

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Уральское отделение
Институт экологии растений и животных

ЭКОЛОГИЯ: **от Арктики до Антарктики**

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

16–20 апреля 2007 г.



Издательство «Академкнига»
Екатеринбург, 2007

УДК 574 (061.3) + 574.3 + 574.4 (985)
ББК 28.081
Э 40

Конференция проводилась при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (проект 07-04-06011),
Президиума УрО РАН и
Министерства природных ресурсов Свердловской области

Материалы конференции изданы при финансовой поддержке
Министерства природных ресурсов Свердловской области

Э 40

Экология: от Арктики до Антарктики. Материалы конф. молодых ученых,
16–20 апреля 2007 г. / ИЭРиЖ УрО РАН. — Екатеринбург: Изд-во «Академ-
книга», 2007. — 396 с.

ISBN 5–93472–093–7

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: от Арктики до Антарктики», проходившей 16–20 апреля 2007 г. в Институте экологии растений и животных УрО РАН. Работы посвящены изучению структуры и динамики экосистем полярных территорий, проблемам популяционной генетики, радиобиологии, исторической и популяционной экологии, вопросам биологического разнообразия, механизмам адаптации биоты к действию экстремальных и антропогенных факторов.

Табл. 79, Илл. 107.

ISBN 5–93472–093–7

© Коллектив авторов, 2007
© Оформление. Издательство
«Академкнига», 2007

*.....Но так и быть — рукою пристрастной
Прими собранные пестрых глав.....
Ума холодных наблюдений
И сердца горестных замет.*

А.С. Пушкин «Евгений Онегин»

В апреле 2007 г. в стенах Института экологии растений и животных УрО РАН была проведена традиционная Всероссийская конференция молодых ученых, посвященная Международному полярному году. Она носила название «Экология: от Арктики до Антарктики».

В работе конференции приняли участие молодые ученые и пленарные докладчики из 24 регионов Российской Федерации и двух стран СНГ (Украины и Казахстана). Участники представляли 49 организаций, из них 22 — научно-исследовательские, входящие в структуру РАН, РАСХН, других министерств и ведомств РФ и СНГ, 25 вузов и две общеобразовательных школы. Общее число участников конференции составило 250 человек. Всего на конференции было представлено 32 устных и 125 стендовых сообщений. Конференция проводилась при поддержке Президиума Уральского отделения РАН и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07–04–06011).

В настоящем сборнике представлены результаты работ молодых ученых-экологов, студентов, аспирантов, преподавателей вузов и школьников в области теоретической биологии и экологии, радиобиологии, популяционной генетики и экологии, учения об эволюции, функциональной экологии и экологического прогнозирования; обсуждаются вопросы биологического разнообразия и механизмы устойчивости биоты, а также охраны окружающей среды. Особое внимание уделено рассмотрению вопросов структуры и динамики биоты и экосистем полярных территорий.

Редколлегия сборника констатирует, что мнение конкурсной комиссии, сформированной из числа ведущих научных сотрудников ИЭРиЖ УрО РАН, объективно отражает качество работ молодых ученых. С наибольшими сложностями редколлегия столкнулась в процессе научного редактирования тезисов и кратких сообщений. Рукописи работ, которые были рекомендованы к публикации в виде статей, потребовали существенно меньшего редакторского вмешательства.

Редколлегия сборника считает необходимым указать на некоторые наиболее часто встречаемые в работах ошибки в надежде, что это будет способствовать снижению их количества в дальнейшем. Все замечания можно разделить на три условные группы: содержательные, логические (или структурные) и технические.

Содержательные — ошибки, допущенные на этапе проведения научного исследования. Они не являются ошибками самой публикации, поэтому не могут быть устранены (и, фактически, не устранялись) в процессе научного редактирования. При выявлении грубых содержательных ошибок работы не публиковались.

Содержательными можно также назвать ошибки неправильного использования авторами работ статистического аппарата. Пожалуй, наиболее «сложной» для молодых ученых стала проблема статистического вывода в тех задачах, где зависимая переменная измерена в качественной шкале (биномиальной или полиномиальной). В таких ситуациях молодые ученые или отказывались от проверки гипотез, ограничиваясь лишь приведением описательных статистик (точечных оценок выборочных долей — традиционных процентов), а полезнее было бы привести интервальные оценки, или использовали неадекватные критерии. Заметим, что использование «неправильного» критерия может (иногда) приводить и к верному выводу, но часто — к катастрофической потере мощности критерия (ошибка второго рода). Для подобного рода «стандартных» статистических задач существует и соответствующий «стандартный» инструментарий. В зависимости от «природы» набора предикторов (дискретные и/или непрерывные) успешно могут быть использованы лог-линейный анализ, логит-регрессия или аппарат обобщенной линейной модели (GLM/GLZ). При обнаружении грубых ошибок из рукописей исключались указания на неадекватно использованный статистический инструментарий и сделанные с его помощью выводы.

Логические — ошибки, допущенные в процессе написания статей. В наиболее явном виде подобные ошибки выражаются в нарушении логических связей между структурными блоками научной публикации: введение (цель работы) — полученные результаты — выводы. В некоторых материалах содержание работы не соответствовало декларируемым целям и/или генерируемым выводам. В этом случае редколлегия вносила наименьшие исправления в результативную часть работы, в то время как вводная и заключительная ее части подвергались серьезной переработке, дабы привести содержание этих разделов в соответствие с фактическими данными. Другой часто встречающийся тип логических ошибок — нарушение пропорциональности структурных частей публикации, выражающееся в чрезмерной «раздутости» введения или описания объекта исследования в ущерб изложению результатов и их обсуждения. Такого рода несоответствия устранялись редколлекцией безжалостно.

Чрезвычайно разнообразен спектр «технических» погрешностей, неточностей и несуразностей, встреченных в присланных рукописях: от банальных грамматических ошибок до неправильного или неадекватного оформления

таблиц, графиков и библиографического списка публикаций. Так, например, некоторые рисунки невозможно было прочесть не только из-за их плохого разрешения, скученности данных, но и из-за некорректного использования авторами типов диаграмм и программ для их построения, а также непонимания того, что при печати рисунка стираются различия в разных оттенках серого цвета и т.д. Что же касается библиографии, то в тексте некоторых рукописей ссылок на труды коллег было гораздо больше, чем в списке литературы, в других материалах наблюдалась обратная ситуация. Несмотря на кажущуюся «малозначительность» ошибок такого рода, их присутствие в любых материалах не только снижает вероятность успешного понимания читателем мысли автора, но и является чувствительным «индикатором» наличия в работе более существенных ошибок — содержательных или логических.

Редакторы, безусловно, осознают, что значительное количество и большое разнообразие ошибок в присланных рукописях связано с тем, что конференция, труды которой читатель держит в руках, является молодежной, и многие из представленных публикаций — это первая проба пера. Научиться чему-либо (и написанию научных работ в том числе), не совершая ошибок, невозможно. Однако желающим учиться на чужих ошибках можно рекомендовать чаще обращаться за консультациями к более опытным коллегам и специализированным руководствам (например, к «Советам молодому ученому» — <http://ecology.uran.ru/newbie/sovet.pdf>). Кроме того, простейший прием — внимательное прочтение собственного творения спустя одну-две недели после «последней» редакции — существенно облегчил бы работу редакторов.

Учитывая, что немногие молодые ученые обращают внимание на правила оформления названий таблиц и графиков, а также ссылок на них, списка литературы и ссылок на него в журнале «Экология» (номера после 2000 г.), редколлегия обязуется к началу следующей конференции разработать подробную инструкцию для авторов материалов конференций, проводимых ИЭРиЖ УрО РАН.

Редколлегия

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA, DIURNA) ХАНТЫ- МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА–ЮГРЫ

Э.К. Акопян

Сургутский госуниверситет

Большинство видов *Diurna* округа известны лишь по единичным находкам. В связи с этим подавляющее большинство насекомых Красной книги ХМАО — Югры (2003) отнесено к четвертой категории — неопределенные по статусу (редкие, но не достаточно изученные) (Ломакин и др., 2000; Стариков, 2006).

Материалом для работы послужили сборы и наблюдения, проводившиеся автором в течение семи лет (1999–2006 гг.), данные Ю. П. Коршунова (1966, 1973) и материалы ревизии энтомологической коллекции зоологического музея Сургутского государственного университета. Исследование фауны *Diurna* округа проведено более чем в 20 биотопах, трех населенных и одном ненаселенном пунктах, а также в Кулуманском заказнике (№ 10) и в Юганском заповеднике (№ 1) (рисунк).

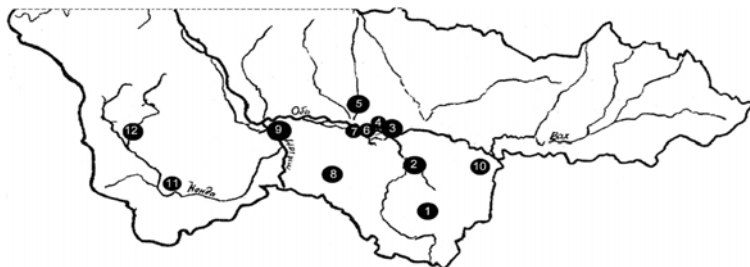


Рисунок. Карта-схема ХМАО с отмеченными пунктами сбора материала.

Бабочек определяли на бинокляре МБС-10 с помощью определителей (Некрутенко, 1985; Коршунов, 1985, 2002; Мигранов, 1991; Татаринов, Долгин, 1999; Chinery, 1993; Higgins, Riley, 1971 и др.). С целью максимально полного выяснения фауны *Diurna*, мы старались проводить сборы планомерно в разных районах округа и в разные периоды лета.

Список булавоусых чешуекрылых ХМАО. Названия таксонов приведены по Ю.П. Коршунову (2002).

Ordo LEPIDOPTERA, Subordo DIURNA. Familia Hesperidae Latreille, 1809: *Pyrgus malvae* L., 1758; *Heteropterus morpheus* Pallas, 1771; *Carterocephalus palaemon* Pallas, 1771; *C. silvicolis* Meigen, 1830; *Thymelicus lineola* Ochsenheimer, 1808; *Ochlodes similis* Leech, 1893; *Hesperia comma* L., 1758. Papilionidae Latreille,

1802: *Papilio machaon* L., 1758. Pieridae Duponchel, 1835: *Leptidea sinapis* L., 1758; *L. morsei* Fenton in Butler, 1881; *Aporia crataegi* L., 1758; *Pieris brassicae* L., 1758; *P. rapae* L., 1758; *P. napi* L., 1758; *Pontia daplidice* L., 1758; *Parapieris callidice* Hübner, 1800; *Anthocharis cardamines* L., 1758; *Gonepteryx rhamni* L., 1758; *Colias palaeno* L., 1761; *C. hyale* L., 1758. Nymphalidae Swainson, 1827: *Limenitis populi* L., 1758; *Neptis rivularis* Scopoli, 1763; *Polygonia c-album* L., 1758; *Nymphalis polychloros* L., 1758; *N. xanthomelas* Esper, 1781; *N. antiopa* L., 1758; *Vanessa atalanta* L., 1758; *V. cardui* L., 1758; *Aglais urticae* L., 1756; *Inachis io* L., 1758; *Araschnia levana* L., 1758; *Hypodryas maturna* L., 1758; *H. ichnea* Boisduval, 1832; *Argynnis paphia* L., 1758; *Fabriciana adippe* L., 1767; *Mesoacidalia aglaja* L., 1758; *Brenthis ino* Rottemburg, 1775; *Issoria lathonia* L., 1758; *Clossiana selene* Denis et Schiffermüller, 1775; *C. selenis* Eversmann, 1837; *C. euphrosyne* L., 1758; *C. oscarus* Eversmann, 1844; *C. freija* Becklin in Thunberg, 1791. Satyridae Boisduval, 1833: *Lasiommata petropolitana* Fabricius, 1787; *Erebia ligea* L., 1758; *E. embla* Becklin in Thunberg, 1791; *E. cyclopia* Eversmann, 1844. Lycaenidae Leach, 1815: *Callophrys rubi* L., 1758; *Lycaena phlaeas* L., 1761; *Thersomonolycaena dispar* Haworth, 1803; *Heodes virgaureae* L., 1758; *Cupido minimus* Fuessly, 1775; *Celastrina argiolus* L., 1758; *Glaucopteryx lycormas* Butler, 1868; *Vacciniina optilete* Knoch, 1781; *Aricia agestis* Denis et Schiffermüller, 1775; *Cyaniris semiargus* Rottemburg, 1775; *Polyommatus icarus* Rottemburg, 1775.

В настоящее время фауна подотряда Diurna ХМАО насчитывает 58 видов из 43 родов 14 подсемейств, относящихся к шести семействам. По нашим предположениям, в данном списке отражено около 65% всей фауны булавоусых чешуекрылых округа.

Наиболее многочисленным по видовому составу является семейство Nymphalidae — 23 вида (39% от всей фауны Diurna), затем следуют Pieridae — 12 (21%), Lycaenidae — 11 (19%), Hesperidae — 7 (12%), Satyridae — 4 (7%) и Papilionidae — 1 вид (2%). По семействам Satyridae и Lycaenidae ревизия пока не окончена.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИНАМИКУ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS*) НА ГАРЯХ

О.В. Анохина

Курганский госуниверситет

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) — основной лесобразующий вид на территории Курганской области. В последние годы площади, занятые сосня-

ками, стремительно сокращаются, в основном, из-за пожаров. Цель работы заключалась в изучении факторов, влияющих на восстановительный процесс сосны на территориях, подверженных воздействию пирогенного фактора.

Нами рассмотрены особенности роста сосны на различающихся по положению в рельефе участках с одинаковым почвенным покровом (серые лесные оподзоленные почвы), часть из которых подверглась влиянию пожаров смешанного типа, а часть осталась не затронутой пожарами.

Установлено, что на экспериментальных участках механический состав почв изменяется от верхних элементов рельефа к нижним. На ненарушенном участке — от супеси к среднему суглинку; а на горелом — от легкого суглика (вершина холма) через средний (склон) к супеси (подножье холма). Водные свойства почв также не остаются постоянными и изменяются в зависимости от положения участка в рельефе, при этом направления изменений на нарушенных и ненарушенных территориях различны. Кислотность почвенного раствора на горелом участке снижается от вершины к подножью холма, а в ненарушенных почвах остается постоянной и достаточно высокой ($pH=5.4$). Содержание основных элементов питания в почвах ненарушенных и нарушенных участков различно и зависит от положения участка в рельефе. Оптимальные условия минерального питания для всходов сосны на горелом участке создаются на склоне холма.

Предпринятая оценка динамики роста проростков и сеянцев сосны в течение трех лет позволила выявить различия этого процесса на нарушенных и ненарушенных территориях. Статистически значимые различия в динамике роста сосны, связанные с рельефом местности, установлены как на пирогенно-нарушенных, так и на ненарушенных участках. Наибольшие высота растений и длина хвоинок на нарушенной территории наблюдается на склоне холма, а на ненарушенной — у подножья холма. Таким образом, благоприятные условия для роста проростков и сеянцев сосны на пирогенно-нарушенных территориях исследованных нами участков создаются на склонах, а не в нижних элементах рельефа (как на не горелых территориях).

РАЗРАБОТКА БИОСЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

О.Ю. Антонова*, В.В. Галямина, Н.П. Ковалевская****

** Пермский государственный технический университет*

*** Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, г. Пермь*

Повышение содержания тяжелых металлов в водоемах при антропогенном загрязнении приводит к изменениям в структурно-функциональной орга-

низации водных экосистем. Большинство тяжелых металлов относятся к микроэлементам, однако при определенных концентрациях они являются токсичными для живых организмов. Для экологического мониторинга тяжелых металлов в водоемах перспективным является использование биосенсоров.

Целью данной работы являлось определение возможности использования клеток фототрофных пурпурных несерных бактерий *Rhodopseudomonas palustris* в качестве чувствительного элемента сенсора для определения концентрации ионов тяжелых металлов в растворах.

В работе использовались культуры *R. palustris*, выделенные из проб воды, эпилитона, ила рек Камского и Байкальского бассейнов. При подборе культуры для конструирования биосенсора было исследовано влияние ионов меди и цинка на синтез пигментов. Чувствительность биосенсоров с разными штаммами зависела не только от вида металла, но и от его концентрации. Для биосенсоров определили аналитические характеристики, получили калибровочные зависимости для металлов. Показано, что микробные сенсоры потенциометрического типа на основе культур *R. palustris* для измерения концентраций тяжелых металлов в целом характеризуется достаточно высокой чувствительностью, позволяющей оценивать присутствие тяжелых металлов на микромолярном уровне.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-Урал (проект № 07–04–96027).

КОМПЛЕКСЫ МИКРОАРТРОПОД В КОНСОРЦИЯХ ЭПИФИТНЫХ БРИОФИТОВ И ЛИШАЙНИКОВ ЮЖНО-ТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ УВАТСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Афонин

Тюменский госуниверситет

Исследования проводили в летне-осенний период 2005–2006 гг. в Уватском районе Тюменской области в подзоне южной тайги. Был охвачен широкий спектр микробиотопов (29) и изучено население микроартропод в бриофитных и лишайниковых консорциях. Сбор проб проводили в 12 точках в составе комплексной экспедиции по лицензионным участкам нефтедобычи. Всего было отобрано 145 проб.

Сообщества микроартропод включают представителей различных классов и отрядов. Внимание было уделено панцирным клещам-орибатадам

(Oribatida), составляющим основу таксономического разнообразия. Это индикаторная группа, используемая в контроле за состоянием окружающей среды. Всего выявлено 80 видов и таксонов более высокого ранга панцирных клещей. В фаунистическом отношении интерес представляет находка панцирного клеща *Ameronothrus oblongus*, ранее известного из литоральной зоны Камчатки и Курильских островов, обнаруженного в эпифитных лишайниках на севере европейской части России. Два представителя вида нами были обнаружены во мхе, произрастающем на стволе пихты из окрестностей железнодорожной станции Демьянка.

Возрастная структура популяций орибатид в изученных микробиотопах различается. В среднем доля взрослых особей составляет 61.4%, а доля личинок и нимф — 38.6%. Антропогенное воздействие влияет на возрастной состав популяций орибатид, приводя к низкой доле преимагинальных фаз развития. Нами отмечена низкая доля личинок и нимф в эпигейных мхах и эпиксильных лишайниках, загрязненных нефтяными продуктами.

Наибольшим абсолютным видовым богатством среди исследованных биотопов характеризуется население орибатид мхов с пихты из окрестностей станции Демьянка. Высокое видовое разнообразие отмечено практически во всех консорциях эпиксильных мхов. Среднее — в белых и эпигейных мхах, собранных в районе законсервированных скважин. Самое низкое богатство характерно для эпифитных лишайников с пихты и кедра, а также эпигейных мхов, собранных в районе скважин с сильным загрязнением нефтепродуктами.

Сравнение населения панцирных клещей различных биотопов с помощью коэффициента Жаккара показало, что наибольшим фаунистическим сходством обладают сообщества микроартропод — обитателей эпиксильных и эпигейных мхов, а также из мохово-лишайниковых синузий, растущих на поваленных разлагающихся деревьях. Наименьшее сходство, вплоть до полного его отсутствия, отмечено при сравнении эпифитных мхов и лишайников, произрастающих на различных видах деревьев. Наибольшей специфичностью населения клещей обладают лишайники с пихты, собранные в окрестностях посёлков Усть-Урна и Казак. Фауна панцирных клещей моховых и лишайниковых консорций не обладает выраженной специфичностью и включает виды, обитающие в почве, подстилке, арбореальные и гидрофильные виды.

Антропогенная трансформация таёжных экосистем ведёт к существенным перестройкам фаунистических комплексов микроартропод: снижению биоразнообразия и обилия, замене содоминирования эудоминированием, сокращению доли видов-резидентов и субрезидентов. Основную роль в нарушенных сообществах играют виды-убиквисты с широкой экологической амплитудой.

РЕПРОДУКТИВНАЯ ФУНКЦИЯ САМОК РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHIONOMYS GLAREOLUS* SCHREBER, 1780) В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Е.А. Байтмирова, Е.В. Булатова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Известно, что воздействие тяжелых металлов или ионизирующего излучения негативно отражается на репродуктивной системе животных (Шейко, 1999; Мацюк и др., 2001). Однако большинство подобных исследований проведены на техногенно загрязненных территориях и мало изученной остается проблема воздействия на репродуктивную функцию животных геохимических факторов естественной природы.

Исследование проведено на территории естественной биогеохимической провинции (с избыточным содержанием никеля, кобальта и хрома в почве) в окрестностях п. Уралец (Пригородный р-н Свердловская обл.), а так же в Висимском государственном природном биосферном заповеднике (фоновый участок). Отловы рыжей полевки проводились в июне — августе в годы «роста» (2000, 2003 гг.) и «пика» численности популяции (2001, 2004 гг.). Фазы популяционного цикла определены с учетом демографической структуры и относительной численности популяции (Жигальский, Кшняев, 2000). Фактическая (число плодов или плацентарных пятен в матке) и потенциальная (число желтых тел в яичниках) плодовитости оценивались только на беременных самках согласно методике Н.В. Тупиковой (1964) во избежание смещенных оценок, связанных с особенностями овариального цикла (Шварева, 1982). На серийных срезах, изготовленных по стандартной методике (Волкова, Елецкий, 1982) подсчитывали число желтых тел и фолликулов в яичниках. Учитывали только фолликулы, содержащие на срезе ядро (Бессалова, 2006). Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0 для Windows.

Зависимости потенциальной и фактической плодовитости самок рыжей полевки от фазы численности или возраста не обнаружено. Различий двух исследуемых популяций по потенциальной плодовитости самок не обнаружено ($Z = -1.73$), но зафиксировано их значимое различие по фактической плодовитости ($Z = -2.05$). Более высокие значения фактической плодовитости характерны для самок из биогеохимической провинции (5.7 ± 0.2) по сравнению с фоновой территорией (4.8 ± 0.2). Более высокие значения фактической плодовитости на территории биогеохимической провинции по сравнению с фоновой территорией, при одинаковой потенциальной плодовитости, говорит о

снижении доимплантационной гибели в районе биогеохимической провинции (5.12% и 12.88% на аномальном и фоновом участке соответственно). Размер помета положительно коррелирует с концентрацией основного гормона беременности прогестерона и глюкокортикоидов в крови беременных самок. Данные гормоны являются иммуносупрессорами, поэтому их повышенная секреция способствует подавлению иммунитета (Хип, 1987; Мак, 1998; Мошкин, 2003). Таким образом, увеличение фактической плодовитости на территории биогеохимической провинции свидетельствуют о более значительном снижении иммунитета у беременных самок рыжей полевки, по сравнению с фоновым участком, и высокой реализации потенциальной плодовитости у животных из менее благоприятного места обитания (Артемьев, Окулова, 1981). Изучаемые территории значимо различаются по плотности населения рыжей полевки, так в 2001 г. ее относительное обилие было в 3.2 раза ниже на территории геохимической аномалии, в 2003 г. — в 1.7 раза, а в 2004 г. — в 1.6 раза. Вероятно, низкая плотность рыжей полевки при более высоких значениях ее фактической плодовитости связана с повышенным уровнем постнатальной смертности на территории природной биогеохимической провинции. У беременных и лактирующих самок возрастают энергетические потребности и снижается иммунореактивность, поэтому именно эти животные с большей вероятностью подвергаются элиминации из популяции, особенно на территории природной биогеохимической провинции (Мякушко, 2001; Мошкин и др., 2003; Lochmiller, Deerenberg, 2000).

У самок рыжей полевки Висимского заповедника, показано значимое ($H_{(1,23)}=5.56$ и $H_{(1,23)}=6.20$) увеличение в фазе «роста» количества как первичных (456.7 ± 49.6), так и вторичных (157.5 ± 24.6) фолликулов в яичниках по сравнению с фазой «пика» (246.7 ± 8.8 и 86.7 ± 13.0 соответственно). Подобной зависимости от фазы популяционного цикла у самок аномального участка не обнаружено. Поэтому значимые ($H_{(1,13)} = 4.33$) различия между двумя территориями отмечены только по количеству вторичных фолликулов в фазе «роста», причем количество фолликулов в яичниках самок из биогеохимической провинции ниже (112.1 ± 10.2). Данные по фолликулогенезу у самок с фонового участка согласуются с существующим представлением о гормональных факторах регуляции популяционных циклов: колебания уровня активности коры надпочечников определяют интенсивность фолликулогенеза. Максимальное количество фолликулов отмечают в фазу роста численности популяции, минимальное — на пике (Шварева, 1982). В исследованиях, проведенных на животных из района изучаемой природной биогеохимической провинции, показано усиление функционального напряжения коры надпочечника по сравнению с фоновой территорией в фазах роста и пика, связанное с действием геохимического фактора (Михеева, 2006). Увеличение функциональной активности

коры надпочечников связано с интенсификацией выработки глюкокортикоидов, которые способны снижать скорость роста и развития фолликулов. Таким образом, наблюдаемое (в фазе роста численности популяции) снижение интенсивности фолликулогенеза у самок аномального участка, возможно, отражает увеличение функциональной активности коры надпочечника.

ЛИТЕРАТУРА

- Артемов Ю.Т., Окулова С.М. Методика полевого изучения эмбриональной смертности до имплантации у грызунов. Микроэволюция. Вып. 1. Казань, 1981. С. 64–74.
- Бессалова Е.Ю. Оригинальная классификация фолликулов, адаптированная для экспериментального изучения яйчников крупных млекопитающих // Тр. Крым. гос. мед. ун-та им. С.И. Георгиевского «Пробл., достиж. и перспек. развития медико-биол. наук и практ. здравоохранения». Т. 142, Ч. 1. Симферополь, 2006. С. 4–5.
- Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии. М.: Медицина, 1982. 304 с.
- Жигальский О.А., Кшняев И.А. Популяционные циклы европейской рыжей полевки в оптимуме ареала // Экология. 2000. № 5. С. 376–383.
- Мацюк Я.Р., Гудинович С.Я., Слободская Н.С. и др. Особенности структурных и репродуктивных свойств женской половой системы потомства крыс при хронической инкорпорации в организме матери в период беременности радионуклидов // Функциональная нейроморфология. Фундаментальные и прикладные исследования. К 100-летию акад. Д.М. Голуба. Минск, 2001. Ч. 2. С. 356–359.
- Мак В.В. Изменчивость гуморального иммунного ответа в популяциях грызунов // Автореф. ... дис. канд. биол. наук. Новосибирск, 1998. 17 с.
- Михеева Е.В. Морфофункциональные особенности надпочечника и щитовидной железы рыжей полевки на территории природной биогеохимической провинции // Автореф. ... дис. канд. биол. наук. Екатеринбург, 2006. 25 с.
- Мошкин М.П., Герлинская Л.А., Евсиков В.И. Иммунная система и реализация поведенческих стратегий размножения при паразитарных прессах // Журн. общей биологии. 2003. Т. 64. № 1. С. 23–44.
- Мякушко С.А. Стратегии воспроизводства в популяциях грызунов // Уч. зап. Таврического нац. ун-та. Сер. биол. 2001. Т. 14. № 2. С. 129–133.
- Тупикова Н.В. Изучение размножения и возрастного состава популяции мелких млекопитающих // Методы изучения природных очагов болезней человека. М.: Медицина, 1964. С. 154–192.
- Хип Р., Филит А. Гормональная регуляция размножения у млекопитающих. М., 1987. С. 154–191.
- Шварева Н.В. Некоторые особенности морфофункциональной активности овариальной железы копытного лемминга *Dicrostonyx torquatus* (Rodentia) на острове Врангеля в динамике популяционного цикла // Зоол. журн. 1982. Т. LXI. Вып. 11. С. 1740–1748.

Шейко Л.Д. Влияние малых доз шестивалентного хрома на репродуктивную функцию мелких млекопитающих // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1999. 16 с.

Lochmiller R. L., Deerenberg Ch. Trade-offs in evolutionary immunology: just what is the cost of immunity // *Oikos*. 2000. Vol. 88. P. 87–98.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МУКСУНА *COREGONUS MUKSUN* (PALLAS)

С.Н. Балдина, Д.В. Политов, Н.Ю. Гордон

Институт общей генетики РАН, г. Москва

Сиговые рыбы широко распространены на севере Евразии и Северной Америки. Они являются важными компонентами водных экосистем и ценными объектами местного и промыслового рыболовства. Сиговые рыбы обладают высокой морфо-экологической пластичностью, что обуславливает трудности при построении естественной системы группы.

К группе сегов с нижним ртом относится муксун, эндемичный азиатский вид. *Coregonus muksun* — солоноватоводная полупроходная рыба, основной нагул которой происходит в зимнее время в дельтах рек, а весной взрослые рыбы заходят в озёра и протоки дельтовой части рек. *C. muksun* отличается высокой пластичностью и представлен несколькими морфологическими формами (Решетников, 1980; Черешнев и др., 2002). Сложная внутривидовая дифференциация муксуна обусловлена его способностью приспосабливаться к меняющимся условиям среды (Александрова, Кузнецов, 1970; Кириллов, 1972).

Интересны родственные взаимоотношения муксуна и пыжьяна, с которым во многих водоёмах Сибири муксун обитает симпатрично. Муксун и пыжьян имеют принципиальные отличия по морфологическим признакам (форме тела, его пропорциям, счётным признакам и др.), а также особенностям экологии. Однако, согласно полученным ранее аллозимным данным, между этими видами не было обнаружено существенной генетической дифференциации (Ермоленко, 1991а; Politov et al., 2000, 2002). Высокая пластичность, а также филогенетическая близость муксуна и пыжьяна объясняется относительной эволюционной молодостью данной группы сиговых рыб (Пирожников и др., 1975; Решетников, 1977, 1980; Ермоленко, 1991б).

Существует также проблемы при определении систематического статуса обитающих симпатрично в реках Анадыре и Пенжине сига-вострыка и пыжьяна (местное название сига-горбун). Некоторые авторы, опираясь на морфоэкологические и кариологические данные, считают *C. ancaulorum* самостоятельным

видом (Черешнев, 1996). Однако в работе Л.И. Ермоленко (1989) показана низкая генетическая дифференциация между сигом-востряком и пыжьяном, что позволяет рассматривать *C. anaulorum* как производную форму *C. pidschian*.

К группе сигов с нижним ртом относится также чир *C. nasus*. Чир таксономически однороден на протяжении всего ареала и считается стабильным видом (Решетников, 1980; Черешнев и др., 2002). Имеются данные о существовании двух популяционных группировок чира: «арктической» (бассейн Северного Ледовитого океана, к востоку от Печоры) и «бореальной» (в реках побережья Берингова моря и в северной части Охотского моря), которые отличаются по морфологическим и по кариологическим признакам, однако степень этих различий не позволяет выделять эти группировки в ранг подвида (Фролов, 1986; Черешнев, 1996). По мтДНК *C. nasus* существенно отличается от других сиговых (Bernatchez, Dodson, 1994; Reist et al., 1998; Politov et al., 2000).

Цель нашей работы: изучение генетической дифференциации симпатрических и аллопатрических форм сиговых рыб Сибири: муксуна (*Coregonus muksun*), пыжьяна (*C. pidschian*), чира (*C. nasus*), сига-востряка (*C. anaulorum*).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для исследования мтДНК были взяты семь выборок муксуна, шесть пыжьяна, четыре чира и две выборки сига-востряка из водоемов Сибири. Места взятия и объём выборок показаны на карте-схеме (рис. 1), сбор проб осуществлялся с 1994 по 2006 гг.

Препараты тотальной ДНК выделяли из тканей печени и белых мышц, фиксированных 96%-м этиловым спиртом методом фенол-хлороформной экстракции по общепринятой методике (Маниатис и др., 1984). Исследовали полиморфизм *ND-1* фрагмента мтДНК методом ПЦР-ПДРФ анализа. Для амплификации использовались олигонуклеотидные праймеры *LGL381* и *LGL563* (Cronin et al., 1993). Фрагмент *ND-1* обрабатывали рестрикционными эндонуклеазами в условиях, рекомендованных изготовителем («Сибэнзим», г. Новосибирск; Fermentas, Литва). В работе были использованы следующие рестриктазы: *Ase* I, *Ava* II, *Bsa* I, *Bsp*1286 I, *Bst*NI, *Bst*UI, *Dde* I, *Dpn* II, *Hae* III, *Hha* I, *Hinc* II, *Hinf* I, *Hph* I, *Msp* I, *Nci* I, *Rsa* I, *Ssp* I, *Taq* I. Фрагменты рестрикции фракционировали с помощью метода электрофореза в горизонтальной камере в 2.5%-м агарозном геле и визуализировали после окрашивания бромистым этидием в УФ-свете. Гаплотипы определяли согласно работе (Politov et al., 2000). Для построения медианной сети гаплотипов использовали программу Network 4.2.0.1. (Fluxus Technology Ltd). Кроме того, выборки муксуна и пыжьяна были исследованы с помощью изоферментного анализа. Пробы тканей (белая мышца, печень) хранились в замороженном виде при

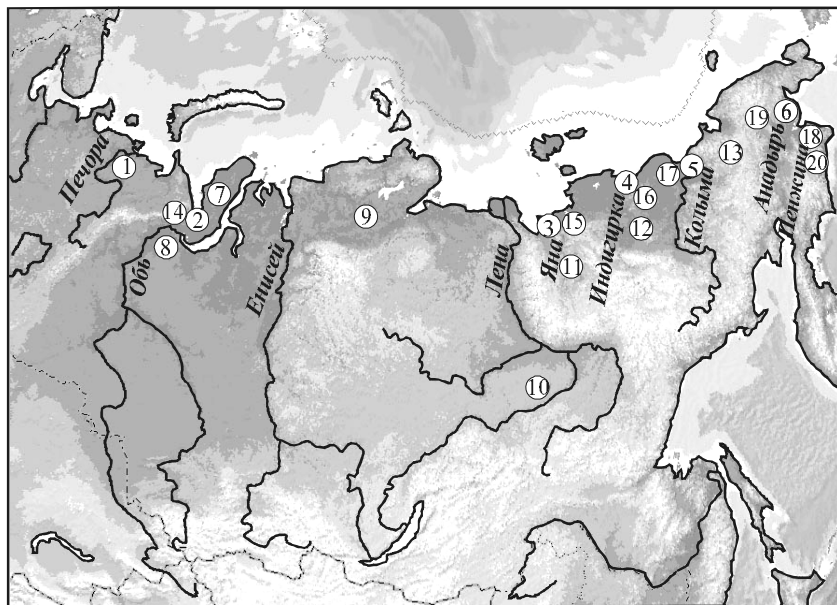


Рис. 1. Места взятия анализируемых выборок (в скобках указана численность).

Выборки пыжьяна *C. pidschian*: 1. р. Печора, дельта (5), 2. Западный Ямал (5), 3. р. Яна, нижнее течение (5), 4. р. Индигирка, дельта (5), 5. р. Колыма, дельта (7), 6. р. Анадырь, нижнее течение (11); выборки муксуна *C. tuktun*: 7. Западный Ямал (9), 8. р. Обь, среднее течение (18), 9. о. Широкое, п-ов Таймыр (13), 10. р. Лена, верхнее течение (10), 11. р. Яна, нижнее течение (9), 12. р. Индигирка, дельта (6), 13. р. Колыма, дельта (6); выборки чира *C. nasus*: 14. Западный Ямал (8), 15. р. Яна, нижнее течение (16), 16. р. Индигирка, дельта (25), 17. р. Колыма, дельта (14); выборки сига-востряка *C. anaulorum*: 18. р. Анадырь, нижнее течение (14), 19. р. Пенжина (4).

температуре -70°C . Фракционный состав белков исследовали методом электрофореза в 13%-м крахмальном геле (Politov et al., 2000). Для анализа было использовано 15 ферментативных систем, контролируемых 20 локусами: *АН-1*, *АН-2*, *ADH*, *СК-А1,2*, *ЕСТ-2*, *Г3PDH-1*, *мIDHP-1,2*, *мIDHP-3,4*, *IDDH-1,2*, *LDH-А1,2*, *LDH-В1,2*, *сMDH-А1,2*, *сMDH-В1,2*, *PGDH*, *GPI-В1,2*, *GPI-А1*, *GPI-В2*, *PGM-1*, *PGM-2*, *сSOD*. Многомерный анализ частот аллелей в выборках муксуна и пыжьяна был произведен с использованием компьютерной программы STATISTICA (StatSoft, 1998).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе ПЦР-ПДРФ анализа *ND1*-фрагмента мтДНК популяций пыжьяна и муксуна был выявлен ряд мономорфных рестриктаз: у пыжьяна — *BstU* I, *Dde* I, *Ssp* I; у муксуна — *BstU* I, *Hha* I и *Dpn* II. Наибольшее число полиморфных сайтов у *C. pidshcian* отмечено для следующих рестриктаз: *Hae* III, *BsaI* I, *Bsp*1286, *BstN* I, *Rsa* I, у *C. muksun* наиболее полиморфны *Hae* III, *Hinf* I, *BsaI* I, *Rsa* I.

Всего среди семи популяций муксуна было идентифицировано 17 комплексных гаплотипов, столько же гаплотипов было обнаружено среди шести популяций пыжьяна. Отмечено пять общих комплексных гаплотипов, встречающихся у обоих видов. Доля общих гаплотипов в выборках муксуна составила 65.8%, в популяциях пыжьяна — 50%. Почти для всех популяций муксуна и пыжьяна характерен один общий гаплотип *P3*, который имеет относительно высокую частоту встречаемости и распространён от р. Печоры до р. Колымы. Данный гаплотип с низкой частотой был также обнаружен в у чира р. Колыма и у сига-востряка р. Анадыря. Наиболее высокий уровень гаплотипического разнообразия наблюдается в популяциях пыжьяна из рек Колымы, Анадыря; в популяциях муксуна из рек Индигирки и Колымы (табл. 1).

Таблица 1. Уровень гаплотипического и нуклеотидного разнообразия в выборках муксуна и пыжьяна

№	Локалитет	Гаплотипическое разнообразие	Нуклеотидное разнообразие	
			без учёта чужеродных комплексных гаплотипов	с учётом чужеродных комплексных гаплотипов
Пыжьян <i>C. pidschian</i>				
1	р. Печора, дельта	0.320	0.000	0.024
2	Западный Ямал	0.640	0.043	0.021
3	р. Яна, нижнее течение	0.560	0.057	0.031
4	р. Индигирка, дельта	0.375	0.009	0.030
5	р. Колыма, дельта	0.838	0.049	0.113
6	р. Анадырь, нижнее течение	0.717	0.047	0.126
Муксун <i>C. Muksun</i>				
7	Западный Ямал	0.528	0.022	0.101
8	р. Обь, среднее течение	0.524	0.039	0.094
9	о. Широкое, п-ов Таймыр	0.298	0.013	0.070
11	р. Яна, нижнее течение	0.383	0.017	0.040
10	р. Лена, верхнее течение	0.560	0.034	0.077
12	р. Индигирка, дельта	0.789	0.059	0.065
13	р. Колыма, дельта	0.789	0.045	0.120

Интерес представляет тот факт, что разным популяциям обоих видов свойственен свой собственный спектр гаплотипов, то есть наряду с общими присутствуют уникальные гаплотипы. В популяциях муксуна и пыжьяна из р. Колымы встретились комплексные гаплотипы, характерные для ряпушки и пеляди — *CS35*, *CS2* (Polotov et al., 2000). Уровень нуклеотидного разнообразия рассчитывался как с учётом, так и без учёта чужеродных гаплотипов. В выборках пыжьяна из рек Колымы, Анадыря, Яны и в выборках муксуна из рек Индигирки, Колымы нуклеотидное разнообразие выше.

На рис. 2 показана медианная сеть комплексных гаплотипов мтДНК разных видов сиговых рыб, отражающая взаимоотношения между гаплотипами. Комплексные гаплотипы муксуна и пыжьяна на данной сети расположены между гаплотипами ряпушки и амурского сига. *C. pidschian* и *C. muksun* слабо дифференцированы и не представляют собой отдельных ветвей, поскольку имеют ряд общих комплексных гаплотипов (рис. 3).

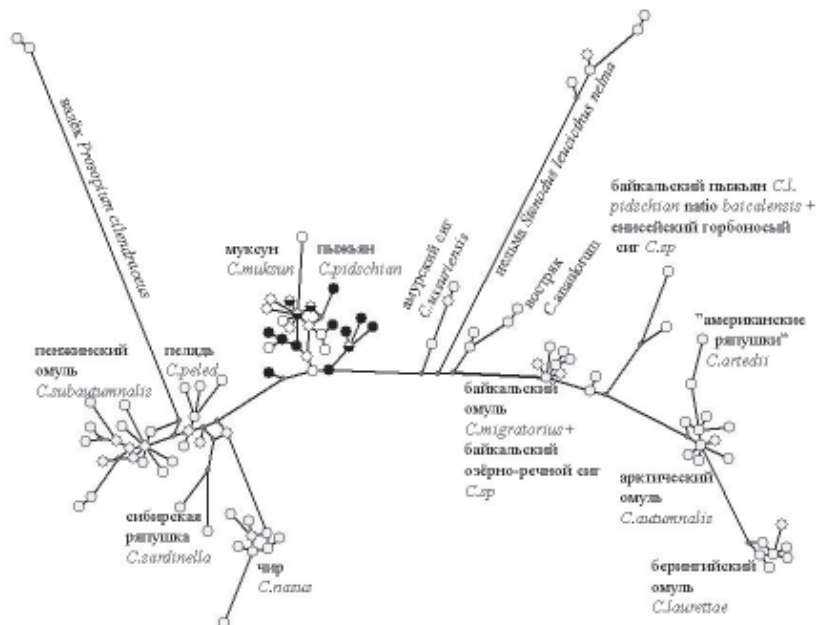


Рис. 2. Взаимоотношения комплексных гаплотипов сиговых рыб.

В исследуемых выборках *C. pidschian* и *C. muksun* уровень полиморфизма составил $P=0.3$. Локусы *ADH*, *AH-1*, *CK-A1,2*, *LDH-A1,2*, *LDH-B1,2*, *PGDH* оказались мономорфными. Практически во всех локусах для муксуна и

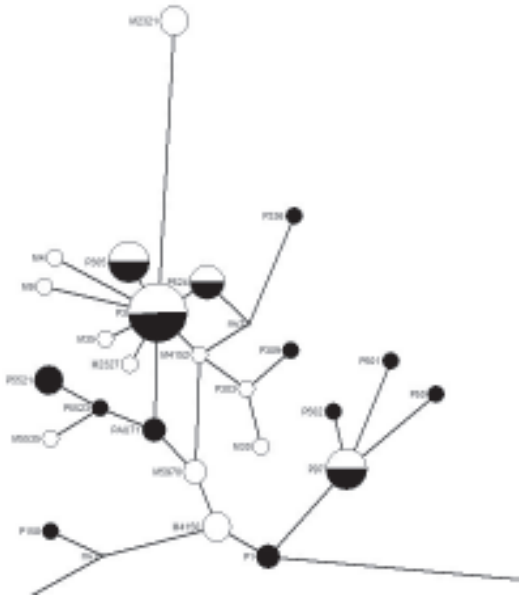


Рис. 3. Комплексные гаплотипы мускуна и пыжьяна: белым цветом выделены гаплотипы, характерные для мускуна, чёрным — для пыжьяна; гаплотипы, общие для пыжьяна и мускуна на схеме двухцветны.

пыжьяна характерны одинаковые аллели. Дифференциация выборок мускуна и пыжьяна по частотам аллелей аллозимных локусов была оценена с помощью анализа главных компонент (рис. 4). Выборки *C. pidschian* и *C. muksun* по аллозимным данным не дифференцируются, что согласуется с результатами, полученными ранее (Ермоленко, 1992; Politov et al., 2000, 2002).

Белки, исследованные у мускуна и пыжьяна, были сопоставлены по электрофоретической подвижности с белками других видов сиговых. У мускуна был обнаружен характерный для ряпушек медленный электрофоретический вариант аллеля локуса *sSOD*.

Сиг-востряк и горбун, согласно результатам рестрикционного анализа *ND1*-фрагмента мтДНК, слабо дифференцированы. Наиболее высокие частоты встречаемости в выборках горбуна и сига-востряка имеют два комплексных гаплотипа. Один из них широко распространён также среди пыжьяна на всей территории Сибири, а другой комплексный гаплотип уникален и свойственен только сигу-востряку и горбуну р. Анадыря.

Всего по 18 рестриктазам среди четырёх популяций чира было идентифицировано 14 комплексных гаплотипов. Для чира характерен уникальный набор комплексных гаплотипов, свойственный только данному виду. На медианной сети, построенной на основании данных по рестрикционному анализу, чир

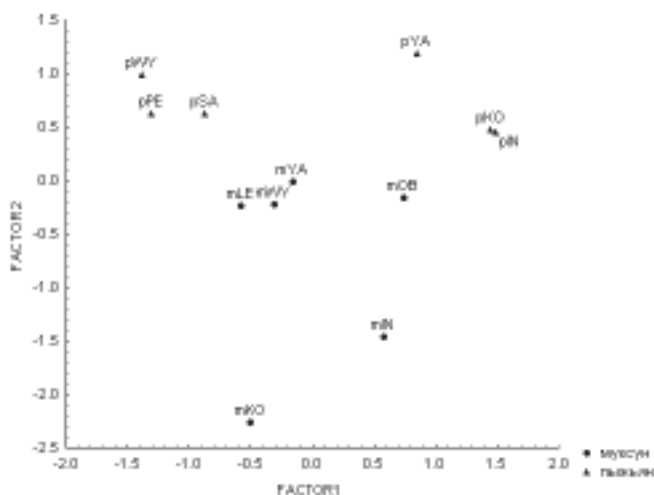


Рис. 4. Ординация выборок муксуна и пыжьяна на плоскости двух главных компонент по результатам изоферментного анализа.

представляет собой отдельную ветвь. В популяциях рек Индигирки и Колымы на низких частотах отмечены комплексные гаплотипы, которые встречались также у муксуна и пыжьяна — P3, PAU71. Выборка с п-ва Ямал оказалась полностью мономорфной. Уровень гаплотипического разнообразия в популяциях чира из рек Яны, Индигирки, Колымы примерно одинаковый. Нуклеотидное разнообразие выше в выборке из р. Яны (табл. 2).

Таблица 2. Уровень гаплотипического и нуклеотидного разнообразия в выборках чира

№ выборки	Локалитет	Нуклеотидное разнообразие	Гаплотипическое разнообразие
14	Западный Ямал	0.0000	0.0000
15	р. Яна, нижнее течение	0.0510	0.7959
16	р. Индигирка, дельта	0.0254	0.8848
17	р. Колыма, дельта	0.0132	0.6163

Большинство исследователей, опираясь на морфологические данные, относят муксуна и пыжьяна к разным видам (Решетников, 1980; Ермоленко, 1989; Черешнев и др., 2002). Однако аллозимный анализ и ПЦР-ПЦРФ анализ ND-1 фрагмента мтДНК не выявили чётких диагностических различий между данными видами, что указывает на низкую степень их генетической дифференциации и общность происхождения. Наличие же в выборках *C. muksun*

комплексных гаплотипов мтДНК ряпушки, а также присутствие медленного электрофоретического варианта аллеля локуса *sSOD*, характерного для ряпушки, позволяет выдвинуть гипотезу о гибридном происхождении *C. muksun*. Предположительно, данный вид сформировался в результате скрещивания между пыжьяновидным предком и неким многотычинковым сигом, например, ряпушкой или пелядью. Данная гипотеза подтверждается и некоторыми морфологическими особенностями муксуна: *C. muksun* сочетает в себе как признаки пыжьяна (положение рта, длина жаберных тычинок), так и признаки ряпушки (количество жаберных тычинок) (Пирожников, 1953, 1955; Решетников, 1980).

Кроме того, ПЦР-ПДРФ анализ фрагмента *ND1* мтДНК выявил сложную внутривидовую структуру вида *C. muksun*. Показано, что популяции муксуна разных бассейнов сибирских рек генетически дифференцированы, что согласуется с морфологическими данными о неоднородности популяционной структуры муксуна (Решетников, 1980; Черешнев и др., 2002).

По мнению многих авторов, особенности морфологии тесно связаны с образом жизни и питанием рыбы (Решетников, 1980; Черешнев и др., 2002). Однако на основе генетического анализа можно предположить, что популяции муксуна в разных бассейнах сформировались независимо друг от друга. Длительное обособленное существование популяции в пределах отдельного бассейна возможно благодаря тому, что муксун не является активно мигрирующим видом. Все перечисленные факты позволяют высказать гипотезу о полифилетическом происхождении вида *C. muksun*.

ПЦР-ПДРФ анализ показал генетическую близость симпатричных форм сига рек Пенжины и Анадыря — востряка и горбуна, поскольку они имеют сходный набор комплексных гаплотипов мтДНК. Наши результаты согласуются с данными по алозимной изменчивости (Ермоленко, 1989). С одной стороны, это позволяет высказать предположение о принадлежности названных форм к одному виду, а, с другой, низкая генетическая дифференциация может быть объяснена проявлением параллельной изменчивости у близкородственных видов сегов.

