурун), а также найдены два новых местообитания каспиогидробий (оз. Каракамыс и Казачье), что расширяет имеющиеся сведения об их распространении.

ТАБЛИЦА 1. *Видовой состав Gastropoda в водоемах с Caspiohydrobia*

Вид	Водоем*							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Caspiohydrobia aralensis Starobogatov et Andreeva, 1981	+	+	+	+	+	+	+	+
C. chrysopsis (Kolesnikov, 1947)			+				+	
C. convexa (Logvinenko et Starobogatov, 1966)	+	+	+		+			
C. conica Logvinenko et Starobogatov, 1968	+		+		+			
C. coniformis Starobogatov et Izzatullaev, 1974					+			
C. grimmi (Clessin, 1888)		+	+					
C. husainovae (Starobogatov, 1974)	+	+	+	+			+	
C. kazakhstanica Starobogatov et Andreeva, 1981			+					
C. nikolskii Starobogatov et Andreeva, 1981					+		+	
C. sidorovi Starobogatov et Andreeva, 1981		+	+	+			+	
C. sogdiana Starobogatov et Izzatullaev, 1974	+	+	+	+	+	+	+	+
C. tadzhikistanica Starobogatov et Izzatullaev, 1974					+			
Bithynia decipiens (Millet, 1843)						+	+	+
B. tentaculata (Linnaeus, 1758)						+	+	
Opisthorchophorus troscheli (Paasch, 1842)						+	+	
Lymnaea auricularia (Linnaeus, 1758)		+				+		+
L. balthica (Linnaeus, 1758)						+	+	
L. kazakensis Mozley, 1934		+	+	+		+	+	+
L. ovata (Draparnaud, 1805)						+	+	
L. saridalensis Mozley, 1934						+		+
L. stagnalis (Linnaeus, 1758)		+				+	+	+
Planorbarius corneus (Linnaeus, 1758)						+	+	
Anisus crassus (Da Costa, 1778)						+	+	+
A. vortex (Linnaeus, 1758)						+	+	+
Armiger crista (Linnaeus, 1758)						+	+	+
A. bielzi (Kimakowicz, 1884)						+	+	+
Planorbis planorbis (Linnaeus, 1758)	+	+		+		+		+
Segmentina oelandica (Westerlund, 1885)						+		+
Physa adversa (Da Costa, 1778)						+	+	
P. fontinalis (Linnaeus, 1758)						+	+	+
Общее число видов по каждому водоему	6	10	10	6	7	20	20	14

*Примечание. *1 – оз. Третье; 2 – оз. Четвертое; 3 – оз. Саламатка; 4 – оз. Идгильды; 5 – оз. Большие Тукмакты; 6 – пруд на р. Черной; 7 – оз. Казачье; 8 – оз. Каракамыс.*

ТАБЛИЦА 2. *Сравнительная характеристика фауны Gastropoda в местообитаниях моллюсков рода Caspiohydrobia*

№	Название водоема (минерализация, мг/л, 2010)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	оз. Третье (13500)	6	**5**	**5**	**4**	**4**	**3**	**3**	**3**
2	оз. Четвертое (н.д.)	0.625	10	**7**	**6**	**3**	**6**	**5**	**6**
3	оз. Саламатка (12400)	0.625	0.700	10	**5**	**4**	**5**	**6**	**3**
4	оз. Идгильды (15500)	0.667	0.750	0.625	6	**2**	**4**	**3**	**4**
5	оз. Большие Тукмакты (14500)	0.615	0.353	0.471	0.308	7	**2**	**2**	**2**
6	пруд на р. Черной (700)	0.231	0.400	0.333	0.307	0.148	20	**15**	**12**
7	оз. Казачье (н.д.)	0.231	0.333	0.400	0.231	0.148	0.750	20	**10**
8	оз. Каракамыс (800)	0.300	0.500	0.250	0.400	0.190	0.706	0.588	14

Примечание. Полужирным шрифтом обозначено количество общих видов для данных водоемов, обычным шрифтом в нижней части таблицы – значения коэффициентов Съеренсена, по центральной диагонали – количество видов в каждом водоеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Зданович В.В., Криксунов Е.А. Гидробиология и общая экология: Словарь терминов. М.: Дрофа, 2004. 192 с.

Иззатуллаев З.И., Старобогатов Я.И. Род *Melanopsis* (Gastropoda, Pectinibranchia) и его представители, обитающие в водоемах СССР // Зоол. журн., 1984. Т. 63. № 10. С. 1471–1482.

Кантор Ю.И., Сысоев А.В. Морские и солоноватоводные брюхоногие моллюски России и сопредельных стран: иллюстрированный каталог. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. 371 с.