Наши данные по полиморфизму мтДНК чира показали существенную дифференциацию его от других видов сиговых рыб, что хорошо согласуется с ранними работами (Polotov et al., 2002, 2004). Кроме того, обнаружена дифференциация популяций чира Восточной и Западной Сибири (п-ов Ямал), однако данный факт требует дополнительных исследований.

Таким образом, результаты, полученные с помощью ПЦР-ПДРФ анализа мтДНК и изоферментного анализа существенно дополняют традиционные взгляды на систематику и филогению сиговых рыб Сибири.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ Президиума РАН «Динамика генофондов», «Биоразнообразие», «Происхождение и эволюция биосферы», а также Программы Президента РФ по поддержке ведущих научных школ.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова Е.Н., Кузнецов В.В. Дифференциация муксуна р. Лены. 1. Морфометрическая характеристика четырёх форм муксуна // Вестник МГУ, Биология, Почвоведение. 1970. № 4. С. 16–23.
- Ермоленко Л.И. Генетическая изменчивость и межпопуляционные различия сигов группы *Coregonus lavaretus* // Генетика. 1989. Т. 25. Р. 886–893.
- Ермоленко Л.И. Генетическая дивергенция сигов рода *Coregonus* // Генетика. 1991а. Т. 27. № 3. С. 515–522.
- Ермоленко Л.И. Генетическая изменчивость и межпопуляционные генетически различия у чира *Coregonus nasus* // Генетика. 1991б. Т. 27. № 2. С. 299–303.
- Ермоленко Л.И. Генетическая дивергенция трех родов сиговых рыб (Coregonidae) // Генетика. 1992. Т. 28. № 6. С. 122–127.
- Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии. М.: Наука, 1972. 359 с.
- Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Д. Методы генетической инженерии. Молекулярное клонирование. М.: Мир, 1984. 480 с.
- Пирожников П.Л. Некоторые данные по биологии муксуна // Тр. Всесоюз. гидробиологического общества. 1953. Т. 5. № С. 339–348.
- Пирожников П.Л. Материалы по биологии промысловых рыб р. Лены // Известия ВНИОРХ. 1955. Т. 35. № С. 61–128.
- Пирожников П.Л., Дрягин П.А., Покровский В.В. О таксономическом ранге и филогении сиговых (Coregonidae, Pisces) // Известия ГОСНИОРХ. 1975. Т. 104. С. 5–17.
- Решетников Ю.С. Сложные вопросы таксономии сиговых рыб и проблемы зоогеографии // Основы классификации и филогении лососевых рыб. Л.: ЗИН АН СССР, 1977. С. 71–78.
- Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 301 с.
- Фролов С.В. Добавочные хромосомы в кариотипе чира // Цитология. 1986. Т. 28. № 7. С. 215.
- Черешнев И.А. Биологическое разнообразие пресноводной ихтиофауны Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 196 с.
- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2002. 496 с.
- Bernatchez L., Dodson J.J. Phylogenetic relationships among Palearctic and Nearctic whitefish (*Coregonus* sp.) populations as revealed by mitochondrial DNA variation // Can. J. Fish. Aquat. Sc. 1994. Vol. 51. № Supplement 1. P. 240–251.
- Cronin M.A., Spearman W.J., Wilmot R.L. et al. Mitochondrial DNA variation in chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) and chum salmon (*O. keta*) detected by restriction enzyme analysis of polymerase chain reaction (PCR) products // Can. J. Fish. Aquat. Sc. 1993. Vol. 50. № 4. P. 708–715.

- Polotov D.V., Gordon N.Y., Afanasiev K.I. et al. Identification of Palearctic coregonid fish species using mtDNA and allozyme genetic markers // Journal of Fish Biology. 2000. Vol. 57. № Supplement A. P. 51–71.
- Polotov D.V., Gordon N.Y., Makhrov A.A. Genetic identification and taxonomic relationships of six Siberian *Coregonus* species // Archiv fur Hydrobiologie Special Issues — Advances in Limnology. 2002. Vol. 57. P. 21–34.
- Reist J.D., Maiers L.D., Bodaly R.A. et al. The phylogeny of New and Old World coregonine fishes as revealed by sequence variation in a portion of the d-loop of mitochondrial DNA // Archiv fur Hydrobiologie Special Issues — Advances in Limnology. 1998. Vol. 50. P. 551–561.

СЕЗОННЫЕ АСПЕКТЫ ФАУНЫ ПТИЦ ГОРОДА КУРГАНА

И.О. Бологов

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Птицам свойственна видовая специфичность в выборе местообитаний и сезонной изменчивости их предпочтения, что создает очень сложную картину пространственно-временного распределения. Общеизвестно, что видовой состав птиц в течение года претерпевает существенные изменения. Наиболее полно отражают основные сезонные аспекты фауны птиц следующие шесть временных отрезков: предвесенний — с середины марта до середины апреля; весенний — с середины апреля до конца мая; первой половины лета — с начала июня до середины июля; летне-осенний — с середины июля до середины сентября; предзимний — с середины сентября до середины ноября; зимний — с середины ноября до середины марта.

Расчеты проведены по 131 виду птиц 11 отрядов, встреченному с 16 марта 2005 г. по 15 марта 2006 г. в шести ландшафтных урочищах (водоемы, смешанные леса, лесопарки, парки, сады, районы многоэтажной и индивидуальной застройки) в каждом из шести выделенных периодов года.

При сравнении сезонных аспектов орнитофауны г. Кургана обнаружены следующие закономерности: 1. Наиболее сходен видовой состав весеннего аспекта и первой половины лета (общность 73%) (таблица), первой половины лета и летне-осеннего аспекта (общность 74%). В это время орнитофауна наиболее стабильна. 2. Наименьшее сходство видового состава наблюдается при сравнении первой половины лета и летне-осеннего аспекта с зимним аспектом (16%). Столь низкий коэффициент общности объясняется отсутствием в зимнее время перелетных видов птиц, а в летнее — зимующих. 3. Наиболее резко орнитофауна меняется от предвесеннего аспекта к весеннему, когда число

видов в результате прилета увеличивается более чем в 3 раза (общность 29%). 4. При сравнении орнитофауны ландшафтных урочищ наибольшим сходством видового состава обладают леса и лесопарки — 59% (67% для фоновых видов) в предвесеннем периоде, парки и районы застройки — 63% (39%) в весеннем периоде. Это указывает на то, что в орнитогеографическом отношении данные урочища представляют собой единые ландшафты.

Таблица. Сравнение видового состава птиц сезонных аспектов г. Кургана

Сезонные аспекты	Коэффициент Жаккара, %
Первая половина лета и летне-осенний аспект	74
Весенний аспект и первая половина лета	73
Весенний и летне-осенний аспекты	64
Зимний и предвесенний аспекты	49
Весенний и предзимний аспекты	46
Предзимний и зимний аспекты	44
Летне-осенний и предзимний аспекты	40
Первая половина лета и предзимний аспект	38
Предзимний и предвесенний аспекты	36
Предвесенний и весенний аспекты	29
Первая половина лета и предвесенний аспект	22
Летне-осенний и предвесенний аспекты	22
Весенний и зимний аспекты	21
Первая половина лета и зимний аспект	16
Летне-осенний и зимний аспекты	16

ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *PYROLA ROTUNDIFOLIA* L. И *ORTHILIA SECUNDA* (L.) HOUSE НА ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Е.Н. Бояринцева

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

При формировании лесных сообществ на промышленных отвалах под пологом сосны и других древесных пород поселяются и типичные лесные растения, в том числе *Pyrola rotundifolia* L. и *Orthilia secunda* (L.) House, относящиеся к семейству Pyrolaceae Dumort. Исследования проводились в 2006 г. на Южно-Веселовском отвале бурогоугольного месторождения, на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС (ВТГРЭС) и на Сухореченском отвале доломитового месторождения. Эти отвалы расположены в одной природной зоне и характеризуются лесным типом зарастания. Цель работы: изучение особенностей популяций *P. rotundifolia* и *O. secunda* в формирующихся на техногенных субстратах

лесных сообществах. Проведенные исследования показали, что: 1) На всех изученных техногенных объектах ценопопуляции *Pyrola* и *Orthilia* являются нормальными, способными к самоподдержанию. Склонность спектров к максимуму в группе γ -особей объяснима преобладанием вегетативного способа возобновления популяций. 2) Морфологические показатели растений зависят от возраста, субстрата отвала и от освещенности. 3) Морфологические показатели растений существенно не отличаются от естественных показателей (Онтогенетический атлас..., 2004), а в некоторых случаях даже превосходят их. 4) *Orthilia* на всех изученных объектах является слабомикотрофным видом. На показатели микотрофности влияет комплекс признаков (субстрат и климат). Выявленные различия, вероятно, связаны с характером субстрата, и в меньшей степени с зонально-климатическими условиями.

ЛИТЕРАТУРА

Онтогенетический атлас лекарственных растений: учеб. пособие / Отв. ред. Л.А. Жукова. Т. 4. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2004. 239 с.

ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ ОСОБЕЙ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ НЕКОТОРЫХ ФАРМПРЕПАРАТОВ У НОВОРОЖДЕННЫХ

Н.М. Бречка, Л.А. Спротенко

Институт проблем эндокринной патологии АМН Украины, г. Харьков

В настоящее время наблюдается увеличение числа патологий беременности и детского возраста. В подобных случаях часто происходит бесконтрольное назначение лекарственных препаратов, направленное только на устранение причин угрозы прерывания беременности и санацию сиюминутной патологии. Однако дальнейшее развитие здорового организма при этом не всегда учитывается. Патология пубертатного периода — одна из причин, приводящих к снижению репродуктивной функции. В неонатальном периоде половые гормоны возбуждают заложенную в органах-мишенях программу реагирования, которая не проявляется до начала половозрелого состояния. У самцов крыс эта роль обеспечивается пиком тестостерона в возрасте 3–7 дней после рождения, а тестостерон обладает анаболическим действием.

Цель нашей работы — исследование отдаленных последствий неонатального введения некоторых препаратов (ретаболила, метилурацила, рибоксина), вли-

яющих на анаболические процессы и на репродуктивную систему животных. Задача: изучить соматополовое развитие, функционирование андрогензависимых органов и их морфологическое строение у взрослых животных в условиях неонатального применения препаратов, стимулирующих анаболические процессы.

Работа выполнена на 250 крысах-самцах популяции Вистар. Основная гипотеза: изменения анаболических процессов в раннем (критическом для развития мужского организма) возрасте могут привести к поражению репродуктивного статуса взрослых животных с последующим изменением функционирования половой системы.

Показано, что неонатальное назначение анаболических препаратов приводит к модуляции репродуктивного статуса животных: изменяется масса репродуктивных органов, нарушается сперматогенная функция семенников. При короткой «экспозиции» ретаболилом возникает гипогормональный вариант нарушения пубертата. Введение метилурацила приводит к гиперпластическому варианту неонатально детерминированного нарушения пубертата, рибоксина — к гипореализационному варианту нарушения пубертата. Полученные данные необходимо учитывать при назначении некоторых фармацевтических препаратов в критические периоды развития организма.

МАТЕРИАЛЫ К СИСТЕМАТИКЕ СЕМЕЙСТВА BETULACEAE ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

З.С. Брусникова

Курганский госуниверситет

На территории Южного Зауралья семейство Betulaceae широко распространено и представлено тремя родами: одним культивируемым — *Corylus* L. и двумя дикорастущими: *Alnus* Mill. и *Betula* L. Род *Corylus* представлен одним видом — *C. avellana* L. — лещиной обыкновенной. Встречается только в культуре. Род *Alnus* включает два вида: *A. glutinosa* (L.) Gaertn. — ольху клейкую и *A. incana* (L.) Moench. Род *Betula* отличается сильным полиморфизмом, способностью видов к гибридизации. Мнения многих авторов на объем видов данного рода различны. Некоторые объединяют всю совокупность белоствольных берез в два сборных вида: *B. pendula* и *B. pubescens* (Шемберг, 1992). Другими признается видовая самостоятельность так называемых микровидов берез (Васильев, 1969; Цвелев, 2002).

Опираясь на работы монографов рода (Васильев, 1969; Цвелев, 2002), мы приводим систему рода *Betula* для флоры Южного Зауралья. На этой тер-

ритории зарегистрировано восемь видов и три межвидовых гибрида берез из четырех секций.

Секция *Apterocaryon* Spach представлен одним видом — *Betula nana* L.;

Секция *Humilis* Koch: один вид — *B. humilis* Schrank;

Секция *Verrucosae* (Sukacz.) V. Vassil. (*B. aggr. pendula* Roth): *B. pendula* Roth, *B. krylovii* G.Kryl., *B. brachylepis* V. Vassil., *B. microlepis* Ig. Vassil., *B. platyphylloides* V. Vassil.;

Секция *Pubescens* (*B. aggr. pubescens* Ehrh.): *B. pubescens* Ehrh.

Цель нашей работы — выявление степени обособления различных видов берез на основе комплексного исследования ряда структурных признаков. Для достижения цели решались следующие задачи: 1) Выделить диагностические признаки, необходимые для определения берез. 2) Определить степень расхождения признаков у различных видов берез. 3) Установить видовую принадлежность исследуемых таксонов.

Объектами исследования послужили пять видов белоствольных берез (*Betula*): *B. pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth, *B. krylovii* G. Kryl., *B. brachylepis* V. Vassil., *B. microlepis* Ig. Vassil. Для изучения степени обособления видов учитывался комплекс диагностических признаков, среди которых отобраны следующие: длина и ширина листовой пластинки, длина черешка, длина и диаметр семенной сережки, длина и ширина прицветной чешуи, длина и ширина орешка, ширина крыла орешка. Исследовано по десять гербарных экземпляров берез, измерения и подсчет показателей проводились не менее чем в пятикратной повторности для каждой органа растения или его части.

Методом парно-группового среднеарифметического связывания построен кластер, показывающий корреляции между признаками, используемыми в работе (рис. 1). Попарно объединяются морфометрические признаки строения генеративных органов, признаки формы листовой пластинки, а также показатели измерения осевых структур некоторых органов (длина сережки и длина черешка листовой пластинки).

В ходе факторного анализа (рис. 2 и 3) выявлено три фактора, объединяющие некоторые группы признаков: F_1 объединяет некоторые признаки генеративных органов (длина прицветной чешуи, длина орешка, ширина крыла орешка); F_2 — признаки осевых структур органов (длина сережки, длина черешка); F_3 — морфологические признаки формы листовой пластинки (длина, ширина).

Характер расположения признаков *B. pubescens* (вид 1) и *B. pendula* (вид 2) показывает отличия между этими видами. Признаки *B. krylovii* (вид 3) частично уходят из области перекрывания с другими видами (см. рис. 2). Признаки двух последних видов (виды 4 и 5) не отграничены от областей рассеивания признаков соседних видов. Таким образом, *B. brachylepis* (вид 4) и *B. microlepis* (вид 5) не имеют четких морфологических отличий, что может

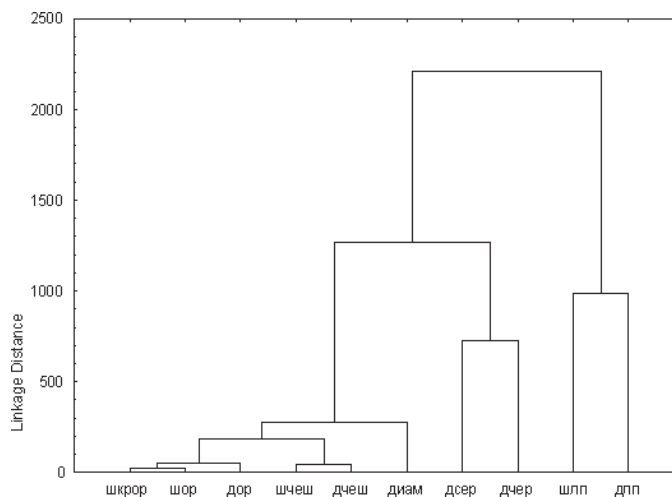


Рис. 1. Кластер связи диагностических признаков изученных видов берез: шкром — ширина крыла орешка; шор — ширина орешка; дор — длина орешка; щеш — ширина чешуи; дчеш — длина чешуи; диам — диаметр сережки; дсер — длина сережки; дчер — длина черешка; шлп — ширина листовой пластинки; дпл — длина листовой пластинки.

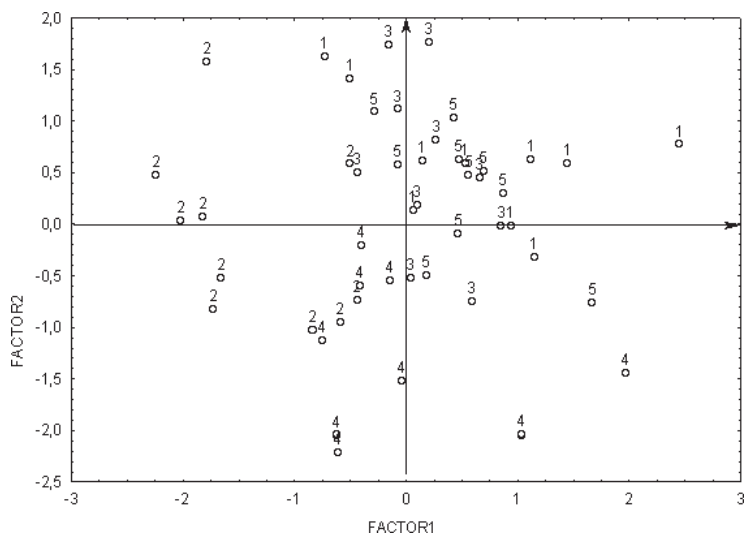


Рис. 2. Положение признаков изученных видов в системе факторов F_1 и F_2 .

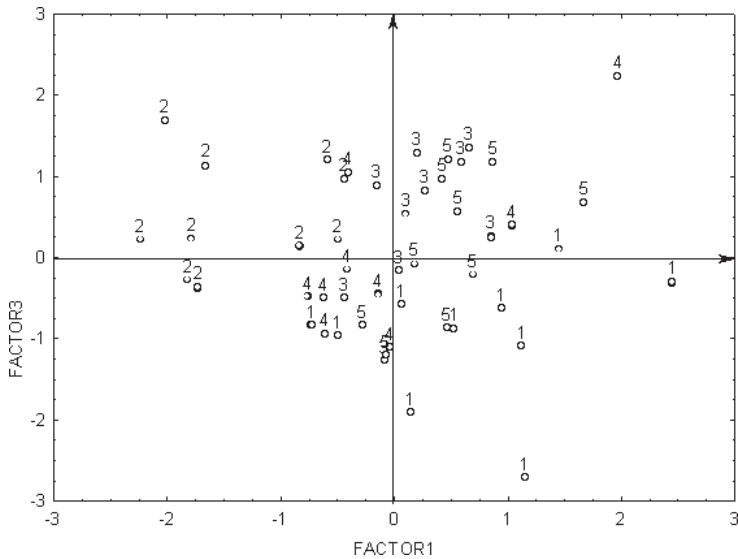


Рис. 3. Положение признаков изученных видов в системе факторов F_1 и F_3

быть связано с их гибридным происхождением или свидетельствовать об относительной молодости видов. Таксон *B. brachylepis* правильнее отнести к видовому рангу *B. krylovii*, нежели к *B. pendula*.

К березам Южного Зауралья следует относить еще один таксон — *Betula platyphylloides* V. Vassil. — близкая к *B. krylovii* восточноевропейская раса, отличающаяся очень крупными широкояйцевидными листьями. Степень его морфологической обособленности и характер распространения — предмет для дальнейшего изучения. В Зауралье встречаются и гибриды берез, объединяющие признаки родительских особей: *Betula* × *intermedia* Thomas ex Gaud (*B. nana* × *B. pubescens*), *Betula* × *aurata* (*B. pendula* × *B. pubescens*), *Betula* × *vologdensis* (*B. nana* × *B. humilis*).

Таким образом, анализ степени расхождения признаков у различных видов берез позволяет выделить два четко очерченных вида — *B. pubescens* и *B. pendula*. Таксон *B. krylovii*, возможно, занимает промежуточное положение в ранге вида. Степень морфологической обособленности *B. brachylepis* и *B. microlepis* невысока, что может свидетельствовать о гибридогенной природе и относительной молодости данных видов.

ЛИТЕРАТУРА

Васильев В.Н. Березы Урала // Тр. Ин-та эколог. раст. и жив., 1969. Вып. 69. С. 59–140.

- Цвелев Н.Н. О родах *Betula* L. и *Ahnus* Mill. (Betulaceae) в Восточной Европе // Новости систематики высших растений. СПб.: Изд-во СПбХФА, 2002. Т. 34. С. 47–73.
- Шемберг М.А. Семейство 45. Betulaceae — Березовые // Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1992. Т. 5. С. 61–70.

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ В РАЙОНЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ

Е.В. Булатова, Е.А. Байтимирова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Вопрос о физиологических механизмах адаптации животных к экстремальным геохимическим условиям особенно актуален для Уральского региона, где широко распространены природные биогеохимические провинции. Цель работы: проанализировать демографическую структуру и морфофизиологические особенности популяции рыжей полевки, обитающей на территориях природных биогеохимических провинций. Исследование проводилось в окрестностях п. Уралец и д. Анатольской Пригородного района Свердловской области на территориях природных биогеохимических провинций с избыточным содержанием никеля, кобальта и хрома. Фоновый участок находится в Висимском государственном природном биосферном заповеднике.

Отлов животных проводился в период «роста» и «пика» численности популяции — июне-августе 2001–2006 гг. с помощью давилок. Фазы популяционного цикла определяли с учетом демографической структуры и относительной численности популяции (Жигальский, Кшнясев, 2000). Абсолютный возраст определяли по методике Н.В. Тупиковой (1970). При исследовании морфофизиологических особенностей животных использовали метод морфофизиологических индикаторов С.С. Шварца и его модификации (Шварц и др., 1968; Корнеев, Карпов, 1980).

Численность рыжей полевки в Висимском заповеднике в 2001 г. составила 40.5, в 2003 г. — 3.5, в 2004 г. — 22.0, в 2006 г. — 13.5 ос./100 лов.-сут. В районе биогеохимической провинции в окрестностях п. Уралец в 2001 г. — 12.5, в 2003 г. — 3.0, в 2004 г. — 11.5 ос./100 лов.-сут.; в окрестностях д. Анатольская в 2004 г. — 5.5 и в 2006 г. — 2.3 ос./100 лов.-сут. Относительное обилие рыжей полевки статистически значимо выше на фоновой территории по сравнению с аномальными участками ($\chi^2=22.62$; $df=2$; $p<0.05$). В 2001 г. («пик численности») на фоновом участке группа двухмесячных животных представлена большей долей особей (53.6 %) по сравнению с аномаль-

ным участком (п. Уралец, 38.48 %), что связано со сроками отловов. Группа размножающихся сеголеток отсутствовала в отловах в 2001 г. («пик») на всех изучаемых участках, а в 2004 г. («пик») составила всего 8.7% на участке в окрестностях п. Уралец, что, вероятно, связано с высокой плотностью животных. Отсутствие перезимовавших животных в 2003 г. («рост») на аномальном участке в окрестностях п. Уралец, а в 2006 г. («рост») на участке в окрестностях д. Анатольская, возможно, связано с высокой смертностью животных на этих участках, особенно в группе размножающихся самок (Мякушко, 2003). Таким образом, демографическая структура популяции рыжей полевки на территориях естественных биогеохимических провинций практически не отличается от структуры популяции данного вида на фоновом участке.

С помощью четырехфакторного дисперсионного анализа были выявлены статистически значимые различия между животными аномального и фонового участков по морфофизиологическим индикаторам: увеличение индексов надпочечника ($F_{(1,267)}=16.45; p<0.05$) и почки ($F_{(1,267)}=8.84; p<0.05$) на территориях природных биогеохимических провинций. Вероятно, причиной этого является напряженность обменного баланса у животных аномальных участков. Снижение гепатосупраренального коэффициента рыжей полевки на территориях биогеохимических провинций ($F_{(1,267)}=4.31; p<0.05$) демонстрирует снижение энергетического потенциала животных в данных районах. Наблюдаемые изменения морфофизиологических параметров рыжей полевки свидетельствуют об интенсификации процессов метаболизма и сокращении резервных возможностей организмов животных в районе естественных биогеохимических провинций.

СТРОЕНИЕ СОРЕДИЙ *HYPOGYMNA PHYSODES* (L.) NYL. (ASCOMYCOTA) В ГРАДИЕНТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА

М.С. Булдаков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

В свете многочисленных данных о высокой чувствительности лишайников к загрязнению атмосферы, полученных в последние десятилетия, актуальной стала задача поиска причин различной чувствительности их видов к загрязнению. Кроме того, важно оценить возможности восстановления популяций лишайников в естественной среде при снижении существующих уровней загрязнения. Для этого необходимо изучить особенности влияния химического загрязнения на агенты вегетативного размножения лишайников.

Анализ ранее полученных материалов о строении диаспор *H. physodes*, сформированных в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода (далее — СУМЗ) на 24 талломах, обитавших на стволах 8 пихт из плакорных пихто-ельников фоновой и импактной зоны (Булдаков, 2004), выявил значимое влияние двух факторов. Наряду с влиянием фактора «зона загрязнения» ($H_{(1, 709)}=124.0$, $p<0.01$) оказался значимым фактор «дерево-форофит» ($H_{30 \text{ км} (3, 359)}=32.2$, $p<0.01$; $H_{6 \text{ км} (3, 350)}=32.1$, $p<0.01$; рис. 1).

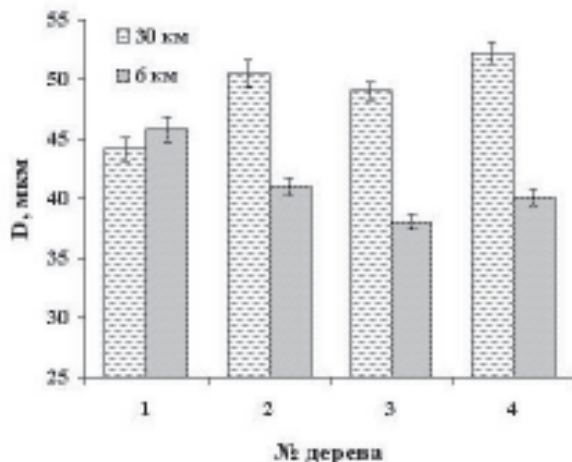


Рис. 1. Размер диаспор *H. physodes* (супендированных в воде), сформированных на стволах елей в плакорных пихто-ельниках на разном удалении от СУМЗа (здесь и далее: средние значения $\pm$ ст. ошибка).

При этом обнаруженная значимость эффекта зоны загрязнения может отражать как прямое токсическое влияние, так и косвенное влияние загрязнения (через биотические связи или микроклимат) и/или влияние мезоклимата — через иссушение биотопов по мере приближения к источнику поллютантов, то есть при движении с запада на восток (Прокаев, 1976). О влиянии микроклимата косвенно свидетельствует и обнаруженная нами ранее миниатюризация соредий, сформированных на талломах после трансплантации в городскую среду, даже в условно чистые (но более сухие по сравнению с массивом леса) участки зелёной зоны крупного города (Булдаков, 2004; Булдаков, Радиков, 2006).

Чтобы минимизировать влияние микроклимата, субстрата и особенностей материнских талломов, в дальнейшем изучали только смешанные препараты диаспор из нескольких талломов, собранных с десяти деревьев в максимально сходных друг с другом пойменных пихто-ельниках.

Соредии, сформированные в пойменных пихто-ельниках изучаемого района, проросли в лабораторных условиях (Булдаков, 2006). Выяснилось, что в стандартных условиях на минеральном агаре (Nauck et al., 2002) при добавлении субвитальных доз CuSO_4 (150 мг/л Cu) соредии буферной зоны прорастают значительно лучше, чем соредии фоновой зоны (рис. 2). Критерий Краскела-Уоллиса показал значимость влияния зоны загрязнения: $H_{(1, 54)} = 9.2, p < 0.01$.

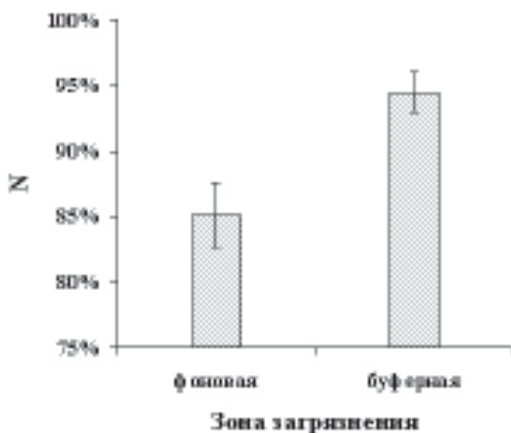


Рис. 2. Прорастание диаспор *H. physodes*, сформированных на стволах елей в пойменных пихто-ельниках в окрестностях СУМЗа, на среде с сульфатом меди.

Цель работы: выяснить, являются ли выявленные различия в приспособлении к провокационной интоксикации между соредиями из разных зон загрязнения следствием различий в их строении. Для этого необходимо проанализировать изменчивость строения диаспор *H. physodes* в градиенте загрязнения воздуха SO_2 и тяжёлыми металлами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В июне 2006 г. было собрано по 40 талломов на шести пробных площадях в двух зонах, значительно различающихся по степени трансформации эпифитных лишениносинузий (Михайлова, 1996): две — в 30 км и четыре — в 4–7 км к западу от СУМЗа. Вблизи завода две площадки были заложены в условиях высокой встречаемости соредиезных талломов модельного вида и две — на пределе распространения соредиезных талломов. Пробная площадь — совокупность десяти стволов неповреждённых взрослых деревьев ели, располо-

женных в пределах одного ценоза (приручьего пихто-ельника) на расстоянии 10–50 м друг от друга.

Из талломов, собранных в одном местообитании, готовили смешанный препарат — гомогенизированную смесь диаспор, счищенных кисточкой «коза-2» из всех соралей всех собранных талломов. Выборки, взятые из готовых препаратов, помещали под покрывное стекло и фотографировали с помощью цифровой фотокамеры (PowerShot G3, Canon) при малом (объектив CP-Achromat 5 × /0.12) и большом (CP-Achromat 40 × /0.65) увеличении под тринокулярным микроскопом (Axiostar plus, Carl Zeiss).

Диаметр 60 воздушно-сухих соредий измеряли по трем микрофотографиям при малом увеличении в проходящем свете со стандартом сравнения (диаметр — 148 мкм) в модуле «Измерение объектов» ПО SIAMS Photolab (V. 4.0., SIAMS). Для этого методом случайного числа отбирали 20 диаспор из числа диаспор, резко отображенных в кадре. Для каждой учитываемой диаспоры определяли медиану 128 «внешних» диаметров. Внешний диаметр — сумма двух перпендикулярных «внешних» радиусов, выходящих из центра тяжести частицы под углами: $2\pi k/128$, где $k=0, \dots, 127$. Внешний радиус — расстояние до точки частицы, максимально удаленной от центра её тяжести.

Цитоструктуру соредий оценивали глазомерно по фотографиям на большом увеличении в проходящем свете (препарат «раздавленная капля», просветленный КОН+полиэтиленгликоль-2000), в трёхкратной повторности (повторность — 20 резко изображенных случайным образом отобранных диаспор).

Исследовали следующие параметры цитоструктуры: 1) общее число клеток водорослей в диаспоре (диаспора в данном случае — это простая единичная соредия либо консоредия (Tnnsberg, 1992; Vьdel, Scheidegger, 1996), то есть состоящая из нескольких сфероидальных долей, не до конца разделившаяся на дочерние соредии сложная диаспора); 2) общее число клеток водорослей в консоредии; 3) число клеток водорослей в единичной соредии; 4) число клеток водорослей в доле диаспоры; 5) число клеток водорослей в доле консоредии; 6) число долей диаспоры (включая единичные соредии); 7) число долей консоредии.

Часть собранных лишайников из каждого местообитания (250 мкг воздушно-сухих размолотых талломов) была подвергнута микроволновому (молному) озолению в концентрированной азотной кислоте. В полученных растворах измеряли валовое содержание приоритетных загрязнителей: Cu, Fe и Pb (Воробейчик и др., 1994; Прокопович, Мещеряков, 2007) на атомно-адсорбционном спектрофотометре (Vario 6, Analytik Jena).

Полученные материалы анализировали в ПО Statistica (V. 6.0., Statsoft). Распределения большинства выборок существенно отличались от нормальных

(по тестам Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро-Уилка), дисперсии в большинстве случаев оказались неоднородны (по тестам Кохрена и Левена) и скоррелированы со средними значениями, поэтому для сравнения выборок использовали непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. Корреляционный анализ проводили на основе вычисления коэффициентов корреляции Спирмена (r).

В строго одинаковых условиях трёхкратно измеряли один и тот же препарат соредий, сформированных на стволах елей заболоченного пихто-ельника фоновой зоны. Проверка показала довольно высокую сходимость результатов измерения для всех изученных параметров: стандартная ошибка измерения диаметра, рассчитанная по результатам трёхкратных измерений, составила 0.79 мкм (2.3% от среднего). Цитоструктурные параметры (приведены в вышеозначенном порядке) показали следующие ошибки: 1) 0.70 шт. (6.9%); 2) 1.13 шт. (8.1%); 3) 0.36 шт. (6.3%); 4) 0.22 шт. (4.8%); 5) 0.22 шт. (6.1%); 6) 0.14 шт. (5.6%); 7) 0.17 шт. (4.5%). Критерий Краскела-Уоллиса не выявил значимого влияния случайных факторов на результаты измерений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание поллютантов. Содержание меди и железа в лишайниках тесно коррелирует с удалением от СУМЗа ($r_{\text{Cu,Fe}}(n=6)=-0.93, p<0.01$) и между собой ($r(n=6)=-0.94, p<0.01$), то есть отражает уровни выпадений техногенных аэрозолей из точечного источника. Содержание свинца более тесно коррелирует с расстоянием от шоссе, то есть отражает влияние линейного источника загрязнения ($r_{\text{Pb}}(n=6)=-0.83, p<0.05$).

На основе данных о накоплении лишайниками меди и железа мы выделили три условные зоны загрязнения. Таким образом, в импактной зоне металлов в лишайниках в среднем накапливается в 4–9 раз выше, чем в лишайниках фоновой зоны, а в буферной зоне превышение фона составляет 2.5–6.5 раза (таблица).

*Таблица. Валовое содержание тяжёлых металлов (мкг/г воздушно-сухого веса лишайника) в материнских талломах *H. physodes* в градиенте загрязнения (в числителе — среднее, в знаменателе — размах).*

Фоновая зона			Буферная зона			Импактная зона		
Cu	Fe	Pb	Cu	Fe	Pb	Cu	Fe	Pb
<u>22</u>	<u>350</u>	<u>27.5</u>	<u>140</u>	<u>906</u>	<u>181</u>	<u>201</u>	<u>1517</u>	<u>144</u>
17-22	343-357	25-30	129-151	896-916	143-219	179-223	1337-1697	129-159

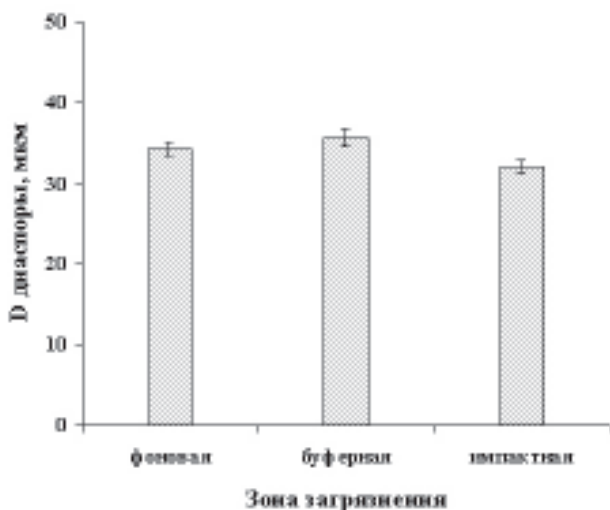


Рис. 3. Изменчивость диаметра диапоры *H. physodes* в градиенте загрязнения.

Диаметр диапор. Полученные значения диаметров соредий *H. physodes* (30–40 мкм; рис. 3) соответствуют доступным литературным данным: размеры соредий колеблются обычно от 10–25 до 50–100 мкм (Margot, 1973; Tinsberg, 1992; Vьdel, Scheidegger, 1996). Статистический анализ показал, что диаметр соредий зависит от зоны загрязнения: при переходе от буферной зоны к импактной зоне наблюдается значимое уменьшение размеров соредий: $H_{(1, 240)} = 3.8, p < 0.05$.

Полученные результаты подтверждают наши предварительные данные (Булдаков, 2004): даже при стандартизированном методе отбора местообитаний, максимальной гомогенизации соредий одной выборки и рандомизации учёта диапор, то есть при строгом ограничении влияния микроклимата, субстрата и других случайных факторов эффект воздействия загрязнения на репродуктивные структуры лишайников присутствует.

Общее количество водорослей в диапорах. Значение параметра для всех диапор в целом варьирует от 1 до 45 (65) клеток, составляя в среднем 5–9 клеток водорослей на диапору.

Результаты анализа указывают на увеличение параметра при переходе от фоновой зоны к импактной на уровне тенденции (рис. 4). Для количества водорослей в консоредии наблюдается сходная тенденция увеличения в градиенте загрязнения. При этом в единичных соредиях наблюдается тенденция к увеличению содержания клеток водорослей только при переходе из фоновой

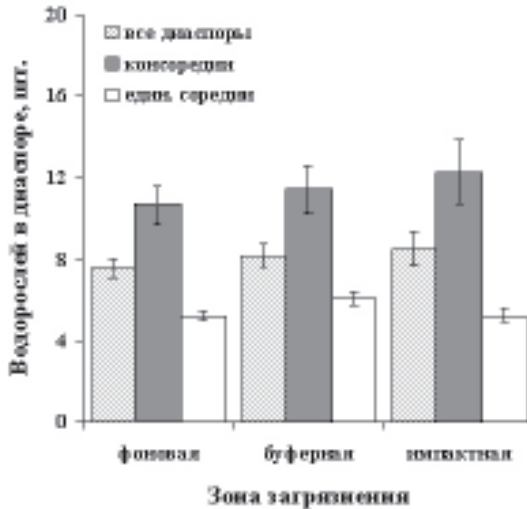


Рис. 4. Изменчивость общего числа клеток водорослей в диапоре *H. physodes* в градиенте загрязнения.

зоны в буферную, при дальнейшем увеличении загрязнения число водорослей статистически значимо падает ($H_{(1, 136)}=4.2, p<0.05$). Возможно, это связано с разнонаправленным характером действия аэрозолей, несущих техногенные металлы: с одной стороны, прямое токсическое действие токсикантов, с другой, — эвтрофикация сопутствующими элементами (K, Ca, N, S).

Поведение параметра «содержание клеток фотобионта в единичной соредии» может объяснить повышенную устойчивость буферных соредий к меди (в сравнении с фоновыми) при интоксикации в дозах, соответствующих валовому содержанию меди в материнских талломах из буферной зоны. При прочих равных предпосылках в соредиях, содержащих большее количество водорослей, с большей вероятностью хотя бы одна водоросль при прорастании сможет активно фотосинтезировать (то есть будет считаться проросшей (Булдаков, 2006)), обеспечивая симбионтов органическими веществами.

Количество водорослей в доле диапоры. Как правило, число водорослей в одной доле консоредии было кратно двум или четырём (кроме случаев отмирания или выхода водорослей из симбиотической агрегации), соответственно числу делений, прошедших со времени образования единичной соредии до формирования новых долей, или единичных соредий (обычно 1–4 деления). Среднее содержание водорослей в доле консоредии составило 4–5 клеток (рис. 5). Количество водорослей на долю консоредии имеет тенденцию к снижению в градиенте загрязнения.

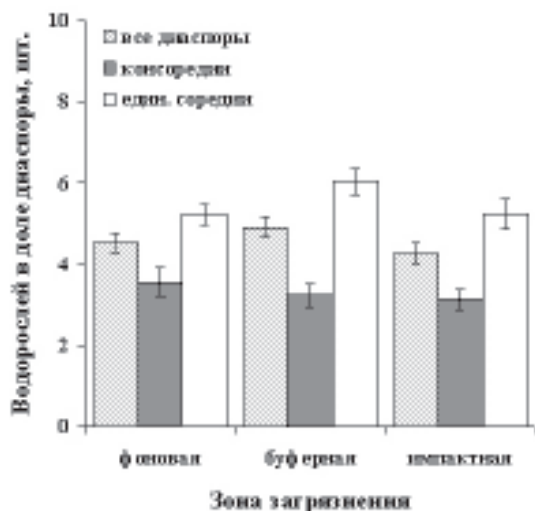


Рис. 5. Изменчивость числа клеток водорослей в доле диаспоры *H. physodes* в

Количество водорослей на долю диаспоры (включая единичные соредии) также обнаружило тенденцию к уменьшению в градиенте загрязнения. При этом переход от буферной зоны к импактной вызывает значимое снижение данного показателя ($H_{(1, 240)}=4.1$, $p<0.05$).

Число долей диаспор. Преобладают, как показано ранее (Mikhailova, 2002), единичные соредии. Консоредии в среднем состоят из 3–4 долей (рис. 6). В результате анализа данных выявлена тенденция к увеличению числа долей диаспор в градиенте загрязнения. Данный тренд, вероятно, указывает на некоторое снижение скорости разделения новообразованных дочерних соредий при увеличении уровня токсической нагрузки.

Таким образом, наблюдается значимое влияние приоритетных твёрдых поллютантов атмосферы на признаки соредий, определяемые как фотобионтом (содержание клеток водорослей в единичных соредиях), так и контролируемых микобионтом (степень разделения дочерних соредий и размер диаспор).

ВЫВОДЫ

Диаметры диаспор *H. physodes* зависят от биотопических факторов и от прямого токсического эффекта загрязнения.

Содержание клеток водорослей в единичной соредии повышается при субвитальных уровнях токсической нагрузки *in situ*.

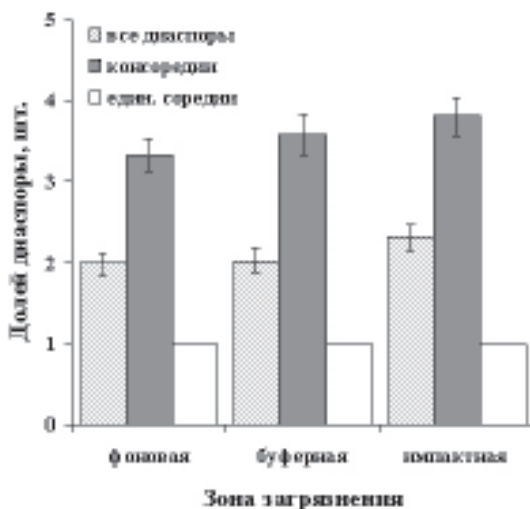


Рис. 6. Изменчивость числа долей диапоры *H. physodes* в градиенте загрязнения.

Имеется прямое соответствие между повышением жизнеспособности диапор при интоксикации *in vitro* и увеличением числа клеток фотобионта в единичных соредиях при загрязнении *in situ*.

Выражаю признательность за выполнение количественного химического анализа — Э.Х. Ахуновой; за ценные замечания в ходе работы — О.В. Дуле и д.б.н. Е.Л. Воробейчику; за обсуждение результатов и всемерную поддержку — научному руководителю, к.б.н. И.Н. Михайловой.

Работа проведена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05-04-49086).

ЛИТЕРАТУРА

- Булдаков М.С. Анализ толерантности соредий *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. к меди (II) // Матер. конф. молод. учёных: Экология в меняющемся мире. Екатеринбург: Академкнига, 2006. С. 21–26.
- Булдаков М.С. Размер и строение соредий лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в фоновых и загрязнённых местообитаниях // Матер. конф. молод. учёных: Экологические механизмы динамики и устойчивости биоты. Екатеринбург: Академкнига, 2004. С. 36–37.
- Булдаков М.С., Радиков М.И. Миниатюризация соредий *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. при трансплантации в городскую среду // Матер. 5 межд. науч.-практ. конф. студ., аспирант. и молод. учёных: Экология и научно-технический прогресс. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006. С. 147–152.

- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем: Локальный уровень. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
- Михайлова И.Н. Эпифитные лишайсинузии лесов Среднего Урала в условиях аэротехногенного загрязнения: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1996. 24 с.
- Прокаев В.И. Физико-географическое районирование Свердловской области. Учеб. пособие. Ч.1. Свердловск, 1976. 137 с.
- Прокопович Е.В., Мещеряков П.В. Состав и распределение форм железа в почвах техногенно-нарушенных ландшафтов среднего Урала // Матер. межд. науч. конф.: Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 544–556.
- Bydel B., Scheidegger C. Thallus morphology and anatomy // Lichen biology. Ed. Th. Nash III. NY. 1996. Cambr. Univ. Press. P. 37–64.
- Hauck M., Paul A., Mulack C. et al. Effects of manganese on the viability of vegetative diaspores of the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* // Environmental and Experimental Botany. 2002. Vol. 4. P. 127–142.
- Margot J. Experimental study of the effects of sulphur dioxide on the soredia of *Hypogymnia physodes* // Air Pollutions and Lichens. London. 1973. P. 314–329.
- Mikhailova I. Vegetative reproduction of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. under conditions of air pollution // Bibliotheca Lichenologica. 2002. Vol. 82. P. 243–249.
- Timsberg T. The sorediate, isidiate, corticolous, crustose lichens in Norway. Sommerfeltia. 1992. Vol. 14. P. 1–331.

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКИ УДАЛЁННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ *RUBUS IDAEUS* L.)

А.Г. Быструшкин

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

С целью выявить особенности эпигенетических систем в географически удалённых популяциях растений (на примере малины обыкновенной) исследовали метамерную изменчивость проявления структурных пороговых признаков латералов (вегетативно-генеративных побегов второго порядка). В качестве фенотипов выделены два альтернативных признака, проявляющиеся в морфогенезе побега последовательно, на разных ярусах: формирование соцветия в пазухе листа и прекращение формирования пазушного листа. Проявление на данном ярусе первого признака рассматривали

как прохождение первого эпигенетического порога (ЭП), проявление второго признака, соответственно, как прохождение второго ЭП.

Материал представляет три географические группы популяций: 163 побега собраны в девяти ценопопуляциях в междуречье Чусовой и Сысерти (УНГ — уральская низкогорная группа), 241 побег собран в десяти ценопопуляциях в междуречье Миасса и Тобола (ЗРВ — зауральская равнинная группа), 126 побегов собрано из 13 генет в горной тундре на г. Круглица (ТВГ — таганайская высокогорная группа).

Установлено, что положение ЭП в пределах особи зависит от яруса положения латерала на побеге первого порядка (коэффициент корреляции Пирсона $r = (-0.36)-(-0.56)$). Чем выше расположен латерал, тем раньше он проходит ЭП в морфогенезе. Распределение частот проявления фенотипов по ярусам латералов во всех исследованных популяциях соответствует нормальному распределению (критерий Колмогорова-Смирнова $d = 0.12-0.19$, $p < 0.05$), что свидетельствует о случайном характере прохождения латералами ЭП. Однако положение одного ЭП на латерале морфогенетически тесно связано с положением второго ($r = 0.73-0.81$).

Фенетический анализ показал, что положение ЭП в разных популяциях малины не одинаково. Диапазон эпигенетических проявлений в УНГ и ЗРВ географических группах сходен, однако они существенно отличаются по положению ЭП. ЗРВ группа характеризуется более равномерным эпигенетическим ландшафтом и морфогенетически более ранним проявлением ЭП. ТВГ группа отличается самым ранним проявлением ЭП и выровненным эпигенетическим ландшафтом.

По нашему мнению, неравномерность эпигенетического ландшафта УНГ группы популяций малины и морфогенетически более позднее прохождение латералами ЭП может быть обусловлено более сложной структурой эпигенетической системы, регулирующей морфогенез побегов. Морфогенетические различия в проявлении структурных пороговых признаков определяются своеобразием эпигенетических систем, причиной которого может служить географическая дифференциация природных популяций растений. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния различных факторов на структуру и популяционное разнообразие эпигенетических систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ-Урал (проект № 07-04-96102) и программы развития ведущих научных школ РФ (НШ-9692.2006.4).

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА *ARTEMISIA* L. (ASTERACEAE) ФЛОРЫ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Е.В. Быструшкина

Курганский госуниверситет

Род *Artemisia* L. (Полынь) — один из крупнейших в семействе Asteraceae, насчитывающий около 400 видов в мировой флоре (Кирпичников, 1981). В равнинном Южном Зауралье (Курганская область и сопредельные районы России и Казахстана) зарегистрирован 21 вид (Науменко, 2003). Нами проанализировано 98 гербарных экземпляров 16 видов рода *Artemisia*. Кроме собственных сборов мы использовали гербарный материал кафедры ботаники Курганского государственного университета.

При анализе жизненных форм (ЖФ) по схеме И.Г. Серебрякова (1967) полыни Южного Зауралья отнесены к девяти ЖФ; по К. Раункиеру — к трем ЖФ. В спектре ЖФ полыней Зауралья полукустарники представлены одним видом — *Artemisia abrotanum*. На тяжелых почвах полынь высокая растет как прямостоячий кисте-стержнекорневой полукустарник, а на песчаных — как длиннокорневищный полукустарник. ЖФ полукустарничков представлена четырьмя видами. Эта группа разделяется на длиннокорневищные полукустарнички (*A. austriaca*), каудексные прямостоячие полукустарнички (*A. mashalliana*), прямостоячие короткокорневищные полукустарнички (*A. nitrosa*).

Поликарпические травы — самая распространенная ЖФ полыней Южного Зауралья. К группе короткокорневищных растений относится кисте-стержнекорневой поликарпик *A. absinthium*. Старые растения этого вида иногда имеют почки возобновления и опробковевшие многолетние побеги над уровнем почвы, тем самым приближаясь к группе полукустарничков. К группе длиннокорневищных поликарпиков относятся каудексные длиннокорневищные поликарпики (*A. laciniata*), длиннокорневищные поликарпики (*A. armeniaca*, *A. sericea*, *A. latifolia* и *A. glauca*), стержнекорневые длиннокорневищные поликарпики (*A. pontica*). Стержневой корень *A. pontica* сохраняется после гибели надземного побега первого порядка. Придаточных корней на побегах второго порядка почти нет и растение питается за счет центрального стержневого корня. В Зауралье отмечен один вид однолетних полыней — стержнекорневой монокарпик *A. sieversiana*.

В целом можно отметить, что в спектре ЖФ полыни преобладают многолетние поликарпические травы, большей частью длиннокорневищные. Именно эта ЖФ хорошо адаптирована к условиям жизни в нарушенных степных сообществах.

ОЦЕНКА ЗАРАЖЕННОСТИ КАРПОВЫХ РЫБ ЛИЧИНКАМИ ТРЕМАТОД В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ТЮМЕНИ

В.В. Вепрева

Тюменский госуниверситет

Водоемы и водотоки г. Тюмени представлены р. Тура и многочисленными озерами и прудами, экологическое состояние которых регулярно контролируется. Однако в системе экологического мониторинга водоемов отсутствует контроль паразитологической ситуации.

Паразитарные болезни могут приводить к замедлению роста рыбы, снижению плодовитости, развитию уродств и аномалий, ухудшению качества рыбы как пищевого продукта. В ряде случаев паразиты могут оказывать влияние на численность популяций рыб. Некоторые гельминты являются возбудителями заболеваний человека и животных. К наиболее распространенным относятся: описторхоз, меторхоз и диплостомоз. В водоемах Западной Сибири эти заболевания встречаются достаточно часто. Основным источником этих гельминтозов для человека и животных являются рыбы из семейства карповые (Cyprinidae), которые являются вторым промежуточным хозяином в цикле развития описторхид.

В период 2004–2006 гг. на наиболее крупных водоемах города (озера Кривое и Андреевское) проведены исследования карповых рыб разных возрастных групп на наличие личинок трематод.

Экстенсивность инвазии трематодами в исследуемых водоемах различна, что определяется гидрологическими особенностями водоемов, а также особенностями разных видов рыб. Установлено, что инвазированность верховки метацеркариями *Metorchis xanthosomus* на озерах Кривое и Андреевское увеличивается с возрастом рыб: на оз. Кривое с 38 у сеголеток до 92% у трехлеток; на оз. Андреевское — с 20 до 40% соответственно. У плотвы выявлена более низкая инвазированность: оз. Кривое — 38 (сеголетки) и 82% (трехлетки); оз. Андреевское — 25 и 50% соответственно.

Наиболее высокий показатель индекса обилия (*ИО* — уровень зараженности популяции рыб) отмечен у двухлеток плотвы на обоих озерах — 1.3–1.5. У верховки на оз. Кривое данный показатель увеличивался с возрастом и у трехлеток достиг 4.0. На оз. Андреевское *ИО* варьировал в диапазоне 0.2–0.3.

Показатель средней интенсивности инвазии у плотвы в исследуемых водоемах варьировал от 1.5 до 2.7. У верховки количество личинок гельминтов в среднем на одну рыбу увеличивалось с возрастом от 0.8 до 4.3.

У плотвы в оз. Кривое, в которое попадают канализационные сточные воды, количество личинок *Opisthorchis felineus* в 1.5 раза больше (40%), чем

в оз. Андреевское (25%). В единичных случаях цисты гельминтов встречаются у верховки оз. Кривое.

Инвазированность карповых рыб личинками *Diplostomum* sp., заражение которыми приводит к потере зрения рыбы, в исследуемых водоемах увеличивается с возрастом. В целом в популяциях плотвы и верховки зараженность диплостомами по возрастным группам имеет небольшие различия: оз. Кривое — от 41 у сеголеток до 62% у трехлеток; оз. Андреевское — от 73 до 83% соответственно.

Таким образом, в исследованных водоемах г. Тюмени установлен высокий уровень инвазированности карповых рыб метацеркариями трематод. Это обуславливает высокую вероятность изменения ихтиофауны водоемов, гибели рыбы и заражения населения гельминтозами.

ВНУТРИСЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

И.С. Веретнова, П.В. Кочубей, И.А. Сморкалов

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Цель исследования — изучение внутрисезонной динамики численности основных групп микроорганизмов, участвующих в деградации углеводородов (аэробных хемогетеротрофных бактерий, мицелиальных нефтеокисляющих грибов и анаэробных фотогетеротрофных бактерий) и определение скорости деградации нефтепродуктов в почве. В пойме р. Сысерть были заложены четыре опытных и два контрольных экспериментальных площадки по 0.25 м² каждая. В качестве загрязняющих агентов использовали дизельное топливо и отработанное машинное масло, которые вносили в количестве двух литров на площадку. Пробы почвы отбирали с глубины 5 см в двукратной повторности методом «конверта»: с пяти точек на площадке брали по 3–5 г почвы и перемешивали.

Для определения количества аэробных хемогетеротрофных бактерий и нефтеокисляющих мицелиальных грибов проводили посев на стандартные агаризованные среды. Для определения количества анаэробных фотогетеротрофных бактерий проводили глубинный посев. Определение концентрации углеводородов проводили методом инфракрасной спектрометрии. Для этого 0.5 г почвы заливали 5 мл CCl₄ и экстрагировали на качалке не менее трех часов. Экстракт сушили безводным Na₂SO₄, после чего проводили измерения на приборе КН-2. Результаты выражали в пересчете на 1 г абсолютно-сухой

почвы (110° С, 4 часа). Наблюдения проводили в течение 12 недель (с 26 июня по 16 сентября 2006 г.) с отбором проб каждые 5–7 дней.

Величины начального загрязнения составили 1.5–2.1% на площадках с дизельным топливом, 5.8–6.2% — с отработанным машинным маслом. Концентрации углеводород уменьшились за время наблюдений до 0.1% и 1.5–1.9% соответственно.

Численность аэробных нефтеокисляющих бактерий на всех опытных площадках экспоненциально выросла с $1.8 \pm 0.47 \times 10^7$ кл./г абсолютно сухой почвы до $6.5 \pm 0.55 \times 10^7$ кл./г на площадках с дизельным топливом и до $2.8 \pm 0.58 \times 10^8$ кл./г на площадках с отработанным машинным маслом. На контрольных площадках колебания численности имели случайный характер и были не так значительны, как на опытных ($2.2 \pm 1.5 \times 10^7$ кл./г). Нефтеокисляющие грибы и фотогетеротрофные бактерии обнаружены не были.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы: 1) В первый сезон после загрязнения происходит значительное естественное уменьшение концентрации углеводородов в почве, связанное как с физическими (вымывание в более глубокие слои, испарение), так и с биологическими (использование нефтепродуктов в качестве пищевого субстрата) факторами. 2) Загрязнение почвы нефтепродуктами приводит к изменению почвенной микрофлоры.

МИКОБИОТА КСИЛОТРОФНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ ЗАПОВЕДНИКА «ШУЛЬГАН-ТАШ» (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

А.В. Веселовская

Московский госуниверситет

Целью нашей работы было изучение микобиоты ксилотрофных макромицетов заповедника «Шульган-Таш» (республика Башкортостан). В задачи исследований входило: определение таксономического состава ксилотрофных макромицетов на территории заповедника; выявление часто встречающихся, а также редких и индикаторных видов для широколиственных лесов; изучение распределения видов макромицетов по древесным породам; составление аннотированного списка для данной территории.

Исследования проводили в августе 2006 г. на территории заповедника «Шульган-Таш» (Республика Башкортостан, Бурзянский район). Материал собирали маршрутным методом. Собрано 400 образцов с 11 пород деревьев, а также зарегистрированы виды, хорошо распознаваемые в природе. Определение образцов проводили на кафедре микологии и альгологии Биологического

Таблица. Видовой состав ксилотрофных макромицетов в заповеднике
«Шульган-Таш»

<i>Auricularia mesenterica</i> (Gmel.: Fr.) Pers.	<i>Peniophora rufomarginata</i> (Pers.) Bourdot et Galzin
<i>Auriculariopsis ampla</i> (Lev.) Maire	<i>Phellinidium ferrugineofuscum</i> (P. Karst.) Fiasson et Niemela
<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.: Fr.) P. Karst.	<i>Phellinus alni</i> (Bondartsev) Parmasto
<i>Cerrena unicolor</i> (Bull.: Fr.) Murrill	<i>Phellinus igniarius</i> (L.: Fr.) Quel.
<i>Climacodon septentrionalis</i> (Fr.) P. Karst.	<i>Phellinus laevigatus</i> (P. Karst.) Bourdot et Galzin
<i>Coriolopsis trogii</i> (Berk.) Domacksi	<i>Phellinus tremulae</i> (Bond.) Bond. et Borisov in Bond.
<i>Daedalea quercina</i> Fr.	<i>Phlebia tremellosa</i> (Schrاد.: Fr.) Burds et Nakasone
<i>Daedaleopsis confragosa</i> (Bolton: Fr.) J. Schrot.	<i>Piptoporus betulinus</i> (Bull.: Fr.) P. Karst.
<i>Daedaleopsis tricolor</i> (Bull.: Fr.) Bondartsev et Singer	<i>Polyporus badius</i> (Pers.) Schwein.
<i>Datronia mollis</i> (Sommerf.: Fr.) Donk	<i>Polyporus brumalis</i> Pers.: Fr.
<i>Diplomitoporus flavescens</i> (Bres.) Ryvarden	<i>Polyporus tubaeformis</i> (P. Karst.) Gilb. et Ryvarden
<i>Eichleriella deglubens</i> (Berk. et Broome) D.A. Reid	<i>Polyporus varius</i> Fr.
<i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff.: Fr.) Fr.	<i>Postia leucomallella</i> (Peck.) Julich
<i>Fomes fomentarius</i> (Fr.) Fr.	<i>Postia tephroleuca</i> (Fr.) Julich
<i>Fomitoporia punctata</i> (P. Karst.) Pilat	<i>Pycnoporellus fulgens</i> (Fr.) Donk
<i>Fomitoporia robusta</i> (P. Karst.) Fiasson et Niemela	<i>Pycnoporus cinnabarinus</i> (Jacq.: Fr.) P. Karst.
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.: Fr.) P. Karst.	<i>Schizophyllum commune</i> Fr.
<i>Ganoderma lipsiense</i> (Batsch) G. F. Atk.	<i>Skeletocutis amorphia</i> (Fr.: Fr.) Kolt. et Pouzar
<i>Gloeoporus dichrous</i> (Fr.: Fr.) Bres.	<i>Steccherinum ochraceum</i> (Fr.) Gray
<i>Hapalopilus nidulans</i> (Fr.) P. Karst.	<i>Stereum complicatum</i> (Fr.) Fr.
<i>Hymenochaete rubiginosa</i> (Fr.) Lev.	<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.: Fr.) Gray
<i>Inocutis dryophila</i> (Berk.) Fiasson et Niemela	<i>Trametes gibbosa</i> (Pers.) Fr.
<i>Inocutis rheades</i> (Pers.) Fiasson et Niemela	<i>Trametes hirsuta</i> (Wulfen: Fr.) Pilat
<i>Inonotus obliquus</i> (Pers.: Fr.) Pilat	<i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Gilb. et Ryvarden
<i>Inonotus radiatus</i> (Sow.: Fr.) P. Karst.	<i>Trametes pubescens</i> (Schumach.: Fr.) Pilat
<i>Irpex lacteus</i> (Fr.: Fr.) Fr.	<i>Trametes versicolor</i> (L.: Fr.) Pilat
<i>Ischnoderma resinosum</i> (Schrاد.: Fr.) P. Karst	<i>Trichaptum biforme</i> (Fr. in Klotzsch) Ryvarden
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.: Fr.) Murrill	<i>Trichaptum fusco-violaceum</i> (Ehrenb.: Fr.) Ryvarden
<i>Laxitextum bicolor</i> (Pers.: Fr.) Lentz	<i>Tyromyces alborubescens</i> Bourdot et Galzin
<i>Lenzites betulina</i> (Fr.) Fr.	<i>Tyromyces chioneus</i> (Fr.) P. Karst.
<i>Oxyporus populinus</i> (Schumach.: Fr.) Donk	<i>Tyromyces kmetii</i> (Bres.) Bond. Et Singer

факультета МГУ и в ИЭРиЖ УрО РАН. Систематическое положение грибов приведено по Nordic macromycetes (1992, 1997) за исключением двух видов, которые не отмечены в данных сводках и приведены по другим (Пармasto, 1968; Jýlich, 1984).

На территории заповедника «Шульган-Таш» обнаружено 67 видов ксилотрофных макромицетов (таблица), относящихся к 12 порядкам и 19 семействам. По результатам исследований составлен первый аннотированный список для территории заповедника.

ЛИТЕРАТУРА

- Пармasto Э.Х. Конспект системы кортициевых грибов на латинском и русском языках. Редакционно-издательский совет АН Эстонской ССР, Таллин, 1968. 263 с.
- Jýlich N. Kleine Kriptogamenflora. Jena: Gustav Fisher Verlag, Bd. 2, b/1: Die Nichtblallerpilze, Callertpilze und Bauchpilze Aphilophorales, Heterobasidiales, Gastromycetes. 1984. 626 s.
- Nordic macromycetes. Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales // L. Hansen & H. Kundsén. Nordsvamp — Copenhagen, Helsinki, 1992. 474 p.
- Nordic macromycetes. Vol. 3. Heterobasidioid, aphilophoroid and gastromycetoid basidiomycetes // L. Hansen & H. Kundsén. Nordsvamp — Copenhagen, Helsinki, 1997. 444 p.

ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ОБИЛИЕ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ ГАМАЗОВЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARI: PARASITIFORMES: GAMASINA) НА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ?

Н.П. Винарская*, М.В. Винарский**

** Омский научно-исследовательский институт природноочаговых инфекций Роспотребнадзора, Филиал Российского заочного института текстильной и легкой промышленности,*

*** Омский государственный педагогический университет*

Количественный учет эктопаразитов широко применяется при паразитологических и эпизоотологических исследованиях (Беклемишев, 1961). Одним из наиболее часто используемых в данной области показателей является индекс обилия ($I_{\circ}$), рассчитываемый как количество паразитических организмов на одну особь хозяина. Обилие может определяться как суммарно, для всех видов паразитов на данном хозяине (хозяевах), так и для каждого отдельного вида паразитов. Суммарный индекс обилия равен сумме индексов обилия отдельных видов (Песенко, 1982; Богданов, 1990).

Общепризнано, что обилие паразитов является важной характеристикой паразито-хозяйинных отношений (Кеннеди, 1978) и обуславливается значительным числом факторов как внешней, так и внутренней природы. При этом можно ожидать, что различные группы паразитических организмов будут специфически реагировать на эти влияющие факторы, и их обилие на хозяевах не во всех случаях будет определяться одними и теми же причинами. По-видимому, это относится и к другим показателям, характеризующим сообщества паразитов (Poulin, 2007). Так, было показано, что видовое разнообразие блох и гамазовых клещей, паразитирующих на мелких млекопитающих Палеарктики, определяется различными факторами, несмотря на некоторое сходство в образе жизни этих групп паразитов и их принадлежность к одному и тому же типу *Arthropoda* (Korallo et al., 2007).

Таким образом, представляет значительный интерес изучение факторов, влияющих на обилие паразитов, на материале различных таксономических и экологических групп паразитических организмов. Исследования подобного рода проводились на гельминтах (Кеннеди, 1978; Morand, Guiguan, 2000) и блохах (Krasnov et al., 2005), но, насколько мы можем судить, эктопаразитические виды гамазовых клещей, широко распространенные на различных видах мелких млекопитающих, до сих пор не были изучены в этом отношении. Нами была предпринята попытка определить, существует ли зависимость обилия паразитических гамазин Палеарктики от ряда факторов, наиболее часто фигурирующих в исследованиях паразито-хозяйинных отношений: таксономического положения хозяев клещей, размера тела хозяев, географического положения местообитания клещей и видового разнообразия сообщества паразитических гамазин данной местности.



Рисунок. Географическое положение регионов, в которых был собран использованный в работе материал.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Собственные и литературные данные об обилии клещей на мелких млекопитающих в 26 регионах Палеарктики (рисунок) были занесены в базу данных (БД, описание её см. Korallo et al., 2007). БД содержит также следующую информацию: средняя масса тела хозяина-млекопитающего в граммах, принятая нами в качестве показателя размера тела, его таксономическое положение, географические координаты (долгота и широта) места сбора материала, количество видов эктопаразитических гамазин, обнаруженное на данном виде хозяина в данной местности (видовое разнообразие сообщества клещей). Всего в БД включены сведения о 44 видах хозяев (грызунов, зайцеобразных и насекомоядных), на которых обнаружено 70 видов клещей семейств Dermanyssidae, Haemogamasidae, Hirstionyssidae, Laelaptidae и Ornityonyssidae.

Индекс I_o рассчитывался как среднее количество эктопаразитических гамазовых клещей всех видов на одной особи данного вида хозяина в данном регионе. Кроме того, для каждого вида, рода, семейства и отряда млекопитающих рассчитывался средний I_o по всем регионам. Для установления взаимосвязи между значениями I_o и исследуемыми факторами рассчитывался непараметрический коэффициент корреляции Спирмена (r_s).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что обилие паразитических гамазовых клещей на мелких млекопитающих не зависит от географического положения места их обитания. Очень слабо, но статистически значимо, коррелирует с видовым разнообразием сообщества клещей и демонстрирует умеренно выраженную и также статистически значимо взаимосвязь с массой тела хозяина, то есть, в конечном итоге, с размерами тела (табл. 1). Следует отметить также явные различия в обилии клещей на представителях разных отрядов и семейств млекопитающих (табл. 2–3). В целом, грызуны и зайцеобразные прокармливают значительно большее количество паразитов, чем насекомоядные. Внутри отряда Rodentia наибольшее обилие гамазин наблюдается в семействе Cricetidae, а пределах этого семейства — на наиболее крупных видах хозяев, относящихся к родам *Arvicola*, *Cricetus* и *Ondatra*. Также и среди палеарк-

Таблица 1. Зависимость между значениями I_o и исследуемыми факторами

Фактор	r_s	$p \leq$
Масса тела хозяина	0.57*	0.0001
Широта местности	0.03	0.66
Долгота местности	0.02	0.67
Число видов клещей на данном виде хозяина в данной местности	0.226*	0.0003

Примечание: * — статистически значимые значения коэффициентов корреляции

Таблица 2. Средние значения I_O гамазовых клещей на отдельных видах мелких млекопитающих

Вид хозяина	n*	Средний I_O (ст. откл.)	Лимиты
<i>Apodemus agrarius</i>	9	1.04 (0.88)	0-2.35
<i>Apodemus flavicollis</i>	4	5.17 (2.85)	0.94-8.52
<i>Apodemus peninsulae</i>	7	1.06 (0.57)	0.31-2.14
<i>Apodemus sylvaticus</i>	6	4.46 (0.57)	0.67-19.36
<i>Arvicola terrestris</i>	11	31.4 (36.9)	3.76-130.07
<i>Clethrionomys glareolus</i>	9	0.79 (0.60)	0.04-2.07
<i>Clethrionomys rufocanus</i>	11	2.04 (1.92)	0.04-5.07
<i>Clethrionomys rutilus</i>	17	1.7 (1.36)	0.15-4.76
<i>Cricetulus barabensis</i>	2	3.01 (0.21)	2.8-3.21
<i>Cricetulus migratorius</i>	2	1.84 (2.35)	0.17-3.5
<i>Cricetus cricetus</i>	5	12.2 (11.8)	4.8-35.7
<i>Dicrostonyx torquatus</i>	3	8.08 (2.78)	5.02-11.76
<i>Lemmus sibiricus</i>	3	5.86 (3.28)	2.19-10.16
<i>Micromys minutus</i>	7	1.57 (2.08)	0.14-6.11
<i>Microtus agrestis</i>	6	2.35 (2.78)	0.7-8.0
<i>Microtus arvalis</i>	9	3.83 (2.70)	0.67-8.2
<i>Microtus fortis</i>	2	11.66 (11.33)	3.64-19.67
<i>Microtus gregalis</i>	6	5.35 (3.16)	2.6-10.68
<i>Microtus middendorffi</i>	2	7.81 (7.52)	0.29-15.33
<i>Microtus oeconomus</i>	16	3.46 (3.33)	0.15-10.7
<i>Microtus subterraneus</i>	2	1.55 (0.32)	1.24-1.88
<i>Microtus ungurensis</i>	3	5.22 (2.18)	2.19-7.22
<i>Mus musculus</i>	14	0.53 (0.70)	0-0.53
<i>Myopus schisticolor</i>	3	4.41 (1.44)	2.44-5.86
<i>Neomys fodiens</i>	3	1.39 (0.57)	0.79-2.15
<i>Ochotona alpina</i>	3	12.68 (12.3)	0.7-29.6
<i>Ondatra zibethica</i>	10	24.60 (14.39)	3.21-48.09
<i>Rattus norvegicus</i>	11	6.52 (13.34)	0-45.08
<i>Sciurus vulgaris</i>	4	1.47 (1.53)	0.25-4.05
<i>Sicista betulina</i>	6	0.51 (0.67)	0-1.96
<i>Sicista subtilis</i>	2	0.095 (0.04)	0.06-0.13
<i>Sorex arcticus</i>	5	1.32 (1.65)	0-4.55
<i>Sorex araneus</i>	8	0.51 (0.42)	0.07-1.22
<i>Sorex caecutiens</i>	7	0.42 (0.48)	0-1.47
<i>Sorex daphaenodon</i>	4	0.60 (0.51)	0-1.4
<i>Sorex gracillimus</i>	2	0.135 (0.135)	0-0.27
<i>Sorex isodon</i>	3	0.48 (0.19)	0.22-0.67
<i>Sorex minutissimus</i>	3	0.20 (0.17)	0.05-0.43
<i>Sorex minutus</i>	3	0.23 (0.10)	0.10-0.33
<i>Spermophilus undulatus</i>	3	6.29 (6.37)	1.6-15.3
<i>Talpa altaica</i>	2	1.24 (1.02)	0.22-2.26
<i>Talpa europaea</i>	2	2.08 (0.79)	1.29-2.86
<i>Tamias sibiricus</i>	6	1.98 (1.19)	0.25-3.26

Примечание: * – количество регионов, в которых обитает данный вид хозяина

Таблица 3. Средние значения I_o гамазовых клещей, рассчитанные для отрядов, семейств и родов мелких млекопитающих

Таксон	Среднее обилие (ст. откл.)	Лимиты
отряд Rodentia	5.42 (12.73)	0.095-31.4
отряд Lagomorpha	12.68 (12.3)	—
отряд Insectivora	0.77 (0.89)	0.135-2.08
Rodentia		
семейство Muridae	2.89 (4.94)	0 – 45.08
род <i>Apodemus</i>	2.93 (3.97)	0-19.36
род <i>Micromys</i>	1.57 (2.08)	0.14-6.11
род <i>Mus</i>	0.53 (0.70)	0-0.53
род <i>Rattus</i>	6.52 (13.34)	0-45.08
семейство Cricetidae	7.32 (5.24)	0.17-35.7
род <i>Cricetulus</i>	2.43 (1.32)	0.17-3.5
род <i>Cricetus</i>	12.2 (11.8)	4.8-35.7
подсемейство Arvicolinae	11.6 (12.1)	0.04-130.07
род <i>Arvicola</i>	31.4 (36.9)	3.76-130.07
род <i>Clethrionomys</i>	1.52 (1.47)	0.04-5.07
род <i>Dicrostonyx</i>	8.08 (2.78)	5.02-11.76
род <i>Lemmus</i>	5.86 (3.28)	2.19-10.16
род <i>Microtus</i>	5.15 (4.14)	0.15-19.67
род <i>Myopus</i>	4.41 (1.44)	2.44-5.86
род <i>Ondatra</i>	24.6 (14.39)	3.21-48.09
семейство Dipodidae	0.30 (0.65)	0.06-1.96
род <i>Sicista</i>	0.30 (0.65)	0.06-1.96
семейство Sciuridae	1.73 (1.43)	0.25-4.05
род <i>Sciurus</i>	1.7 (1.53)	0.25-4.05
род <i>Tamias</i>	1.98 (1.19)	0.25-3.26
Insectivora		
семейство Soricidae	0.94 (0.82)	0-4.55
род <i>Neomys</i>	1.39 (0.57)	0.79-2.15
род <i>Sorex</i>	0.49 (0.80)	0-4.55
семейство Talpidae	1.66 (1.00)	0.22-2.86
род <i>Talpa</i>	1.66 (1.00)	0.22-2.86

тических Muridae наибольшее обилие отмечено на серой крысе (род *Rattus*), крупнейшем представителе семейства в нашей БД.

Таким образом, отмечается явная зависимость показателей обилия гамазовых клещей на мелких млекопитающих от таксономического положения их хозяев-млекопитающих и их размеров.

Практически все обнаруженные нами взаимосвязи могут быть объяснены, исходя из господствующих в современной паразитологии представлений о взаимоотношениях между паразитическими организмами и их хозяевами (Догель, 1947; Кеннеди, 1978; Poulin, 2007).

Отсутствие взаимосвязи между обилием клещей и географическим положением их местообитания может отражать тот факт, что эктопаразиты соотносятся со средой своего обитания не непосредственно, а через хозяина, тело которого предоставляет клещам защиту от действия неблагоприятных факторов (Богданов и др., 2006). Известно также (Тагильцев, Тарасевич, 1982), что многие виды паразитических гамазин могут на значительное время оставлять тело хозяина, но и в этом случае они крайне редко покидают его убежище или гнездо, где поддерживается более благоприятный микроклимат, чем во внешней среде (Кучерук, 1960). Огромное количество гамазин обычно обнаруживается в подстилке убежища хозяина, где они могут оставаться в активном состоянии в течение всего зимнего периода.

Возрастание обилия клещей на хозяевах с относительно крупными размерами тела также понятно. Чем крупнее организм, тем большее количество паразитов он может прокормить. Этому способствует, в частности, увеличение уровня базального метаболизма, который достоверно ($r_s = 0.63$) коррелирует с массой тела хозяина (Korallo et al., 2007). Положительная корреляция между базальным метаболизмом хозяев и видовым разнообразием, а также обилием их паразитов, неоднократно обсуждалась в литературе (Bell, Burt, 1991; Morand, Harvey, 2000; Korallo et al., 2007).

Резкие различия в обилии эктопаразитических гамазин на грызунах и зайцеобразных, с одной стороны, и насекомоядных, с другой, объясняются, по нашему мнению, следующими причинами:

1. Грызуны и зайцеобразные имеют в среднем большие размеры, чем насекомоядные, а, следовательно, и более высокий уровень базального метаболизма.

2. Грызуны, по всей видимости, являются первичными хозяевами-прокормителями паразитических гамазин. Именно на грызунах наблюдается наибольшее видовое разнообразие клещей и наибольшее число моногостальных видов гамазин, строго приуроченных к обитанию на одном виде хозяина. Связи гамазин с насекомоядными млекопитающими возникли позже и, возможно, ещё не достигли той степени тесноты и выраженности, что характерно для их связей с грызунами.

Объяснение положительной взаимосвязи между обилием клещей и их видовым разнообразием на данном виде хозяина представляется более трудной задачей. Характер исходных данных не позволяет применить к ним какую-либо из многочисленных моделей, описывающих взаимосвязь между видовым разнообразием и относительным обилием видов (Джиллер, 1988). Учитывая крайне низкое значение коэффициента корреляции, нельзя исключать в данном случае и полного отсутствия причинно-следственной связи между этими показателями.

Авторы глубоко признательны д-ру Борису Ромуальдовичу Краснову (университет Бен-Гуриона, Израиль) за предоставленные данные о средней массе тела мелких млекопитающих и обсуждение многих вопросов, прямо или косвенно связанных с тематикой этого исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Беклемишев В.Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоологический журнал. 1961. Т. 40. Вып. 2. С. 149–158.
- Богданов И.И. Методы расчета основных зоолого-паразитологических индексов, применяемых при работе в природных очагах инфекций. Омск, 1990. 12 с.
- Богданов И.И., Чачина С.Б., Коралло (Винарская) Н.П., Дмитриев В.В. Новый паразитологический индекс для оценки особенностей связи паразита с хозяином и биотопом хозяина // Паразитология. 2006. Т. 40. Вып. 2. С. 105–112.
- Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.
- Догель В.А. Курс общей паразитологии. Л., 1947. 372 с.
- Кеннеди К. Экологическая паразитология. М.: Мир, 1978. 230 с.
- Кучерук В.В. Норы как средство защиты от неблагоприятного воздействия абиотических факторов среды // Материалы по грызунам. М.: Изд-во Моск-го Ун-та, 1960. Вып. 6. Фауна и экология грызунов. С. 56–95.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Тагильцев А.А., Тарасевич Л.Н. Членистоногие убежищного комплекса в природных очагах арбовирусных инфекций. Новосибирск: Наука, 1982. 229 с.
- Bell G., Burt A. The comparative biology of parasite species diversity: intestinal helminths of freshwater fishes // Journal of Animal Ecology. 1991. Vol. 60. P. 1046–1063.
- Korallo (Vinarskaya) N.P., Vinarski M.V., Krasnov B.R. et al. Are there general rules governing parasite diversity? Small mammalian hosts and gamasid mite assemblages // Diversity & Distributions. 2007. Vol. 13. P. 353–360.
- Krasnov B.R., Mouillot D., Shenbrot G.I. et al. Abundance patterns and coexistence processes in communities of fleas parasitic on small mammals // Ecography. 2005. Vol. 28. P. 453–464.
- Morand S., Guïgan J.-F. Distribution and abundance of parasite nematodes: ecological specialisation, phylogenetic constraint or simply epidemiology? // Oikos. 2000. Vol. 88. P. 563–573.
- Morand S., Harvey P.H. Mammalian metabolism, longevity and parasite species richness // Proceedings of the Royal Society in London. Series B. 2000. Vol. 267. P. 1999–2003.
- Poulin R. Are there general laws in parasite ecology? // Parasitology. 2007. Vol. 134. P. 763–776.

ИЗМЕНЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ АЗОТФИКСАЦИИ И НИТРАТРЕДУКЦИИ КУЛЬТУР *RHODOPSEUDOMONAS PALUSTRIS*

В.В. Галямина*, Д.В. Мольков*, О.Ю. Антонова**, Н.П. Ковалевская*

*Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, г. Пермь,

** Пермский государственный технический университет

Разностороннее изучение несерных пурпурных бактерий как массовых обитателей водных экосистем сделало их классическим объектом в работах микробиологов. Тем не менее, отдельные физиологические и биохимические процессы несерных пурпурных бактерий в различных условиях среды заслуживают более детального изучения, что в дальнейшем позволит глубже понять роль этих микроорганизмов в естественном круговороте веществ.

Цель исследования — изучение влияния *pH* и окислительно-восстановительного потенциала среды на рост, азотфиксацию и нитратредукцию культур *Rhodopseudomonas palustris*, выделенных из природных и техногенных водных экосистем Камского бассейна.

Выделение накопительных культур несерных пурпурных бактерий *R. palustris* из водных проб и получение чистых культур проводили на среде Пфеннига, содержащей (г/л): $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0.5; NaCl — 0.4; $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ — 0.05; дрожжевой экстракт — 0.2; сукцинат Na — 1.0; K_2HPO_4 — 1.25; KH_2PO_4 — 0.25.

При анализе процессов азотфиксации и нитратредукции из двадцати штаммов *R. palustris* были отобраны штаммы № 1 (из эпифитона на рдестах реки Сылвы) и № 9 (из активного ила биологических очистных прудов г. Перми). Произведен посев штаммов на среды Пфеннига, различающиеся по *pH* (от 3.0 до 9.0) и источнику азота: азот воздуха, либо азот нитратов (3 г/л KNO_3). Через трое суток инкубации на свету и в темноте произведены измерения физико-химических параметров, плотности выросших культур и газохроматографический анализ. Нитратредуктазную активность оценивали по образованию закиси азота после внесения ацетилена. Нитрогеназную активность (азотфиксация) культур оценивали по восстановлению ацетилена.

Штамм *R. palustris* № 9 оказался активным азотфиксатором. Напротив, штамм *R. palustris* № 1 проявил высокую нитратредуктазную активность. Наиболее активный рост штаммов был отмечен при *pH* среды, равной 5.0–8.0, в условиях азотфиксации с использованием энергии света. При нитратредукции на свету и в темноте плотность культур различалась незначительно, однако некоторый спад роста наблюдался при *pH*=6.6–7.5. Исследуемые штаммы несер-

ных пурпурных бактерий обнаружили способность к изменению физико-химических условий среды, в частности pH среды. Так, при нитратредукции pH от 5.0 до 9.0, а при азотфиксации — от 6.0 до 9.0 культуры *R. palustris* доводили до 7.1–7.5, очевидно, наиболее оптимального для их развития. Исключение представили культуры, выращенные на безазотистой среде (азотфиксация) в темноте, где наблюдалось закисление среды до pH 5.5–5.8. Подкисление среды было сопряжено с высоким выбросом сероводорода 0.7–1.14 мг/л, что указывает на активное использование энергии сульфатного дыхания. Вышеизложенные данные модельного эксперимента являются первыми в своем роде и могут быть в дальнейшем использованы для оценки активности процессов метаболизма бактерий различных физиологических групп в меняющихся условиях среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Урал (проект № 07–04–96027) и программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 10 «Молекулярная и клеточная биология».

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ВИДОВ РОДА *JUNIPERUS* НА СЕВЕРЕ

Н.В. Герлинг

Институт биологии Коми УрО РАН, г. Сыктывкар

На северо-востоке европейской части России произрастают можжевельник обыкновенный (*J. communis* L.) и можжевельник сибирский (*J. sibirica* Burgsd.). Одни авторы рассматривают можжевельник сибирский как самостоятельный вид (Черепанов, 1995), другие его самостоятельность ставят под сомнение. Так Г.М. Козубов и А.М. Евдокимов (1965) считают, что можжевельник сибирский является переходной формой можжевельника обыкновенного, и не признают его видовой самостоятельности. Некоторые авторы рассматривают *J. sibirica* как подвид можжевельника обыкновенного *J. communis* ssp. *nana* (Ермолина, Тарбаева, 2002) или его разновидность *Juniperus communis* var. *montana* Ait (Atlas..., 1973). З.К. Долгая (1937) выделяет у можжевельника сибирского две разновидности *J. nana* Willd. и *J. niemannii* Wolf. Таким образом, у ботаников нет однозначного мнения о систематическом положении *J. sibirica*. В связи с перекрыванием ареалов и возможной гибридизацией представляется важным выделение признаков, характеризующих *J. sibirica* и *J. communis*.

Цель исследования: выявление морфолого-анатомической структуры фотосинтетического аппарата двух видов можжевельников, обитающих на

северо-востоке европейской части России. В соответствии с этим были поставлены задачи: 1. Описать жизненные формы можжевельника обыкновенного и можжевельника сибирского в условиях их естественного произрастания; 2. Выявить количественные параметры морфологической и анатомической структуры побегов и хвои изучаемых видов.

Сбор материала проводили в верховьях р. Ичет-Парус-Ель на Северном Урале (62°52' с.ш., 58°53' в.д.) и на Ляльском лесозоологическом стационаре, расположенном в подзоне средней тайги (62°17' с.ш., 50°40' в.д.), в июле 2005 и 2006 гг. Были собраны побеги можжевельника сибирского и можжевельника обыкновенного 2–3 года развития. Образцы для анатомических исследований фиксировали в 70%-ном растворе спирта. Срезы готовили на вибрационном микротоме для мягких тканей (Скупченко, 1979). Для подсчета количества устьиц на единицу площади поверхности хвои использован метод сканирующей электронной микроскопии.

Исследования показали, что для можжевельника обыкновенного, произрастающего в еловых типах фитоценозов средней тайги, характерно образование кустов яйцевидной формы. Наибольшее число особей этого вида было отмечено в ельнике разнотравно-черничном, где количество кустов достигало 1000. На гольцовых склонах Северного Урала можжевельник сибирский представлен низкорослыми стелющимися кустарниками, в подгольцовой зоне — кустарниками яйцевидной формы. В горах максимальное количество особей отмечено на границе леса и тундры, в лиственнично-березовом редколесье, где число их достигало 11 853 особей на га. В куртинах на склоне доминировали генеративные особи, характеризующиеся обильным плодоношением.

Можжевельник сибирский отличается от можжевельника обыкновенного по количественным морфологическим параметрам побегов (табл. 1). Побеги *J. sibirica* короче побегов *J. communis* в два раза. Хвоя можжевельника сибирского игольчатая, узколанцетная, прижатая к побегу, короткая (5.6 мм). Хвоя *J. communis* отогнута от стебля и располагается почти перпендикулярно к нему, линейно-ланцетная, длинная (11.2 мм). Охвоенность побегов у можже-

Таблица 1. Морфологические параметры хвои *J. communis* и *J. sibirica* на северо-востоке европейской части России

Параметр	<i>J. communis</i>	<i>J. sibirica</i>
Длина побега, мм	22.6±0.3	11.1±0.1
Длина хвои, мм	11.2±0.1	5.6±0.1
Число хвои на побеге	16.6±0.2	13.6±0.9
Охвоенность, шт. / мм	0.8±0.3	1.2±0.7
Количество устьиц на 1 мм ² площади хвои	416±0.3	474±0.2

ельника сибирского больше примерно в два раза. В связи с тем, что *J. sibirica* характеризуется меньшей длиной побега, большей охвоенностью и прижатостью хвои к побегу, можно отметить формирование более компактных кустов по сравнению с другим видом. По данным Н.Д. Нестерович с соавторами (1986), у интродуцированных особей можжевельников сибирского и обыкновенного в условиях Центрального ботанического сада АН БССР (г. Минск) хвоя достигала в длину 8.3 и 17.6 мм соответственно.

Устьица обоих видов можжевельников погруженные. У *J. sibirica* их количество на 1 мм² составляет около 474 шт. На поверхности хвои часто наблюдали гифы грибов. У можжевельника обыкновенного количество устьиц составляло примерно 416 шт. на 1 мм² (рис. 1). По данным Н. Д. Нестерович с соавторами (1986) количество устьиц на единицу площади хвои у *J. sibirica* достигает 271, а у *J. communis* — 226 шт. Большее количество устьиц у можжевельника сибирского, обитающего в горах, вероятно, связано с высокой интенсивностью транспирации в условиях повышенной инсоляции (рис. 2).

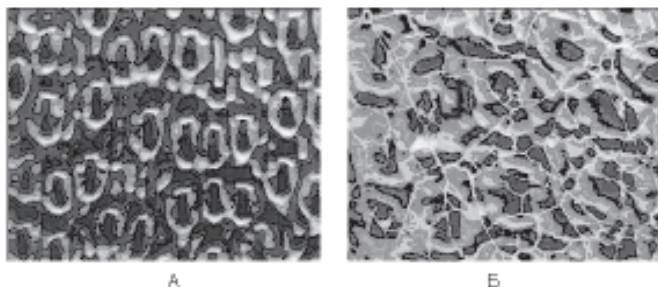


Рис. 1. Поверхность хвои с устьицами *J. communis* (А) и *J. sibirica* (Б).
Стрелками указаны гифы грибов (Ув. $\times 130$ (А), $\times 59$ (Б)).

У можжевельника сибирского хорошо выражена дифференциация ассимиляционной ткани на палисадный и губчатый мезофилл. По размерам клеток можжевельники обыкновенный и сибирский не различаются. Более высокий парциальный объем мезофилла отмечен в хвое *J. sibirica*, но при этом выявлен меньший парциальный объем покровных тканей. Толщина гиподермального слоя хвои можжевельника обыкновенного почти в два раза меньше, чем у можжевельника сибирского, и составляет 5.0 ± 0.4 мкм и 9.0 ± 0.4 мкм соответственно (табл. 2). Сходные данные были получены З.К. Долгой (1937) у горных видов *J. nana* Willd. и *J. depressa* Stev. Не выявлены различия в количестве механических клеток около сосудистого пучка, число которых достигало 1–4.

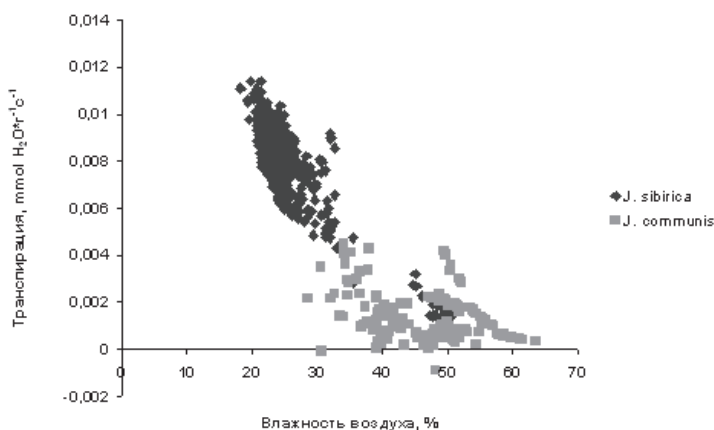


Рис. 2. Зависимость величины транспирации можжевельника обыкновенного и можжевельника сибирского от влажности воздуха.

Таблица 2. Анатомические показатели хвои *J. communis* и *J. sibirica* на северо-востоке европейской части России

Показатель	<i>J. communis</i>	<i>J. sibirica</i>
Площадь поперечного сечения хвои, мм ²	0.026±0.001	0.014±0.002
Парциальный объем, %:		
проводящего цилиндра	8.2±0.5	5.8±0.7
смоляного канала	5.1±0.7	6.6±0.6
мезофилла	58.7±2.3	63.3±3.8
покровных тканей	27.9±2.8	24.3±2.5
Толщина, мкм:		
гиподермы	5.0±0.002	9.0±0.003
эпидермы	12.8±0.003	14.2±0.004
Тангентальный размер клеток мезофилла, мкм	42.1±0.010	42.8±0.007
Радиальный размер клеток мезофилла, мкм	26.3±0.006	30±0.006

Таким образом, можно отметить, что для можжевельника обыкновенного в еловых фитоценозах средней тайги и для можжевельника сибирского в подгольцовой зоне Северного Урала характерно образование кустов яйцевидной формы. Образование низкорослой формы стелющегося кустарника можжевельника сибирского на гольцовых склонах связано с приспособлением данного вида к высокому снежному покрову, низким температурам и сильным ветрам в условиях гор. Можжевельник сибирский отличается от можжевель-

ника обыкновенного более мелкими размерами хвои и побегов, образованием более компактных кустов. Высокое значение числа устьиц на единицу площади поверхности хвои, увеличение толщины гиподермы и скорости транспирации являются результатом приспособления *J. sibirica* к условиям повышенной радиации.

ЛИТЕРАТУРА

- Долгая З.К. Влияние климата на анатомо-морфологические особенности хвои можжевельников // Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. Т. LXVI. Вып. 2. 1937. С. 249–294.
- Ермолина П.И., Тарбаева В.М. Сравнительная морфология, анатомия и ультраскульптура семян и шишек видов рода *Juniperus* L. в связи с их систематикой. СПб.: Наука, 2002. 50 с.
- Козубов Г.М., Евдокимов А.М. Можжевельник в лесах Севера // Лесное хозяйство. 1965. № 1. С. 57–69.
- Нестерович Н.Д., Дерюгина Т.Ф., Лучков А.И. Структурные особенности листьев хвойных. Минск: Наука и техника, 1986. 143 с.
- Скупченко В.Б. Вибрационная микротомия мягких тканей // Новые науч. метод. Сыктывкар, 1979. 56 с. (Тр. Коми науч. центра УрО РАН. Вып. 2.).
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб: Мир и семья, 1995. 990 с.
- Florae Europaeae. Helsinki, 2 Gymnospermae, 1973. P. 181–184.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ *BETULA PUBESCENS* И *B. PENDULA* В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

В.Д. Горбунова

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Изучение различий по содержанию макроэлементов позволяет оценить соотношение основных метаболических процессов, обеспечивающих жизнедеятельность видов растений (Новицкая, 1971). Цель работы: исследование особенностей накопления макроэлементов в листьях *Betula pubescens* и *B. pendula* в условиях высокогорья.

Исследования проводились в естественных популяциях *B. pubescens* и *B. pendula* в верхней и нижней границе горно-лесного пояса г. Конжаковский Камень и в контроле — районе г. Карпинска. *B. pubescens* исследовалась также

в подгольцовом и тундровом поясах. В каждом высотном поясе были собраны листья с десяти деревьев каждого вида, в которых было определено содержание общего азота, фосфора, магния, кальция и калия.

Выявлена высотная изменчивость содержания макроэлементов в листьях берез и установлены межвидовые отличия. Обнаружена различная направленность накопления макроэлементов в листьях двух видов берез с увеличением высоты произрастания, что связано с их экологическими особенностями. Содержание общего азота в листьях *B. pubescens* увеличивалось вдоль высотного градиента и достигало максимальных значений в тундровом поясе (от 30.2 до 45.3 мг/г). Содержание азота и фосфора в листьях *B. pendula*, в отличие от *B. pubescens*, уменьшалось с увеличением высоты местности и было максимальным в контроле (от 32.1 и 5.8 мг/г до 41.9 и 8.4 мг/г соответственно). По содержанию фосфора в листьях *B. pubescens* достоверных отличий между высотными поясами не обнаружено. Показано наименьшее содержание магния в листьях *B. pubescens* в контроле (4.1 мг/г), а наибольшее содержание калия и кальция — в горно-лесном поясе, что, возможно, связано с почвенно-климатическими условиями каждого горного пояса. Различия в содержании макроэлементов в листьях двух видов берез определяются адаптивными свойствами видов, что проявляется в различном уровне продвижении популяций *B. pubescens* и *B. pendula* в горы.

ЛИТЕРАТУРА

Новицкая Ю.Е. Особенности физиолого-биохимических процессов в хвое и побегах ели в условиях Севера. Л., 1971. 116 с.

ДИНАМИКА УЧАСТИЯ В РАЗМНОЖЕНИИ ОСОБЕЙ *LITTORINA SAXATILIS* (OLIVI, 1792) В ПОПУЛЯЦИЯХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ЗАРАЖЕННОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

О.В. Гречко

Казанский госуниверситет

В настоящее время гастроподы рода *Littorina* считаются наиболее изученными представителями литоральной фауны моллюсков и до сих пор являются одним из основных объектов популяционных исследований морских беспозвоночных. Высокая плотность поселений литторин, доступность мест сбора, относительная простота содержания в лабораторных условиях и полимор-

фность видов дают возможность всесторонней и подробной оценки состояния популяций (Зенкевич, 1961, 1963; Матвеева, 1974; Барбина, 2002).

Наличие яйцеживорождения у *L. saxatilis* позволяет достаточно точно описать элементы репродуктивной структуры популяции, оценить рождаемость и, в конечном итоге, определить репродуктивный потенциал популяции (Матвеева, 1974; Гранович, Сергиевский, 1990; Соколова, 1995; Reid, 1996).

L. saxatilis — амфибореальный вид, обитающий в литоральной зоне, преимущественно на скалистых и каменистых грунтах. Популяции *L. saxatilis* занимают верхний, средний и нижний горизонты каменистой и скальной литорали. Плотность поселения обычно варьирует в пределах 1–4 тыс. экз/м². Продолжительность жизни литторин в Баренцевом море составляет 10–12 лет (Матвеева, 1974; Reid, 1996). Половозрелость наступает на 2–3 году жизни. Моллюски раздельнополые, яйцеживородящие, оплодотворение внутреннее. У *L. saxatilis* в онтогенезе отсутствует стадия плавающей личинки, поэтому популяции, обитающие в определенном месте литорали и разделенные проливами или достаточно большим расстоянием, являются самостоятельными самовоспроизводящимися единицами.