Шишкоедова О.С. Первая находка моллюсков *Caspiohydrobia* (Mollusca: Gastropoda: Hydrobiidae) в Челябинской области // Экология от южных гор до северных морей: Мат-лы конф. молодых ученых. Екатеринбург: Гощицкий, 2010. С. 210–213.

СОДЕРЖАНИЕ

К 50-летию Первой молодежной конференции в ИЭРиЖ
Е.В. Антонова, Т.В. Струкова 3

Реакция стоматографических признаков листа *Sonchus arvensis L.* на химическое загрязнение среды
Н.В. Абакшина, С.В. Гаренских, Т.В. Жуйкова 8

Оценка воздействия крупного промышленного города на флору и растительность малой реки (на примере реки Иж)
К.К. Абашева 10

Зональные особенности прироста лишайников на гарях
С.Ю. Абдульманова 11

Состояние ценопопуляций *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. в условиях разнотипного антропогенного воздействия (Южный Урал)
П.О. Андреева, О.В. Беспалова 15

Некоторые результаты изучения жизненных циклов и пространственно-временной дифференциации доминирующих видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) нагорной части Северо-Западного Кавказа
А.С. Бондаренко 19

Биохимичекие маркеры полиморфизма монтанных горькуш (*Saussurea*) на Урале
Е.В. Быструшкина, А.Г. Быструшкин 21

Половой состав популяций малой лесной мыши в зоне радиоактивного загрязнения
М.С. Верхотурцев 23

Морфотипическая изменчивость нижних зубов у представителей рода *Martes*
Д.О. Гимранов 25

Видовой состав и биоиндикационные показатели бесхвостых амфибий города Ижевска
Е.А. Гондырева, Б.Г. Котегов 32

Морфологическая изменчивость хромосомных рас малой лесной мыши: геометрическая морфометрия нижней челюсти
Ю.В. Городилова 34

Особенности распределения горбатых китов (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781) у западного побережья о-ва Беринга (Командорские острова)

А.М. Госьков, М.И. Гончарова 43

Независимость эволюции кариотипа и молекулярных особенностей в надвиде обыкновенной бурозубки *Sorex araneus* L. (Mammalia)

О.О. Григорьева, В.Н. Орлов..... 46

Дыхательная способность плодовых тел трутовых грибов

Д.К. Диярова 53

Пространственная вариативность в динамике среднесуточной температуры атмосферы

Е.С. Дубровина 55

Влияние методических факторов на результаты экотоксикологических экспериментов: мета-анализ

О.В. Дуля, В.С. Микрюков 60

Протандрия и половой диморфизм формы переднего крыла непарного шелкопряда в условиях лабораторного эксперимента

П.Д. Жердева, А.О. Шкурихин.....69

Две стороны продукционного процесса в луговых сообществах техногенно нарушенных территорий

В.А. Жуйкова, К.С. Волохина, И.С. Волохин, Т.В. Жуйкова.....73

Адвентивный элемент флоры свалочной группы местообитаний Воткинского района Удмуртской республики

Е.Н. Зянкина 82

Голоценовые остатки мелких млекопитающих из двух новых местонахождений северо-западной окраины Красноуфимской островной лесостепи (Средний Урал)

Е.П. Изварин 83

Опыт реинтродукции *Althaea officinalis* L. в условиях Ботанического сада Удмуртского университета

Н.В. Караваева 85

Связь дефолиации березовых древостоев непарным шелкопрядом (*Lymantria dispar* L.) с заболеваемостью бактериальной водянкой на юге Свердловской области

Г.И. Клобуков 87

Влияние *Rhodococcus*-биосурфактантов на извлечение тяжелых металлов из загрязненной почвы
Л.В. Костина, И.Б. Ившина, М.С. Куюкина 88

Оценка степени загрязнения водной экосистемы реки Межевая Утка по составу организмов макрозообентоса
Е.М. Кондакова 97

Влияние сложности субстрата на формирование водных микробиоценозов
К.А. Корляков, Н.Ю. Арсентьева 98

Особенности репродукции некоторых безнектарных орхидей (Orchidaceae Juss.) на Южном Урале
М.М. Кривошеев 100

Онтогенетические изменения размеров и формы жевательной поверхности моляров полевки-экономки *Microtus oeconomus* Pall. (Arvicolinae, Rodentia)
Ю.Э. Кропачева 104

Пирогенная трансформация населения муравьев в сосновых борах юга Западной Сибири
Т.М. Кругова, И.В. Кудряшова 107

Характеристики урожайности и качества семян в популяциях солодки на Урале и в Зауралье
О.А. Мелинтинович 117

Биоклиматические границы *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.
В.С. Микрюков 119

Исследование пространственно-временной динамики древесной растительности с использованием повторных исторических ландшафтных фотографий
А.П. Михайлович 126