В фауне Баренцева моря известно 12 видов трематод из 8 семейств, промежуточными хозяевами которых являются моллюски рода *Littorina* (Подлипаев, 1979). Подавляющее большинство моллюсков заражено партеногенетическими поколениями трематод сем. Microphallidae. В каком бы возрасте не случилось заражение моллюска, это достаточно быстро приводит к полной кастрации особи и редукции её половой системы, то есть особь полностью исключается из дальнейшего размножения. Общая зараженность популяции может быть достаточно велика — более 50%. Таким образом, воздействие трематод на популяции может существенно снижать её репродуктивный потенциал.

Цель данной работы — описание динамики участия в размножении особей в популяциях с низким и средним уровнем паразитарной инвазии и оценка вклада каждой возрастной когорты размножающихся особей в эмбриональный фонд популяции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для настоящего исследования послужили сборы, проведенные в летние месяцы 2005 г. на Восточном Мурмане. Нами исследованы три популяции *L. saxatilis* в Баренцевом море: 1) популяция «губа Ярнышная»; 2) «губа Оскара»; 3) «о. Жилой». Все популяции располагались на литоральных каменно-валунного типа.

Сбор моллюсков производили при помощи рамки площадью 0.025 м² во время отлива. Пробы получали для трех основных типов субстратов: а) с мак-

рофитов — площадки располагались на трех уровнях в пределах пояса фукоидов в виде разреза. На каждом уровне изымали пять площадок, расположенных через 2–3 метра; б) с гравия — по 5–10 площадок, расположенных в верхнем, среднем и нижнем горизонтах литорали; в) с камней — 10 площадок в верхнем, среднем и нижнем горизонтах литорали. В первом случае вырезали все макрофиты в рамке и изымали грунт на глубину 2–3 см; во втором случае моллюсков собирали с поверхности гравия и до глубины 2–3 см; в третьем случае сборы производили с открытых частей некрупных валунов. Такая система количественных сборов позволяет получить особей всех возрастных групп и оценить репродуктивную структуру всей популяции.

Для фиксации организмов использовали 70% спирт. Из каждой пробы изымали всех литорин. Особей старше одного года вскрывали. При вскрытии определяли вид моллюска, пол, количество эмбрионов в выводковой сумке у плодовых самок и наличие зараженности партенидами трематод. Поскольку достоверное определение вида и пола у моллюсков младше двух лет затруднено, то в настоящей работе рассматривается структура только репродуктивной части популяции (от 2-х лет).

Поскольку исследования проводили на фиксированном материале, определение трематод до вида в большинстве случаев не представлялось возможным, и мы ограничились определением паразитов до семейства.

Определение возраста вели по кольцам сезонного нарастания на раковине. В тех случаях, когда определение по кольцам нароста затруднено, вследствие разрушения наружного слоя раковины или естественной невыраженности колец, при отнесении моллюска к той или иной возрастной группе руководствовались размером раковины.

Статистическую обработку материала проводили с помощью программы Microsoft Excel и пакета программ Statistica 6.0. В качестве критерия достоверности оценок использовали критерий Колмогорова-Смирнова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Самки были классифицированы по двум показателям: наличию либо отсутствию эмбрионов в выводковой сумке и наличию либо отсутствию заражения паразитами. Соответственно, можно выделить четыре группы самок: 1) незараженные самки без эмбрионов; 2) незараженные самки с эмбрионами; 3) зараженные самки без эмбрионов; 4) зараженные самки с эмбрионами. Зараженные самки без эмбрионов исключены из размножения вследствие паразитарной кастрации. Зараженные самки с эмбрионами обычно содержат только крупные эмбрионы в выводковых сумках, их присутствие говорит о том, что заражение произошло 1–2 месяца назад, но самки также фактически исключены из дальнейшего размножения (табл. 1).

Таблица 1. Соотношение разных категорий самок в популяциях *L. saxatilis* (доля каждой категории самок от общего числа самок в пробах)

Категория	г. Ярнышная	г. Оскара	о. Жилой
Незараженные без эмбрионов	53.83±3.23	30.14±5.78	45.4±3.96
Незараженные с эмбрионами	32.5±3.91	7.66±6.65	11.78±5.03
Зараженные без эмбрионов	10.9±4.49	62.2±4.25	41.95±4.08
Зараженные с эмбрионами	2.72±4.70	0.48±6.90	0.86±5.34
Общее число самок	440	209	348

Соотношение этих групп различно в разных популяциях и зависит от возраста (рис. 1). Экстенсивность паразитарной инвазии в популяции губы Ярнышной низкая и составляет 2%. В возрасте 2–3 лет доминируют незараженные самки без эмбрионов. После трех лет начинают преобладать незараженные размножающиеся самки, их доля с возрастом постепенно увеличивается, достигая к 12 годам 50%. Зараженных особей в поселении немного. Неблагоприятные зараженные самки есть среди особей всех возрастов. Молодые моллюски (2–3 года) заражены слабо — не более 5% особей. С возрастом экстенсивность инвазии увеличивается и достигает максимума 10–16% среди особей средних возрастов. Зараженные самки с эмбрионами встречаются у особей всех возрастов, кроме самых старых моллюсков, но они немногочисленны.

Экстенсивность инвазии в губе Оскара и на о. Жилом значительно выше и составляет 40% в губе Оскара и 42% на о. Жилом. В возрасте двух лет в размножение ступают лишь 2.5% особей в поселении «о. Жилой», размножающихся двухлеток в губе Оскара нет. Преобладать плодовитые самки начинают в обеих популяциях после четырех лет, к восьми годам в поселении «о. Жилой» в размножение вступают 36% самок, более старых плодовитых моллюсков нами встречено не было. В поселении «губа Оскара» 75% размножающихся самок находится в возрасте девяти лет.

Поселения «о. Жилой» и «губа Оскара» характеризуются преобладанием категории зараженных не размножающихся особей над остальными. Уже среди двухлетних моллюсков доля не участвующих в размножении и бесполезных для поддержания репродуктивного потенциала популяции составляет 34% в губе Оскара и 29% — на о. Жилом. С возрастом их количество возрастает, и к пяти годам достигает 53% в поселении «о. Жилой», а в поселении «губа Оскара» этот возраст в наших пробах был представлен только этой категорией самок. В среднем для каждого возраста экстенсивность инвазии в губе Оскара на 20–30% выше, чем на о. Жилом.

Интересно отметить малую долю заражения уже плодовитых самок (не более 3%). В основном такие моллюски встречаются среди молодежи. Очевид-

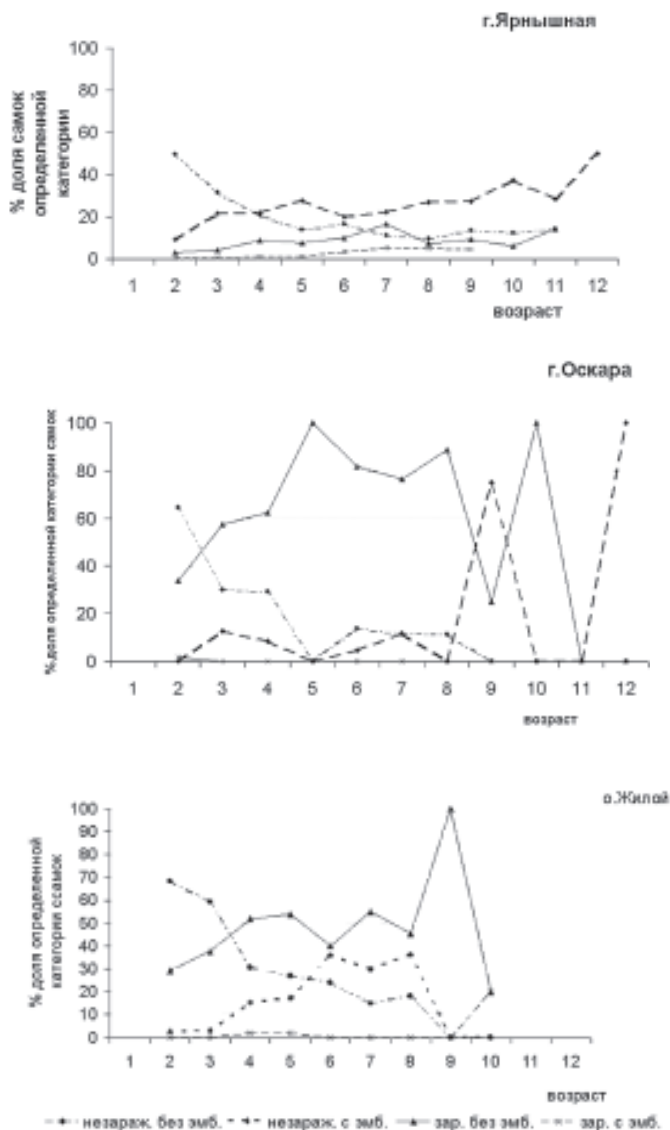


Рис. 1. Соотношение самок разных категорий в группах разного возраста в популяциях *L. saxatilis* Баренцева моря.

но, заражение большинства моллюсков трематодами происходит рано, на первых годах жизни, и самка не успевает вступить в размножение. Общая доля плодовитых самок на о. Жилом и в губе Оскара достоверно не отличается, но оба поселения имеют достоверные отличия от г. Ярнышной ($p < 0.001$).

Для более полной картины участия в размножении необходимо также обратить внимание на возрастную динамику заражения самцов (рис. 2). В губе Ярнышной и на о. Жилом доля зараженных самцов максимальна в средних возрастных группах (около 50%). В популяции «губа Оскара» этот показатель выше и смещен в сторону более старших возрастных групп. Экстенсивность заражения самцов в популяциях «о. Жилой» и «губа Ярнышная» несколько больше, а в поселении «губа Оскара» — меньше общей доли зараженных самок, но варьирование незначительно и не превышает 3–5%.

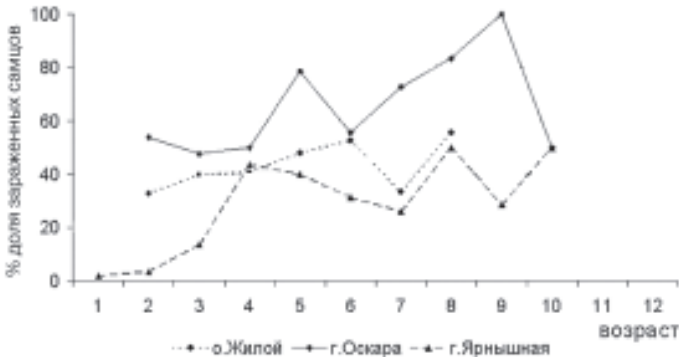


Рис. 2. Возрастная динамика заражения самцов в популяциях.

Вклад определенной возрастной группы в эмбриональный фонд популяции можно оценить, исходя из индивидуальной плодовитости самок группы и их доли от общего количества участвующих в размножении самок. Основной вклад в общий эмбриональный фонд изученных популяций вносят самки средних возрастов (5–8 лет) (рис. 3). В популяции «губа Ярнышная» наибольшее количество всех эмбрионов продуцируется самками пяти (19%) и восьми (16%) лет. В популяции «о. Жилой» основной вклад в фонд популяции вносят самки 6–7 лет, в общем, поставяя более 40% всей новорожденной части популяции. В популяции «губа Оскара» заметно выделяется вклад семилетних моллюсков (37%). Самки старших возрастов, возможно, вообще не участвуют в поддержании репродуктивного потенциала популяции или участвуют незначительно.

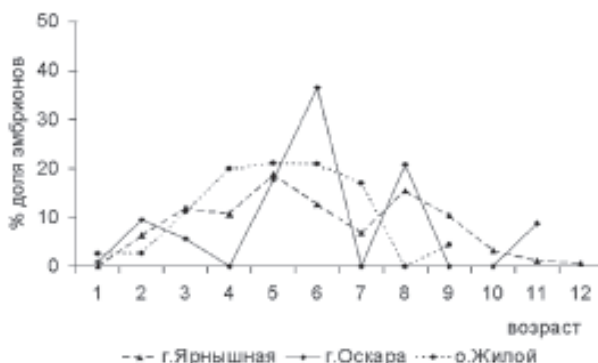


Рис. 3. Вклад возрастных групп в эмбриональный фонд популяции.

Способность популяции изменяться в ответ на изменение абиотических и биотических условий окружающей среды и значение паразитарной инвазии в функционировании популяций литоральных моллюсков неоднократно обсуждалась в научной литературе. Однако большинство работ, связанных с репродукцией и жизненным циклом моллюсков рода *Littorina*, выполнено на видах Северной Атлантики (Johanneson, 1988; Reid, 1996; Wolf et al., 1997). По некоторым регионам Баренцева моря и других северных морей данных нет вовсе, хотя в каждом крупном обзоре репродуктивной системы уделяется некоторое внимание в контексте темы исследования (Матвеева, 1974; Галактионов, 1993; Соколова 1995; Johanneson, 1988; Reid, 1996).

А.И. Грановичем и С.О. Сергиевским (1990) репродуктивная структура *Littorina saxatilis* была подробно описана для популяций островов Кандалакшского залива Белого моря. Исследователями показано, что средняя индивидуальная плодовитость самок увеличивается с возрастом, самые старые самки являются самыми плодовитыми. Но наиболее существенный вклад в эмбриональный фонд популяции делают пятилетние самки. Наш материал не позволяет статистически подтвердить стопроцентное вступление в размножение старых самок, так как было собрано слишком мало особей старшей возрастной группы. Однако мы можем утверждать, что в баренцевоморских популяциях *L. saxatilis* наибольший удельный вклад в новорожденную часть поселения делают самки средних возрастов. Возраст, в котором самки поставляют большую долю эмбрионального фонда популяции, смещен относительно такового у беломорских моллюсков на 1–2 года. Лишь в популяции «губа Ярнышная» наибольший вклад делают самки пяти лет, но при этом удельная плодовитость восьмилетних моллюсков меньше таковой пятилетних всего на 3%.

Смещение пика наибольшей удельной плодовитости в более старшие возраста объясняется особенностями биологии *L. saxatilis* в Баренцевом море. Как известно, в этом регионе моллюски живут дольше на 1–2 года, половозрелыми становятся на 2–3 году жизни, тогда как на Белом море большинство двухлеток уже плодовиты. Можно предположить, что и другие процессы в сезонной динамике популяций и жизненном цикле особей в Баренцевом море будут запаздывать относительно таковых у беломорских моллюсков на 1–2 года.

Динамика численности популяции, распределение особей на литорали, возрастной и размерный состав и другие популяционные параметры не могут быть точно оценены без учета зараженности популяции (Поддипаев, 1979; Sunberg, 1988; Гранович, Сергиевский, 1990; Сергиевский и др., 1991; Галактионов, 1993; Соколова, 1995; Reid, 1996; Granovitch, 1999). Существуют данные, что с увеличением экстенсивности инвазии включаются механизмы, регулирующие численность и оптимизирующие репродуктивную структуру популяции в стрессовых условиях, такие как увеличение индивидуальной плодовитости, повышение доли крупных плодовитых самок с большей выводковой сумкой (Гранович, Сергиевский, 1990; Галактионов, 1993). Однако каковы механизмы, определяющие особенности репродуктивной структуры популяций и её изменения, до конца не ясно. Несомненно, заражение паразитами является одним из важнейших факторов, влияющим непосредственно на индивидуальную способность особей к размножению, а значит, и на репродуктивный потенциал популяции.

Изученные нами популяции имеют низкий («губа Ярнышная») и средний («о. Жилой»; «губа Оскара») уровни заражения. В «губе Ярнышной» ни одна из категорий самок ни в одной возрастной группе не составляет более 50% от всех самок в популяции. Незараженные самки с эмбрионами численно преобладают над всеми остальными категориями самок, их доля с возрастом увеличивается. Очевидно, в данном случае, можно говорить о стабильном типе популяционной репродуктивной структуры. Заметное преобладание зараженных неплеровитых самок в губе Оскара и на о. Жилом свидетельствует о депрессивном типе репродуктивной структуры популяции, но, поскольку, экстенсивность паразитарной инвазии в популяциях не превышает 50%, депрессия выражена слабо.

ЛИТЕРАТУРА

- Барбина А.А. Новые данные о видовом составе рода *Littorina* на Восточном Мурмане // Материалы XX конференции молодых ученых. Мурманск: Изд-во КНЦ РАН, 2002. С. 6–9.
- Галактионов К.В. Жизненные циклы трематод как компоненты экосистем (опыт анализа на примере представителей сем. Microphallidae). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1993. 184 с.

- Гранович А.И., Сергиевский С.О. Оценка репродуктивной структуры популяции моллюска *Littorina saxatilis* (Olivì) (Gastropoda, Prosobranchia) в Белом море // Зоол. журнал. 1990. Т. 69. Вып. 8. С. 32–40.
- Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 728 с.
- Зенкевич Л.А. Исследования мирового океана. М.: Знание, 1961. 461 с.
- Матвеева Т.А. Экология и жизненные циклы массовых видов брюхоногих моллюсков Баренцева и Белого морей. Л.: Наука. 1974. 178 с.
- Подлипаев С.А. Партениды и личинки терматод литоральных моллюсков Восточного Мурмана // Экологическая и экспериментальная паразитология. Вып. 2. 1979. С. 47–100.
- Соколова И.М. Сезонная динамика плодовитости в популяциях литоральных брюхоногих моллюсков *Littorina saxatilis* (Olivì, 1792) в Белом море // Популяционные исследования беломорских моллюсков. 1995. С. 78–88.
- Сергиевский С.О., Гранович А.И., Михайлова Н.А. Возрастная структура популяций брюхоногих моллюсков *Littorina saxatilis* и *L. obtusata* в Белом море // Труды ЗИН АН СССР. 1991. Т. 233. С. 79–124.
- Johannesson K. The paradox of Rockall: why is brooding gastropod (*Littorina saxatilis*) more widespread than one having a planktonic larval dispersal stage (*L. littorea*) // Marine Biology. 1988. P. 507–513.
- Reid D. Systematics and evolution of *Littorina*. London, 1996. 464 p.
- Granovitch A. Parasitic systems and the structure of parasite populations // Helgol. Mar. Res. 1999. № 53. P. 9–18.
- Sunberg P. Microgeographic variation in shell characters of *Littorina saxatilis* Olivì — a question of size? // Biol. Journal of the Linnean Society. 1988. № 35. P. 169–184.
- Wolf H., Backeljau T., Medeiros R., Verhagen R. Microgeographical shell variation in *Littorina striata*, a planktonic developing periwinkle // Marine Biology. 1997. № 129. P. 331–342.

НОРМА РЕАКЦИИ В ХОДЕ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ

**К.А. Давиденко, Л.В. Крысова, И.Н. Гончар, Н.М. Вашляев,
А.В. Грязнова**

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

В настоящее время принято, что в основе наследственной и ненаследственной изменчивости на молекулярном уровне лежат одни и те же механизмы. Модификационная изменчивость обеспечивает адаптацию организма в

ответ на воздействие окружающей среды в период онтогенеза, наследственная изменчивость — адаптацию в ряду поколений.

Возможность наследования хемоморфозов в ряду поколений в результате длительного химического стресса до сих пор вызывает большие сомнения. Тем не менее, современные представления допускают возможность такого события как результат генетического поиска в ходе отбора на провокационном фоне, например, при химическом стрессе. Одним из начальных этапов такого химического поиска следует рассматривать дифференциальную чувствительность к повреждающему агенту, которая базируется на наследственной основе.

Представляло интерес изучить норму реакции по ряду показателей у особей, полученных в ходе онтогенетической адаптации в ответ на воздействие аминокперина (антагонист фолиевой кислоты, ингибирует синтез ДНК, блокирует клеточное деление), при отборе в ряду поколений на частоту встречаемости повреждения крыла типа «вырезка». Основные задачи: 1) С использованием линий дикого типа и ряда мутантных выявить частоту появления хемоморфозов типа «вырезка» на крыле после пребывания на среде с аминокперинном в дозе 100 мкг/кг; 2) Осуществить анализ частоты встречаемости повреждений крыла в ряду поколений чувствительных к аминокперину линий; 3) На линии дикого типа *Белгород* проследить влияние аминокперина на процессы роста, развития и дифференцировки крыла.

В ходе работы были использованы линии *Drosophila melanogaster* *Белгород* (дикого типа), *Bar*, *vestigial*, *scalloped*, *eyeless*.

На рисунке представлены данные о частоте встречаемости повреждения крыла типа вырезка у различных линий дикого типа и ряда мутантных линий при выращивании личинок на среде с аминокперинном. Наибольшие значения были обнаружены нами у линии дикого типа *Белгород* и у мутантной линии *Bar*. Достаточно высокие значения были прослежены в случае мутации *eyeless*, а также у межлинейных гибридов с использованием мутации *vestigial*.

Линия дикого типа *Белгород* и мутантная линия *Bar* были использованы в дальнейших опытах по отбору на частоту повреждения крыла типа «вырезка» в ряду поколений на фоне аминокперина. Как показали эксперименты, в ряду поколений у линии *Белгород* наблюдается закономерное повышение частоты встречаемости мух с повреждением крыла типа вырезка от 43% в родительском поколении до 80% в F_3 , претерпевая незначительное понижение до 75% в F_{10} . Сходная тенденция прослежена и в случае мутантной линии *Bar*, хотя и на более низком уровне.

Таким образом, можно считать, что отбор на фоне аминокперина в отношении частоты встречаемости повреждения крыла достаточно эффективен, особенно в первых поколениях опыта. Следует, однако, отметить, что при использовании линии дикого типа *Белгород* ни в одном случае не была зафикси-

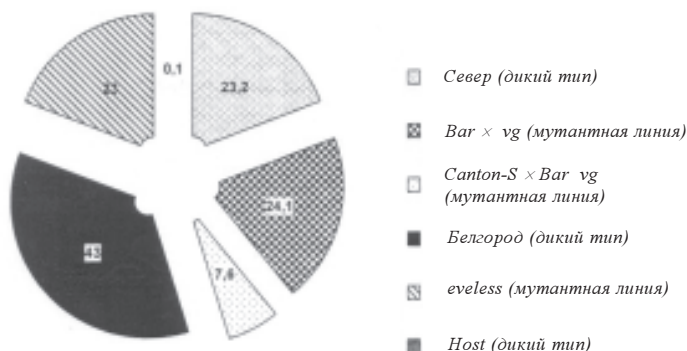


Рисунок. Частота встречаемости (%) повреждения крыла у дикого типа и мутантных линий на фоне аминоптерина

рована возможность наследования повреждения крыла в следующем поколении в отсутствии аминоптерина. Другими словами, в ходе отбора на фоне аминоптерина можно увеличить частоту встречаемости хемоморфозов типа «вырезка», однако наследование их вплоть до десятого поколения не были нами обнаружены. В случае же мутации *Bar* в ходе аналогичных опытов по увеличению частоты встречаемости повреждения крыла на фоне аминоптерина уже во втором поколении нами было зафиксировано наличие самца и самки с повреждением крыла при выращивании на среде без аминоптерина. Частота встречаемости повреждения крыла составила 0.2%. В потомстве этих двух особей ни в первом, ни во втором поколении не обнаружено повреждения крыла типа «вырезка». В подобных опытах с использованием азотистого аналога иприта М. Берчманн (Bertschmann, 1955) проследил динамику частоты встречаемости повреждения крыла типа «вырезка» в ряду поколений и установил, что, начиная с F_8 , когда частота повреждения достигает 80–100%, наблюдается наследование хемоморфозов в отсутствии азотистого аналога иприта. Берчманн показал, что наследование повреждения крыла типа вырезка обусловлено наличием генов-модификаторов во второй и третьей хромосоме. По мнению автора, в этом случае речь шла о так называемой генетической ассимиляции в ходе отбора на фоне азотистого аналога иприта и низкой температуры. Остается не ясным, за счет каких молекулярных механизмов происходит перестройка генотипической среды в ходе отбора.

Пространственная картина повреждений крыла имаго как в линии дикого типа *Белгород*, так и мутантной линии *Bar*, не позволяет обнаружить какой-либо специфичности воздействия аминоптерина. Любая ячейка дистальной части кры-

ла может быть подвергнута действию апоптоза, и в этом отношении эффект аминокислоты напоминает картины повреждения крыла при рентгенморфозах или хемоморфозах, обусловленных действием ацетамида, лактамида и цитостатиков. Ни на уровне площади крыловых дисков, ни на уровне конечной картины морфогенеза крыла в случае хемоморфозов и контроле значимых различий нами не обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в опытах с использованием аминокислоты для ряда линий дрозофилы выявлена высокая дифференциальная чувствительность к повреждающему агенту. Эта чувствительность может быть усилена в ходе отбора, хотя, как правило, наследование хемоморфозов не отмечается.

Повреждения охватывают практически все ячейки дистальной части крыла. Несмотря на многочисленные хемоморфозы, конечная картина морфогенеза крыла не претерпевает существенных изменений.

ЛИТЕРАТУРА

Bertschmann M. Versuche zur phd mokopierende Wirkung von Chemikalien (Nitrogen-ustard n.a.) bei *Drosophila melanogaster* // Z. induct. Abstamm. 1955. Bd. 87. S. 229–266.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ РАЗВИТИЯ ТАРСКОГО ОЧАГА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

М.А. Григорьев

Омский государственный педагогический университет

Одним из важных и характерных свойств природных экосистем умеренных широт северного полушария является проявление периодов положительного и отрицательного энергетического баланса. Но в среднем за год верхние слои почвы не охлаждаются и не нагреваются. Регистрируемая на метеостанциях глубина промерзания почвы является интегральной величиной термического и водного режимов, а также фактором, который можно использовать в качестве диагностического признака прогнозирования развития природных эпидемических явлений (Григорьев, 2006).

Циклические колебания климата и связанные с ними изменения других природных процессов оказывают существенное влияние на состояние природных

очагов ряда инфекций, в том числе клещевого энцефалита (*КЭ*), которые могут значительно преобразовываться во времени. Это необходимо учитывать при разработке конкретных профилактических мероприятий и активных мер борьбы с ними, но до настоящего времени подобные исследования в Западной Сибири выполнены лишь для природных очагов туляремии (Максимов, 1982).

Наряду с этим, чёткая сезонность жизненных процессов и морфологических изменений у таёжного клеща (основного переносчика *КЭ*) обусловлена наличием у него системы адаптаций, в основе которой лежит диапауза. У данного вида система сезонных адаптаций отличается особенной сложностью ввиду многолетнего цикла развития особей. Характерной особенностью таёжного клеща является способность к диапаузе (и к перезимовке) голодных и сытых личинок, тогда как сытые самки и яйца не переходят в состояние диапаузы, и могут существовать лишь в тёплый период года.

В период зимовки происходит в целом ослабление биологической активности таёжных клещей, и их развитие происходит в экстремальных термических условиях (Бабенко, 1956, 1958, 1985; Арумова, Рубина, 1974).

Нами были проведены исследования по влиянию условий термического режима почвы, в частности, глубины её промерзания, на динамику заболеваемости населения *КЭ* в условиях Тарского очага за период 1972–2006 гг. При анализе была проведена синхронизация изученных явлений со сдвигом от текущего года до восьми лет. В результате вычисления синхронности (*Кс*) по С.Г. Шиятову (1986), в данных вариантах было установлено, что наименьшая синхронность наблюдалась между уровнем заболеваемости населения *КЭ* и глубиной промерзания почвы при сдвигах на третий год по данным глубины промерзания в ноябре, аналогично на четвёртый год — с декабря по март (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты синхронности (%) глубины промерзания почвы и заболеваемости населения КЭ (со сдвигом на k-лет), Тарский р-н, Омская обл.

Сдвиг, лет	Число пар наблюдений	Промерзание почвы в различные месяцы				
		ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
0	34	50.0	52.94	55.88	47.06	47.06
1	33	60.61	48.48	51.52	57.53	57.53
2	32	46.88	40.63	53.13	40.63	40.63
3	31	35.48	54.84	58.06	51.61	51.61
4	30	56.67	40.0	36.67	36.67	36.67
5	29	41.38	41.38	44.83	44.83	44.83
6	28	53.57	53.57	46.43	60.71	60.71
7	27	44.44	51.85	55.56	48.15	48.15
8	26	42.31	57.69	61.54	76.92	76.92

Ранговый кросскорреляционный анализ позволил установить, что связь между глубиной промерзания почвы и уровнем заболеваемости населения на территории Тарского очага является отрицательной для всех рассмотренных сдвигов, за исключением периодов ноября, декабря и января предшествующего года (табл. 2). Особого внимания заслуживает выявленная обратная и достоверно тесная зависимость заболеваемости населения КЭ от глубины промерзания почвы для сдвига в четыре и пять лет. Данная зависимость является значимой за периоды ноябрь, февраль и март на пятый год и за периоды январь, февраль, март на четвертый год, декабрь — на пятый год, январь — на пятый и восьмой годы.

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции между глубиной промерзания почвы и заболеваемости населения КЭ (со сдвигом на k -лет)

Сдвиг, лет	Число пар наблюдений	Промерзание почвы в различные месяцы				
		ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
0	35	- 0.02	-0.05	-0.15	-0.21	-0.24
1	34	0.13	0.13	0.02	-0.06	-0.1
2	33	-0.14	-0.05	-0.09	-0.16	-0.23
3	32	-0.08	-0.05	-0.13	-0.21	-0.24
4	31	-0.32	-0.3	-0.42*	-0.39*	-0.42*
5	30	-0.49**	-0.39*	-0.45***	-0.51***	-0.51***
6	29	-0.35	-0.22	-0.24	-0.22	-0.25
7	28	-0.23	-0.23	-0.27	-0.28	-0.29
8	27	-0.32	-0.4	-0.43*	-0.36	-0.35

Примечание: * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$.

Таким образом, глубина промерзания почв, определяемая службами по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ, может служить в качестве важного предиктора для составления краткосрочного и среднесрочного прогнозов заболеваемости населения КЭ. Особую ценность в этом отношении имеют данные по глубине промерзания почвы на конец зимовки (март), позволяющие прогнозировать уровень заболеваемости населения КЭ через пять лет.

ЛИТЕРАТУРА

- Арумова Е.А., Рубина М.А. Первое проявление активности (активация) клещей *Ixodes persulcatus* P. Sch. и продолжительность их жизни в Западных Саянах // Мед. паразитология и паразитарные болезни. 1974. № 2. С. 179–186.

- Бабенко Л.В. К вопросу о сезонных явлениях в жизни клещей *Ixodes ricinus* L. и *Ixodes persulcatus* P. Sch. // Мед. паразитология и паразитарные болезни. 1956. № 4. С. 356–352.
- Бабенко Л.В. О географической изменчивости сезонного хода активности *Ixodes ricinus* и *Ixodes persulcatus* и о причинах многолетних колебаний их численности // Мед. паразитология и паразитарные болезни. 1958. № 6. С. 639–653.
- Бабенко Л.В. Сезонные изменения активности // Таёжный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): морфология, систематика, экология, медицинское значение. Л.: Наука, 1985. С. 220–230.
- Григорьев М.А. О возможности использования глубины промерзания почвы для прогнозирования природных эпидемических явлений (на примере развития заболеваемости населения клещевым энцефалитом) // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона. Омск: Наука, 2006. С. 42–44.
- Максимов А.А. Исследование фаз увлажнённости территории лесостепной зоны Западной Сибири в 11-летних циклах (к истории вопроса) // Природные циклы Бабьих и их хозяйственное значение. Новосибирск: Наука, 1982. С. 6–24.
- Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 37 с.

БЕЗЗУБКИ ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА ИРТЫША (MOLLUSCA: BIVALVIA: UNIONIDAE): ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Е.С. Дорошенко

Омский государственный педагогический университет

Двустворчатые моллюски семейства Unionidae в Западной Сибири представлены небольшим числом видов, таксономическое положение и объем которых неоднократно пересматривался (Жадин, 1938; Старобогатов и др., 2004; Богатов и др., 2005). В 2005 г. вышла статья В.В. Богатова с соавторами, в которой была проведена ревизия беззубок (подсемейство Anodontinae семейства Unionidae) Сибири и Дальнего Востока. Таким образом, возникла необходимость повторного обращения к музейным коллекциям с целью переопределить накопленный материал в соответствии с новыми таксономическими взглядами.

Целью данной работы является изучение фауны и распространения беззубок рода *Colletopterum* в водоемах бассейна р. Иртыш. Материалом послужили коллекции Музея водных моллюсков Сибири (Омский государственный

педагогический университет), собранные в различных районах Западной Сибири в период 1982–2006 гг. Всего было просмотрено 193 экз. Видовое определение проводилось по новейшим публикациям (Старобогатов и др., 2004; Богатов и др., 2005; Bogatov, Prozorova, 2006). Для сравнения использовались раковины беззубок из водоемов Европы (Украина, Чехия, Германия) из коллекции Музея водных моллюсков Сибири.

Было установлено, что в водоемах бассейна Иртыша обитают четыре вида рода *Colletopterum*: *C. (Piscinaliana) piscinale* (Nilsson 1822), *C. (P.) anatinum* (Linnaeus 1758); *C. (P.) nilssonii* (Kyster 1842) и *C. (P.) ponderosum* (Pfeiffer, 1825).

Распространение этих видов в Западной Сибири очень схоже. Все они встречаются только в бассейнах Иртыша и Средней Оби и ни один из видов не отмечен севернее 60° с.ш. В бассейне Иртыша указанные виды распространены, по-видимому, по всей его территории.

Наиболее массовым и экологически пластичным является *C. anatinum* (частота встречаемости 53%), населяющий водоемы различного типа: придаточные водоемы крупных рек, малые реки, старицы пойменные и непойменные озера. *C. ponderosum* встречен в 31% водоемов, обитает также широко, как и предыдущий вид, но сравнительно более редок. Наиболее редкими являются *C. piscinale* (частота встречаемости 25%) и *C. nilssonii* (14%). Последний вид имеет также ограниченное биотопическое распространение, так как обитает исключительно в реках и придаточных водоемах рек.

Все виды беззубок бассейна р. Иртыш не обитают в непостоянных местообитаниях, так как у них отсутствуют адаптации к переживанию пересыхания водоема (Жадин, 1938).

ЛИТЕРАТУРА

- Жадин В.И. Семейство Unionidae // Фауна СССР. Моллюски. М.-Л., 1938. Т. 4. Вып. 1.: IX. 170 с.
- Богатов В.В., Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А. Моллюски рода *Colletopterum* (Anodontinae, Bivalvia) России и сопредельных территорий // Зоологический журнал. 2005. Т. 84. № 9. С. 1050–1063.
- Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М. Моллюски // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, 2004. Т. 6. С. 9–492.
- Prozorova L.A., Bogatov V.V. Large bivalve molluscs (Bivalvia, Unioniformes) of Lake Baikal // Hydrobiologia. 2006. Vol. 568. Supplem. P. 201–205.

О РАЗНООБРАЗИИ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.С. Драчёв*, И.В. Кузьмин**

* Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск,

** Тюменский госуниверситет

В Тюменской области в пределах южной тайги (от 60°00' до 57°30' с.ш., от 65°00' до 75°30' в.д.) находятся пять административных районов (Уватский и Тобольский, частично Вагайский, Ярковетский и Нижнетавдинский). Из них лучше всего во флористическом отношении изучен Тобольский район, на территории Вагайского и Уватского районов специальные флористические исследования до 2005 г. не проводились. Малое количество населенных пунктов, слабо развитая дорожная сеть и труднодоступность большинства территорий ограничивают возможности изучения флоры. В Красной книге Тюменской области (2004) для Уватского района указано только 15 видов сосудистых растений. Сборы из района очень малы в региональных гербариях и отсутствуют в центральных гербариях страны. В последние годы вырос интерес нефтедобывающей промышленности к этим районам, что определяет актуальность изучения еще не тронутых территорий для последующей оценки возможного вреда, причиненного разработкой месторождений.

В летние сезоны 2005–2006 гг. авторами проведены полевые сборы в Уватском районе. Сборы и геоботанические описания проводились в пяти точках (Туртас, Нагорный, Уват, Першино, Демьянка) и на маршрутах между ними. Кроме того, обработаны сборы экспедиции в восточной части Уватского района в верховьях реки Демьянки. Всего было собрано более 6 000 листов гербария.

По предварительным результатам изучения флоры (с учетом скудных упоминаний в заслуживающей доверия литературе) выявлено 445 видов и семь гибридов сосудистых растений, которые относятся к пяти отделам: Lycopodiophyta, Equisetophyta, Polypodiophyta, Pinophyta и Magnoliophyta, 84 семействам и 271 роду. Статус видов-агрегатов, микро- и нотовидов рассматривался индивидуально в каждом случае.

Современная флора Уватского района носит выраженный бореальный характер с присутствием во флоре арктоальпийских (*Gnaphalium norvegicum* Gunn. и др.) элементов. Имеются также неморальные виды, связанные с пихтово-липовыми лесами долины реки Иртыш и некоторое количество степных видов, проникающих по нарушенным местообитаниям. Флора не содержит эндемиков, носит миграционный характер и представлена аллохтонными эле-

ментами: результат сравнительно недавнего нахождения территории в зоне самаровского оледенения.

Флора района представлена двумя основными компонентами: аборигенным и адвентивным. Из общего числа видов к аборигенной фракции нами отнесено 333 вида (75% флоры) и четыре гибрида, к антропофитам, соответственно, 112 видов (106 видов двудольных, шесть видов однодольных, а также три гибрида). Особенностью района является отсутствие или значительная редкость многих видов, обычных на сопредельных южных территориях (*Sanguisorba officinalis*, *Chimaphila umbellata*, *Antennaria dioica* и др.).

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В КОМПЛЕКСЕ *SAXIFRAGA CERNUA* L. — *S. SIBIRICA* L. (SAXIFRAGACEAE) НА УРАЛЕ

О.С. Дымшакова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

В пределах уральской горной страны произрастают два близкородственных вида камнеломки: *Saxifraga cernua* L. (камнеломка поникающая) и *S. sibirica* L. (камнеломка сибирская), обладающие значительным морфологическим полиморфизмом. На Среднем Урале обнаружены растения с промежуточной морфологией. В более ранних исследованиях (Капралов, 2004) с помощью анализа ДНК (AFLP) была показана гибридогенная природа этих среднеуральских растений.

Цель данного исследования — сравнение родительских видов и их гибридов по морфологическим признакам, а также экспериментальное получение искусственных гибридов и сравнение их с природными. На основании этого можно будет сделать вывод о возможности гибридизации в среднеуральских популяциях в настоящее время.

Исследовано 17 выборок растений из природных популяций, подробно описанных в работе М.В. Капралова (2004). Шесть *S. cernua* из основной циркумполярной части ареала (Полярный Урал — 58 растений), четыре *S. cernua* — с южной периферии ареала (Северный и Средний Урал — 31 растение), четыре *S. sibirica* (Южный Урал — семь растений), три — природного гибридного происхождения (Средний Урал — 36 растений), одна искусственного гибридного происхождения — 97 растений.

Был проведен анализ по нескольким группам морфологических признаков. Первая группа — линейные промеры листа. Для анализа брали листья из прикорневой розетки. С одного генеративного растения брали пять развившихся листьев. Измеряли следующие параметры: длина черешка, длина и ширина

листовой пластинки (далее листа), длина листа от основания (за основание принята точка прикрепления листа к черешку), рассеченность (глубина выреза верхней доли листа) и перекрываемость (принимает как положительные, когда нижние доли листа заходят друг на друга, так и отрицательные значения, когда доли не перекрываются). Вторая группа морфологических признаков — форма листа. К ней относятся округлость листа — отношение длины листа к ширине и изрезанность листа — отношение рассеченности к длине листа от основания. Третья группа — анатомические признаки листа: толщина палисадной и губчатой ткани, толщина эпидермиса (в этот анализ признаков не включены искусственные гибриды). Четвертая группа — морфологические признаки репродуктивной сферы: число цветков и пропагул на генеративный побег. Также были рассмотрены морфологические признаки цветка: длина и ширина лепестков, число жилок лепестка, длина и ширина чашелистиков.

Анализ данных выполнен в ПСП STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., 2001). Для анализа дисперсии морфологических данных использовали дискриминантный анализ.

При анализе первой группы признаков растения *S. cernua*, *S. sibirica*, гибриды естественного и искусственного происхождения значительно отличались друг от друга. В частности искусственные гибриды обособлены от других групп (рис. 1). Растения этой группы по линейным размерам больше, чем в

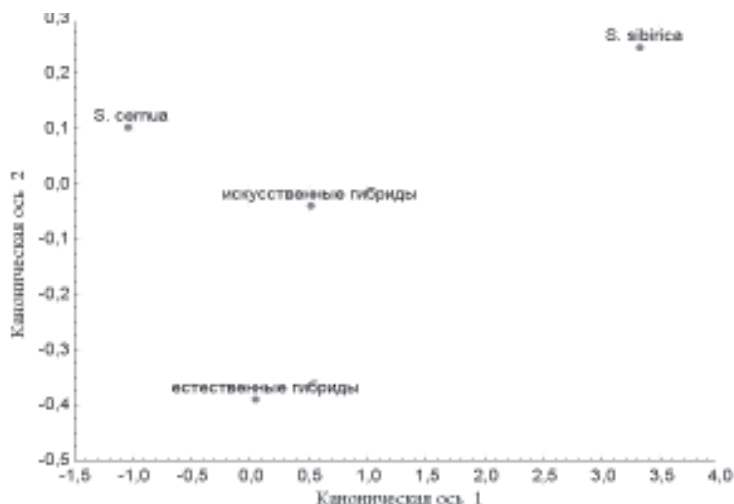


Рис. 1. Дискриминантный анализ групп растений комплекса *S. cernua* — *S. sibirica* по морфометрическим признакам листа (линейные промеры).

остальных группах (табл. 1). Данный факт мы связываем с явлением гетерозиса. По признакам формы листа получены подобные результаты (данные не приводятся).

Таблица 1. Значения морфометрических признаков (мм) исследованных групп популяций (приведены средние значения и стандартные отклонения)

Группы популяций	Морфологические признаки					
	Длина черешка	Ширина листа	Длина листа	Длина от основания	Рассеченность	Перекрываемость
<i>S. ceruia</i>	45.89 (15.61)	17.32 (3.21)	14.08 (2.49)	8.93 (1.81)	3.05 (0.71)	-0.22 (1.63)
природные гибриды	35.14 (10.61)	18.15 (2.77)	15.14 (2.51)	9.07 (1.56)	3.33 (0.78)	2.86 (1.71)
<i>S. sibirica</i>	26.76 (7.15)	17.93 (3.28)	14.42 (2.96)	8.98 (1.36)	3.32 (1.41)	1.13 (2.02)
искусственные гибриды	48.28 (12.71)	22.92 (5.13)	18.67 (4.67)	12.41 (2.73)	3.93 (1.25)	-0.35 (2.53)

По анатомическим признакам листа группы растений также значительно различаются. Гибридная форма растений по общей толщине листа занимает промежуточное положение относительно родительских видов (табл. 2). Наиболее толстые листья у камнеломки сибирской. Вероятно, это связано с условиями ее местообитания.

Таблица 2. Значения анатомических признаков (мм) исследованных групп популяций (приведены средние значения и стандартные отклонения)

Группы популяций	Анатомические признаки			
	Толщина листа	Палисадная ткань	Губчатая ткань	Верхний эпидермис
<i>S. ceruia</i>	0.28 (0.05)	0.13 (0.02)	0.12 (0.02)	0.01 (0.00)
естественные гибриды	0.29 (0.04)	0.14 (0.02)	0.12 (0.02)	0.01 (0.00)
<i>S. sibirica</i>	0.35 (0.06)	0.16 (0.03)	0.15 (0.03)	0.01 (0.00)

По морфологическим признакам репродуктивной сферы все группы растений значительно отличаются друг от друга (рис. 2). По средним значениям репродуктивных признаков гибридные формы занимают промежуточное положение (табл. 3).

По морфологическим признакам цветка родительские виды и гибриды значительно не отличались. В результате проведенных исследований можно заключить, что: 1) Наблюдаются значимые различия между видами *S. ceruia*, *S. sibirica* и гибридной формой по морфологическим и анатомическим призна-

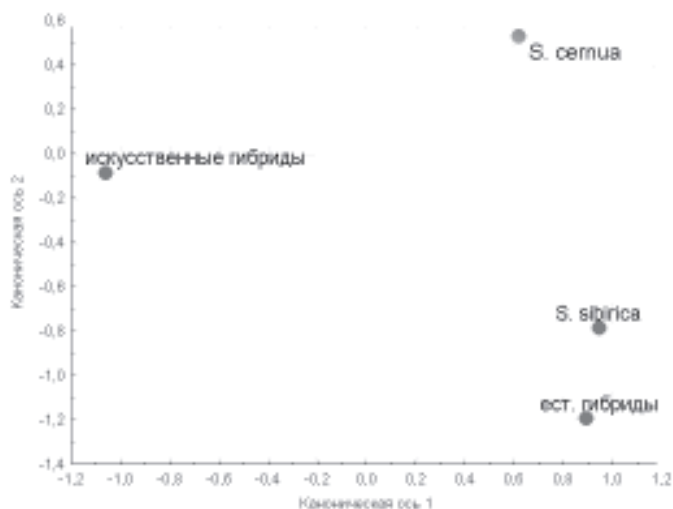


Рис. 2. Дискриминантный анализ групп растений комплекса *S. cernua* — *S. sibirica* по морфологическим признакам репродуктивной сферы.

Таблица 3. Значения репродуктивных параметров исследованных групп растений (среднее количество на побег и стандартное отклонение)

Параметры	Группы популяций			
	<i>S. cernua</i>	Природные гибриды	Искусственные гибриды	<i>S. sibirica</i>
Количество цветков	0.59 (0.56)	1.87 (1.40)	3.17 (3.20)	8.55 (2.70)
Количество пропагул	116.04 (69.05)	62.72 (30.06)	65.74 (44.08)	0 (0)

кам листа и репродуктивным показателям. 2) Группы естественных и искусственных гибридов достоверно различаются между собой по морфологическим признакам листа и по генеративным признакам. 3) Полученные результаты могут объясняться тем, что гибридизация между *S. cernua* и *S. sibirica* имела место в отдаленном прошлом, и продукты гибридизации претерпели некоторые изменения в результате естественного отбора. Таким образом, мы наблюдаем образование на среднем Урале особой формы или разновидности *S. cernua*.

ЛИТЕРАТУРА

- Капралов М.В. Популяционная структура комплекса *Saxifraga cernua* L. — *S. sibirica* L. на Урале и факторы ее определяющие: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2004. 24 с.

ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ОСНОВНЫХ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В РАЙОНЕ МАССИВА РАЙ-ИЗ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н.М. Дэви

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

В последнее время все больше внимания уделяется изучению устойчивости организмов и экосистем к воздействию климатических факторов и оценке последствий изменения климата на состояние отдельных организмов и их сообществ. Изучение радиального прироста деревьев дает возможность ретроспективной оценки изменений климата за длительные периоды, необходимой для успешного прогнозирования в будущем. Лиственница сибирская, произрастающая в районе массива Рай-Из (Полярный Урал), может служить надежным индикатором изменения климата, поскольку она растет на климатическом пределе своего распространения одиночно или в редколесьях. Растительность района не нарушена деятельностью человека, а динамика растительности, в основном, определяется естественными климатическими факторами. Цель настоящей работы — сравнение радиального прироста различных форм роста лиственницы сибирской и определение климатических факторов, влияющих на радиальный прирост.

В работе проанализированы индивидуальные хронологии по ширине годичного кольца, построенные для различных (одноствольной, многоствольной и стланиковой) жизненных форм лиственницы сибирской (табл. 1). Видно, что жизненные формы отличаются по средним значениям радиального прироста.

По результатам однофакторного дисперсионного анализа (рис. 1) установлены статистически значимые различия между средними значениями радиального прироста одноствольной и остальных форм роста ($F_{(2,63)} = 10.69, p = 0.0001$). При этом средний радиальный прирост стланиковой и многоствольной форм лиственницы статистически не отличаются ($F_{(1,49)} = 0.434, p = 0.51$).

Средние значения автокорреляции первого порядка у индивидуальных хронологий абсолютного прироста свидетельствуют о степени выраженности

Таблица 1. Основные статистические характеристики индивидуальных древесно-кольцевых хронологий

Жизненная форма	Среднее значение радиального прироста, мм	Стандартное отклонение	Максимальное значение радиального прироста, мм	Автокорреляция 1-го порядка	Среднее значение коэффициента чувствительности
Одноствольная	0.55	0.41	3.58	0.73	0.46
Многоствольная	0.41	0.23	2.57	0.64	0.36
Стланиковая	0.40	0.26	1.68	0.74	0.35

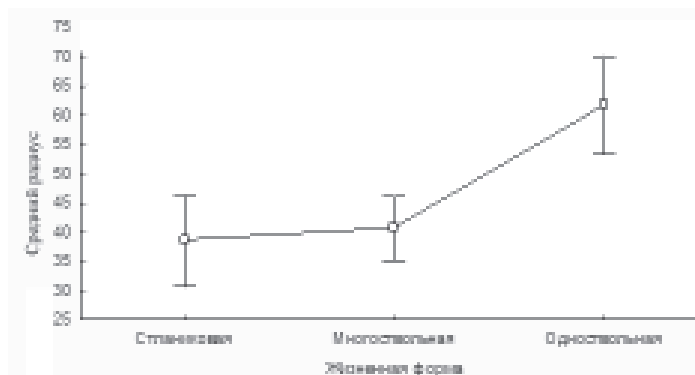


Рис. 1. Средний радиальный прирост различных жизненных форм лиственницы с 95%-ми доверительными интервалами.

ти возрастных кривых и различных циклов (см. табл. 1). Ярче всего возрастные тренды выражены у индивидуальных хронологий абсолютного прироста, построенных для одноствольных и стланиковых форм роста лиственницы сибирской. Наибольшей чувствительностью обладают хронологии, построенные по одноствольным деревьям лиственницы. Средний коэффициент чувствительности равен 0.46. Хронологии, построенные по многоствольным и стланиковым деревьям, менее чувствительны.

В каждом графике прироста присутствуют возрастной тренд, который необходимо исключить из ряда ширины годичных колец при изучении влияния климата на прирост деревьев. В дендрохронологии процедура исключения неклиматической составляющей из значений прироста называется стандартизацией (Fritts, 1976). Кроме исключения возрастного тренда, стандартизация преобразует временные ряды радиального прироста к временным рядам

безразмерных величин (индексов) со средним 1.0 и постоянной дисперсией (Matalas, 1962). Для построения обобщенных рядов по различным жизненным формам использовалось от 20 до 33 моделей.

Для оценки качества дендроклиматических рядов нами использовались коэффициент чувствительности и стандартное отклонение (табл. 2). Чем выше коэффициент чувствительности и стандартное отклонение, тем более сильный климатический сигнал содержится в хронологии. Все полученные хронологии пригодны для дендроклиматических исследований, так как их коэффициент чувствительности и стандартное отклонение выше 0.2 и 20% соответственно. Наибольшей чувствительностью (0.33) и амплитудой колебаний (30%) обладает хронология, построенная по одноствольным деревьям лиственницы. Хронологии, построенные по многоствольным деревьям и стланикам, характеризуются меньшими значениями коэффициента чувствительности и стандартного отклонения.

Таблица 2. Коэффициент чувствительности и стандартное отклонение обобщенных древесно-кольцевых хронологий

Жизненная форма	Коэффициент чувствительности	Стандартное отклонение
Одноствольная	0.33	0.30
Многоствольная	0.27	0.24
Стланиковая	0.28	0.25

Для оценки климатически обусловленной изменчивости радиального прироста деревьев использовался анализ функций отклика (Fritts, 1976). Эта статистическая процедура позволяет с помощью коэффициентов регрессии оценить относительный вклад различных климатических переменных (например, температуры воздуха и осадков) при помощи построения множественной регрессионной модели, описывающей изменчивость индексов прироста деревьев.

Оценка климатических функций отклика производилась за последние 130-тилетний период, обеспеченный климатическими данными по метеостанции «Салехард». В табл. 3 представлены значения коэффициентов корреляции между динамикой относительного прироста различных форм роста лиственницы и средними месячными температурами воздуха. Коэффициент корреляции дает оценку степени статистической связи между этими показателями, но не являются мерой влияния исследуемого фактора на рост. Видно, что статистически значимые положительные значения коэффициентов корреляции характеризуют связь радиального прироста с температурами июня и июля. Для одноствольных деревьев процент дисперсии хронологий, объяснимый изменчиво-

Таблица 3. Частные значения коэффициентов корреляции обобщенных хронологий со средними месячными температурами воздуха

Жизненная форма	Предшествующий сезон				Текущий сезон							
	Сен	Окт	Ноя	Дек	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг
Одноствольная	0.08	0.01	-0.003	-0.06	0.10	0.18	0.16	-0.01	0.17	0.34	0.58	-0.02
Многоствольная	0.13	0.02	0.06	-0.05	0.16	0.14	0.04	-0.02	0.12	0.39	0.46	0.08
Стланик	0.03	0.01	0.05	-0.04	0.10	0.09	0.16	-0.05	0.18	0.38	0.56	0.08

Таблица 4. Частные коэффициенты корреляции обобщенных хронологий со средними месячными осадками

Жизненная форма	Предшествующий сезон				Текущий сезон							
	Сен	Окт	Ноя	Дек	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг
Одноствольная	-0.17	-0.04	-0.03	-0.13	-0.02	-0.03	-0.06	-0.02	0.02	0.01	0.06	0.02
Многоствольная	-0.05	-0.11	-0.04	-0.06	-0.08	-0.02	0.06	0.02	0.001	-0.005	0.08	0.02
Стланик	-0.13	-0.03	-0.05	-0.006	-0.05	-0.06	-0.03	-0.09	-0.10	0.04	0.01	0.04

стью средних месячных температур воздуха, составил 42%, для многоствольных деревьев — 36.8%, для стлаников — 43.6%.

Мерой влияния климатических факторов на рост деревьев являются коэффициенты уравнения регрессии, в котором все независимые факторы (в нашем случае средние месячные температуры воздуха и осадков) нормированы, то есть преобразованы в ряды с нулевым средним и единичной дисперсией. Таким образом, совокупность коэффициентов регрессии определяет функцию отклика прироста деревьев на климатические факторы отдельных месяцев. Анализ функций отклика на температуру воздуха отдельных месяцев за период с сентября предшествующего сезона по август текущего сезона роста дерева показал, что на изменчивость индексов прироста деревьев положительно и значимо влияет температура летних месяцев (июня и июля). Для многоствольных и стланиковых деревьев также статистически значимым оказался вклад температуры апреля. Однако этот вклад незначителен по величине (-0.2). Влияние осадков на рост различных форм роста лиственницы на Полярном Урале не столь однозначно, как влияние термического режима. Из табл. 4 видно, что у лиственницы, произрастающей на Полярном Урале, отсутствует значимая статистическая зависимость между величиной радиального прироста и средним месячным количеством осадков. Для одноствольных деревьев процент дисперсии хронологий, объяснимый изменчивостью среднего месячного количества осадков составляет 5%, для многоствольных деревьев — 2.97%, для стлаников — 4.7%. Анализ функций отклика также показал отсутствие значимого вклада осадков в прирост лиственницы.

Таким образом, можно заключить, что: 1) Обнаружены статистически значимые различия между средней шириной годичных колец у хронологий, построенных по модельным деревьям различных жизненных форм лиственницы. 2) Возрастные тренды наиболее выражены в хронологиях, построенных по одноствольным и стланиковым деревьям лиственницы, о чем свидетельствуют наиболее высокие значения автокорреляции (0.73 и 0.74 соответственно), по сравнению с хронологией, построенной по многоствольным деревьям (0.64). 3) Средняя величина коэффициента чувствительности у одноствольных деревьев составляет 0.46. Для многоствольных деревьев и стлаников этот показатель равен 0.36 и 0.35 соответственно. Различия в значении коэффициента чувствительности свидетельствует о различной выраженности климатического сигнала в хронологиях. 4) На изменчивость радиального прироста одноствольных, многоствольных деревьев и стлаников лиственницы на Полярном Урале значимо влияет средняя температура июня и июля. Относительная роль июньских и июльских температур неодинакова для различных жизненных форм лиственницы. 5) Количество осадков не является значимым экологическим фактором для радиального прироста лиственницы на Полярном Урале.

ЛИТЕРАТУРА

- Fritts H.C. Tree rings and climate. London, New York, San Francisco: Academic Press, 1976. 567 p.
- Matalas N.C. Statistical properties of tree ring data // Intern. Association of Scientific Hydrology. 1962. Publ. № 2. Vol. 8. P. 39–47.

ОДОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРАСНО-СЕРЫХ ПОЛЕВОК (*CLETHRIONOMYS RUFOCANUS* SUNDEVALL, 1846) ВИСИМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА НА РАЗНЫХ ФАЗАХ ПОПУЛЯЦИОННОГО ЦИКЛА

М.А. Елькина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Анализ одонтологических признаков, описывающих форму эмали и степень слияния дентина, а также их изменчивости, имеет диагностическое значение и представляет наибольший интерес при изучении внутривидовой структуры (Ларина, Еремина, 1988). В связи с этим, целью работы явилось изучение особенностей одонтологических характеристик M^2 , M^3 и M_1 красно-серых полевок (*Clethrionomys rufocanus* Sundevall, 1846) с учетом пола, возраста и фазы динамики численности, отловленных на стационарном участке (57° 22' с.ш., 59° 50' в.д., 600 м ниже уровня моря) в Висимском государственном природном биосферном заповеднике.

При сравнении размерных характеристик животных из разных репродуктивно-возрастных классов выявлены достоверные различия ($p=0.01$) по длине M^2 , M^3 и M_1 между половозрелыми сеголетками и взрослыми животными. Ширина M^2 , M^3 и M_1 не отличается у животных в разных репродуктивно-возрастных классах.

Сравнение длины и ширины моляров не выявило значимых отличий между животными разного пола. Животные, отловленные на разных фазах динамики численности, также не отличаются по размерным характеристикам M^2 , M^3 и M_1 .

При анализе рисунка жевательной поверхности M^3 и M_1 по методике Н.И. Лариной и И.В. Ереминой (1988) показано, что существуют значимые отличия морфотипических характеристик у животных разного возраста. Так, неполовозрелые животные значительно отличаются ($p=0.01$) от половозрелых перезимовавших, также значимы ($p=0.05$) различия между половозрелыми непerezimovavshimi и перезимовавшими красно-серыми полевками. Отличия

по характеристикам конфигурации жевательной поверхности у животных разного пола не значимы.

Таким образом, при исследовании размерных и морфотипических характеристик зубов красно-серых полевков необходимо учитывать возраст животного. В противном случае за всеми полученными результатами будут стоять различия в возрастной структуре изучаемых выборок.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проекты № 06-04-49294 и 04-04-96124).

ЛИТЕРАТУРА

Ларина Н.И., Еремина И.В. Каталог основных вариаций краниологических признаков у грызунов // Фенетика природных популяций. М.: Наука, 1988. С. 8-52.

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ У РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (*CLETHRIONOMYS GLAREOLUS* SCHREBER, 1780): МОДУЛЬНЫЙ ПОДХОД

М.А. Елькина, Л.Э. Ялковская

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Нижняя челюсть грызунов является одним из модельных объектов для изучения степени морфологической дифференциации таксонов и популяций, а также для исследования онтогенетической нестабильности (нестабильности развития), показателем которой служит величина флуктуирующей асимметрии билатерально симметричных структур — ненаправленных незначительных отклонений от строгой симметрии (Захаров, 1987; Leamy, 1984; Palmer, 1986). Формально нижняя челюсть представлена парной костью, имеющей правую и левую ветви. Но как с функциональной точки зрения, так и с позиции последовательности ее развития, нижняя челюсть состоит из нескольких отделов (Atchley, Hall, 1991; Vogl et al., 1994). Можно выделить, по меньшей мере, два морфофункциональных отдела (модуля) нижней челюсти: передний или область диастемы — первый модуль и задний, включающий часть нижнечелюстной дуги и отростки — второй модуль. В ряде работ по изучению флуктуирующей асимметрии, выполненных на домовых мыши, была продемонстрирована правомерность выделения этих отделов (Leamy, 1993; Klingenberg et al., 2001, 2003). В связи с этим целью работы было изучение уровней флуктуирующей асимметрии нижней челюсти у рыжей полевки с учетом ее модульного строения.

При разделении нижней челюсти на два модуля остается нерешенным вопрос о местоположении границы между ними (рис. 1). Если считать, что основанием диастемной области является с одной стороны передний край альвеолы нижнего зубного ряда, а с другой — симфизальный бугорок, то обе эти точки необходимо относить к первому модулю (Klingenberg et al., 2001, 2003). Однако симфизальный бугорок, как и отростки, является местом прикрепления мускулатуры (в частности двубрюшинного мускула, отвечающего за отведение челюсти и открывание рта) и с морфофункциональной точки зрения относится ко второму модулю (Leamy, 1993). При проведении нашей работы симфизальный бугорок был включен в заднюю область нижней челюсти (второй модуль).

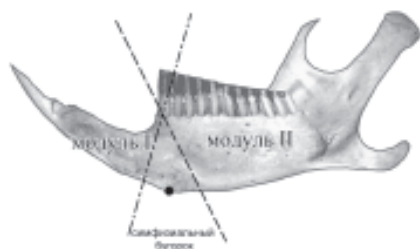


Рис. 1. Морфофункциональные модули нижней челюсти грызунов:
 — — — граница между модулями по Klingenberg et al. (2001, 2003);
 — · — · — граница между модулями по Leamy (1993).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом в работе служили 83 рыжих полевки (табл. 1), отловленные в 2000 и 2002 гг. в окрестностях д. Шигаево Свердловской области (57°15' с.ш., 58°44' в.д.).

Таблица 1. Половой и возрастной состав выборок *C. glareolus*

Год отлова	Самцы		Самки	
	сеголетки	перезимовавшие	сеголетки	перезимовавшие
2000	31	5	19	2
2002	9	1	11	5

Анализ асимметрии нижней челюсти был проведен на оцифрованных изображениях с применением методов геометрической морфометрии. В качестве признаков были использованы координаты меток (ландмарок), нанесенных на правую и левую ветви челюсти. Материал был оцифрован дважды с помощью цифровой камеры Nikon Coolpix 4500 через окуляр микроскопа «Carl Zeiss» Stemi 2000-C при постоянном увеличении ($\times 6.5$). Расстановку 12 ландмарок (рис. 2) в двух по-

вторностях для каждой оцифровки и анализ лево- и правосторонних структур проводили на основе пакета программ TPS (Rohlf, 2001).

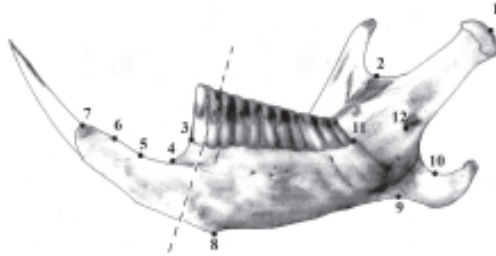


Рис. 2. Расположение ландмарок на нижней челюсти *C. glareolus* (пунктирной линией обозначена граница между модулями):

1 — вершина сочленовного отростка; 2 — самая глубокая точка между сочленовным и венечным отростками; 3 — передний край альвеолы M_1 ; 4, 5, 6 — метки, описывающие геометрию диастемы нижней челюсти (Pavlinov, 2000). На основании жестко фиксированных меток 3 и 7 метки 4, 5, 6 расставляются на равных расстояниях; 7 — верхняя точка альвеолы резца; 8 — симфизальный бугорок; 9 — самая глубокая точка в основании углового отростка; 10 — самая глубокая точка в изгибе углового отростка; 11 — задний край альвеолы M_2 ; 12 — нижний край нижнечелюстного отверстия.

При изучении флуктуирующей асимметрии следовали методологии, рекомендованной Палмером и Стробеком (Palmer, Strobeck, 2003). Для каждой ландмарки была рассчитана величина флуктуирующей асимметрии по формуле (Klingenberg, McIntyre, 1998):

$$ФА = \sqrt{(R_x - L_x)^2 + (R_y - L_y)^2},$$

где R_x и R_y — значение координат ландмарки правой, а L_x и L_y — левой ветвей нижней челюсти. Интегральные оценки асимметричности модулей получали путем усреднения показатели флуктуирующей асимметрии соответствующих ландмарок.

При статистической обработке данных был использован дисперсионный и факторный (метод главных компонент) анализы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для интегральных показателей флуктуирующей асимметрии был проведен дисперсионный анализ с факторами «год отлова», «повторная оцифровка», «пол», «возраст» (перезимовавшие или сеголетки) и «модуль» (интегральные показатели флуктуирующей асимметрии модулей рассматривались как повторные наблюдения) (табл. 2).

Таблица 2. Результаты пятифакторного дисперсионного анализа интегральных показателей флуктуирующей асимметрии

Факторы *	<i>df</i> эффект	<i>MS</i> эффект	<i>df</i> ошибка	<i>MS</i> ошибка	<i>F</i>	<i>p</i>
Год отлова	1	2 123.13	150	1 119.91	1.896	0.171
Повторная оцифровка	1	1 259.97	150	1 119.91	1.125	0.291
Пол	1	480.88	150	1 119.91	0.429	0.513
Возраст	1	2 267.76	150	1 119.91	2.025	0.157
Модуль	1	132 690.19	150	542.92	244.40	<0.001

Примечание: * – взаимодействия факторов не значимы.

Год отлова, пол и возраст животных не оказывают значимого влияния на интегральные показатели флуктуирующей асимметрии. Отсутствие достоверных различий между повторными оцифровками свидетельствует о достаточной степени стандартизации установки нижних челюстей относительно оптической оси микроскопа и камеры во время съемки, что может позволить в дальнейшем проводить работу на однократно оцифрованном материале.

Различия показателей флуктуирующей асимметрии двух отделов челюсти были значимы. Уровни флуктуирующей асимметрии второго модуля превышали значения для диастемной области (первый модуль) в два раза и более (рис. 3).

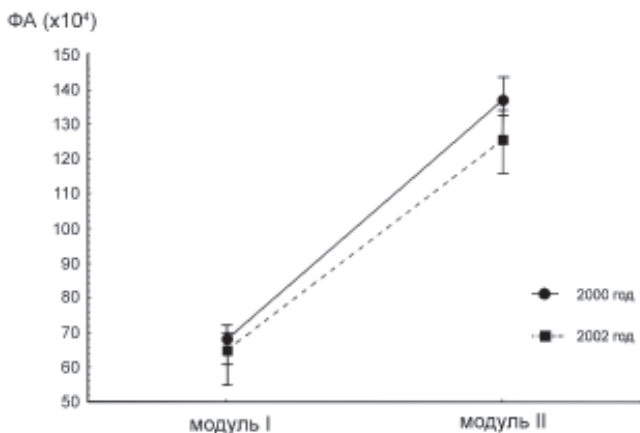


Рис. 3. Интегральные показатели флуктуирующей асимметрии (ФА) I и II модулей нижней челюсти *C. glareolus*.

Для выявления связи между показателями флуктуирующей асимметрии по отдельным ландмаркам был проведен факторный анализ (метод главных компонент), в результате которого было выделено четыре главных компонента, объясняющих более 58% общей дисперсии (табл. 3).

Исходя из анализа вкладов признаков (все значения положительные), первый фактор (25% дисперсии) отражает наличие общей асимметрии нижней челюсти, прослеживаемой по всем ландмаркам. Во второй фактор метки первого (3–5 ландмарки) и второго (1, 2, 11 ландмарки) модулей вносят вклад противоположный по знаку. По третьему фактору выделяются также две группы признаков: 1, 3, 11 ландмарки и 6–8 ландмарки. В четвертый фактор наибольший вклад вносит резцовое отверстие (12 ландмарка), а также признаки второго модуля (9, 10 метки). Следует отметить, что ландмарки 1, 3 и 11, относящиеся к разным модулям, вносят вклад одновременно в несколько факторов.

Для получения более четкой интерпретации матрицы факторных нагрузок было проведено вращение осей по методу варимакс (*varimax normalized*) (см. табл. 3). После ротации в первый фактор основной вклад внесли 1, 2, 9, 10 и 11 ландмарки, относящиеся ко второму модулю и описывающие асимметрию венечного и сочленовного отростков нижней челюсти (см. рис. 2). По второму фактору выделились метки диастемной области (первый модуль) — 3, 4 и 5 ландмарки. В третий фактор основной вклад внесли ландмарки, описывающие асимметрию как диастемной области — 5, 6 и 7, так и нижнечелюстной дуги — 8 и 9. В четвертом факторе выделились 1 и 12 метки, связанные с асимметрией сочленовного отростка и находящегося в его основании нижнечелюстного отверстия.

Результаты факторного анализа свидетельствуют о том, что при модульном подходе к изучению флуктуирующей асимметрии выделение только двух отделов нижней челюсти носит достаточно условный характер. Отростки, нижнечелюстное отверстие, нижнечелюстная дуга, составляющие задний отдел нижней челюсти, различаются онтогенетически, морфологически и с функциональной точки зрения и могут рассматриваться в качестве отдельных модулей (Atchley, Hall, 1991).

ВЫВОДЫ

1. При оцифровке нижней челюсти была достигнута необходимая степень стандартизации установки объекта относительно оптической оси микроскопа и цифровой камеры во время съемки. Это позволяет в дальнейшем проводить работу с однократно оцифрованным материалом.

2. Отделы нижней челюсти, выделенные на основании онтогенетического подхода, значимо отличаются по уровню нестабильности развития, что свидетельствует о правомерности модульного подхода. Флуктуирующая асимметрия второго модуля более чем в два раза превосходит значения для диастемной области.

Таблица 3. Результаты факторного (метод главных компонент) анализа по показателям флуктуирующей асимметрии ландшафтов нижней челюсти

Признаки (ландшафты)	Факторные нагрузки							
	Без вращения				После вращения (variables normalized)			
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
1	0.478	0.433	0.436	0.261	0.479	0.097	0.056	0.657
2	0.361	0.380	-0.079	-0.236	0.466	-0.154	0.308	0.023
3	0.363	-0.610	0.554	-0.078	0.115	0.886	-0.139	-0.004
4	0.602	-0.639	0.207	0.031	-0.006	0.858	0.278	0.021
5	0.667	-0.447	-0.213	0.267	-0.190	0.549	0.632	0.159
6	0.642	0.256	-0.425	0.291	0.072	-0.091	0.772	0.364
7	0.585	0.027	-0.312	-0.099	0.198	0.108	0.631	-0.018
8	0.499	0.049	-0.320	-0.131	0.186	0.047	0.575	-0.061
9	0.620	0.063	0.002	-0.340	0.505	0.243	0.427	-0.082
10	0.472	0.213	0.170	-0.407	0.631	0.138	0.203	-0.063
11	0.278	0.587	0.463	-0.080	0.682	-0.099	-0.120	0.391
12	0.230	0.237	0.177	0.670	-0.083	0.009	0.075	0.760
Собственные значения	3.037	1.830	1.247	1.050	1.701	1.967	2.162	1.335
Доля объясненной дисперсии, %	25.3	15.2	10.4	8.8	14.2	16.4	18.0	11.1

3. Второй модуль нижней челюсти, включающий в себя часть нижнечелюстной дуги, отростки и нижнечелюстное отверстие, представляет собой морфофункционально неоднородную структуру. В дальнейшем необходимо проведение более детального изучения этого отдела с использованием большего числа ландмарков.

Выражаем признательность научным руководителям д.б.н. Э.А. Гилевой и к.б.н. А.В. Бородину, а также к.б.н. М.И. Чепракову, С.Б. Ракитину, к.б.н. И.А. Кшнясеву, к.б.н. Е.А. Марковой и С.В. Зыкову.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проект № 05-04-48373), РФФИ-Урал (№ 07-04-96124) и программы развития ведущих научных школ РФ (НШ-52865.2006.4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-фенетический подход). М.: Наука, 1987. 216 с.
- Atchley W.R., Hall B.K. A model for development and evolution of complex morphological structures // *Biol. Rev.* 1991. Vol. 66. P. 101–157.
- Klingenberg P.C., McIntyre G.S. Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods // *Evolution*. 1998. Vol. 52. P. 1363–1375.
- Klingenberg P.C., Leamy L.J., Routman E.J., Cheverud J.M. Genetic architecture of mandible shape in mice: effects of quantitative trait loci analyzed by geometric morphometrics // *Genetics*. 2001. Vol. 157. P. 785–802.
- Klingenberg P.C., Mebus K., Auffray J-C. Developmental integration in complex morphological structure: how distinct are the modules in the mouse mandible? // *Evolut. Develop.* 2003. Vol. 5. № 5. P. 522–523.
- Leamy L.J. Morphometric studies in inbred and hybrid house mice. V. Directional and fluctuating asymmetry // *Amer. Naturalist*. 1984. Vol. 123. № 5. P. 579–593.
- Leamy L.J. Morphological integration of fluctuating asymmetry in the mouse mandible // *Genetica*. 1993. Vol. 89. P.139–153.
- Palmer A.R. Fluctuating asymmetry: measurment, analisis, patterns // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1986. Vol. 17. P. 391–421.
- Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry analyses revisited // *Developmental instability: causes and consequences*. New York: Oxford Univ. Press, 2003. P. 279–319.
- Pavlinov I.Ya. Geometric morphometrics of skull shape in some muroid rodents (Mammalia: Rodentia): relation of the skull shape to trophic specialization // *J. Gen. Biol.* 2000. Vol. 61. № 6. P. 583–600.
- Rohlf F.J. TPS. Program. Vers. 1.39. N.Y.: Dept. Ecol. Evol.; State Univ. New York, 2003. P. 1794–5245.
- Vogl C., Atchley W.R., Xu S. The ontogeny of morphological differences in the mandible in two inbred strains of mice // *J. Craniofac. Genet. Dev. Biol.* 1994. Vol. 14. P. 97–110.

К ВОПРОСУ О НАСЕЛЕНИИ ПТИЦ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.А. Емцев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ввиду слабой изученности в орнитологическом отношении территории лесной зоны Западной Сибири, целью настоящей работы было изучение населения птиц южной части северной тайги Западной Сибири.

РАЙОНЫ РАБОТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Область исследований охватывала южную часть северной тайги (Растительный..., 1985) и относилась к Лямин-Пимскому, Пим-Аганскому и Аган-Вахскому подрайонам Лямин-Вахского болотного района, характеризующегося крупнейшими олиготрофными болотными системами. Заболоченность района исключительно высока (Болота..., 1976). В общей сложности обследовано десять ключевых участков: Природный парк «Сибирские Увалы» (база «Брусовая») — 4–20 июля 2003 г.; Район г. Радужного — 27 мая–5 июля 2004 г.; Район г. Лянтора — конец мая – июнь 2005 г., 15–18 июня, 11, 15–16, 17, 20, 22–23 июля и 5 августа 2006 г.; Окрестности д. Русскинской — 24 мая–12 июня 2006 г.; Район п. Нижнесортымского — 20 июня–10 июля 2006 г.

На каждом ключевом участке (кроме природного парка «Сибирские Увалы») закладывалось по 2–4 контрольные площадки общей площадью 3–5 км². Учеты птиц проводились как на комплексных плоскобугристых верховых болотах, так и в пойменных лесах и суходольных сосново-ягельных борах. Для выявления изменений в составе населения птиц на участках, подверженных антропогенному воздействию, учеты проводились в непосредственной близости от дорог, промышленных сооружений и вахтовых поселков. У дорог закладывались площадки длиной 3–5 км и шириной 140 м. Для выявления редких видов проводились учеты на маршрутах. Производились поиск и описание гнезд различных видов птиц.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Все на ключевых участках, расположенных на территории Ханты-Мансийского автономного округа, зарегистрировано пребывание 165 видов птиц из 13 отрядов, что составляет 77% от общего числа видов, обнаруженных в зоне северной тайги Западной Сибири (Варгапетов, 1998). Воробьинообраз-

ные, Ржанкообразные и Гусеобразные оказались наиболее богатыми по числу встреченных видов. За период работ найдено 185 гнезд 55 видов, а также зарегистрировано 62 выводка 35 видов птиц.

На территории парка «Сибирские увалы» уточнены границы гнездовых ареалов большого веретенника (*Limosa limosa*) и чёрного стрижа (*Apus apus*). Найден на гнездовании степной лунь (*Circus macrourus*). По-видимому, ареал этого вида продвигается на север, о чем свидетельствуют его периодические встречи в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах.

В исследуемом районе не встречены на гнездовании представители тундровой орнитофауны. Ближайшие известные места гнездовых находок этих видов располагались соответственно в 110 км к северо-востоку и в 80 км к северо-западу от наших ключевых участков (окрестности д. Русскинской и п. Нижнесортымского). Отсутствие данной группировки южнее известного в настоящее время очага на крайнем севере Ханты-Мансийского и юга Ямало-Ненецкого автономных округов (Виноградов и др., 1991; Рябицев, 1998; Рябицев, Тарасов, 1998; Морозов и др., 2002), по-видимому, обусловлено отсутствием подходящих гнездовых биотопов, что также объясняется различием в сомкнутости и высоте древостоев северной и южной подзональных полос северной тайги Западной Сибири.

На рисунке приведен пример биотопического распределения птиц и качественного состава их населения на участках, испытывающих существенную антропогенную нагрузку (окрестности д. Русскинской, 2–12 июня 2006 г.). Число видов птиц трансформированных ландшафтов снижается, однако их суммарное обилие возрастает.

Такие виды как чёрный коршун (*Milvus migrans*), малый зуёк (*Charadrius dubius*), мородунка (*Xenus cinereus*), жёлтая (*Motacilla flava*) и белая (*M. alba*) трясогузки, сорока (*Pica pica*), камышевка-барсучок (*Acrocephalus schoenobaenus*), садовая камышевка (*A. dumetorum*), черноголовый чекан (*Saxicola torquata*), варакушка (*Luscinia svecica*), дубровник (*Ocyris aureolus*) встречались преимущественно на техногенных участках. Ярким примером использования видом трансформированных ландшафтов может служить обыкновенная каменка (*Oenanthe oenanthe*), распространение которой определялось не только наличием песчаных насыпей и лесных участков с открытым грунтом, но и присутствием на них мест для гнездования. Из 29 найденных гнезд 26 располагалось в трубах столбов ЛЭП, в 8 м над землей. На километр маршрута вдоль дорог с ЛЭП низкого напряжения приходилось до пяти пар этого вида, гнездящихся на расстоянии 200–300 м друг от друга. В то же время у дорог и пустошей, где таких столбов ЛЭП не было, каменки отсутствовали или были редкими.

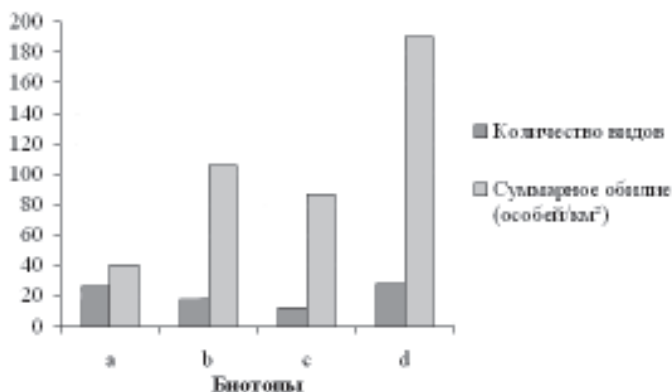


Рисунок. Биотопическое распределение и видовое богатство сообществ птиц и антропогенная нагрузка:

а — верховое плоскобугристое грядово-озерковое болото ($S = 3 \text{ км}^2$); б — шоссе с примыкающим ландшафтом, высоковольтной ЛЭП и трубопроводами (0.77 км^2); в — ландшафт с ЛЭП низкого напряжения (0.66 км^2); д — пойменный кедрово-березово-сосновый лес (0.5 км^2).

Изменения в составе населения птиц Западной Сибири вызваны появлением новых растительных сообществ за счет нарушения почвенного покрова, прорубки просек при строительстве дорог, закладки трубопроводов и ЛЭП. За период исследований обнаружено девять видов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (2001), и 17 видов, занесенных в Красную книгу Ханты-Мансийского автономного округа (2003).

ЛИТЕРАТУРА

- Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 448 с.
- Вартапетов Л.Г. Птицы северной тайги Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1998. 327 с.
- Виноградов В.Г., Кривенко В.Г., Панфилов А.Д. Очаг тундровой орнитофауны в верхней части бассейна реки Пур // Материалы 10-й Всесоюзной орнитологической конференции. Минск: Наука і техника, 1991. Ч. 1. С. 52–53.
- Красная книга Российской Федерации (животные). М.: АСТ Астрель, 2001. 863 с.
- Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа: Животные, растения, грибы. Екатеринбург: Пакрус, 2003. 376 с.
- Морозов Н.С., Черенков С.Е., Марамзин О.В., Преображенская А.А. К орнитофауне средней части бассейна реки Пур // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург: Академкнига, 2002. С. 177–188.

- Растительный покров Западно-Сибирской равнины / Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Новосибирск: Наука, 1985. 251 с.
- Рябицев В.К. К орнитофауне верховьев Пяку-Пура и окрестностей // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург: Екатеринбург, 1998. С. 160–165.
- Рябицев В.К., Тарасов В.В. Птицы верховьев реки Айкаеган // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург: Екатеринбург, 1998. С. 165–172.

ФЛОРИСТИЧЕСКАЯ НАХОДКА НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.И. Ерошенко, П.Т. Орехов

Институт криосферы Земли СО РАН, г. Москва

В 1971 г. в 30 км южнее г. Надым заложен стационарный участок, ежегодные комплексные исследования на котором в настоящее время проводятся Институтом криосферы Земли СО РАН. Надымский стационар расположен в подзоне северной тайги в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород. Острова многолетнемерзлых пород приурочены к торфяникам, тундрам, грядам и буграм пучения. Зональным типом растительности в Надымском районе являются березово-лиственничные и березово-сосновые кустарничково-лишайниковые редколесья и редкостойные леса. Большие площади на плоской поверхности равнин занимают болота и торфяники.

Во время полевых мониторинговых исследований в окрестностях Надымского стационара в августе-сентябре 2006 г. выявлено новое местонахождение для вида *Nuphar lutea* (L.) Smith, имеющего ограниченное распространение в подзоне северной тайги. Вид обнаружен в одной из стариц, расположенных на высокой пойме р. Хейгияха. Согласно ландшафтному районированию окрестностей Надымского стационара, озеро находится в урочище сегментно-гривистой поймы р. Хейгияха, сложенной песчаным аллювием с прослоями перегоя, с елово-кедрово-березовыми кустарничко-травяно-сфагновыми сомкнутыми лесами на перегойно-глеевых мерзлотных почвах (Антропогенные..., 2006).

Сем. Nymphaeaceae. *Nuphar lutea* (L.) Smith — Тюменская область, Надымский р-н, окрестности Надымского стационара ИКЗ СО РАН, 65°18' с. ш., 72°48' в. д., старица, северо-западная часть, 29.08.2006 г., Ерошенко В.И., Орехов П.Т.

До настоящего времени в подзоне северной тайги вид был отмечен в Верхне-Тазовском (Красноселькупский р-н Тюменской обл., ЯНАО), Печоро-Илыч-

ском (Троице-Печорский р-н, Республика Коми) заповедниках, Беломорской части Кандалакшского заповедника, национальном парке «Югид-Ва» (Республика Коми) (www.sevin.ru/natreserves/). Вид не отмечен в тундровой зоне: не указан в издании «Арктическая флора СССР» (1960–1987) и более поздних обзорах флор полуостровов Гыданский, Тазовский, Ямал (Ребристая, 1998; Хитун, 1998). Обнаруженное местонахождение вида в подзоне северной тайги, таким образом, характеризует северную границу ареала *N. lutea* (L.) Smith.

Выявленная популяция вида располагается вдоль северо-западного берега озера поясом шириной 15–20 м и длиной свыше 100 м.

Находка может иметь индикаторное значение при изучении гидрологического режима старицы, а также при проведении флористического районирования. В этой связи представляет интерес изучение ареалов и других представителей семейства Nymphaeaceae. Для тундровой зоны в указанных выше работах виды семейства Nymphaeaceae не отмечены. В подзоне северной тайги отмечены: вид *N. pumila* (Timm) DC. — во флоре Верхне-Тазовского, Печоро-Илычского и Лапландского (Мончегорский р-н Мурманской обл.) заповедников, включен в Красную книгу Республики Коми и Тюменской области; вид *N. spenneriana* Gaudin — во флоре Лапландского заповедника. Во флоре Кандалакшского заповедника присутствуют три представителя р. *Nymphaea*: *N. tetragona* Georgi, *N. candida* и их гибрид *N. sundvickii* Hiit. (www.sevin.ru/natreserves/). В пределах установленных северных границ ареала представители семейства Nymphaeaceae являются особо охраняемыми. Вид *N. lutea* (L.) Smith нуждается в охране в Надымском районе.

Выражаем благодарность Шведчиковой Н.К. (МГУ им. М.В. Ломоносова) за содействие, оказанное при определении находки.

ЛИТЕРАТУРА

- Арктическая флора СССР / Под ред. А.И.Толмачева, Б.А.Юрцева. Вып. I–X. М.; Л., 1960–1987.
- Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции / Под ред. Н.Г. Москаленко. М.: РАСН, 2006. 358 с.
- Ребристая О.В. Анализ северных пределов распространения растений Ямала (на уровне ценофлор) // Изучение биологического разнообразия методом сравнительной флористики: Материалы IV рабочего совещания по сравнительной флористике, Березинский биосферный заповедник, 1993. СПб.: СПб. гос. ун-т (НИИХ), 1998. С. 158–172.
- Хитун О.В. Сравнительный анализ локальных и парциальных флор в двух подзонах Западносибирской Арктики (п-ова Гыданский и Тазовский) // Изучение биологического разнообразия методом сравнительной флористики: Материалы IV рабочего совещания по сравнительной флористике, Березинский биосферный заповедник, 1993. СПб.: СПб. гос. ун-т (НИИХ), 1998. С. 173–201.

www.sevin.ru/natreserves/

О ЗНАЧЕНИИ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И АНАТОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ХВОЩЕЙ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

А.С. Ершова

Курганский госуниверситет

Отдел *Equisetophyta* относится к числу наиболее древних групп споровых растений, уступая в этом лишь риниофитам и плауновидным (Филин, 1978). В современной флоре отдел является самым малочисленным. На сегодняшний день в мире насчитывается всего лишь 38 видов, а на территории Южного Зауралья выявлено восемь видов и один межвидовой гибрид, которые относятся к двум родам: *Equisetum* и *Hippochaete* (Цвелёв, 1999).

Для определения видов растений чаще всего используются макроскопические признаки, которые не всегда надёжно диагностируют виды и их спонтанные гибриды. При подготовке определителя растений Южного Зауралья мы изучили микроскопические признаки хвощей, которые надёжно дифференцируют не только схожие между собой виды, но их гибриды с «заходящими» признаками (Науменко, Иваненко, 1999). Целью данной работы является изучение микроморфологических и анатомических признаков, с помощью которых можно точно диагностировать все виды хвощей Южного Зауралья.

На поперечных срезах стеблей изучали микроморфологические (1 группа: микроструктура поверхности стебля — бугорки на рёбрах и гранях, расположение устьиц) и анатомические (2 группа: форма рёбер, расположение и тип хлоренхимы, расположение эндодермы) признаки.

***E. sylvaticum* — Хвощ лесной.** На поверхности стебля в области междоузлия видны ребра и ложбины. Число рёбер обычно связано с диаметром стебля. На поперечном срезе под хорошо развитыми рёбрами располагается механическая ткань; её развитие у *E. sylvaticum* относительно среднее, и она не доходит до проводящих пучков. К тем участкам эпидермы, которые выстилают ложбинки, приурочены устьица, здесь располагается хлоренхима. Под прерывистой хлоренхимой располагаются валлекулярные полости, заполненные в начале своего развития водой, а затем — воздухом. Зона проводящих пучков в междоузлии отграничена от окружающих тканей кольцом однослойной эндодермы; эндодерма окружает также проводящие пучки. Проводящая система представлена артростелой (Корчагина, 2001). На срезе под гребнями видны закрытые (без камбия) коллатеральные пучки с каринальными каналами, проводящими воду. Кнаружи от канала располагается флоэма, по бокам от которой находится ксилема. В центре располагается центральный цилиндр.

***E. fluviatile* — Хвощ топяной.** На срезе видны слабо развитые рёбра, механическая ткань и хлоренхима. Эндодерма не располагается кольцом, а окружает каждый проводящий пучок. Хорошо развита центральная полость.

***E. arvense* — Хвощ полевой.** Хорошо выражены рёбра, хорошо развита механическая ткань, но она не доходит до проводящего пучка. Проводящие пучки окружены кольцом однослойной эндодермы.

***E. pratense* — Хвощ луговой.** Хорошо развиты рёбра, сплошной тип хлоренхимы, проводящие пучки также окружены слоем эндодермы. В отличие от *E. arvense*, у *E. pratense* механическая ткань доходит до проводящих пучков.

***H. hyemale* — Хвощ зимующий.** Слабо выраженные рёбра, плоские на срезе. Хорошо развита механическая ткань, которая доходит до проводящего пучка. Также хорошо выражены валлекулярные каналы. Эндодерма двухслойная и образует кольца, окружающие проводящие пучки. Сильно развита центральная полость.

***H. Ч moorei* — Хвощ Муррея.** Рёбра более выраженные, чем у *H. hyemale*. Хорошо развита хлоренхима сплошного типа. Механическая ткань не доходит до пучка.

***H. Scirpoides* — Хвощ камышковый.** Хорошо выражены рёбра, хлоренхима. В отличие от всех других видов у *H. scirpoides* не образуется центральная полость.

Таким образом выявлены наиболее важные для дифференцировки хвощей признаки. У рода *Equisetum* устьица поверхностные, а у *Hippochaete* — погружённые. Отличительными признаками между видами *E. arvense* и *E. pratense* является расположение механической ткани и её развитие, расположение эндодермы; между видом *H. hyemale* и его гибридом с *H. ramosissimum* — *H. Ч moorei* — развитие механической ткани. Работа будет продолжена в изучении видов *H. ramosissimum* и *E. palustre*.

ЛИТЕРАТУРА

- Корчагина И.А. Систематика споровых растений с основами палеоботаники: учебник. СПб.: Изд-во СПб Ун-та, 2001. 696 с.
- Науменко Н.И., Иваненко Ю.А. Определитель сосудистых растений Южного Зауралья. 1. Плауны, хвощи, папоротники и голосеменные. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999. 87 с.
- Филин В.Р. Отдел Хвощевидные (*Equisetophyta*) // Жизнь растений: В 6 тт. М.: Просвещение, 1978. Т. 4. С. 131–146.
- Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб.: Наука, 1999. 558 с.

КСИЛОТРОФНЫЕ ГРИБЫ БУЗУЛУКСКОГО БОРА (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т.И. Зеленина

Оренбургский государственный педагогический университет

Бузулукский Бор — уникальный лесной массив, находящийся в пределах степной зоны Заволжья. Его лесопокрытая площадь — 86.6 тыс. га, из которых 56.6 тыс. га находится в пределах Оренбургской области. Более двух третей площади занято сосновыми лесами, остальная территория — дубравами, другими широколиственными и мелколиственными лесами. Возникновение Бузулукского Бора следует датировать верхним плейстоценом. Дизъюнкцию бора от основного ареала сосны следует отнести к бореальному периоду голоцена.

Целью нашей работы стало определение влияния генезиса Бузулукского Бора на биоту ксилотрофных грибов. Наши исследования предваряли работы, проведенные в Бору в начале и середине прошлого века С.И. Ваниным и Ю.В. Синадским.

За период 2003–2006 гг. в сосняках и других типах леса Бузулукского Бора на площади 5 тыс. га было отмечено 85 видов, принадлежащих к 51 роду, 22 семействам и 15 порядкам отдела Basidiomycota, что составляет 39.4% от общего числа видов ксилотрофных грибов региона. Большинство видов (75.3%) относится к афиллофороидным грибам и только 21 вид — к агарикоидным.

В микобиоте Бузулукского Бора присутствует большое число специфичных видов, не встречающихся в древостоях других лесных формаций области. К ним, в первую очередь, относятся виды, обычно заселяющие древесину сосны, в частности виды родов *Antrodia*, *Dichomitus*, *Postia*, а также сосновая губка и корневая губка сосны.

Сравнение видового состава микобиоты бора с микобиотами других лесов региона показало, что различия между ними не значительны. Наиболее высокие показатели сходства (60–65%) отмечены у биот ксилотрофных грибов Бузулукского Бора и лесов лесостепной зоны области, находящихся как в непосредственной близости от Бора, так и отстоящих от него к северо-востоку и востоку на 150–300 км. Исходя из этого, можно сделать вывод, что биоты дереворазрушающих грибов лесов лиственных формаций Бузулукского Бора и лесостепных массивов области очень близки, но не идентичны. Причины этого: присутствие в биоте Бора видов, специализированных на деструкции древесины сосны, а также ряда видов, связанных с лиственными формациями, но не встречающихся в других лесах области. Эти виды, исходя из дизъюнкции их современных ареалов, можно отнести к реликтам.

Бузулукский Бор отличается обитанием на его сравнительно небольшой территории половины выявленных видов ксилотрофных грибов области. Среди ксилотрофных грибов Бузулукского Бора значительна доля редких видов: 1) виды, редкие из-за малой распространенности в регионе сосняков (*Auriscalpum vulgare*, *Dichomitus squalens*, *Diplomitoporus flavescens*, *Phaeolus Schweinitzii*, *Porodaedalea pini*, *Skeletocutis amorphia*, виды родов *Antrodia*, *Postia*); 2) реликтовые виды (*Piptoporus pseudobetulinus*, *Steccherinum murashkinskyi*, *Trametes Ijubarskyi*); 3) виды, малочисленные в пределах всего ареала (*Piptoporus quercinus*, *Hericium coralloides*).

Для сохранения популяций этих видов необходим контроль за их состоянием. Анализ состояния микоценозов позволит прогнозировать состояние лесных экосистем и более успешно осуществлять управление ими.

Сочетание типичных для региона и реликтовых свойств биоты ксилотрофных базидиальных грибов Бузулукского Бора определяет необходимость организации на его территории сети микологического мониторинга, сохранения биоразнообразия его микобиоты и подтверждают необходимость придания его территории статуса национального парка.

АНАЛИЗ КРАНИАЛЬНЫХ И ОДОНТОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ *SYLVAEMUS* *URALENSIS* (RODENTIA, MURIDAE) ЮЖНОГО УРАЛА

С.В. Зыков,* А.А. Белая**

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

** Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Для видов рода *Sylvaemus* Ognev, 1923 (Загороднюк, 1993) показана значительная индивидуальная, возрастная и географическая изменчивость морфологии краниального скелета, что по-разному обсуждается в работах, посвященных изучению внутривидовой изменчивости и решению вопросов видообразования, эволюции и экологии видов данного рода (Межжерин, 1997; Колчева, 2002 и др.). Решение такого рода задач чаще всего сводится к анализу линейных промеров или качественных характеристик черепа и зубной системы.

Цель работы: оценить уровень изменчивости одонтологических и краниальных признаков методом геометрической морфометрии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использовали оцифрованные изображения черепов (проекции сверху и снизу), нижних челюстей с лингвальной стороны и жевательной

поверхности зубов M_1 , M_2 , M^1 , M^2 малой лесной мыши *Sylvaemus uralensis* (Pallas, 1811) Челябинской (Ильменский заповедник, $n=38$) и Оренбургской областей ($n=33$) (сборы Н.Е. Колчевой). Все животные были разделены Н.Е. Колчевой на два возрастных класса: сеголетки и зимовавшие.

Расстановка ландмарков на оцифрованных изображениях одонтологических и краниальных структур (рис. 1) и анализ изменения формы проводились в пакете программ TPS (Adams et al., 2004). Для статистической обработки результатов использовался пакет прикладных программ Statistica 6.0. При проверке статистических гипотез был принят 5%-й уровень значимости.

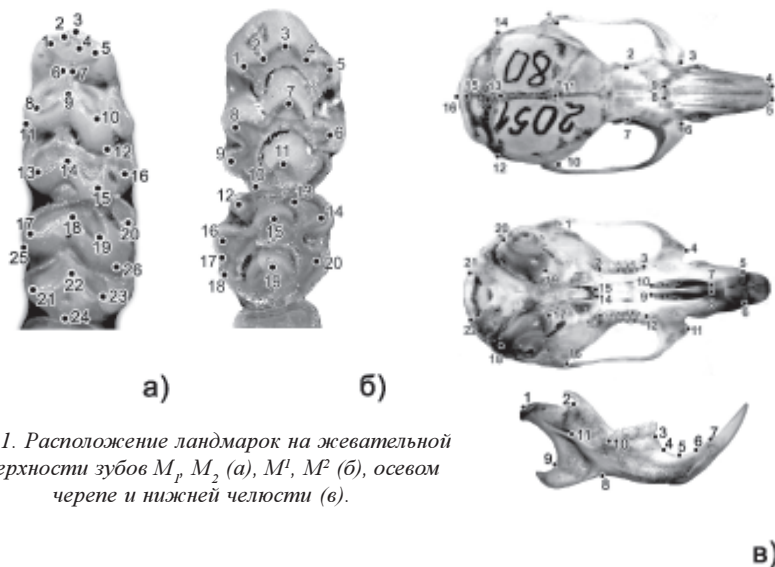


Рис. 1. Расположение ландмарков на жевательной поверхности зубов M_1 , M_2 (а), M^1 , M^2 (б), осевом черепе и нижней челюсти (в).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ формы жевательной поверхности верхних и нижних моляров (программа TPSrelw) показал, что наибольший процент объяснимой дисперсии приходится на первую относительную деформацию (около 40%). При анализе формы краниального скелета первые три относительные деформации имеют примерно одинаковый вклад в общую дисперсию (около 12%).