Микромасштабная изменчивость населения мелких млекопитающих и их обилия
М.В. Модоров, А.А. Селезнев.....127

Микоризообразование лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в условиях Стерлитамакского промышленного центра
Г.М. Мухаметова 131

Современная генетическая структура популяций клещей *Ixodes persulcatus* Schulze и исторические аспекты её формирования
Т.А. Мухачева 133

Экологическая оценка территории, прилегающей к Среднеуральскому медеплавильному заводу
А.А. Николаев 136

Особенности экологии складчатокрылых ос (Hymenoptera: Vespidae) Свердловской области
А.В. Николаенкова 138

Новые данные об ископаемых мелких млекопитающих из позднеплейстоценовых отложений пещеры Сыртинская, Южное Зауралье
И.П. Новоселова, Е.А. Кузьмина 139

Вычисление индивидуальных участков животных методом гармонической средней в среде Microsoft Excel
И.В. Овечкин 142

Сезонная изменчивость крылового рисунка некоторых видов белянок (Lepidoptera: Pieridae) в условиях лесостепной зоны Южного Урала
Т.С. Ослина, А.О. Шкурихин 143

Закономерности формирования сообществ рукокрылых (Chiroptera) Среднего Урала с запада на восток
Е.М. Первушина, А.А. Первушин 152

Экотопологическая структура антропогенного ландшафта (на примере флоры деревни Ушур Балезинского района Удмуртской республики)
Л.Ф. Перевощикова, В.А. Шадрин 156

Сравнительная оценка генетического своеобразия соболя в западной и центральной частях ареала
С.Л. Пищулина 158

Оценка скорости восстановления гетерохронных антропогенно нарушенных почв (на примере лесостепной зоны Урала и Зауралья)
Е.Г. Политова, Т.Ю. Жданова 159

Кормовое поведение и трофические спектры насекомоядных птиц в условиях совместного обитания
А.А. Постовалова 161

Микотрофность ценопопуляций некоторых злаков на золоотвалах электростанций

Е.А. Раков 162

Фауна и особенности экологии ос-блестянок (Hymenoptera: Chrysididae) Свердловской области

П.В. Рудоискатель 164

Радионуклидные отношения в оценке уровней плутониевого загрязнения почв

О.В. Рукавишникова, Е.В. Глухова 170

Экоурбогенез: в поисках стратегии территориального планирования

М.О. Садыков 174

Разнообразие макрозообентоса как показатель антропогенного воздействия на речные экосистемы

И.И. Самойловская 179

Биоразнообразие и динамика численности почвенной мезофауны фоновых и техногенно нарушенных территорий

Е.М. Секерина, О.В. Семенова 181

Динамика изменчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях длительного воздействия стресс-фактора — выбросов ТЭЦ-2

Н.Г. Семенец, И.В. Пак 182

Онтогенетические тактики и стратегия *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. из техногенно нарушенных биотопов

В.А. Сильных, Т.В. Жуйкова 183

Методические проблемы разделения потоков углекислого газа из почвы в полевых условиях: определение вклада дыхания подстилки

И.А. Сморкалов 185

К вопросу диагностики некоторых видов рода молочай (*Euphorbia* L.) по признакам листовых серий

С.В. Соловьев 187

Флуктуирующая асимметрия окуня обыкновенного *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) озер Челябинской области

А.Н. Терещенко 188

Особенности заселения искусственных гнездовий одиночными складчатокрылыми и роющими осами Hymenoptera: Vespidae, Crabronidae в окрестностях города Екатеринбурга

К.И. Фадеев 190

Оценка состояния растительных сообществ в условиях радиационного загрязнения (на примере Восточно-Уральского государственного заповедника)

О.В. Харитонова 192

Растительность рыбохозяйственных водоемов СГУП «Рыбхоз «Пихтовка»», Удмуртская республика

В.С. Шалавина 196

Пространственная информационно-поисковая система наземных геоизображений и их описаний

И.В. Шелепов *200*

К фауне и распространению моллюсков рода *Caspiohydrobia* (Mollusca: Gastropoda: Hydrobiidae) в Зауралье и Западной Сибири

О.С. Шишкоедова *201*

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ:
СКВОЗЬ ВРЕМЯ И РАССТОЯНИЕ

материалы конференции
молодых ученых

Редакторы:
Е.В. Антонова,
В.В. Кукарских,
К.И. Ушакова,
Н.О. Садыкова

Верстка, оформление:
С.С. Трофимовой

Подписано в печать 10.10.2011 г.
Формат 60 × 90; 1/16
Бумага писчая
Гарнитура Peterburg
Печать офсетная
Печатных листов 13,25
Тираж 200 экз.
Заказ № ...

Отпечатано в ПК «АГАТ»
г. Екатеринбург, ул. Новостроя, 1а