В наблюдаемых выборках по значениям относительных деформаций как краниального скелета, так и жевательной поверхности, не выявлено полового диморфизма ($t_{st} = -1.87-1.39$, $df=41-67$, $p=0.07-0.64$). В дальнейшем анализе данные по самцам и самкам были объединены.

По значениям относительных деформаций, описывающих форму одонтологических и краниальных структур (по три с каждой структуры), методом двухфакторного многомерного дисперсионного анализа с фиксированными факторами «возраст» и «популяция», выявлена значимость только главных эффектов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты двухфакторного многомерного дисперсионного анализа по значениям 15 относительных деформаций краниального скелета и зубной системы

Факторы	$F_{\text{атриб.}}$	$df_{\text{эффект}}$	$df_{\text{ошибки}}$	$p \leq$
возраст	2.54	15	19	0.029
популяция	4.69	15	19	0.001
возраст×популяция	0.47	15	19	0.927

Для первых относительной деформаций формы жевательной поверхности (RW_1) верхних и нижних моляров значимыми оказались оба фактора (табл. 2). По третьим относительным деформациям (RW_3) значимо отличаются животные из разных популяций.

Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по относительным деформациям жевательной поверхности

Фактор	RW_1		RW_3	
	верхние моляры	нижние моляры	верхние моляры	нижние моляры
возраст	F(1;64)=130.41**	F(1;65)=78.84**	F(1;64)=3.84	F(1;65)=1.56
популяция	F(1;64)=38.38**	F(1;65)=12.73**	F(1;64)=5.24*	F(1;65)=11.56**

*Примечание: * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.001$*

Для краниального скелета по относительным деформациям верхней проекции осевого черепа не наблюдается значимых эффектов. В то время как для второй относительной деформации нижней проекции осевого черепа и первой относительной деформации нижней челюсти значимым оказался фактор «популяция» ($F(1; 39)=6.66$ и $F(1; 49)=10.12$ соответственно).

В направлении первой относительной деформации формы моляров наблюдается расширение жевательной поверхности. Это обусловлено стиранием коронки зуба, что, по-видимому, отражает возраст животного, либо зависит от абразивности кормов и интенсивности питания (рис. 2).

В направлении третьей относительной деформации для верхних моляров, по которой оказались значимы различия по фактору «популяция», наблю-

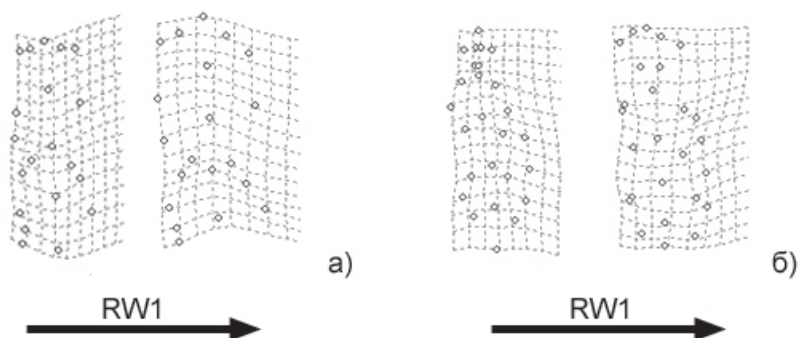


Рис. 2. Изменения формы жевательной поверхности верхних (а) и нижних моляров (б) в направлении первой относительной деформации (RW1).

дается изгибание M^1 и M^2 относительно основной оси зубного ряда, а также изменение формы M^2 за счет изменения пропорций и угла наклона задней части зуба (рис. 3). Для нижних моляров в направлении оси третьей относительной деформации наблюдается изменение угла наклона передней части M_1 (рис. 3.).

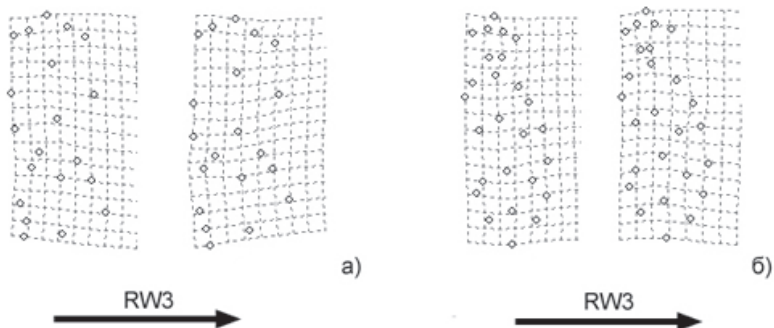


Рис. 3. Изменения формы жевательной поверхности верхних (а) и нижних (б) моляров в направлении третьей относительной деформации (RW3).

Черепные признаки не так ярко выражают различия, связанные с географической удаленностью изучаемых выборок. По форме краниального скелета различия проявляются в изменении формы скуловых дуг и слуховых барабанов на нижней проекции черепа и в пропорциональном уменьшении отдела отростков на нижней челюсти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изученных популяциях при анализе формы жевательной поверхности моляров и формы краниального скелета методом геометрической морфометрии показано отсутствие полового диморфизма по всем изучаемым параметрам. В случае анализа формы жевательной поверхности наиболее четко выражены различия, связанные с возрастом животных, однако отмечены различия, которые могут объясняться удаленностью мест отлова животных, и, по-видимому, отражают географическую изменчивость. Изменение формы краниального скелета менее выражены. Географический аспект изменчивости краниального скелета требует дополнительных исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы развития ведущих научных школ (НШ-5286.2006.4), программы поддержки научных проектов молодых ученых и аспирантов УрО РАН в 2007 г. и гранта РФФИ-Урал (проект № 07-04-96124).

ЛИТЕРАТУРА

- Загороднюк И.В. Идентификация восточноевропейских форм *Sylviaemus sylvaticus* (Rodentia) и их географическое распространение // Вестн. зоологии. 1993. Т. 27. Вып. 6. С. 37–47.
- Колчева Н.Е. О видовой принадлежности лесной мыши Южного Урала // Экологические проблемы горных территорий: Материалы Международной научной конференции. Екатеринбург: Академкнига, 2002. С. 166–170.
- Межжерин С.В. Систематическая ревизия мышей рода *Apodemus* Kaup, 1829 (Rodentia, Muridae) // Вестник зоологии. 1997. № 4. С. 29–41.
- Adams D.C., Rolf F.J., Slice D.E. Geometric Morphometrics: Ten Years of Progress Following the «Revolution» // Ital. J. Zool. 2004. Vol. 71. P. 5–16.

БИОТАКСОНОМИЯ: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЗООЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А.В. Иванов*, Л.Л. Войта**

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

**Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита

Одной из основных целей каких-либо биологических исследований является анализ проблемы возникновения форм в истории биоты, их развитие и совершенствование до настоящего времени. Вопросами реконструкции истории происхождения организмов занимается **филогенетика**. Филогенетика

опирается преимущественно на три дисциплины: **1. Палеонтологию**, которая непосредственно занимается реконструкцией ископаемых остатков вымерших предков современных живых существ, объединяя их в родословные деревья; **2. Эмбриологию**, которая исследует стадии развития отдельных организмов (онтогению), и, опираясь на биогенетический закон Мюллера-Геккеля, позволяет в ряде случаев уточнить сомнительные выводы палеонтологии; **3. Биотаксономию** — науку, которая группирует рецентные организмы по их морфологии и распространению, учитывая и примерное время их появления, то есть относительный возраст рассматриваемых форм.

Биотаксономия классифицирует, объединяет и устанавливает родство организмов по их морфологии и распространению, а также использует данные других дисциплин, например, генетики. Основная **задача** биотаксономии — скомбинировать морфологический анализ с анализом пространственного и временного распространения некой группы организмов (Schilder, 1952), на основании этой комбинации построить схему родственных взаимодействий в пределах этой исследуемой группы. В этом отношении, можно считать, что биотаксономия Ф.А. Шилдера (1952) является некоторой альтернативой классической таксономии, которая, имея в своей основе постулаты селектогенеза, опирается в построении системы иерархических взаимоотношений организмов (филогении) на морфолого-генетический подход. Тогда как биотаксономия в первую очередь учитывает соотношение ареалов, то есть биохорологию, и базируется на морфолого-географических критериях выделения тех или иных таксономических категорий.

Объединение морфологического анализа с данными по соотношению ареалов исследуемых организмов не является достижением только немецких систематиков, в частности Ф.А. Шилдера (1952) и его предшественников (Kleinschmidt, 1900, 1926; Rensch, 1929 и др.). Подобный подход разрабатывался и отечественными биологами, в частности — А.П. Семеновым-Тянь-Шанским (1910, 1955), В. Бианки (1916) и рядом других. Как считает Я.И. Старобогатов (1996), именно учение Кляйнишмидта (Formenkreis) и Ренша (Rassenkreis) (сюда же, видимо, нужно причислить и работу Семенова-Тянь-Шанского 1910 г.) исторически явилось базой для становления политипической концепции вида. Однако, в последствии, в условиях становления и развития синтетической теории эволюции, основной упор в систематике делался на морфологические и генетические критерии, применяемые при классификации. В этой связи примечательной является известная работа Н.В. Тимофеева-Ресовского в соавторстве с немецким орнитологом-систематиком Э. Штреземаном (1959), которая на первый взгляд выполнена в традициях учения Кляйнишмидта, но в ней ни разу не упоминается название этой концепции и ее автор. Также как не упоминаются и ранние работы Эрвина Штреземана,

который примерно до 1910 г. придерживался типологических воззрений на филогению низших таксонов, пропагандируемых его немецкими коллегами (Kleinschmidt, 1900; Hartert, 1901). Можно предположить, что синтезу немецких и отечественных идей в тот период времени (и вплоть до наших дней) помешало признание учения о кругах форм антидарвинистским (Лукин, 1940; Серебровский, 1941; Рубцов, 1941) и, как следствие, предание положений *Formenkreislehre* забвению. И хотя до настоящего времени географическое формообразование, предполагающее рассмотрение взаимодействия ареалов, считается основным типом образования новых форм или видов (Майр, 1968; Шварц, 1980 и др.), все же анализу центров происхождения тех или иных форм, соотношению их ареалов и направлениям расселения, именно с филогенетической точки зрения, уделяется недостаточно внимания. В этом отношении биотаксономия в своей основе базируется на достижениях зоогеографии. Здесь нужно отметить, что в 70–80 гг. XX столетия появился ряд отечественных и зарубежных работ, близких по духу к методологии Шилдера: G. de Lattin (1967), А.Ф. Емельянов (1974), Н.Н. Воронцов (1983), Ю.А. Мамкаев (1987), S. Eck (1992), J. Haffer (1994), О.Л. Крыжановский (2002).

Биотаксономия опирается на ряд дисциплин — физиологию, морфологию, генетику, биохорологию, экологию. Эти основные дисциплины имеют целый набор специфических методов, которые позволяют наиболее корректно и объективно судить о степени родства тех или иных форм.

Исходя из детального анализа методологии биотаксономии, мы пришли к выводу, что данное направление может успешно применяться для решения спорных таксономических вопросов в ряде групп животных, имеющих формы с непонятным таксономическим статусом, что и было основной задачей Шилдера. Кроме того, достижения биотаксономии можно синтезировать с результатами исследований русских зоологов, работы которых упомянуты выше. Применение новейших морфологических, фенетических, молекулярно-генетических методов анализа позволит поднять биотаксономию, как нам кажется, на современный уровень. Настоящая работа имеет своей основной целью показать возможность применения биотаксономического подхода в морфологических описаниях представителей рода *Aphodius* Ill., с использованием данных по их географическому распространению.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили исследования, проводившиеся с 1990 по 2004 гг. в различных частях Южного Зауралья, Южного и Среднего Урала, Восточного Казахстана (Пески Кызылкум, Ивановский хребет, хребет Тарбагатай, хребет Сарым-Сакты, Северо-западный Саур), Западного Саяна, Красноярского края, республики Хакасия, республики Тыва (Алашское наго-

рье, хребет Восточный Танну-ола). Помимо собственных сборов были обработаны материалы Сибирского Зоологического музея ИСиЭЖ СО РАН (г. Новосибирск), кафедры зоологии Курганского государственного университета, Зоологического музея ИЭРиЖ УрО РАН, частной коллекции Меляха Ф.В., Козлова В.А. Благодаря помощи коллег, был проанализирован материал с территории Кавказа, европейской части России, Средней Азии, Сибири и Дальнего Востока. Кроме того, в работе использовалась вся доступная литература, в которой имеется упоминание о представителях рода *Aphodius* III. Всего было собрано и проанализировано свыше 8 тыс. экз. жесткокрылых.

В качестве морфологического признака в работе используется рисунок элитр жуков. Для исследования этого признака в рамках поставленной проблемы, был применен типологический анализ. Типологический анализ представляет собой особую форму классификации, в которой объекты группируются по их сходству с образцом (Шаталкин, 2002). Основными понятиями, которыми оперирует типология, выступают таксономия, гомологизация и мерономия. Эти понятия взаимодополняемы и имеют обратную связь (Мейен, 1978). В ходе таксономического анализа производится процедура распределения объектов на группы посредством уже известных признаков рассматриваемых объектов. Кроме того, таксономическая процедура характеризуется итеративностью. Гомологизация представляет собой процедуру расчленения объектов, выявление их признаков и классификацию частей — меронов (мероны в данном аспекте рассматриваются именно как классы, а не как существенные свойства организмов, вследствие того, что последняя характеристика применима только в типологии таксонов). Они уже не суть номенклатурной единицы, а, с одной стороны, отвлеченные понятия, с другой — вещественные множества. Наряду с конкретным вариантом формы (ее определенное воплощение) может существовать нечто лишенное тех или иных частей, присущих форме как таковой, а только мыслиться. Подобного рода явление, когда одна из архетипических частей лишена конкретной формы, носит название стерезиса (Чебанов, 1984) или мерона нулевой модальности (Шрейдер, Шаров, 1982). Мерон нулевой модальности обозначает не просто отсутствующую часть, имеющуюся у какой-либо иной целостности, никак не связанной с данной, а часть, присущую архетипу, но отсутствующую в данной реализации. Рассмотрение данного явления крайне важно для установления мероно-архетипических отношений. Примером стерезиса может служить отсутствие меланинового пигмента (рисунка) на элитрах у отдельных представителей (например, подрод *Sugrames* — рис. 1 О), или же, с определенной оговоркой, отсутствие некоторых планов рисунка у определенных видов, подродов. Мерономия — объединение меронов в архетип. Расчленив образы на признаки, создает-ся возможность формировать комбинации признаков (пространство логичес-



Рис. 1. Варианты рисунка элитр представителей рода *Aphodius* Ill.

ких возможностей, архетип, спектр изменчивости). Так, например, комбинациями признаков архетипа подрода *Acrossus* Muls. будут «вытесняющий основной фон» (рис. 1 С) и «мозаичный» (рис. 1 R). Кроме того, необходимо проверить соответствие полученной комбинации пространству объектов. Далее необходимо исследовать все пустые множества (мерон нулевой модальности), которым не соответствует ни один объект. В указанном выше примере, это комбинация признаков «без рисунка». Таким образом, правильно сформированное пространство классов признаков (меронов) обладает прогнозирующими свойствами. В силу того, что границы образов основаны на вероятностной оценке признаков, то соответственно можно ожидать, что в пространстве объектов будут некоторые несовпадения. Соподчинение образов определяет таксономический порядок. Специфика объектов в большинстве случаев такова, что не всегда удастся определить норму. В этом случае в качестве типа используют произвольно взятую структуру или некоторое ее значение, не обязательно реально существующее, но отражающее важное для характеристики объектов состояние. С другой стороны, способ типологического представления связывает тип с некоторой идеализацией, рассматривающей ту же структуру без ее частных специализаций. С формальной точки зрения речь идет о характеристической функции, принимающей значение «1» на объек-

тах (морфологические структуры) типизируемого множества и «0» на объектах вне множества (Шаталкин, 2002). Таким образом, тип есть общий признак, противопоставляемый его частным состояниям, изменяющимся при переходе от одной группы объектов к другой. Общий признак может быть соотнесен не только с его состояниями, но и с другими признаками, которые по отношению к нему также будут частными. Например, наличие рисунка элитр у жесткокрылых (общий признак) и «мозаичный рисунок» (рис. 1 R) у представителей отдельной группы (частный признак). Самой, пожалуй, важной задачей типологии является определение общих и частных признаков. Типологическая характеристика, задаваемая через общий признак, будет одновременно определять внутригрупповые вариации по другим признакам. Из сказанного следует, что тип представляет собой общий признак, устойчиво сохраняющийся у объектов группы при одновременной изменчивости этих объектов по другим признакам. Резюмируя выше сказанное, следует заключить, что типологическая процедура позволяет вычленив в морфологической организации (в данном случае) двух сопряженных составляющих, отражающих момент ее постоянства и одновременной изменчивости. Таким образом, ядром отвлеченного понятия «тип» является связность признаков, составляющих морфологическую организацию. Подобная сопряженность выражается в иерархической соподчиненности качеств, в образовании политегических признаковых комплексов.

Исследуя различные варианты рисунка элитр, нами было выявлено 16 классов у представителей 26 подродов 256 видов (рис. 1).

Опыт применения морфолого-географического подхода и обоснование гипотезы. В распространении живых организмов находят свое проявление общие закономерности территориальной физико-географической дифференциации — физико-географическая поясность, секторность и провинциальность (Исаченко, 1965, 1971). Географическое распределение животных определяется действием всех этих закономерностей. Наиболее сильное проявление имеет поясная дифференциация, определяемая неравномерным поступлением тепла на поверхность земли в связи с ее вращением вокруг оси и наклоном оси вращения по отношению к плоскости эклиптики. По градициям теплообеспеченности выделяются большие физико-географические пояса, имеющие широтное простираие — от экваториального до арктических. Пояса разделяются на более узкие широтные полосы, по долготному простираию соответствующие зонам. Таким образом, пояс объединяет несколько зон со сходной теплообеспеченностью, сменяющих друг друга с севера на юг и с запада на восток (Емельянов, 1974). Все это отражается в большей мере во флористическом районировании (Тахтаджян, 1974, 1978) и, в конечном итоге, в биогеографических классификациях Палеарктики, предложенных А.Ф. Емельяновым (1974) и О.Н. Крыжановским (2002) для насекомых. Обобщенная схема деления Палеарктики представлена на рис. 2.

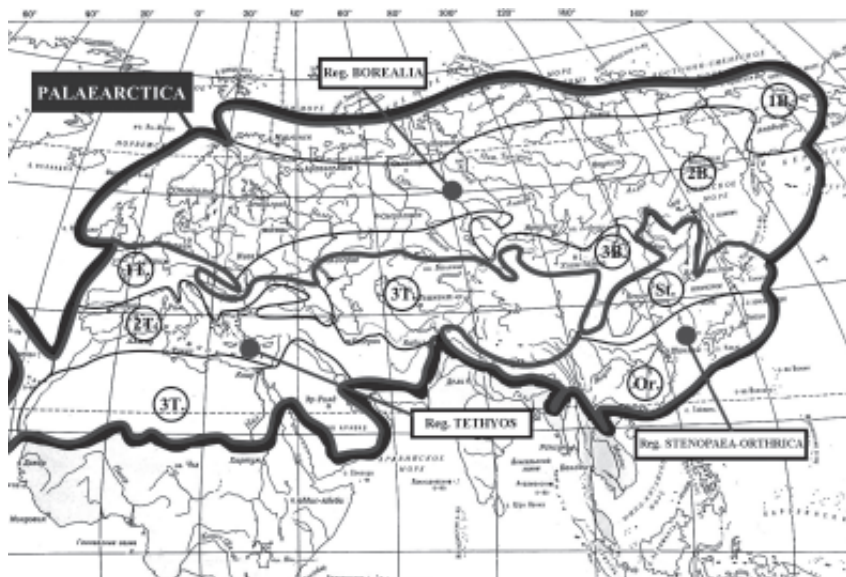


Рис. 2. Схема зоогеографического деления Палеарктики (Крыжановский, 2002).

Обозначения: Толстой темной линией показаны границы Палеарктического подцарства; Более светлой чертой обозначены границы областей: Бореальной (1В — Гиперборея; 2В — Евросибирская таежная; 3В — Скифская подобласти), Тетийской (1Т — Европейская горно-лесная; 2Т — Гесперийская; 3Т — Сахаро-Гобийская подобласти), Восточноазиатская (St — Стенопейская; Or — Ортрийская подобласти).

С севера, запада и востока Палеарктическое подцарство, составляющее значительную часть Арктогеи, ограничено пределами Евразии. Южную границу Палеарктики составляет тропик Рака (Семенов-Тянь-Шанский, 1955).

В нашей работе мы ограничимся рассмотрением жесткокрылых, распространение которых ограничено Бореальной областью и областью Древнего Средиземья. Для каждого из рассматриваемых таксонов был определен тип ареала в соответствии с классификацией предложенной О.Л. Крыжановским (2002).

В результате проведенного морфолого-географического анализа по представленности наборов рисунков элитр в каждом из типов ареалов, было выявлено, что для каждого типа ареала характерен определенный набор вариантов рисунков. В пределах локальных территорий, представленных незначительным числом подродов (например, кавказский, даурско-монгольский и др.) встречаются определенные наборы рисунков; комплекс рисунков отдельной территории является уникальным в силу специфичности частоты проявления

и принадлежности к той или иной таксономической единице (подроду). Обширные по площади ареалы (в частности, европейско-сибирский) может включать максимальное число подродов (здесь — 26), и практически полный набор рисунков элитр. С одной стороны, данное явление закономерно, но, с другой стороны, детальный анализ географического распределения этих рисунков показывает качественные отличия между типами ареалов по их вариантам. Следует отметить, что данные отличия в первую очередь характерны для узких ареалов с уникальным набором факторов среды абиотической и биотической природы (например, кавказский тип ареала).

Можно предположить, что своеобразие в проявлении того или иного типа рисунка элитр связано с действием географического ландшафта. Данный тезис досконально рассмотрен Л.С. Бергом (1922). Различия в характеристиках того или иного ландшафта, как обсуждалось выше, отражены во флористическом делении суши, и опосредованно в зоогеографических классификациях. Принимая во внимание данный факт, необходимо выяснить закономерности варьирования рисунка в пределах биогеографических таксонов разного ранга, от областей до подпровинций.

Таким образом, опираясь на данные по распространению рисунков элитр в пределах рода *Aphodius* Ill., с учетом типа ареалов, привлечением подходов биотаксономии (морфолого-географический анализ) и теории действия географического ландшафта Берга, мы можем предположить наличие связи между проявлением тех или иных морфологических параметров, закономерностями их варьирования, и комплексом условий той или иной территории, которые отражены в биогеографических классификациях. Начальной посылкой в русле этого рассуждения выступает сходство морфологических реакций ряда близкородственных форм в пределах одного географического ландшафта (биогеографического таксона). Указанное сходство, в первую очередь, должно выражаться, на наш взгляд, в определенных, характерных для большинства представителей группы, направлениях изменения признаков. Такие направления описаны для ряда организмов, в частности для полевок (*Alexandromys*) Н.Н. Воронцовым описано направление морфотипической изменчивости М³ (Воронцов и др., 1988). В другой работе описаны возможные направления изменения числа хромосом у ряда представителей отряда Rodentia (Воронцов, 2005а, 2005б). Таким образом, нам представляется возможным развитие этого направления (синтеза) с применением достижений отечественной и зарубежной зоологии, особенно зоогеографии и филогеографии, молекулярной и цитологической генетики (морфологии), и собственно морфологии.

Авторы выражают признательность д.б.н. И.М. Хохуткину за критические замечания в ходе подготовки работы, а также за помощь в поиске ряда редких статей, в частности статьи Н.В. Тимофеева-Ресовского и Э. Штреземана (1959).

ЛИТЕРАТУРА

- Берг Л.С. Номогенез или эволюция на основе закономерностей // Тр. Географ. Ин-та. 1922. Т. 1. 306 с.
- Бианки В. Вид и подчиненные ему таксономические формы // Русск. зоол. журнал. 1916. Т. 1. Вып. 9–10.
- Воронцов Н.Н., Боескоров Г.Г., Ляпунова Е.А., Ревин Ю.В. Новая хромосомная форма и изменчивость коренных зубов у полевок *Microtus maximowiczii* (Rodentia, Cricetidae) // Зоол. журн. 1988. Т. 67. Вып. 2. С. 205–215.
- Воронцов Н.Н. Генетика и география // Эволюция, видообразование, система органического мира. М., 2005а. С. 153–178.
- Воронцов Н.Н., Ляпунова Е.А. Генетика и проблема трансберенгийских связей голарктических млекопитающих // Эволюция, видообразование, система органического мира. М., 2005б. С. 179–197.
- Емельянов А.Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтомологическое обозрение. 1974. № 3. С. 497–522.
- Исаченко А.Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1965. 327 с.
- Исаченко А.Г. Системы и ритмы зональности // Изв. ВГО. 1971. № 1. С. 10–26.
- Крыжановский О.Л. Состав и распространение энтомофаун земного шара. М.: Т-во научных изданий КМК., 2002. 237 с.
- Лукин Е.И. Дарвинизм и географические закономерности в изменении организмов. М., 1940. 311 с.
- Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М., 1968. 597 с.
- Макаев Ю.А. Зоогеографические комплексы Евразии. Л., 1987. 126 с.
- Мейен С.В. Основные аспекты типологии организмов // Журнал общей биологии. 1978. № 4. С. 495–508.
- Рубцов И.А. Теория круга форм в энтомологии // Тр. ЗИН АН СССР. 1941. Т. VI. С. 191–206.
- Семенов-Тянь-Шанский А.П. Таксономические границы вида и его подразделений // Зап. акад. наук. 1910. Т. XXV, № 1. С. 1–29.
- Семенов-Тянь-Шанский А.П. Пределы и зоогеографические подразделения Палеарктической области для наземных сухопутных животных на основании географического распределения жесткокрылых насекомых // Зоологический ин-т АН СССР. 1955. Вып. 2–3. С. 397–409.
- Серебровский П.В. Критика «теории» крутов форм // Тр. ЗИН АН СССР. 1941. Т. VI. С. 158–190.
- Старобогатов И.Я. Вид в теории и в природе // Тр. Зоол. музея МГУ. 1996. Т. XXXIV. С. 165–182.
- Тахтаджян А.Л. Флористическое деление суши // Жизнь растений. 1974. Т. 1. С. 117–153.
- Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Л.: Наука, 1978. 248 с.

- Тимофеев-Ресовский Н.В., Штреземан Э. Видообразование в цепи подвидов настоящих чаек группы серебристая-хохотунья-клуша // Тр. Уральского отделения МОИП. 1959. № 2. С. 99–115.
- Чебанов С.В. Представление о форме в естествознании и основания общей морфологии // Теория органической формы. 1984. С. 25–41.
- Шаталкин А.И. Проблема архетипа и современная биология // Журнал общей биологии. 2002. № 4. С. 275–291.
- Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М., 1980. 278 с.
- Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. М.: Радио и связь, 1982. 150 с.
- De Lattin G. Grundriss der Zoogeographie. Jena, 1967. 602 s.
- Eck S. Der Handfluegelindex suedwestpalaearktischer Raubwuerger (*Lanius excubitor*) — Kritik eines Klischees // Journ. of. Ornithol. 1992. Vol. 133. № 4. P. 349–364.
- Hartert E. Ueber die Begeutung der Kleinschmidt'schen Formenkreise // Journ. f. Ornithol. 1901. Bd. XLIX. S. 210–220.
- Haffer J. Die Seebohm-Hartert-«Schule» der europaeischen Ornithologie // Journ. of Ornithol. 1994. Vol. 135. № 1. S. 37–54.
- Kleinschmidt O. Arten oder Formenkreise? // Journ. f. Ornithol. 1900. Bd. XLVIII. S. 135–139.
- Kleinschmidt O. Die Formenkreislehre und das Weltwerden des Lebens. Halle, 1926. 188 s.
- Rensch B. Das Prinzip geographischer Rassenkreise und das Problem der Artbildung. Berlin, 1929. 206 s.
- Schilder A. F. Einfuehrung in die Biotaxonomie. Verl. von Gustav Fischer in Jena, 1952. 162 s.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И ЕЕ ОТОБРАЖЕНИЕ НА КАРТЕ

Л.А. Иванова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Крупномасштабные карты растительности — важная часть систем мониторинга состояния окружающей среды, в том числе биологического разнообразия территорий. Они имеют большое значение при мониторинге особо охраняемых территорий (Белов, 1996). Известный французский картограф П. Озанда (1997) также уделяет серьезное внимание применению карт растительности и экологических карт в устройстве территории и в качестве примера называет использование карт для выделения охраняемых зон и детального картографирования охраняемых территорий. В свете вышеизложенного представ-

ляется актуальным создание карты растительности одного из старейших заповедников на Урале — Ильменского.

Растительность Ильменского государственного заповедника (ИГЗ) исследуется давно, здесь работали Л.Н. Тюлина, Г.И. Дервиз, Е.В. Дорогостайская, П.Л. Горчаковский и многие другие. Однако с картографической точки зрения он изучен слабо. Существует карта растительности ИГЗ (М. 1:25000) Е.В. Дорогостайской и К.В. Горновского 1948 г., картируемой единицей которой служат группы ассоциаций (и даже типы растительности), а ее легенда содержит всего 20 наименований. Она дает весьма общее представление о структуре растительного покрова заповедника. Следует отметить также картосхемы (М. 1:2000 и 1:500) синантропной растительности ряда кордонов (Горчаковский и др., 2005), картосхемы (М. 1:2000 и 1:5000) некоторых болотных массивов (Ивченко, 2005), но их масштаб скорее приближен к планам, и они характеризуют только определенный тип растительности.

Цель работы — показать специфику наиболее полного отображения структуры и динамики растительного покрова ключевого участка Ильменского заповедника на карте в масштабе 1:100000.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ключевым участком выбрано Миассовское лесничество ИГЗ, так как на его территории представлены все типы растительности, имеются уникальные степные сообщества на серпентинитовых сопках и липовые леса у озера Большое Миассово.

Полевые исследования проводились методом профилей, в качестве основы использовались топографические карты (М. 1:100000) и планы лесоустройства (М. 1:25000). Профили закладывались вкрест простирания элементов рельефа. Большая их часть заложена с вершины Ильменского хребта к озерной депрессии Миассово-Таткуль. Однако район между озерами Бараус, Большое Миассово и Малый Кисегач имеет чрезвычайно расчлененный рельеф с нечетко выраженным направлением простирания. Для уточнения маршрутов использовался рассчитанный на основе цифровой модели рельефа в приложении ArcView Sinmap растровый слой «Топографический индекс влажности», который разделил территорию на сухие и переувлажненные полосы, ориентированные с северо-запада на юго-восток (Иванова, 2006). В связи с этим профили в данном районе заложены с юго-запада на северо-восток. Разработанная сеть маршрутов позволила охватить все разнообразие растительных сообществ ключевого участка.

На профиле закладывались пробные площадки, размер которых определялся типом растительности. На каждой площадке производилось полное геоботаническое описание, включавшее флористическую характеристику каждого яруса с указанием обилия, приуроченность к определенным формам релье-

ефа, степень увлажненности местообитаний, экологическое окружение, место в динамическом ряду, в отдельных случаях — следы антропогенного воздействия. Описания проводились в 5–10 повторностях, для уникальных растительных сообществ число повторностей было меньшим. За полевые сезоны 2005–2006 гг. сделано 183 геоботанических описания.

В камеральный период конкретные фитоценозы по эколого-фитоценологическому принципу объединялись в ассоциации. Для уточнения выделения растительных ассоциаций использовался коэффициент сходства флористического состава Сьеренсена-Чекановского (Шмидт, 1980). При коэффициенте сходства более 0.5 описанные фитоценозы принимались как принадлежащие одной ассоциации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате структурного анализа составлен авторский вариант классификации растительности ключевого участка ИГЗ. Основной единицей классификации и одновременно наименьшей картируемой единицей является ассоциация. Выделены группы ассоциаций, формации, классы формаций. Высшая таксономическая единица — тип растительности.

Лесная растительность представлена четырьмя классами формаций.

Светлохвойные (сосновые и лиственничные) леса включают четыре группы ассоциаций. Состав ассоциаций для каждой группы дан в таблице 1.

Широколиственно-светлохвойные леса представлены одной группой ассоциаций, состав которой дан в таблице 2.

Широколиственные леса содержат одну группу ассоциаций, характеристика которой приведена в таблице 3.

Мелколиственные (березовые, осиновые и ольховые) леса представлены шестью группами ассоциаций. Состав ассоциаций для каждой группы дан в таблице 4.

Луговая растительность представлена тремя группами ассоциаций. Состав ассоциаций в каждой группе приведен в таблице 5.

Для отражения динамики растительного покрова за основу принята идея эпитаксона. Эпиассоциация и эпиформация трактуются как эколого-динамические системы, отражающие различные пути динамического состояния растительности — наиболее устойчивые коренные и связанные с ними переменные: серийные, коротко — и длительнопроизводные растительные сообщества и т.д. (Ильина, Юрковская, 1999).

Для растительности Ильменского заповедника составлена схема эпиассоциации (рис. 1).

Исходя из литературных данных и собственных исследований, ядром являются сосновые леса зеленомошные, в настоящее время занимающие незначительную площадь.

Таблица 1. Классификация сосновых и лиственничных лесов ключевого участка ИГЗ

Группы ассоциаций	Ассоциации
Лиственничные редколесья	Лиственничное редколесье остепненное (<i>Larix sibirica-Calamagrostis epigeios+Artemisia sericea+Seseli libanotis</i>)
Сосновые и лиственнично-сосновые редколесья	Лиственнично-сосновое редколесье остепненное (<i>Larix sibirica+Pinus sylvestris-Calamagrostis arundinacea+Helictorichon desertorum+Artemisia sericea+Seseli libanotis</i>)
	Сосновое редколесье бруснично-лишайниковое на каменистых обнажениях (<i>Pinus sylvestris-Vaccinium vitis-idaea+Poa angustifolia+Festuca pseudovina-Xanthoparmelia somoensis+Rhizoplaca chrysoleuca+Cladonia sp.</i>)
Сосновые леса зеленомошные	Сосновый лес войниково-кустарничково-зеленомошный (<i>Pinus sylvestris-Calamagrostis arundinacea+Vaccinium vitis-idaea+Vaccinium myrtillus-Pleurozium schreberii+Hylocomium splendens</i>)
	Сосновый лес костянично-войниковый зеленомошный (<i>Pinus sylvestris-Fragaria vesca+Rubus saxatilis+Calamagrostis arundinacea-Pleurozium schreberii</i>)
Сосновые леса травяные	Сосновый лес разнотравно-войниковый (<i>Pinus sylvestris-Fragaria vesca+Aegopodium podagraria+Polygonatum odoratum+Rubus saxatilis+Carex lasiocarpa+Calamagrostis arundinacea</i>)
	Сосновый лес разнотравно-орляковый (<i>Pinus sylvestris-Fragaria vesca+Rubus saxatilis+Calamagrostis arundinacea+Pteridium aquilinum</i>)
	Сосновый лес широколиственный (<i>Pinus sylvestris-Aegopodium podagraria+Aconitum excelsum+Cacalia hastata+Delphinium elatum+Lysimachia vulgaris+Pulmonaria obscura</i>)
Сосновые леса сфагновые	Сосновый лес багульниково-сфагновый (<i>Pinus sylvestris-Ledum palustre-Sphagnum magellanicum+Sphagnum warnstorffii</i>)

Таблица 2. Классификация сосновых лесов с липой ключевого участка ИГЗ

Группы ассоциаций	Ассоциации
Сосновые леса с липой травяные	Сосновые леса с липой разнотравные (<i>Pinus sylvestris-Tilia cordata-Rubus saxatilis+Calamagrostis arundinacea+Aegopodium podagraria</i>)

Таблица 3. Классификация липовых лесов ключевого участка ИГЗ

Группы ассоциаций	Ассоциации
Липовые леса травяные	Липовый лес костянично-войниковый (<i>Tilia cordata-Calamagrostis arundinacea+Rubus saxatilis</i>)

Таблица 4. Классификация березовых, осиновых и ольховых лесов ключевого участка ИГЗ

Группы ассоциаций	Ассоциации
Липово-березовые травяные	Липово-березовый лес разнотравный (<i>Betula pendula</i> - <i>Tilia cordata</i> - <i>Rubus saxatilis</i> + <i>Calamagrostis arundinacea</i> + <i>Aegopodium podagraria</i>)
Березовые леса травяные	Березовый лес разнотравно-злаковый (<i>Betula pendula</i> - <i>Fragaria vesca</i> + <i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Trifolium medium</i> + <i>Vicia sylvatica</i> + <i>Rubus saxatilis</i> + <i>Dactylis glomerata</i> + <i>Brachypodium pinnatum</i> + <i>Molinia coerulea</i> + <i>Poa nemoralis</i> + <i>Calamagrostis arundinacea</i>)
	Березовый лес разнотравно-орляковый (<i>Betula pendula</i> - <i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Rubus saxatilis</i> + <i>Calamagrostis arundinacea</i> + <i>Pteridium aquilinum</i>)
	Березовый лес широколиственный (<i>Betula pendula</i> - <i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Urtica dioica</i> + <i>Aconitum septentrionale</i> + <i>Heracleum sibiricum</i> + <i>Filipendula ulmaria</i>)
Осиновые леса травяные	Осиновый лес разнотравно-орляковый (<i>Populus tremula</i> - <i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Rubus saxatilis</i> + <i>Calamagrostis arundinacea</i> + <i>Pteridium aquilinum</i>)
	Осиновый лес широколиственный (<i>Populus tremula</i> - <i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Urtica dioica</i> + <i>Aconitum septentrionale</i> + <i>Heracleum sibiricum</i> + <i>Filipendula ulmaria</i>)
Березовые леса травяно-болотные	Березовый лес осоковый (<i>Betula pubescens</i> - <i>Filipendula ulmaria</i> + <i>Phragmites australis</i> + <i>Equisetum pratense</i> + <i>Carex cespitosa</i> + <i>Carex vesicaria</i> + <i>Carex elongata</i>)
Ивово-сероольховые мелколесья травяные	Ивово-сероольховые заросли осоково-разнотравные (<i>Salix caprea</i> - <i>Alnus incana</i> - <i>Carex elongata</i> + <i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Filipendula ulmaria</i> + <i>Urtica dioica</i>)
Черноольховые леса	Черноольховый лес белокрыльничково-тростниковый (<i>Alnus glutinosa</i> - <i>Calla palustris</i> + <i>Phragmites australis</i>)

На основе классификации была разработана легенда. Легенда включает 32 картируемых подразделения. Структура легенды иерархична и представляет систему подзаголовков, соподчиненных на разных уровнях, которые соответствуют единицам растительности различного ранга.

Для повышения экологической информативности карты в наименования подразделений легенды внесена ландшафтная компонента: для отдельных сообществ указаны характерные местообитания, подстилающие горные породы, характер увлажнения. Спецификой легенды явилось включение в названия подразделений эндемичных и реликтовых видов, характерных для данной ассоциации, например, сосновые редколесья бруснично-липайниковые (*Pinus sylvestris* — *Vaccinium vitis-idaea* — *Xantoparmelia somoensis* + *Rhizoplaca*

Таблица 5. Классификация луговой растительности ключевого участка ИГЗ

Группы ассоциаций	Ассоциации
Остепненные	Полидоминантные разнотравные (<i>Imula hirta</i> + <i>Fragaria viridis</i> + <i>Artemisia sericea</i>)
Суходольные мезофитные	Разнотравно-злаковые (<i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Bromopsis inermis</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> + <i>Dactylis glomerata</i>)
	Бобово-разнотравные (<i>Medicago falcata</i> + <i>Vicia cracca</i> + <i>Trifolium medium</i> + <i>Geranium pratensis</i> + <i>Aegopodium podagraria</i>)
Переувлажненные крупнотравные	Горно-ключевые (<i>Dactylis glomerata</i> + <i>Filipendula ulmaria</i> + <i>Aegopodium podagraria</i>)
	Вейниково-крупнотравные (<i>Calamagrostis langsdorffii</i> + <i>Lysimachia vulgaris</i> + <i>Aegopodium podagraria</i> + <i>Filipendula ulmaria</i>)

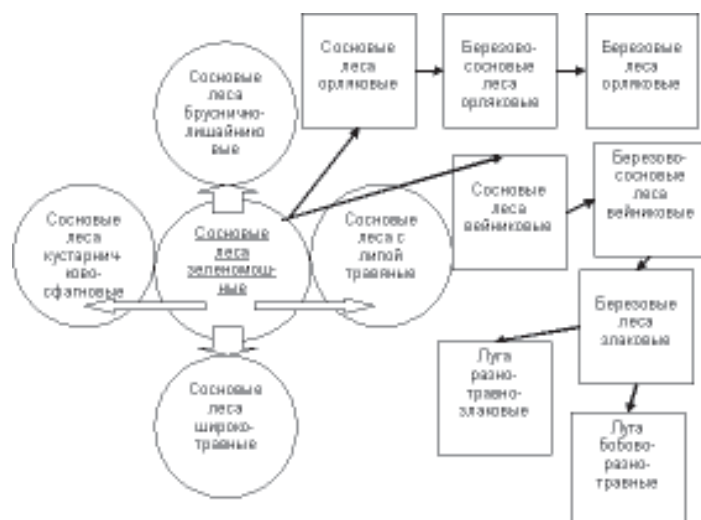


Рис. 1. Схема этиассоциации для ИГЗ. Серийные варианты представлены в овалах, ряды антропогенной трансформации — в прямоугольниках.

chrysoleuca + *Cladonia* sp.) с участием эндемиков (*Dianthus acicularis*, *Oxytropis approximata*, *Silene baskchirorum*) на выходах горных пород.

В виду генетической связи некоторые степные и луговые сообщества (при площади менее 4 га) объединялись в комплексы с соседними элементами топоэкологического ряда. В легенде представлено десять подобных комплексов. В качестве примера можно привести: заросли степных кустарников (*Rosa glabrifolia* + *Spiraea crenata* + *Cerasus fruticosa*) с участками клубнично-пустынноовсецовой разнотравной степи (*Fragaria viridis* + *Helictotrichon desertorum* + разнотравье). Существующий способ отражения мелкоконтурных сообществ внемасштабными знаками был отвергнут, так как при помощи последних планируется отметить эталонные участки и краснокнижные виды растений. В этом случае карта окажется перегружена. Кроме того, создание комплексов позволило сохранить такую важную характеристику выделенного сообщества как площадь.

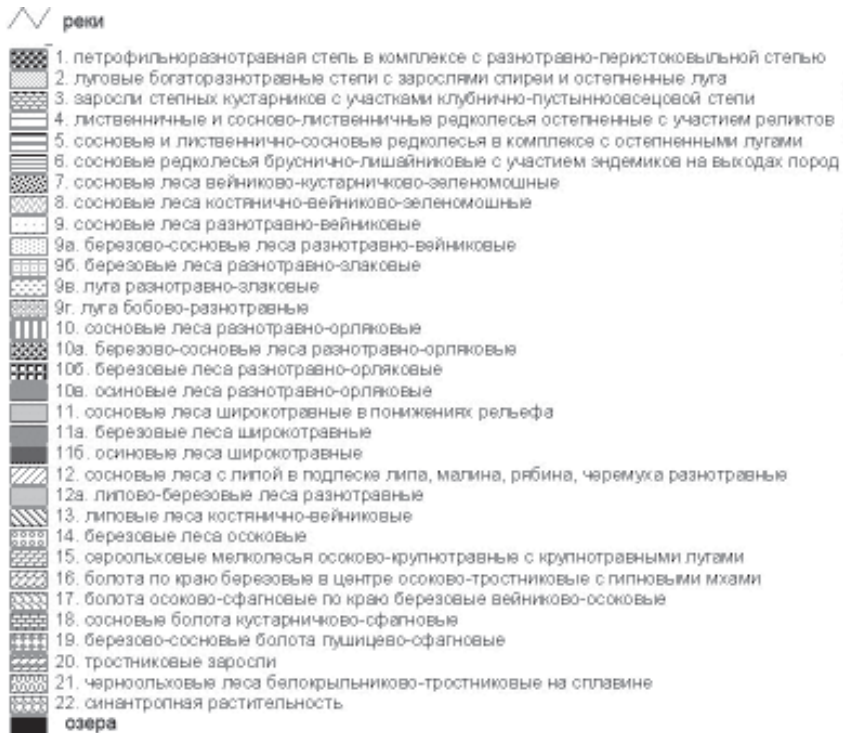


Рис 2. Легенда карты растительности ключевого участка ИГЗ.

Коренная растительность в легенде представлена 22 наименованиями, производная — десятью. Все производные сообщества подчинены коренным, и в легенде имеют буквенное дополнение к номеру основной ассоциации (рис. 2).

Благодаря легенде, построенной с учетом эколого-динамического принципа, на основе карты актуальной растительности (рис. 3) становится возможным создать карту восстановленного растительного покрова (рис. 4). Сравнивая эти карты, видим следующие изменения: площадь сосновых лесов увеличилась, в то время как березовые леса сохраняются только на заболоченных участках, луга и осиновые леса исчезают совсем. Неизменной остается пойменная растительность. Для заповедных территорий (в том числе Ильменского заповедника) карта восстановленного растительного покрова может выступать как карта потенциальной растительности, то есть прогнозная.

В заключении отметим, что структура растительного покрова Ильменского заповедника может быть достаточно полно отражена на карте



*Рис 3. Фрагмент карты актуальной растительности ИГЗ
(легенда приведена выше).*



Рис 4. Фрагмент карты восстановленной растительности ИГЗ.

(М. 1:100000) на уровне ассоциаций и их комплексов. Карта растительности, построенная с учетом теории «эпитаксона», служит моделью, на которой можно проследить основные динамические тенденции растительного покрова. Совместно с сетью эталонных участков, карта является основой фитомониторинга Ильменского заповедника.

Работа выполнена при поддержке грантов НШ-5551.2006.4 и РФФИ (проект № 05-04-48424).

ЛИТЕРАТУРА

- Белов А.В. Проблемы картографического изучения организации растительности Сибири // Геоботаническое картографирование. 1996. С. 13–21.
- Горчаковский П.Л., Золотарева Н.В., Коротева Е.В., Подгаевская Е.Н. Фиторазнообразие Ильменского заповедника в системе охраны и мониторинга. Екатеринбург: «Голицинский», 2005. 192 с.
- Иванова Л.А. Использование цифровой модели рельефа при геоботаническом картографировании заповедных территорий // Материалы VIII научной конференции

- по тематической картографии «Геоинформационное картографирование для сбалансированного территориального развития». Иркутск, 2006. Т. 2. С. 38–40.
- Ивченко Т.Г. Болотные комплексы Ильменского заповедника (Южный Урал) // Ботан. журн. 2005. Т. 90. № 4. С. 544–554.
- Ильина И.С., Юрковская Т.К. Фитозоологическое картографирование и его актуальные проблемы // Ботан. журн. 1999. Т. 84. № 12. С. 1–7.
- Озанда П. Картография растительности и фитоэкологическое картографирование в лаборатории растительности Альп Гренобльского университета, Франция // Гео-ботаническое картографирование. 1996. С. 31–38.
- Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 176 с.

ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ РОДНИКОВОГО МАКРОЗООБЕНТОСА В ПРЕДЕЛАХ ЛИМНОКРЕНА И МИКРОРЕОКРЕНА (НА ПРИМЕРЕ РОДНИКОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.А. Ивановский

Пензенский государственный педагогический университет

Целью классификации сообществ должно являться создание такой системы, которая отражала бы существенные особенности функционирования отдельных сообществ, объединяя в группы сообщества, схожие по способу функционирования. Такой цели отвечает классификация сообществ реофильного макрозообентоса по специфическим наборам жизненных форм (Чертопруд, 2006 а). Показано, что для пресноводного макробентоса жизненные формы постоянны на уровнях от вида до семейства, а потому наряду с описаниями характерных жизненных форм приводятся и списки характерных семейств. С этих позиций описаны пять типов донных сообществ: литофильное, фитофильное, пелофильное, псаммофильное и детритофильное; при этом указывается на переходный характер детритофильного типа сообществ.

Целью нашей работы было определение места родниковых сообществ типа лимнокренов и микрореокренов в классификации донных реофильных сообществ по набору жизненных форм. Материалом для работы послужила 31 качественная, полуколичественная и количественная проба макрозообентоса, собранная в 2005–2006 гг. в четырёх крупнейших родниковых районах Пензенской области. Выбраны сообщества, соответствующие микрореокренам и лимнокренам в терминологии М.В. Чертопруд (2006 б), как самые распространённые в условиях региона типы родниковых сообществ. Локальные сооб-

щества, отнесённые к этим двум типам, описывались с позиции составляющих их жизненных форм (учитывалась встречаемость видов, а не доминирование). К характеристикам жизненных форм макробентонтов, использованным в (Чертопруд, 2006а) — способ передвижения и питания — нами добавлена приуроченность вида к определённым гидрологическим условиям (выделены кренофилы, реофилы, убиквисты малых вод (УМВ), лимнофилы, пелофилы, эврибионты). Вслед за (Чертопруд, 2006а), нами приводятся характерные семейства для каждой группы в классификации по жизненным формам.

По набору доминантов среди рассматриваемых сообществ методом Браун-Бланке выделено четыре типа: *Nemurella pictetii* — *Nemoura cinerea*; *Amphinemura sulcicollis* — *Leuctra digitata* — *Anisus* sp.; *Potamophylax nigricornis* — *Nemoura cinerea*; *Potamophylax nigricornis* — *Stenophylax lateralis*.

Как уже было показано нами для микроэокрена (Ивановский, 2007), границы между выделенными типами условны, так как при переходе от одного локального варианта каждого типа к другому наблюдается плавное изменение обилия доминантов.

По наборам характерных жизненных форм (с наибольшей встречаемостью в типе) четыре указанных типа отнесены к двум группам. Первая группа — детритофильное сообщество с преобладанием убиквистов малых вод или реофилов (типы сообществ: *Nemurella pictetii* — *Nemoura cinerea*, *Amphinemura sulcicollis* — *Leuctra digitata* — *Anisus* sp., *Potamophylax nigricornis* — *Nemoura cinerea*), характерным для которого является семейство Nemouridae (ползающие собиратели). Вторая группа — детритофильное кренофильное сообщество (тип сообщества *Potamophylax nigricornis* — *Stenophylax lateralis*), характерным для которого является семейство Limnephilidae (малоподвижные собиратели).

Таким образом, в непрерывном (по обилию доминантов) ряду сообществ лимнокрена и микроэокрена нами по набору характерных жизненных форм выделены две группы сообществ, различающихся по способу функционирования. При этом важно отметить, что между этими двумя группами чёткая граница также отсутствует: встречаемость жизненных форм в ряду локальных сообществ изменяется плавно.

ЛИТЕРАТУРА

Ивановский А.А. Влияние неоднородности условий местообитаний на состав и структуру сообществ родникового макрозообентоса (на примере родников и родниковых ручьёв Голицынского лесопарка) // Известия Пензенского государственного университета имени В.Г. Белинского. Сектор молодых учёных. 2007. № 3 (7). С. 280–285.

Чертопруд М.В. Анализ жизненных форм реофильного макробентоса: новый подход к классификации сообществ // Журнал общей биологии. 2006а. Т. 67. № 3. С. 190–197.

Чертопруд М.В. Родниковые сообщества макробентоса Московской области // Журнал общей биологии. 2006б. Т. 67. № 5. С. 376–384.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦИЙ *PTEROSTICHUS OBLONGOPUNCTATUS* F. (COLEOPTERA, CARABIDAE) НЕКОТОРЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

И.О. Камаев

Марийский госуниверситет, г. Йошкар-Ола

Объект нашего исследования — ямчатоточечная жужелица (*Pterostichus oblongopunctatus* F.) — транспалеарктический полизональный вид, лесной мезофил с весенним размножением. Для данного вида характерна развитая микроскульптура надкрыльев, диагностическим признаком служит наличие 4–6 ямок на третьем промежутке между бороздками элитр. По числу ямок на левом надкрылье выделяют два фенотипических класса жуков: I — морфы с 3–5 ямками и II — морфы с 6–12 ямками (Воег, 1968; Емец, 2002).

Цель настоящей работы заключается в изучении обилия, половой и фенетической структур локальных популяций *P. oblongopunctatus* F.

Исследование проводили в сосняках лишайниково-мшистом (возраст 90 лет), брусничном (90 лет) и в лесоводственных посадках сосны (30 лет), соответствующих коренным типам леса. Изучаемые биотопы расположены в Старожильском лесничестве Медведевского района с ландшафтом задрового типа, в котором распространены преимущественно сосновые леса.

Жужелиц отлавливали почвенными ловушками Барбера, на треть заполненных 4%-м формалином, в июне и сентябре 2006 г. На каждом участке устанавливали по 10 ловушек, экспозиция — 10 дней.

Пик активности *P. oblongopunctatus* характерен для июня (69–87 экз./100 лов.-сут.). В этот период в структуре доминирования населения жужелиц всех биотопов (кроме сосняка лишайниково-мшистого, 30 лет), вид является супердоминантом (>25%). В последнем сообществе *P. oblongopunctatus* — резидентный вид (2 экз./100 лов.-сут.). Полученные данные, на наш взгляд, объясняются влиянием режима увлажнения местообитания. Известно, что ямчатоточечная жужелица избегает сухих лишайниковых и сильно разреженных сосняков (Россолимо, Рыбалов, 1979).

Анализ половой и фенетической структур локальных популяций *Pterostichus* проводили на июньских выборках жуужелиц, когда исследуемый вид многочислен. Примерно равное соотношение самцов и самок характерно для популяции *P. oblongopunctatus* из сосняка брусничного (90 лет). В сосняках лишайниково-мшистых (90 лет) и брусничном (30 лет) доминируют самки, при этом их доли статистически значимо не различались.

Фенетическая структура всех популяций характеризовалась преобладанием особей I фенотипа, которые наиболее многочисленны в сосняке лишайниково-мшистом (90 лет, 60.2%). Это, по мнению Воег'а (1968), может быть связано с режимом увлажнения подстилки в летний период предыдущего года: увеличение доли малоямчатых жуков является следствием засушливого сезона или уменьшения толщины подстилки.

Установлено, что общее число ямок на левом и правом надкрыльях различаются (флуктуирующая асимметрия), поэтому особи I фенокласа по левому надкрылью могли относиться ко II фенокласу по правому надкрылью и наоборот. Доля таких особей в зависимости от местообитания составляла 27.4–32.2 %, что, по нашему мнению, позволяет выделить их в отдельный промежуточный феноклас. Соответственно этому были выделены морфы по числу ямок на левой и правой элитрах. Во всех популяциях доминировали морфы с пятью и шестью ямками на обоих надкрыльях. Вычислены показатели фенотипического разнообразия: среднее число морф (μ), доля редких морф (h) и их статистические ошибки — s_μ и s_h соответственно (Животовский, 1980). Наиболее высокие значения среднего числа морф отмечены для популяции жуков из сосняка брусничного (30 лет, 11.83 ± 0.84), а наибольшая доля редких морф свойственна сосняку лишайниково-мшистому (90 лет, 0.36 ± 0.05).

Оценку уровня флуктуирующей асимметрии количества ямок на каждой бороздке левого и правого надкрыльев проводили по показателям, предложенным В.М. Захаровым (1987):

$$A_1 = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left| \frac{L_{ij} - R_{ij}}{L_{ij} + R_{ij}} \right|$$

и Д.Б. Гелашвили с соавторами (2004):

$$A_2 = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{2 \sum_{j=1}^n L_{ij} \cdot R_{ij}}{\sum_{j=1}^n (L_{ij}^2 + R_{ij}^2)}$$

где L_{ij} и R_{ij} — значения j -го признака слева и справа у i -го объекта. Сравнение полученных значений проводили с помощью непараметрического критерия Вилкоксона-Манна-Уитни.

Статистически значимые различия показателей флуктуирующей асимметрии по свертке функции (A_2) отмечены для популяций *P. oblongopunctatus* сосняков липайниково-мшистых (90 лет) и брусничном (посадка). В то же время значения показателей, предложенные Захаровым, статистически значимо не различались.

При изучении особенностей фенетической структуры популяций жужелиц в качестве признака выбрано число ямок на определенной бороздке. С помощью критерия χ^2 было установлено, что число ямок и их распределение зависит от типа бороздки, а распределение ямок на каждой конкретной бороздке справа и слева является однородным.

Первая бороздка характеризовалась преобладанием признака — одна ямка, для нее также свойственно отсутствие ямок, а их наибольшее число в исследуемых популяциях достигает трех. Для второй бороздки преобладающими являются признаки одна и две ямки, в то время как их максимальное число — четыре. Промежуток между второй и третьей бороздками был выделен наряду с другими бороздками, так как в отличие от других промежутков, характерно наличие ямок, расположенных строго в его центральной части. Доминируют признаки «одна» и «две ямки», наибольшее число ямок — пять. Для четвертой, пятой и шестой бороздок характерно отсутствие ямок, однако у ряда особей наибольшее число ямок достигает двух. Седьмая бороздка в нижней 1/3 всегда представлена определенным числом ямок, с преобладанием признака одна ямка. Восьмая бороздка содержит от 12 до 19 ямок.

Общее число ямок на бороздках (со второй по пятую) слева и справа взаимосвязаны и характеризуются высокими значениями скорректированного коэффициента сопряженности для всех выборок. Установлено, что распределения ямок справа и слева на первой и третьей бороздках взаимосвязаны, что подтверждается значениями показателя скорректированного коэффициента сопряженности.

Таким образом, исследуемый вид в большинстве изучаемых биотопов является супердоминантным. Половая структура *P. oblongopunctatus* в сосняках липайниково-мшистом (90 лет) и брусничном (посадка), характеризуется преобладанием самок, в то время как в сосняке брусничном (90 лет), в популяции жужелиц наблюдается примерно равное соотношение полов. В фенетической структуре всех изученных популяций жужелиц отмечено преобладание малоямчатых жуков (в основном, морфы с пятью ямками). Наибольшее среднее число морф свойственно для популяций *P. oblongopunctatus*, обитающих в сосняке брусничном (30 лет). Выделен промежуточный феноклас, учитывающий признак общего числа ямок на каждом надкрылье. При сравнении значений показателя уровня флуктуирующей асимметрии, предложенного Д.Б. Гелашвили с соавторами, выявлены статистически значимые различия между популяциями из сосняков липайниково-мшистого (90 лет) и брусничного (30 лет). Число ямок и их распределение зависит от типа бороздки.

ЛИТЕРАТУРА

- Гелашвили Д.Б., Логинов В.В., Мокров И.В. и др. Структурно-информационные показатели флуктуирующей асимметрии организмов в биоиндикационных исследованиях // Методы популяционной биологии. Сыктывкар: УРО РАН, 2004. С. 52–62.
- Емец В.М. Пространственно-временная динамика разнообразия животного населения почв на рекреационно-используемых и заповедных лесных территориях (на примере крупных почвенных беспозвоночных). Воронеж: Воронежский госуниверситет, 2002. 151 с.
- Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 215 с.
- Животовский Л.А. Показатель внутрипопуляционного разнообразия // Журн. общей биологии. 1980. Т. 41. № 6. С. 828–836.
- Россолимо Т.Е., Рыбалов Л.Б. Термо- и гигропреферендумы некоторых почвенных беспозвоночных в связи с их биотопическим распределением // Зоол. журн. 1979. Т. 58. Вып. 12. С. 1802–1810.
- Boer P.J. den. Fluctuations in morph frequency in cathes of groundbeetle *Pterostichus oblongopunctatus* F. and its ecological significance // Belmontia. 1968. Vol. 13. № 2. P. 1–20.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА МАКРОЗООБЕНТОС НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. БЕРЕЗОВКА (Г. ВОТКИНСК)

И.А. Каргапольцева

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Река Березовка занимает особое положение в городском ландшафте г. Воткинска. Интенсивное антропогенное воздействие на реку (попадание нефтепродуктов с Мишкинского месторождения нефти, эрозийные и ливневые стоки, строительный и бытовой мусор, неправильная проектировка дамбы в нижнем течении реки) влияет на флору и фауну водотока.

Исследования проводились по стандартной методике гидробиологических исследований. Было отобрано 968 полуколичественных проб. Для определения качества воды использовали индексы Вудивисса, Пантале и Букка, Шеннона и выравнимости по Пиелю. За период исследования нами было обнаружено 162 вида макрозообентоса из 71 семейства, 16 отрядов и 6 классов.

На участке р. Березовка между Мишкинским нефтяным месторождением и нефтеловушкой наименьшая численность и биомасса характерны для стрекоз и жуков. Это может быть связано с интенсивным воздействием пластовых вод, которые попадают в реку при установлении заглушек на старые скважины.

У комаров-звонцов подсемейства Chironominae gen sp. за все время исследования наблюдалось наибольшее обилие. Максимальная средняя численность и биомасса хирономид были в октябре и составляли 4 982 экз./м² и 0.049 г/м² соответственно. Олигохеты занимают второе место по численности и биомассе. Наибольшая средняя численность и биомасса олигохет была в октябре — 206 экз./м² и 0.071 г/м² соответственно.

Наименьшая средняя численность и биомасса моллюсков наблюдалась в октябре: численность — 2 экз./м², биомасса — 0.11 г/м². Наибольшая биомасса моллюсков отмечена в июле.

Нефтеловушка (пелофильный биоценоз). В пелофильном биоценозе нефтеловушки по количественным показателям доминируют хирономиды. Наибольшие их численность и биомасса были отмечены в октябре (4 008 экз./м² и 0.046 г/м²). Наименьшие показатели — в мае. Плотность и биомасса олигохет также были максимальны в октябре (621 экз./м² и 0.011 г/м²). Наименьшая численность моллюсков была в мае — 369 экз./м², биомасса — 1.7 г/м². Наибольшие показатели — в сентябре (604 экз./м² и 2.76 г/м²).

Река Березовка ниже нефтеловушки (псаммо-пелореофильный биоценоз). Доминирующей группой макробеспозвоночных являются хирономиды. Наибольшая численность и биомасса хирономид была в августе — 2 019 экз./м² и 0.021 г/м² соответственно. К сентябрю эти показатели снижались до 1 720 экз./м² и 0.019 г/м², но в октябре возросли до 2 008 экз./м² и 0.021 г/м². Субдоминантами являются моллюски, наибольшее обилие которых наблюдалось в июне (480 экз./м² и 3.9 г/м²), а наименьшее — в мае (169 экз./м² и 0.77 г/м²).

По результатам биоиндикации, проведенной по индексу сапробности Пантле и Букка, все участки реки относятся к β-мезосапробной зоне (умеренное загрязнение). Самой чистой является р. Березовка (индекс сапробности равен 1.63). Вниз по течению в водоемах происходит увеличение индекса от 1.83 в нефтеловушке до 2.1 в Березовском заливе. Динамика индекса объясняется тем, что в водоемах происходит накопление органики. Наиболее загрязненным участком реки является Березовский залив. В результате строительства дамбы уменьшилась его проточность, что спровоцировало зарастание и обмеление водоема.

По биотическому индексу Вудивисса все участки реки относятся к чистым. По индексу Шеннона вода на всех участках реки Березовка относится к умеренно загрязненной. Наименьший индекс Шеннона и выравненность наблюдаются в реке (0.67), наибольший — в Березовском заливе (0.9). Такое распределение индексов связано с высокой мозаичностью условий в заливе.

Наиболее благоприятные условия для развития макрозообентоса (температура воды, отсутствие течения, большая мозаичность биотопов) складываются в Березовском заливе Воткинского пруда.

СКРИНИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ЗОНЕ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

Э.М. Каримуллина, Е.В. Антонова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Скрининг (англ. *screening* — просеивание, сортировка) — выявление и контроль потенциально вредных эффектов, которые могут быть вызваны при антропогенном загрязнении среды, в том числе радионуклидами (цит. по: Кудряшов, 2004).

В результате аварии на ПО «Маяк» в 1957 г. сформировался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). Фундаментальные эколого-генетические исследования растений в этой зоне были начаты в 1976 г. группой В.А. Шевченко. Наиболее изучены эффекты хронического облучения в популяциях *Crepis tectorum* L. и *Centaurea scabiosa* L. (Кальченко и др., 1995; Шевченко и др., 1998). В градиенте загрязнения ВУРСа ранее нами были исследованы ценопопуляции *Plantago major* L. и *Taraxacum officinale* s.l. (Позолотина и др., 2005; Ульянова, Позолотина, 2006). Таким образом, число видов растений, вовлеченных в радио-экологические исследования в зоне ВУРСа, в настоящий момент очень ограничено. По нашим данным, на этой территории произрастает более 300 видов травянистых растений. Возникает необходимость провести скрининговые исследования флоры, длительное время испытывающей воздействие радиации. Это позволит предварительно оценить отдаленные последствия хронического облучения растений и выявить модельные виды, на которых в дальнейшем будут проведены детальные эколого-генетические исследования.

В настоящей работе представлены данные по жизнеспособности, мутабильности и радиочувствительности семенного потомства коостреца безостого, гравилата алеппского и василька шероховатого, произрастающих в градиенте загрязнения ВУРСа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектами исследований были следующие виды травянистых растений: коострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) — корневищный многолетний злак; василек шероховатый (*Centaurea scabiosa* L.) — многолетнее травянистое растение; гравилат алеппский (*Geum aleppicum* Jacq.) — многолетнее короткокорневищное травянистое растение.

Семенной материал собирали с трех импактных участков и одного буферного на территории ВУРСа. «Буферная» площадка расположена на запад-

ной границе Восточно-Уральского государственного заповедника (55°52' с.ш., 60°54' в.д.); «Импактный-1» — на северном берегу оз. Урускуль (55°50' с.ш., 60°55' в.д.); «Импактный-2» — на южном берегу оз. Урускуль (55°49' с.ш., 60°52' в.д.) и «Импактный-3» — на юго-западном берегу оз. Бердяниш (55°48' с.ш., 60°51' в.д.). Подробная радиоэкологическая характеристика района исследования дана в работе (Позолотина и др., 2005). Два фоновых участка выбраны вне зоны загрязнения. Площадка «Фоновая-1» расположена в окрестностях н.п. Рассоха, Свердловской области (56°41' с.ш., 61°02' в.д.); «Фоновая-2» — на южном берегу Белоярского водохранилища (56°47' с.ш., 61°18' в.д.). Отметим, что этот район не входит в зону влияния Белоярской АЭС, уровни содержания долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs на этом участке в пределах нормы (устное сообщение И.В. Молчановой).

Семена проращивали методом рулонной культуры. Жизнеспособность семенного потомства оценивали по энергии и всхожести семян, выживаемости проростков, числу проростков с настоящими листьями и длине корня. О мутабельности потомства судили по частоте встречаемости морфологических нарушений (некрозов корней, семядолей, листьев, а также по изменениям формы и цвета семядолей и листьев, скрученности гипокотилей и т.д.). Для оценки радиочувствительности потомства семена облучали непосредственно перед посевом на γ -установке «Исследователь» (источник ^{60}Co) при мощности дозы 15.5 сГр/с в дозах 100–400 Гр, а затем проращивали описанным выше способом. Радиочувствительность семенного потомства определяли по тем же показателям жизнеспособности, которые для более четкого выявления эффекта облучения преобразовывали в проценты к собственному необлученному контролю. Для проверки гипотез использовали дисперсионный анализ и критерий множественных сравнений Фишера или статистику χ^2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показано в работах (Позолотина и др., 2005; Ульянова, Позолотина, 2006), дозовая нагрузка на семенное потомство растений за счет инкорпорированных радионуклидов и внешнего облучения в импактной зоне на три-четыре, а в буферной — на один-два порядка величин больше, чем в фоновой (0.0017–0.0075 мГр).

Жизнеспособность семенного потомства. Семена коостреца на участках «Фоновый-1» и «Фоновый-2» характеризовались высокими значениями показателей жизнеспособности и значимо не различались между собой (критерий множественных сравнений Фишера, $p=0.401$ – 0.958). В буферной ценопопуляции семенное потомство по всем показателям было менее жизнеспособным по сравнению с фоновыми выборками. Низкая выживаемость проростков (12%) также отмечена у коостреца с участка «Импактный-3». Семенное потомство ва-

силка из ценопопуляций ВУРСа характеризовалось высокими показателями жизнеспособности, выживаемость проростков составила 50.0–61.3%. Исключение составила выборка «Импактный-3» (20%). Отметим, что при высокой выживаемости проростков в буферной выборке (50%) настоящие листья имели только 25%, а на наиболее загрязненном участке «Импактный-3» при низкой выживаемости практически все проростки имели настоящий лист.

Жизнеспособность семян василька из фоновой выборки была низкой. Семенное потомство гравилата в фоновой ценопопуляции обладало наивысшими показателями выживаемости проростков, в импактных выборках эти параметры были ниже.

Мутабельность семенного потомства. Доли проростков костреча с хлорофильными нарушениями листьев неоднородны на исследованных участках ($\chi^2(5)=62.27$, $p<<0.01$) и превышал фоновые показатели в 3–6 раз. Большее число проростков с изменением формы и некрозами листьев наблюдалось в выборке с участка «Импактный-2», в то время как в популяции с участка «Импактный-3» такие аномалии встречались реже. Доли проростков с некрозом корней также неоднородны ($\chi^2(5)=116.04$, $p<<0.01$), причем в парах «Импактный-1» и «Импактный-2» или «Буферный» и «Импактный-3» они сходны ($p=0.698$ и 0.953 соответственно) при существенной неоднородности между парами (21% и 9% соответственно).

Доля проростков василька с некрозом корней на исследуемых площадках была различной ($\chi^2(4)=37.125$, $p<<0.01$). Наименьшие значения характерны для участка «Фоновый-1» (6%), а в выборках «Импактный-1» и «Импактный-3» они были вдвое больше (12% и 14%).

Доля проростков гравилата с деформацией всех частей растения неоднородна по участкам ($\chi^2(2)=37.04$, $p<<0.01$) и меньше (6%) на фоновой территории, а на участке «Импактный-2» — выше в два раза. Кроме того, в этой ценопопуляции чаще ($\chi^2(2)=161.0$ и $\chi^2(2)=37.79$ соответственно) встречались проростки с неправильной формой семядолей и листьев (14% и 11%) по сравнению с фоновой выборкой (2% и 5%). В целом мутабельность в импактных ценопопуляциях гравилата была выше, чем на участке «Фоновый-1» и описывалась прямой зависимостью в градиенте радионуклидного загрязнения.

Радиочувствительность семенного потомства. Для исследования адаптивных возможностей семенного потомства растений из разных ценопопуляций использовали провокационное облучение семян. У костреча с фоновых участков дополнительное облучение практически не повлияло на жизнеспособность, кроме облучения в максимальной дозе 400 Гр. Для семенного потомства ценопопуляций из зоны ВУРСа была характерна высокая вариабельность ответа на острое облучение, что может являться следствием нестабильности генома растений.

Аналогичный эффект по вышеперечисленным показателям жизнеспособности наблюдался у импактных выборок проростков василька. Семенное потомство василька с участка «Фоновый-1» оказалось более радиочувствительным, чем с участка «Фоновый-2», что свидетельствует о широкой норме реакции этого вида.

У гравилата наименьшая радиоустойчивость выявлена у семенного потомства из фоновой ценопопуляции, количество проростков с настоящим листом при облучении в дозе 100 Гр снизилось на 80% по сравнению с собственным необлученным контролем. Самой устойчивой по этому показателю была ценопопуляция «Импактная-2». Облучение в дозе 200 Гр привело к полному торможению роста апикальных меристем у проростков гравилата со всех участков.

На рисунке показано влияние острого облучения на скорость ростовых процессов у трех видов. Дополнительное облучение семян костреца с двух фоновых участков в дозах 100, 200 и 300 Гр вызвало постепенное снижение длины корней. Импактные выборки продемонстрировали разные ростовые реакции на дополнительное облучение (см. рис. а). Морфологические особенности костреца позволили учесть еще один показатель — длину листа. При провокационном облучении высота растений значительно уменьшалась, а количество листьев на одно растение увеличивалось.

У семенного потомства василька с ростом провокационной дозы угнетение роста корней наблюдалось на всех участках. Наиболее сильное подавление ростовых процессов отмечено в популяции с участка «Фоновый-1» (см. рис. б).

У проростков гравилата (см. рис. в) наблюдалось уменьшение длины корней от дозы провокационного облучения для всех изученных выборок. Анализ дозовых кривых показал, что значимых различий между выборками не обнаружено.

Таким образом, у изученных видов растений обнаружена высокая внутривидовая изменчивость показателей жизнеспособности семян, не соответствующая градиенту радионуклидного загрязнения. Мутабельность семенного потомства из ценопопуляций зоны ВУРСа по большинству аномалий развития была значимо выше, чем в фоновых выборках, что может свидетельствовать об увеличении генетического груза в популяциях. Ни для одного изученного в данной работе вида не выявлено адаптации к радиационному фактору.

Авторы благодарят д.б.н. В.Н. Позолотину за ценные рекомендации, д.б.н. И.В. Молчанову за предоставление рукописных работ о плотности радионуклидного загрязнения почв, к.б.н. И.А. Кшнясева за консультации в области математической статистики.

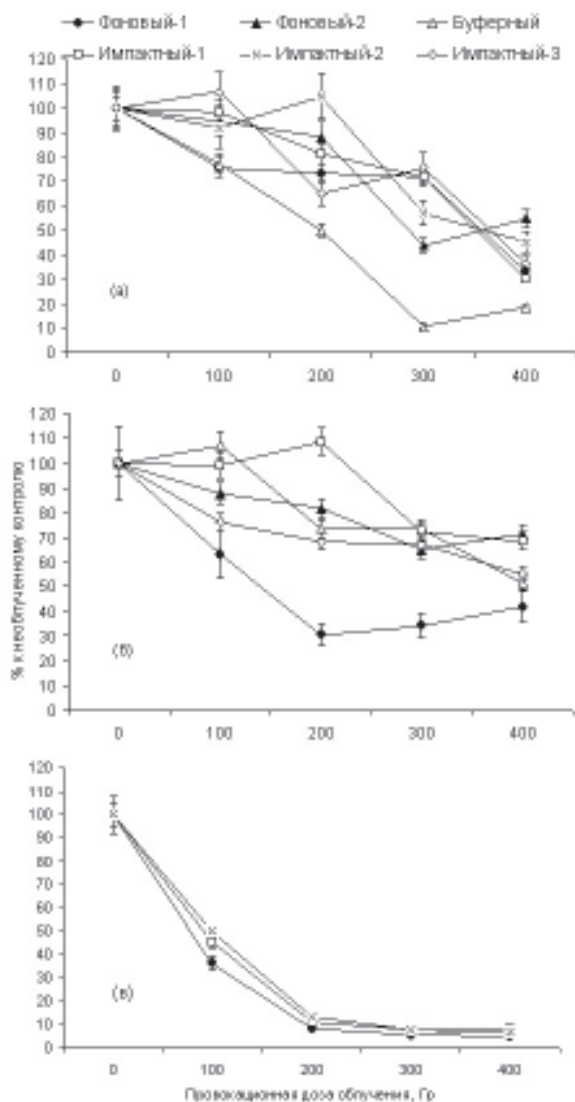


Рисунок. Изменчивость длины корней у проростков костреца (а), василька (б) и гравилата (в) из ценопопуляций зоны ВУРСа в зависимости от дозы провокационного облучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 07–04–96098 и № 07–05–00070), программы развития ведущих научных школ (НП-5286.2006.4) и гранта Президента РФ для молодых ученых (проект МК-4788.2006.4).

ЛИТЕРАТУРА

- Кальченко В.А., Рубанович А.В., Шевченко В.А. Генетические процессы в хронически облучаемых популяциях *Centaurea scabiosa* L., произрастающих на Восточно-Уральском радиоактивном следе // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 37. Вып. 5. С. 708–719.
- Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. М.: Физматлит, 2004. 448 с.
- Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Михайловская Л.Н., Ульянова Е.В. Современные уровни радионуклидного загрязнения ВУРСа и биологические эффекты в локальных популяциях *Plantago major* L. // Экология. 2005. № 5. С. 353–361.
- Ульянова Е.В., Позолотина В.Н. Клональное разнообразие и редкие фены в ценопопуляциях *Taraxacum officinale* s.l. из зоны ВУРСа // Доклады АН. 2006. Вып. 406. № 5. С. 715–717.
- Шевченко В.В., Гриних Л.И., Абрамов В.И. Цитогенетические эффекты, в природных популяциях *Crepis tectorum* L., произрастающих в районе Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная биология. Радиоэкология. 1998. Т. 38. Вып. 3. С. 330–335.

ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ПРЯМОКРЫЛЫХ (INSECTA: ORTHOPTERA) ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ НА ПРИМЕРЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

И.О. Кармазина

Казанский госуниверситет

Материалом для данной работы послужили сборы прямокрылых, сделанные в периоды с июня по сентябрь 2005 и 2006 гг. на территориях Раифского и Саралинского участков Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Всего собрано и определено более 1 400 экземпляров. Весь материал определен автором. Правильность определения сверена с типовыми коллекциями Зоологического института РАН и проверена его сотрудниками, за что мы выражаем им глубокую признательность. Для сравнения фаун двух участков заповедника использовали индекс Чекановского-Сьеренсена (Песенко, 1982).

На основании определенного материала установлено, что фауна прямокрылых Волжско-Камского заповедника составляет 39 видов из шести семейств и 25 родов, а именно сем. Acrididae — 19 видов, сем. Tettigoniidae — 13 видов, сем. Gryllidae — два вида, сем. Gryllotalpidae — один вид, сем. Tetrigidae — три вида, сем. Tridactyllidae — один вид. Новыми для фауны заповедника оказались 30, для фауны Республики Татарстан — 25 видов прямокрылых. При сравнении Раифского (34 вида) и Саралинского (22 вида) участков значения индекса Чекановского-Сьеренсена равно 0.58. Это объясняется тем, что прямокрылые двух участков обитают в биотопах различного характера. Саралинский участок включает открытые биотопы (остепненные склоны, песчаные отмели, сухие светлые сосняки). На Раифском участке присутствуют другие биотопы, например, ельники, лесные поляны с разнотравьем, заливные луга, болота. Также в окрестностях Саралинской части Волжско-Камского заповедника располагаются водоемы (протоки, озера, водохранилище) с особым гидрологическим режимом.

Анализ жизненных форм (Бей-Биенко, Мищенко, 1951; Правдин, 1978) показал, что в наших сборах присутствуют прямокрылые, принадлежащие к 13 группам жизненным формам. Эти группы относятся к трем классам: 1) фитофилы (специализированные фитофилы, злаковые хортобионты, факультативные хортобионты, осоково-злаковые хортобионты, травоядные хортобионты, микрогамнобионты, тамнобионты); 2) геофилы (подпокровные геофилы, герпетобионты, открытые геофилы, псаммобионты); 3) геобионты (фиссуробионты, роющие геобионты). Наибольшее число видов (восемь) принадлежит к злаковым хортобионтам (20.5%), затем следуют факультативные хортобионты — шесть видов (15.4%) и специализированные фитофилы — пять видов (12.8%).

Прямокрылые были обнаружены в семи биотопах. Наибольшим видовым разнообразием характеризуется заливной луг — 22 и лесные поляны — 20 видов. Затем идут опушки соснового леса со специализированной фауной — десять видов, остепненные склоны — восемь видов, берега водоемов с околководной растительностью — шесть видов, сосняк лишайниково-мшистый — пять видов и песчаные отмели по берегам водоемов — четыре вида.

ЛИТЕРАТУРА

- Бей-Биенко Г.Я., Мищенко Л.Л. Саранчовые фауны СССР и сопредельных стран. Определители по фауне СССР. М., Л.: Изд. Зоол. Ин-та. АН СССР, 1951. Т. 1. 667 с.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.
- Правдин Ф.Н. Экологическая география насекомых Средней Азии. Ортоптерониды. М.: Наука, 1978. 272 с.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТРАВЕ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*ORIGANUM VULGARE* L.) В УСЛОВИЯХ УДМУРТИИ

Е.А. Китова

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Цель работы: выявить закономерности влияния экологических условий на накопление дубильных веществ в траве душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) в Удмуртии.

Растительное сырье душицы обыкновенной собиралось в пяти ее ценопопуляциях на территории республики. Все ценопопуляции существенно отличались по экологическим условиям мест произрастания. Три из них располагались в южном Алнашском районе (обозначение популяций: *Аю*, *Авост* и *Апл*) и две — в северо-восточном Шарканском районе (*Шю* и *Шсз*).

Сбор растительного материала проводился в сухую, ясную погоду, в средней части склона, на открытом участке. Сырье сушилось в темном и хорошо проветриваемом помещении при температуре 20–25°С в течение 1–1.5 недель до воздушно-сухого состояния.

Количественное содержание дубильных веществ определялось титрометрическим методом, основанном на водной экстракции дубильных веществ из растительного сырья с последующим титрованием перманганатом калия в присутствии индигосульфокислоты (Химический анализ..., 1983). Нами с помощью качественной реакции на присутствие дубильных веществ с раствором железозамониевых квасцов было определено, что для полной экстракции дубильных веществ из сырья душицы обыкновенной необходимо шесть извлечений на водяной бане. Биохимический анализ всех образцов проводился в трехкратной повторности.

Данные 2003–2004 гг. обсуждались нами ранее (Киреева, Китова, 2006), поэтому рассмотрим только данные 2005–2006 гг. В южном, более теплом, Алнашском районе Удмуртии (гидротермический коэффициент, ГТК=1.0–1.2) содержание танинов на протяжении вегетации в растениях в целом выше, чем в ценопопуляциях из Шарканского района (ГТК=1.2–1.4) (таблица). На территории Алнашского района лучше условия освещенности и теплообеспеченности растений, а эти факторы являются наиболее важными при синтезе дубильных веществ, который происходит в молодых побегах и листьях растений.

В засушливом июне 2006 г. скорость накопления дубильных веществ в растениях из Шарканского района была больше, чем в алнашских. Таким об-

Таблица. Содержание дубильных веществ (%) в траве *O. vulgare* в 2003–2006 гг.

ЦП	Фенофаза	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.
Аю	Вегетация	25.57±0.09	32.70±0.65	-	-
	Бутонизация	32.08±0.16	31.16±0.09	-	-
	Цветение	29.04±1.40	24.63±0.62	-	-
	Плодоношение	19.92±1.26	18.49±0.59	-	-
Авост	Вегетация	-	27.91±0.24	21.61±0.13	17.33±0.28
	Бутонизация	-	33.53±0.36	24.99±0.12	30.61±0.32
	Цветение	-	31.95±0.16	22.07±1.61	27.63±0.11
	Плодоношение	-	18.43±0.40	-	16.05±0.59
Апл	Вегетация	22.18±0.20	33.48±1.13	-	25.77±0.57
	Бутонизация	32.01±0.11	36.81±0.81	31.12±0.12	28.64±0.62
	Цветение	32.47±0.79	27.99±0.16	23.56±0.15	25.68±0.65
	Плодоношение	21.27±1.18	18.57±0.41	-	16.40±0.52
Шю	Вегетация	-	31.60±0.16	-	20.61±0.36
	Бутонизация	-	36.40±1.10	-	28.35±0.47
	Цветение	26.57±0.23	22.05±0.41	-	23.97±0.79
	Плодоношение	-	20.69±0.60	-	14.51±0.32
Шез	Вегетация	-	24.09±0.30	-	20.50±0.63
	Бутонизация	-	30.40±0.83	-	27.99±0.09
	Цветение	18.06±0.10	24.31±1.02	-	21.24±0.21
	Плодоношение	-	20.69±0.15	-	14.93±0.28

разом, в *O. vulgare*, растущей в Алнашском районе, полифенолы тратились уже в июне, когда обычно синтез преобладает над тратой. В более прохладном и влажном Шарканском районе засуха повлияла на растения менее негативно, и они сохранили больше полифенольных соединений.

В 2005 г. цветению растений предшествовала засуха в середине июля. В результате в растениях с плакора уровень содержания полифенолов значительно снизился (с 31.1 до 23.6%), тогда как в растениях с восточного склона (где душица растет под плотным переплетением побегов ежевики сизой) снижение было не столь существенным (с 25.0 до 22.1%). В жаркий июнь 2006 г. с небольшим количеством осадков растения на восточном склоне смогли накопить больше дубильных веществ во время бутонизации (30.6%) и цветения (27.6%), чем на плакоре (28.6 и 25.7% соответственно). Вероятно, заросли ежевики защитили почву на восточном склоне от пересыхания и поэтому здесь сложился более благоприятный микроклимат для развития *O. vulgare*, чем на плакоре, где засуха сильно повлияла на все процессы в растениях.

Таким образом, накопление дубильных веществ тесно взаимосвязано с климатом, с экологическими условиями местообитаний растений: с уровнем теплообеспеченности, освещенности и увлажненности.

ЛИТЕРАТУРА

- Химический анализ лекарственных растений: Учебное пособие для фармацевтических ВУЗов / Под ред. Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронич и др. М.: Высшая школа, 1983. 176 с.
- Киреева Т.Б., Китова Е.А. Экологические и онтогенетические особенности накопления дубильных веществ в траве душицы обыкновенной в условиях Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Ижевск, 2006. № 10. Серия «Биология». С. 85–96.

АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО УРАЛА

Н.А. Колесниченко

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Исследование биологического разнообразия имеет важное прикладное значение, так как позволяет контролировать сохранение редких видов и дает представление о состоянии экосистем на определенной территории.

Целью исследования явилось изучение разнообразия жуужелиц в Висимском, Восточно-Уральском государственном заповедниках и Биологической станции УрГУ. В ходе работы было проанализировано α и β -разнообразие жуужелиц исследуемых районов; выявлены жизненные формы жуужков; составлены систематические списки жуужелиц районов исследования.

Материалом для работы послужили сборы автора (2006 г. — Биостанция УрГУ, Висимский заповедник, Восточно-Уральский государственный заповедник) и П.В. Рудоискателя. При сборе материала применялся комплексный метод исследования: сбор жуужков при помощи ловушек Барбера и маршрутный отлов при экспедиционном обследовании территории. Извлечение жуужелиц из ловушек проводилось через каждые 3–4 суток.

В Висимском заповеднике выявлено 45 видов, которые объединяются в 18 родов; в Восточно-Уральском заповеднике зафиксировано 54 вида, которые относятся к 16 родам; на территории Биологической станции УрГУ (по предварительным данным) обитает 98 видов из 28 родов.

Для анализа α -разнообразия были использованы индексы видового разнообразия Маргалефа, Менхиника, индекс Шеннона, в качестве меры доминирования — индекс Бергера-Паркера. Для анализа β -разнообразия применены индексы Жаккара, на его основе были построены дендрограммы биоценологического сходства изученных комплексов, а также использовался индекс

Чекановского-Серенсена. Для количественных данных рассчитывали коэффициент Серенсена.

Работа выполнена при поддержке РФФИ-Урал (проект № 07–04–96096).

ПЛОТНОСТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ В ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

И.П. Колотова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Рассмотрение экологии человека — экологии вида *Homo sapiens* на надорганизменном уровне (аналогичном и в определенной степени гомологичном популяционному уровню организации других биологических видов) приобретает особую важность (Кряжимский, Большаков, 2005). Сравнение различных математических описаний кривой роста населения людей показало, что динамика численности человечества лучше всего описывается гиперболическим уравнением (Базыкин, 1985; Капица, 1999). В последнее время прослеживается обратная связь рождаемости с показателем «благополучия», «стабильности» обществ, индексом которого может быть экономическая категория — величина годового валового национального продукта (ВНП) на душу населения (Медоуз и др., 1994).

Одним из способов популяционной саморегуляции (механизмы которой чрезвычайно разнообразны) часто выступает снижение удельной скорости прироста населения с ростом его плотности. Динамика численности человечества показывает тенденции, характерные для других видов: в последние годы скорость прироста населения замедляется (Медоуз и др., 1994). Поэтому можно предположить, что динамика численности популяционных систем человека обусловлена сочетанием «внутрипопуляционной конкуренции» с «внутрипопуляционной кооперацией», что описывается немонотонной кривой зависимости удельного прироста населения от его плотности (Alee et al., 1949). Математические модели этой зависимости довольно хорошо исследованы (Базыкин, 1985).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для анализа было выбрано 25 стран Европы, основные демографические характеристики которых рождаемость, смертность и удельная скорость изменения численности (на 1000 человек в год) — достаточно надежно прослежены за последние десятилетия. Соответствующие данные приведены в географическом ежегоднике The Word Factbook, публикуемом в электронном виде в сети Интернет (<https://www.cia.gov/cia/publications/factbook>).

В соответствии с общепринятой практикой, границей между «богатыми» и «бедными» странами считался уровень ВВП в \$10 000 в год (условные единицы). Кроме того, страны Европы для анализа были разделены на страны с высокой и низкой плотностью, границей выступала плотность в 50 человек/км². Таким образом, все 25 стран были разделены на четыре категории: (1) «Бедные» с низкой плотностью населения — Российская Федерация; (2) «Бедные» с высокой плотностью населения — страны Восточной Европы; (3) «Богатые» с низкой плотностью населения — страны Северной Европы и (4) «Богатые» с высокой плотностью населения — остальные страны Западной Европы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для иллюстрации возможности исследования зависимостей демографических характеристик от плотности, имеющих, в случае выполнения принципа Олли, немонотонный характер, при помощи стандартных статистических приемов (корреляционный и линейный регрессионный анализ) была построена простейшая имитационная модель, рандомизирующая зависимость типа Олли.

Результаты экспериментирования с моделью показали, что для диапазона, соответствующего восходящей части кривой, коэффициент корреляции принимает достоверно положительное значение. Для диапазона, лежащего в окрестностях максимума кривой, корреляция была недостоверной, а для нисходящей же части кривой корреляция была достоверно отрицательной. Анализ основных демографических характеристик показал, что в целом для стран Восточной Европы (включая Россию) наблюдается слабая отрицательная корреляция смертности с плотностью, в то время как рождаемость и удельный прирост не были достоверно связаны с плотностью (смертность, $r = -0.28$; $n = 157$, $p < 0.02$; рождаемость, $r = 0.008$, $n = 157$; NS; удельный прирост, $r = 0.12$; $n = 157$; NS). Для стран Западной Европы (включая Северную Европу), смертность достоверно увеличивалась с ростом плотности, а рождаемость и удельный прирост достоверно снижались (смертность, $r = 0.37$, $n = 295$, $p < 0.001$; рождаемость, $r = -0.36$; $n = 295$, $p < 0.001$; удельный прирост, $r = -0.43$, $n = 295$, $p < 0.001$).

Для Российской Федерации, рассмотренной отдельно от других стран Восточной Европы, также как и для стран Западной Европы, наблюдалось достоверное снижение рождаемости и удельного прироста с ростом плотности населения, также как и увеличение смертности (рис. 1).

Страны Восточной Европы («бедные» с высокой плотностью населения) показали достоверное слабое увеличение прироста численности с ростом плотности и снижение смертности (рис. 2).

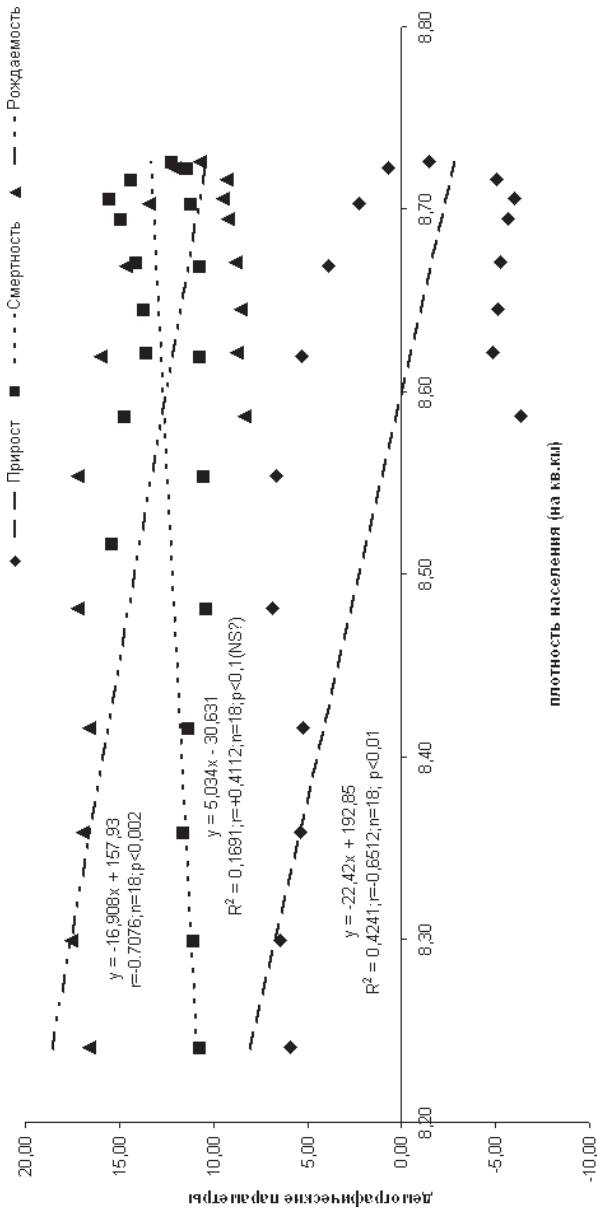


Рис. 1. Зависимость демографических параметров от плотности населения для РФ.

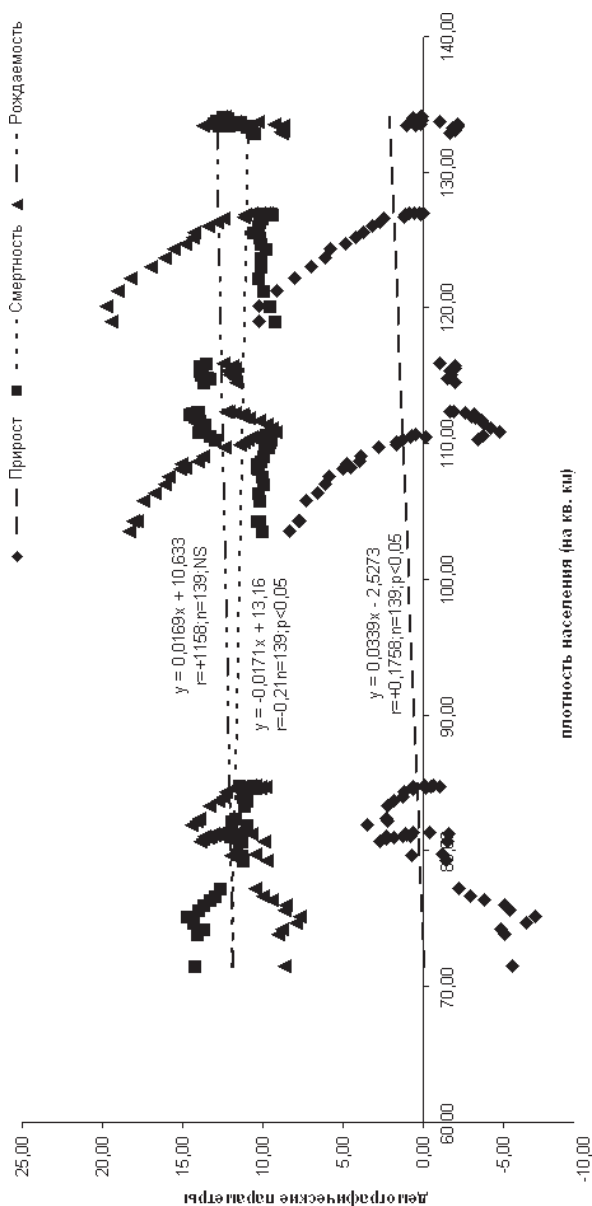


Рис. 2. Зависимость демографических параметров от плотности населения для стран Восточной Европы.

В странах Северной Европы («богатые» с низкой плотностью населения) наблюдалось высоко достоверное увеличение смертности и высоко достоверное уменьшение рождаемости и удельного прироста с ростом численности населения. В остальных странах Западной Европы наблюдалось достоверное увеличение смертности, а также снижение рождаемости и удельного прироста при повышении численности (смертность, $r = 0.43$, $n = 225$, $p < 0.001$; рождаемость, $r = -0.18$, $n = 225$, $p < 0.01$; удельный прирост, $r = -0.36$, $n = 225$, $p < 0.001$). Общих трендов изменения плотности населения за исследуемый период для стран всех групп не выявлено; наблюдались как отрицательные, так и положительные тренды, равно как и их отсутствие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ демографических характеристик показал, что выявляется их связь с плотностью населения. Характер этих связей в целом соответствует ожидаемым при соблюдении принципа Олли. Для Европы не выявлено значимого влияния уровня ВВП на демографические показатели, характерное для мира в целом. Результаты позволяют сделать предположение, что в странах Западной Европы и Фенноскандии зависимость демографических параметров от плотности населения представлена нисходящей ветвью кривой Олли (плотность выше оптимальной, при которой удельный прирост населения должен быть максимальным). В Российской Федерации тенденции зависимостей демографических показателей от удельной плотности такие же как и у «богатых» стран Европы. Результаты анализа позволяют сделать предположение о том, что плотность населения стран Восточной Европы не достигла оптимальной или близка к ней.

ЛИТЕРАТУРА

- Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М.: Наука, 1985. 181 с.
- Капица С.П. Общая теория роста человечества. М.: Наука, 1999. 190 с.
- Кряжимский Ф.В., Большаков В.Н. Надорганизменные системы в экологии человека // Экология. 2005. № 3. С. 163–170.
- Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста. М.: Изд. группа «Прогресс», «Пангея», 1994. 304 с.
- Allee W.C., Emerson A.E., Park O. et al. Principles of Animal Ecology. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 1949. 837 p.
- Central Intelligence Agency [Электрон. ресурс]. <https://www.cia.gov/cia/publications/factbook/>

ВЛИЯНИЕ МЕДИ И ЦИНКА НА КАТАЛАЗНУЮ И ИНВЕРТАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

А.С. Константинова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

Ферменты, являясь неотъемлемым и активным компонентом почвы, непосредственно участвуют в превращении вещества и энергии и играют важную роль в формировании специфических путей трансформации техногенных веществ. Одними из приоритетных загрязнителей почвы являются тяжелые металлы (ТМ). Наибольший интерес представляют так называемые потенциально-токсичные и относительно легко доступные ТМ. Поэтому для изучения влияния на ферментативную активность почвы были взяты такие элементы, как медь и цинк.

Лабораторные модельные эксперименты проводились на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием меди и цинка 2.1 и 7.2 мг/кг почвы соответственно (экстрагент ААБ $pH=4.8$). Металлы вносились в форме ацетатных солей в концентрации 1, 5 и 15 ПДК (ПДК для Cu = 50 мг/кг, для Zn = 60 мг/кг по Х.Чулджияну). Контролем служили образцы почв, увлажненные водой. По каждому уровню загрязнения ставилось три параллельных опыта. Для изучения динамики изменения активности ферментов образцы почвы отбирались через 10, 30, 70 и 210 суток от момента загрязнения. Каталазная и инвертазная активность определялись в трехкратной повторности по общепринятой методике.

Результаты анализа показали различную чувствительность ферментов к возрастающим дозам металлов. Максимальная активность каталазы наблюдалась в контрольном варианте (в среднем по всем срокам исследования активность каталазы составила 3.4 мл O_2 /г почвы за 1 мин.). В почве, загрязненной металлами, она была значимо ниже (при $p<0.05$). В опыте с Cu при 1 ПДК — 2.9, 5 ПДК — 2.7 и 15 ПДК — 2.2 мл O_2 /г почвы за 1 мин.; с Zn — 2.8, 2.4 и 2.2 мл O_2 /г почвы за 1 мин. соответственно). Регрессионный анализ показал, что активность каталазы зависит от содержания меди в почве во все сроки отбора проб, и обратно пропорциональна ему, то есть, чем выше концентрация металла, тем ниже активность фермента. В варианте с цинком наблюдаются аналогичные тенденции, но они носят достоверный характер не во все сроки исследования. Снижение активности каталазы, вероятно, связано с конкуренцией данных металлов с железом активного центра фермента, в результате чего нарушается его «рабочая» структура.

Для инвертазы достоверные отличия от контроля (в среднем 8.4 г глюкозы/5 г почвы за 24 ч.) выявлены для дозы меди 5 и 15 ПДК (6.0 и 5.0 г глюкозы/5 г

почвы за 24 ч. соответственно). При этом наблюдается эффект отложенного действия, то есть, чем больше времени проходит от момента загрязнения ацетатом меди, тем сильнее выражен токсический эффект. Вариабельность и неустойчивый характер изменения активности инвертазы в опыте с цинком свидетельствует об относительной толерантности фермента к данному уровню загрязнения.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ОХОТНИЧЬЕ-ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ И НА ЕЕ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

И.В. Корниенко, В.Н. Лойко

Омский государственный педагогический университет

Актуальность темы исследования определяется необходимостью изучения состояния популяций охотничье-промысловых животных и сравнительного анализа их экологической устойчивости в регионе в целом и на территории государственного заказника федерального значения «Баировский» в целях рационального использования ресурсов животного мира.

Цель работы — сравнение экологической стабильности населения охотничье-промысловых видов на территории Омской области в целом и Баировского заказника на основании анализа численности животных. Так как одним из природных факторов снижения обилия животных является недостаток пищи, рассмотрены соотношения численности хищников в Омской области и их кормовых объектов — грызунов.

Для анализа использованы показатели численности лесной куницы, колонка, горностая, степного хорька по данным зимних маршрутных учетов по Омской области за 1995–2006 гг. и в Баировском заказнике за 1986–2006 гг. Численность грызунов оценивалась по материалам полевых сборов зоогруппы отдела особо опасных инфекций Центра Госсанэпиднадзора в Омской области за 1995–2005 гг.

В Омской области средние многолетние показатели послепромысловой численности у исследованных видов составляли: у лесной куницы — 1381 ± 115 , у горностая — 7415 ± 980 , у колонка — 4668 ± 541 , у степного хорька — 2475 ± 320 экз. В Баировском заказнике средняя многолетняя численность лесной куницы была равна 31 ± 4 , горностая — 126 ± 33 , колонка — 100 ± 11 , степного хорька — 61 ± 9 экз.

Численность охотничье-промысловых видов семейства куньих на территории Омской области имеет тенденцию к снижению в последние три года,

кроме лесной куницы, у которой с 1999 г. отмечено повышение численности. Оценки численности горностая, колонка и степного хорька на территории Баировского заказника свидетельствуют об уменьшении обилия этих видов в начале XXI в. по сравнению с предыдущими годами. Изменения обилия лесной куницы имеют положительную направленность: с 2004 г. по настоящее время показатели послепромысловой численности этого хищника превышают средний многолетний показатель. Нами не выявлено выраженной взаимосвязи между колебаниями численности грызунов осенью предшествующего года.

Коэффициент вариации численности кунных в Омской области составлял у лесной куницы 30.32, у горностая — 45.78, у колонка — 31.55, у степного хорька — 44.78%. В Баировском заказнике изменчивости численности была более значительной и составляла у лесной куницы 65.65; у горностая — 153.87, у колонка — 55.45, у степного хорька — 66.64%. Таким образом, несмотря на то, что на территории заказника проводятся мероприятия, направленные на сохранение биоразнообразия и поддержание стабильного уровня численности животных, за исследованный период степень изменчивости численности представителей семейства кунных на территории заказника была значительно выше, чем в целом в регионе.

СООТНОШЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ (HYMENOPTERA PARASITICA), ЛЕТАЮЩИХ НА СВЕТ

Т.С. Костромина

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Исследования проводились на биологической станции УрГУ (Свердловская область, Сысертский район, окр. г. Двуреченска — подзона южной тайги, Средний Урал, июнь-июль 2006 г.) и в Восточно-Уральском государственном заповеднике (ВУГЗ, Челябинская область, Каслинский район; д. Метлино — подзона южной тайги, Южный Урал, август-сентябрь 2005–2006 гг.). Материалы собраны с помощью светоловушки. Сбор материала осуществлен П.В. Рудоискателем и автором лично. Всего было разобрано 2719 экземпляров паразитических перепончатокрылых.

По таксономическому составу исследуемые территории мало отличаются друг от друга. На них преобладают представители семейства Ichneumonidae (28–46%) и Braconidae (34–46%). Среди подсемейств семейства Braconidae на биологической станции УрГУ высока доля численности Euphorinae (55%) и Rogadinae (17%). На ВУРСе по численности преобладает подсемейство

Euphorinae, но доля его меньше (27–38%) за счет увеличения представителей подсемейства Cheloninae 2005 (54%).

Среди представителей семейства Braconidae, пойманных на свет, встречаются светлоокрашенные виды: представители родов *Meteorus*, *Zele* (Euphrinae), *Phanerotoma* (Cheloninae), *Aleiodes* (Rogadinae), представители подсемейства Doryctinae. Среди браконид широко распространена внутривидовая изменчивость по окраске и светлая окраска не может свидетельствовать о ночном образе жизни наездника. Более значимое отличие летящих на свет браконид — увеличенные глазки, что указывает на смещение активности на сумеречное время (Тобиас, 1966). Данный признак часто встречается у представителей рода *Aleiodes*.

Автор признателен П.В. Рудоискателю за предоставленный материал.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-Урал (проект № 07–04–96096).

ЛИТЕРАТУРА

Тобиас В.И. Наездники-бракониды (Hymenoptera; Braconinae), собранные на свет кварцевой лампы в Туркмении, их изменчивость и морфологические приспособления // Зоологический журнал. 1966. Т. 45. Вып. 12. С. 1513–1522.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ НАСЕЛЕНИЯ ГРЫЗУНОВ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ СРЕДЫ

Ю.В. Крашанинина*, М.В. Чибиряк**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург,

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

В 2007 г. исполняется 50 лет с момента аварии на производственном объединении «Маяк» в Челябинской области. Исследование последствий радиоэкологической катастрофы развивалось в сторону изучения эффектов, связанных с влиянием ионизирующего облучения на биоту. В настоящее время на первый план выходят исследования отдаленных последствий влияния хронического облучения на популяции млекопитающих и механизмов их радиоадаптации. Особое место занимают исследования биоразнообразия эколого-фаунистических комплексов, существующих на протяжении более 50 поколений на радиационно-загрязненных территориях.

Цель работы: изучение экологических особенностей сообществ мелких млекопитающих, обитающих на радиационной и контрольной территориях Восточно-Уральского государственного заповедника на разных фазах динамики численности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал был собран во второй половине августа 2003–2005 гг. на двух участках, выбранных для сравнительного анализа. Импактный — район в головной части ВУРСа с уровнем радиационного загрязнения 1000 Ки/км² (разреженный березняк паркового типа с включениями сосны и небольшими куртинками ивы и подростом березы). Объединенный контроль — окрестности пос. Метлино, берег оз. Кожакуль (сосново-березовые массивы с зарослями сорно-бурьянной растительности).

За три года отработано 7 600 ловушко-суток. Для оценки биоразнообразия использовали следующие индексы: видового богатства Маргалефа, разнообразия Шеннона и Животовского, выравнимости Пиелу, доминирования Симпсона и Бергера-Паркера (Мэгарран, 1992; Лебедева и др., 1999). Сходство вариантов населения животных определяли по коэффициенту Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}) для количественных показателей в форме β , не чувствительному к разным размерам выборок (Песенко, 1982).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За три года отлова животных 2003 является годом пика, 2004 — депрессии, 2005 — подъема численности мелких млекопитающих. Эти годы хорошо отражают трехлетний цикл спада и подъема численности, характерный для цикломорфных животных (таблица).

Таблица. Число особей и обилие (экз./100 л.-с.) мелких млекопитающих, отловленных на контрольной и импактной территориях

Вид	2003		2004		2005	
	контроль	импакт	контроль	импакт	контроль	импакт
<i>Sylvaeus uralensis</i>	69 (7.11)	19 (1.27)	43 (2.95)	5 (0.56)	61 (4.88)	26 (1.71)
<i>Apodemus agrarius</i>	52 (5.36)	3 (0.20)	2 (0.14)	3 (0.33)	17 (1.36)	15 (0.98)
<i>Clethrionomys rutilus</i>	35 (3.61)	35 (2.33)	25 (1.72)	2 (0.22)	37 (2.96)	6 (0.39)
<i>Microtus agrestis</i>	14 (1.44)	195 (13.00)	7 (0.48)	2 (0.22)	31 (2.48)	100 (6.56)
<i>Microtus oeconomus</i>	58 (5.98)	9 (0.60)	20 (1.37)	1 (0.11)	8 (0.64)	1 (0.07)
<i>Microtus arvalis</i>	18 (1.86)	3 (0.20)	-	-	1 (0.08)	44 (2.89)
<i>Microtus gregalis</i>	-	-	-	-	1 (0.08)	-
<i>Sorex sp.</i>	31 (3.20)	38 (2.53)	6 (0.41)	1 (0.11)	54 (4.32)	33 (2.17)
<i>Neomys fodiens</i>	1 (0.10)	-	-	-	-	-
<i>Sicista betulina</i>	-	-	1 (0.07)	-	-	1 (0.07)
<i>Mus musculus</i>	-	-	-	-	-	1 (0.07)
Всего особей	278	302	104	14	210	227
χ^2	275.51		0.65		118.16	
d.f.	6		2		5	
p	<< 0.001		>> 0.05		<< 0.001	

На контрольном участке видом-доминантом является малая лесная мышь, на импактном — пашенная полевка, за исключением года депрессии, когда уменьшение ее численности привело к смене доминанта. Структура видов-субдоминантов на контрольной территории устойчива, к ним относятся красная полевка, полевая мышь и полевка-экономка. На импактном участке численность субдоминантов подвержена резким флуктуациям, в разные годы к ним относятся разные виды.

Оценка однородности структуры населения (по видам, для которых ожидаемые частоты в ячейках таблицы сопряженности, в предположении однородности >3) на загрязненной и фоновой территориях показала, что структура населения неоднородна в годы с высокой численностью животных и однородна в год депрессии (таблица). На контрольной территории распределение видов по численности за три года сходно, в то время как в импактной наблюдались значимые различия. В год депрессии сокращение численности животных на импактной территории выражено сильнее, чем на контрольной. Вероятно, это указывает на повышенную чувствительность животных, обитающих в условиях радиоактивного загрязнения, к дополнительным экстремальным нагрузкам.

Ранговое распределение по обилию видов на контрольной территории выражается плавными кривыми на графике. На импактном участке в годы с высокой численностью грызунов распределение ранг-обилие резко отличается за счет выделения абсолютного доминантного вида (рис. 1). В год депрессии распределение по обилию видов близко на всех участках.

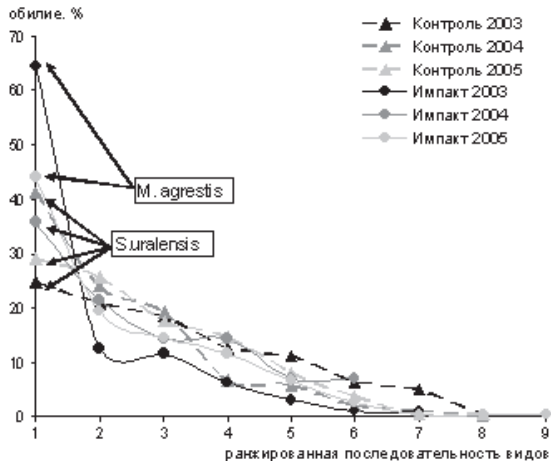


Рис. 1. Ранговое распределение по обилию видов на контрольной и импактной территориях.

На контрольном участке число видов стабильно в разные годы, а на импактном снижается в год депрессии численности животных (см. табл.). Обилие животных изменяется синхронно на обоих участках, однако вне зоны радионуклидного загрязнения оно выше. Изменения индексов разнообразия имеют разный характер на фоновой и загрязненной территориях в год депрессии численности (рис. 2).

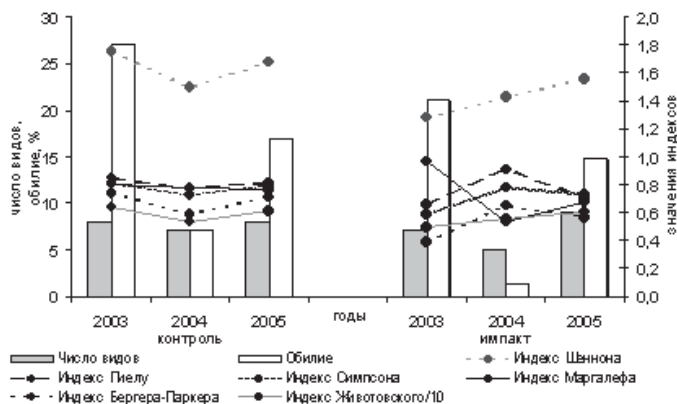


Рис. 2. Соотношение числа видов, обилия и статистических индексов биоразнообразия.

Значения индекса видового богатства показывают, что на контрольном участке оно стабильно, тогда как на импактном резко уменьшается в год депрессии численности, что связано с уменьшением числа видов. Индексы неоднородности, основанные на относительном обилии видов, одновременно учитывают и выравненность, и видовое разнообразие. На контрольной территории в год низкой численности разнообразие (индекс Шеннона) уменьшается, при этом возрастает доминирование отдельных видов (индексы Симпсона и Бергера-Паркера). На импактной территории в год депрессии численности животных, наоборот, разнообразие повышается, при этом уменьшается доминирование. Выравненность обилия видов (индекс Пиелу) в контроле стабильна. На импактном участке в годы пика и подъема численности выравненность низка при высоком обилии вида-доминанта. Используемый нами индекс разнообразия Животовского является более зависимым от изменения обилия редких видов. На фоновой территории в год депрессии численности редких видов меньше, на что и указывает значение индекса. На импактной — значение индекса стабильно возрастает в исследованный период.

Судя по значениям различных индексов, происходит увеличение биоразнообразия животных на импактной территории в год депрессии численности по сравнению с контрольной. Это отражает уменьшение обилия вида-доминанта (пашенной полевки) до 14%. В год подъема численности оно восстановилось до 45%, а в год пика численности составило более 60% от общей численности животных.

Сходство видовых составов сообществ мелких млекопитающих, населяющих импактную и контрольную территории ВУРСа, оценивали с помощью индекса общности Чекановского-Сьеренсена (рис. 3). Контрольные и импактные выборки мелких млекопитающих имеют высокое различие по индексу общности, за исключение года депрессии. При снижении численности сообщество на импактной территории проявляет высокое сходство с контрольными группировками за счет смены вида доминанта, а также снижения общего числа видов и отсутствия редких видов.

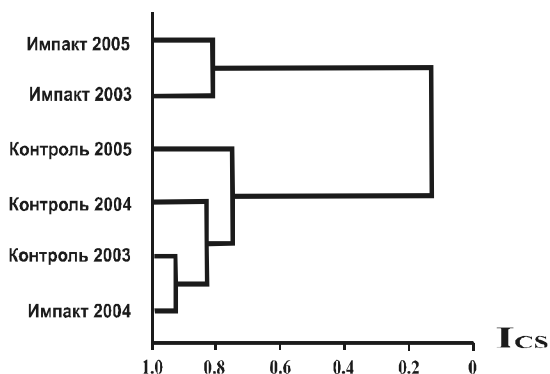


Рис. 3. Дендрограмма сходства видовых составов сообществ мелких млекопитающих, населяющих импактную и контрольную территории ВУРСа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распределение видов и их обилие на контрольном участке сходно на разных фазах динамики численности. На импактной территории произошли смена вида-доминанта и снижение числа видов в год депрессии численности животных.

Обилие животных в разные годы на обоих участках меняется синхронно, но на загрязненной территории обилие ниже, вследствие биотопических различий и влияния радиационного фактора.

Оценка биоразнообразия показала, что на фоновом участке в год низкой численности разнообразие снижается, при этом усиливается доминирование отдельных видов. На импактном, напротив, разнообразие растет, а доминирование уменьшается в год депрессии численности.

За исследованный период (за исключением года депрессии) население мелких млекопитающих контрольных и импактных участков значительно различаются по индексу общности Чекановского-Сьеренсена. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-04-96096).

ЛИТЕРАТУРА

- Лебедева Н.В. Дроздов Н.Н., Криволуцкий Д.А. Биоразнообразие и методы его оценки: Учебное пособие. М.: Моск. Ун-т, 1999. 95 с.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ С КЛИМАТОМ

В.В. Кукарских, Л.И. Агафонов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Масштабные изменения климата последних десятилетий стали объектом исследования многих научных дисциплин. Наиболее обсуждаемым является эффект глобального потепления, который сопровождается изменением температурного режима и режима увлажнения. Изменения увлажненности в первую очередь сказываются на экосистемах, расположенных в зоне недостаточной обеспеченности атмосферными осадками. На Южном Урале такие экосистемы представлены в лесостепной и степной зонах. Известно, что древесная растительность является надежным индикатором изменений природной среды и климата (Fritts, 1976; Schweingruber, 1996), поэтому знание количественных зависимостей прироста древесных растений от климатических факторов составляет основу для реконструкций климата прошлого и прогноза возможных изменений в экосистемах при ожидаемых изменениях локального и регионального климата.

В отличие от северных и горных территорий Урала, где главным лимитирующим фактором является температура воздуха летних месяцев, в лесостепной зоне Южного Урала (в условиях недостаточного увлажнения) влияние климата на рост древесных растений имеет более сложный характер. В период

вегетационного сезона высокие температуры воздуха оказывают отрицательное, а осадки — положительное влияние на величину прироста, кроме того, положительно влияют на прирост осадки холодного периода года, предшествующего сезону вегетации (Кукарских, 2006).

РАЙОН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сбор материала проводился в четырёх островных борах, расположенных в лесостепной и степной зонах Южного Урала на территории Челябинской (ряд *CST* с. Степное, Троицкий район; ряд *CDK* с. Джабык Карталинский р-н; ряд *CPC* с. Песчанка Кизильский р-н) и Оренбургской областей (ряд *CAL* с. Аландское Кваркенский р-н, рис. 1). Все местообитания представляют собой естественные, изреженные лесные массивы, приуроченные к выходам горных пород, произрастающие на маломощных почвах. Все древостои — редкостойные с полнотой 0.3–0.4. Это является важным фактором при отборе образцов для дендроклиматических исследований, поскольку в таких древостоях уменьшается фитоценогическое влияние между деревьями и усиливается климатическая составляющая сигнала, содержащегося в древесных кольцах.

На каждой площадке с 15–16 деревьев были взяты керны по одному или двум радиусам на высоте 0.3–0.4 м. Всего было собрано 84 керна с 62 деревьев. Обработка материала осуществлялась по стандартной методике (Шиятов и др., 2000). На полуавтоматической системе TSAP-LINTAB (Rinn, 1996) была измерена ширина ранней древесины и ширина поздней древесины каждого годичного кольца, величина общей ширины кольца была получена суммированием измеренных значений по каждому году (рис. 2). В качестве критериев разделения ранней и поздней древесины мы использовали следующие анатомические признаки: форма и размер клеток, толщина клеточных стенок, наличие смоляных каналов.

После процедуры перекрёстного датирования были получены 84 индивидуальных древесно-кольцевых хронологий (ДКХ). Для устранения возрастного тренда, а также влияния индивидуальных особенностей деревьев на величину радиального прироста все индивидуальные хронологии были стандартизированы методом негативной экспоненты. Поскольку все хронологии имели высокую автокорреляцию I-го порядка (коэффициент автокорреляции варьировал от 0.06 до 0.51), то после процедуры стандартизации ряды подвергли «выбеливанию», то есть устранили влияние прироста предшествующего года на прирост последующего. Обе операции были выполнены в программе ARSTAN (Holmes, 1998), в результате были получены 12 обобщённых ДКХ индексов прироста сосны (табл. 1)

Высокие коэффициенты чувствительности общей ширины кольца, ранней древесины (в среднем 0.42) и, особенно, поздней древесины (0.57)



Рис. 1. Карта района исследования: звёздочками обозначены места сбора образцов древесины, серыми кружками — метеостанции.

свидетельствуют о сильном влиянии климатических факторов на процессы радиального роста деревьев в этих условиях (см. табл. 1).

Для расчета связи радиального прироста с климатическими параметрами использовались среднемесячные данные по температуре воздуха и количеству осадков с трёх метеостанций: Троицк, Карталы, Бреды, расположенных

Таблица 1. Основные характеристики обобщённых ДКХ

Название лесного массива и код ДКХ	Хроно- логия	Кол-во деревьев	Кол-во кернов	Интервал, гг.	Длина ряда (лет)	Чувстви- тельность	Авто- корр. 1- го пор.
Степное, CST	rw	15	20	1895-2004	109	0.31	0.45
	ew					0.34	0.39
	lw					0.57	0.27
Джабык CDK	rw	16	20	1780-2004	224	0.33	0.46
	ew					0.33	0.42
	lw					0.55	0.31
Песчанка CPC	rw	15	18	1790-2004	214	0.36	0.52
	ew					0.35	0.34
	lw					0.61	0.34
Аландское CAL	rw	16	26	1913-2004	91	0.39	0.29
	ew					0.39	0.30
	lw					0.57	0.06

Примечание: rw – общая ширина кольца, ew – ширина ранней древесины, lw – ширина поздней древесины

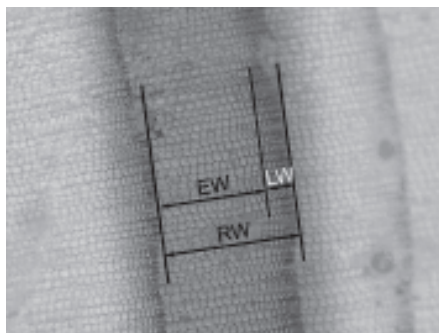


Рис. 2. Схема измерений параметров прироста:
EW (early wood) — ранняя древесина,
LW (later wood) — поздняя древесина,
RW (ring width) — годовичное кольцо.

в среднем на удалении 45 км от точек сбора образцов (рис. 1). Использовались метеорологические ряды с доступной протяженностью 44 года (с 1961 по 2004 гг.).

Для оценки комплексного влияния климатических условий на радиальный прирост деревьев мы попытались найти интегральный показатель, отражающий комплексное влияние осадков и температуры воздуха на него. Аналогом такого коэффициента послужил гидротермический коэффициент Селянинова. При расчете гидротермических показателей учитывали тот факт, что

доступность влаги во время вегетационного периода является основным критерием при оценке величины радиального прироста. Исходя из этого, рассчитанные коэффициенты представляют собой отношения сумм осадков за определённые месяцы к суммам среднемесячных температур. Затем с помощью коэффициентов корреляции и объясняемой доли дисперсии климатических переменных в изменчивости индексов прироста в программе STATISTICA рассчитывалась теснота связи вычисленных коэффициентов с параметрами прироста — шириной ранней и поздней древесины, а также общей шириной годичного кольца.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего было рассчитано более 40 различных гидротермических показателей, после проведения первичного анализа были отобраны 11, имеющих наиболее сильные связи с индексами прироста. Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 2.

Величина общей ширины кольца (для хронологий *CST*, *CDK*, *CPC*) имеет тесную связь с гидротермическим показателем, отражающим условия увлажнения с августа предшествующего по июль текущего года и температурные ус-

ловия вегетационного периода — с мая по июль ($x = \frac{\sum_{осад} 8p - 7}{\sum_{темпл} 5 - 7}$, $r = 0.64 - 0.69$,

$p < 0.01$). В отличие от остальных тест-полигонов, на прирост сосны в самой южной точке «Аландское» (хронология *CAL*) не оказывают влияние осадки ав-

густа и сентября предшествующего года ($x = \frac{\sum_{осад} 10p - 7}{\sum_{темпл} 5 - 7}$, $r = 0.54$, $p < 0.01$).

Связь ширины годичного прироста с гидротермическими условиями мая-

июля также очень сильна ($x = \frac{\sum_{осад} 5 - 7}{\sum_{темпл} 5 - 7}$, $r = 0.45 - 0.57$, $p < 0.01$), что свидетель-

ствует о решающем влиянии условий вегетационного периода на величину прироста. Коэффициенты корреляции индексов общей ширины кольца у хронологии *CAL* с климатическими показателями несколько ниже по сравнению с другими хронологиями. Различия в отклике и силе связи между разными точками, скорее всего, отражают местные условия произрастания (почвенные, микроклиматические).

Отклик ранней древесины в точности повторяет реакцию общей ширины годичного кольца на климатические условия, что вполне закономерно, поскольку индексы прироста ранней древесины и индексы годичного прироста сильно коррелируют между собой ($r = 0.92 - 0.97$, $p < 0.01$). Значения коэф-

коэффициентов корреляции между приростом ранней древесины и гидротермическими показателями несколько меньше по сравнению с корреляцией между

теми же показателями и шириной кольца ($x = \frac{\sum_{\text{осад}} 8p - 7}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}$, $r = 0.54 - 0.68$, для хронологии *CAL* $x = \frac{\sum_{\text{осад}} 10p - 7}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}$ $r = 0.47$, $p < 0.01$).

Величина ранней древесины, как и общая ширина кольца, главным образом определяется условиями мая-июля. При этом осадки осенне-зимнего периода в большей степени влияют на рост ранней древесины, чем на ширину кольца в целом.

Отклик поздней древесины на климатические переменные представляет наибольший интерес с точки зрения построения дендроклиматических реконструкций. Все хронологии по поздней древесине имеют сильные корреляционные связи с суммами осадков вегетационного периода для хронологий *CDK*, *CPC*, *CAL* для периода май — август ($x = \frac{\sum_{\text{осад}} 5 - 8}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}$, $r = 0.58 - 0.68$, $p < 0.01$), а для хронологии *CST* май — июль ($x = \frac{\sum_{\text{осад}} 5 - 7}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}$, $r = 0.44$, $p < 0.01$). При этом связь с гидротермическими условиями вегетационного периода, как правило, ниже (за исключением хронологии *CDK*). Это говорит о том, что температуры вегетационного сезона не оказывают значительного влияния на формирование поздней древесины. Таким образом, можно утверждать, что ширина поздней древесины главным образом зависит от количества осадков, выпадающих в период вегетации.

Анализ вклада климатических параметров в изменчивость индексов прироста показал, что в от 32 до 47% изменчивости ширины годичного кольца объяс-

няется коэффициентами $x = \frac{\sum_{\text{осад}} 10p - 7}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}$ (для хронологии *CAL*) и $x = \frac{\sum_{\text{осад}} 8p - 7}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}$ (для всех остальных). Те же коэффициенты объясняют от 22 до 46% дисперсии индексов ранней древесины. Вклад осадков вегетационного периода ($x = \frac{\sum_{\text{осад}} 5 - 8}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}$) в изменчивость индексов поздней древесины составляет 20–46%.

Если обратиться к анализу диаграмм рассеяния индексов прироста (рис. 3), то можно заметить, что значительно влияние на величину объясняемой дисперсии оказывают значения, резко выпадающие из основного распределения. Исключение этих «выбросов» увеличивает долю объяснимой дисперсии в 1.5 раза (на примере с 32 до 51%).

Такие выпадающие значения наблюдаются во всех диаграммах рассеяния, и характерны для связей всех параметров годичного прироста с климатом.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между индексами прироста сосны и гидротермическими показателями

Гидротермический коэффициент, x	Хронология											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
$\sum_{\text{сд}^7} \frac{8p-7}{5-7}$	0,68	CDK-ew	CPC-ew	CAL-ew	CST-Iw	CDK-Iw	CPC-Iw	CAL-Iw	CST-Iw	CDK-Iw	CPC-Iw	CAL-Iw
$\sum_{\text{сд}^7} \frac{9p-7}{5-7}$	0,66	0,54	0,64	0,35	0,32	0,63	0,62	0,42	0,68	0,64	0,69	0,42
$\sum_{\text{сд}^8} \frac{9p-7}{5-8}$	0,67	0,46	0,58	0,36	0,31	0,66	0,60	0,48	0,67	0,57	0,64	0,45
$\sum_{\text{сд}^8} \frac{9p-7}{5-7}$	0,65	0,47	0,59	0,37	0,31	0,64	0,59	0,48	0,68	0,58	0,64	0,46
$\sum_{\text{сд}^8} \frac{10p-7}{5-8}$	0,62	0,42	0,55	0,39	0,25	0,66	0,58	0,44	0,65	0,54	0,61	0,48
$\sum_{\text{сд}^8} \frac{10p-7}{5-7}$	0,48	0,42	0,54	0,47**	0,25	0,66	0,60	0,52	0,62	0,54	0,60	0,56
$\sum_{\text{сд}^7} \frac{5-7}{5-7}$	0,48	0,43	0,43	0,32	0,42	0,68	0,56	0,59	0,57	0,57	0,51	0,45
$\sum_{\text{сд}^7} \frac{5-7}{5-8}$	0,42	0,40	0,39	0,40	0,38	0,69	0,56	0,59	0,56	0,57	0,51	0,45
$\sum_{\text{сд}^8} \frac{5-8}{5-8}$	0,44	0,37	0,37	0,29	0,44	0,67	0,58	0,66	0,50	0,54	0,49	0,54
$\sum_{\text{сд}^8} \frac{5-7}{5-8}$	0,37	0,33	0,33	0,38	0,40	0,68	0,58	0,59	0,54	0,51	0,46	0,43
$\sum_{\text{сд}^8} \frac{5+7}{5-7}$	0,24	0,17	0,22	0,12	0,43	0,52	0,45	0,57	0,39	0,31	0,32	0,28

Примечание: * – буква «p» после номера месяца обозначает, что в числителе представлена сумма осадков за предшествующий вегетационному сезону период, например: $x = \sum_{\text{сд}^8} 8p-7$ – сумма осадков с августа прошлого года по июль текущего; максимальные значения коэффициентов выделены жирным. Все коэффициенты значимы при $p < 0,05$.

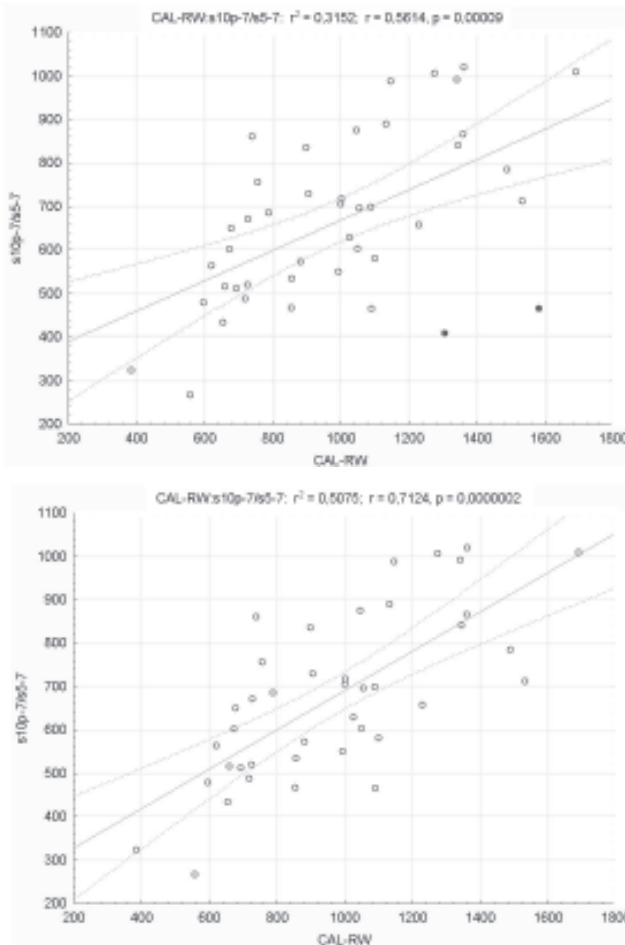


Рис. 3. Диаграммы рассеяния (индексы прироста ширины годичных колец хронологии CAL — гидротермический показатель

$$\frac{\sum_{\text{осад}} 10p - 7}{\sum_{\text{темпл}} 5 - 7}.$$

На верхней диаграмме точки значений выбросов отмечены заливкой, внизу приведены значения той же диаграммы без выбросов.

Вероятнее всего, «выбросы» связаны с влиянием на прирост факторов не климатического характера (вспышки численности хвое-листогрызущих насекомых, пожары).

В заключение следует отметить, что рассмотренные связи параметров древесины с климатическими переменными могут отражать различные климатические условия, как сезона вегетации, так и предшествующих ему месяцев. Общая ширина годичного кольца и ширина ранней древесины больше отражают связи с климатом в период с сентября-октября предшествующего

года по сезон вегетации текущего, а ширина поздней древесины отражает связи прироста с климатическими условиями за более короткий период, как правило, за сезон вегетации текущего года прироста. Использование такого рода подхода в дендроклиматических исследованиях позволит получать более широкий спектр реконструкций различных климатических переменных и их комплексных показателей.

ЛИТЕРАТУРА

- Кукарских В.В. Что влияет на радиальный прирост деревьев в условиях сухого климата? // Экология в меняющемся мире: Материалы конференции молодых ученых, Екатеринбург. 2006. С. 120–122.
- Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В. и др. Методы дендрохронологии. Часть 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск. Издательский центр Красноярского гос. университета. 2000. 80 с.
- Fritts H. Tree rings and climate. London, New York, San Francisco: Academic Press, 1976. 567 p.
- Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring data and measurement. // Tree-ring bulleting. 1983. Vol. 43. P. 69–78.
- Rinn F. TSAP. Reference manual. Version 3.0. Heidelberg, Germany, 1996. 263 p.
- Schweingruber F.H. Tree rings and environment. Dendroecology. Paul Haupt Publishers Bern, Stuttgart, Vienna. 1996, 609 p.

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ НА ПРИМЕРЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ПРЫГОВСКОЕ ГОРОДИЩЕ (КУРГАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.Я. Кунгурцев

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Почвенный покров — один из важнейших компонентов наземных экосистем — результат закономерного развития физико-географической обстановки ландшафта, при полном или частичном уничтожении проявляет способность к самовосстановлению. Однако процесс восстановления почвы и её отдельных признаков занимает десятки и сотни тысяч лет. Хронологическое несоответствие между темпами нарушения и восстановления обуславливает противоречие между естественной воспроизводимостью почв и практической невоспроизводимостью многих свойств почв для человека. Цель

исследования — изучение экологических особенностей почвообразования на примере антропогенно-нарушенных земель археологического памятника Прыговское городище.

Городище расположено в лесостепной зоне на территории Курганской области. Климат континентальный. Гидротермический коэффициент — 0.8–1.0. Сумма осадков — 325–375 мм. Прыговское городище представлено укреплениями в виде двойной подковообразной линии рвов и валов, ограничивающих небольшую округлую площадку на мысовой возвышенности пойменного острова в старице р. Исеть. Ширина валов — от 3 до 7 м, высота — от 0.4 до 2 м. Ширина рвов — от 5 до 7 м и глубина — от 0.6 до 1.5 м. Общая протяжённость наружной линии укреплений — 160 м. Объект датируется X–XIII в. н.э.

В морфологическом облике почв дифференцируются основные генетические горизонты. Мощность самого верхнего горизонта A_0 (опад) — 1 см. Следующий за ним горизонт дернины (A_d) — от 3 до 5 см. Во рвах дернина более плотная, а на валах — более рыхлая. Мощность гумусовых горизонтов A+B (AB) погребённой почвы (46–81 см) больше, чем в почвах насыпи (18–58 см) и рвов (28–50 см). Содержание гумуса во вновь образующейся почве резко падает с глубиной и составляет 2.4–3.8% в 30-сантиметровом слое на валу, что примерно в два раза меньше значений во рву 3.8–6.4% в слое равной мощности. Тип гумуса — фульватно-гуматный. Величина pH водной вытяжки почв во рву (5.4–6.6) и почв насыпи валов (5.6–6.9) — более кислая, чем для погребённой почвы (6.0–6.9). Обменная кислотность проявляет те же особенности: почвы насыпи — 4.8–6.4, почвы рвов — 4.4–5.8, погребённые почвы — 5.1–6.5. Распределение гидролитической кислотности резко убывает с глубиной. В почве валов, на глубине 120 см, значения гидролитической кислотности составляют 0.7–1.2 мг/экв/100 г, ЕКО — 3.40–5.0 мг/экв/100 г. Во рвах, на глубине 80 см, ЕКО — 2.0–2.8 мг/экв/100 г и величина гидролитической кислотности — 1.14–1.2 мг/экв/100 г. Распределение подвижных и обменных катионов в профиле насыпи, погребённой почвы и почв рвов соответствует S-образной кривой. Минимум распределения илистой фракции, связанной с обменными и подвижными формам катионов, в насыпях валов наблюдается на глубине 30 см, во рвах — 60 см, в погребённой почве — 100 см. Подвижные формы железа Fe_2O_3 проявляют положительную взаимосвязь с распределением илистой фракции. Так на глубине 30 см в насыпи валов содержание подвижного железа равно 0.11–0.12%, в почвах рвов на глубине 60 см — 0.07–0.08% и в погребённых почвах на глубине 100 см — 0.01–0.11%. На основании полученных результатов мы можем сделать предположение, что на одинаковых почвообразующих породах (рыхлые и связанные пески) на валах и во рвах формируются

почвы, близкие к типу дерновых почв, в то время как погребённые почвы наиболее близки к типу серых лесных почв, что может быть связано с изменением климатических условий в гумидную сторону.

СОСТОЯНИЕ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS*) В ЛЕСОПАРКАХ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Р.Н. Лаишевцев

Уральский государственный лесотехнический университет

Основными целями исследования были оценка пораженности древостоев корневой и стволовой гнилью и анализ состояния древостоев. Объектами исследования были городские лесопарки: Юго-западный и имени Лесоводов России. Основной древесной породой является сосна обыкновенная 4–6 класса возраста. Обследование проводилось методом закладки временных пробных площадей, маршрутным методом, путем взятия кернов приростным буром из ствола и всех корневых лап через каждые 50 м по трансектам.

Лесопарки находятся на территории, подверженной интенсивной антропогенной и техногенной нагрузке. В среднем выявлена вторая и третья стадии антропогенной трансформации. В этих условиях пораженность сосны корневой и стволовой гнилью достаточно велика. Средний уровень пораженности — от 30 до 78%. Преобладает развитая стадия заболевания. От 5 до 26% больных деревьев несут плодовые тела. Различия в пораженности обусловлены, в основном, различиями в возрасте древостоев. Имеется тесная положительная взаимосвязь возраста, диаметра и степени пораженности деревьев корневой гнилью. У 70% пораженных деревьев поражена одна корневая лапа, у оставшихся 30% — две и более. Среди пораженных деревьев в лесопарках (Юго-западном и Лесоводов России) преобладают деревья с центральной гнилью (57 и 75% соответственно), пораженных только периферической гнилью меньше — 29 и 20%, одновременно двумя видами гнилей — 14 и 23%.

Заметных очагов куртинного усыхания древостоев от корневой гнили нет. Древостои, хотя и ослаблены, в целом находятся в устойчивом состоянии и угроза распада пока отсутствует. Ключевыми факторами поражения сосны являются техногенная и антропогенная нагрузка, климатический фактор и преобладание перестойных деревьев.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ И ЭКОЛОГИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. НА ТЕРРИТОРИИ ИЛЬМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА

С.А. Лесина

Институт экологии растений и животных УрО РАН г. Екатеринбург

Cypripedium calceolus L. — редкий бореальный евроазиатский вид, занесенный в Красную Книгу РСФСР. Для охраны редких видов необходимо знание особенностей произрастания и структуры популяций растений во всех частях ареала.

Исследование проводилось в 2006 г. в Ильменском государственном заповеднике, где венерин башмачок настоящий встречается часто небольшими популяциями по 30–50 особей. Изучены большие популяции (в которых было не менее 100 растений) в разных частях заповедника. За счетную единицу принимали один партикулярный побег. В Южном лесничестве (117 кв.) популяция состоит из 159 особей, с плотностью произрастания 109 особей на 0.25 га; в Центральном лесничестве (110 кв.) — около 2500 растений (250–300 особей на 0.25 га); 216 растений в 75 кв., с плотностью 216 особей на 0.25 га. *Cypripedium calceolus* произрастает плотными куртинами, так как размножается, в основном, вегетативно. В заповеднике этот вид обладает узкой амплитудой условий произрастания. Предпочитает умеренное увлажнение, встречается в березовых, сосново-березовых, сосново-осиново-березовых разнотравных лесах, в травяно-кустарничковом ярусе которых преобладают *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth., *Aegopodium podagraria* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *L. pisiformis* L., *Trollius europaeus* L., *Rubus saxatilis* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Vicia cracca* L., *Veronica chamaedrys* L., *Fragaria vesca* L., *Viola canina* L., *V. mirabilis* L.

В онтогенетическом спектре башмачка выделяли следующие возрастные стадии: проросток, ювенильный, иматурный, виргинильный; генеративные растения (g_1 , g_2 , g_3 отличаются мощностью развития побега), сенильные. В зависимости от соотношения особей разных возрастных стадий популяции характеризовали следующими возрастными спектрами: вегетативно-ориентированный, генеративно-ориентированный, бимодальный (Горчаковский, Игошева, 2003). В двух популяциях (117 и 110 кв.) возрастной спектр был генеративно-ориентирован с преобладанием особей g_2 -группы, а в 75 кв. — бимодальный с пиками, приходящимися на виргинильные и зрелые генеративные растения.

Состояние популяций *Cypripedium calceolus* в Ильменском заповеднике на данный момент стабильно и в дополнительных мерах охраны этот вид не нуждается.

Работа выполнена при финансовой поддержки гранта ННП-5555.2006.4.

ЛИТЕРАТУРА

Горчаковский П.Л., Игошева Н.И. Мониторинг популяции орхидных в уникальном месте их скопления на Среднем Урале // Экология. 2003. № 6. С. 403–409.

РАЗВИТИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ РЕАКЦИЙ У *ELODEA CANADENSIS* MICHX. ПРИ ВОЗРАСТАНИИ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАДМИЯ И НИКЕЛЯ В СРЕДЕ

М.Г. Малёва, Е.М. Иванова, А.А. Ермошин

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Тяжелые металлы (ТМ) относятся к числу наиболее опасных загрязняющих веществ. Поступление ТМ в водные экосистемы в результате часто приводит к необратимым изменениям и нарушениям жизненно важных функций у живых организмов. В литературе имеются сведения о воздействии отдельных ионов на растения, однако мало изучено совместное действие нескольких металлов. Целью нашей работы было изучение развития антиоксидантных реакций в листьях *Elodea canadensis* Michx. при возрастании концентрации Cd^{2+} , Ni^{2+} и совместном присутствии металлов в среде.

Работа проведена в модельных экспериментах. Побеги *E. canadensis* инкубировали в течение пяти суток на 5%-й среде Хогланда-Арнона I. В опытных вариантах в среду добавляли отдельно сульфаты кадмия, никеля и совместно оба металла в концентрации 0, 0.05, 0.25 и 1.0 мг/л по металлу. В листьях гидатофита определяли уровень перекисного окисления липидов, активность антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы, пероксидазы, глутатионредуктазы) и содержание небелковых тиолов.

Универсальной ответной реакцией на стресс является образование активных форм кислорода (АФК), перекисное окисление липидов (ПОЛ) мембран. Все исследованные концентрации ТМ вызвали повышение уровня ПОЛ. Наибольшее окисление наблюдали при действии ионов Cd^{2+} (в два раза), наименьшее — Ni^{2+} (в 1.3 раза). Защита клетки от воздействия супероксидного радикала происходит при участии супероксиддисмутазы (СОД). Продукт реакции — перекись водорода — нейтрализуется с участием каталазы и пероксидазы. Низкие концентрации (от 0 до 0.25 мг/л) Cd^{2+} и Ni^{2+} активировали СОД, каталазу и пероксидазу. С повышением концентрации ионов до 1.0 мг/л активность ферментов снижалась, оставаясь значимо выше контроля.

Важную роль в нейтрализации перекиси водорода выполняет глутатионредуктаза (ГР), восстанавливающая окисленный глутатион с участием НАДФН.

Восстановленный глутатион (GSH) участвует в нейтрализации АФК и связывает ТМ, а также является предпшественником фитохелатинов. Возрастающие концентрации никеля вызвали достоверное увеличение активности ГР (в среднем на 20%), что коррелировало с содержанием небелковых тиолов ($r=0.87$). Возрастание концентрации Cd^{2+} незначительно влияло на активность ГР, однако стимулировало рост небелковых тиолов (на 75%). При совместном действии металлов значительное возрастание активности фермента (на 50%) наблюдали при концентрации ионов 0.05 мг/л, рост содержания небелковых тиолов при этом был незначительным (на 20%).

Таким образом, увеличение продуктов ПОЛ при совместном действии возрастающих концентраций Cd^{2+} и Ni^{2+} и отдельно Cd^{2+} свидетельствует о развитии сильного окислительного стресса в листьях *E. canadensis*. Защитная реакция на стресс проявилась в повышении активности основных антиоксидантных ферментов — супероксиддисмутазы, каталазы, пероксидазы, глутатионредуктазы и синтезе небелковых тиолов. В большинстве случаев действие двух ионов (Cd^{2+} и Ni^{2+}) оказалось выражено слабее, чем действие одного Cd^{2+} . Можно предположить, что ионы Ni^{2+} снижают токсичность ионов Cd^{2+} , в чем проявляется антагонистическое действие этих металлов.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ПРИТУНДРОВЫХ ЕЛЬНИКОВ БАССЕЙНА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ПЕЧОРА

А.В. Манов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Исследования по составу и структуре древостоев притундровых ельников проводили в бассейнах нижних течений малых рек Щелина (65°54' с.ш., 52°16' в.д.) и Сосья (65°55' с.ш., 52°37' в.д.), расположенных по обоим берегам реки Печоры. Работы выполнялись в 11 типах коренных ельников.

Еловые сообщества формируют смешанные по составу древостои (таблица). При доминировании в них ели присутствуют всегда береза, реже лиственница и сосна. Древостой относится в основном к V-Vб классам бонитета, полнота их составляет 10.3–21.7 м²/га. Запас древесины растущих деревьев колеблется от 33 до 144 м³/га. Морошково-сфагновый и сфагновый ельники представлены редколесьем с полнотой 6.1 и 5.6 м²/га и с запасом древесины 17 и 16 м³/га соответственно. Древостой ельника разнотравно-зеленомошного достигает полноты 35.6 м²/га и запаса древесины 266 м³/га. Число растущих деревьев ели в древостоях различных типов ельника изменяется в пределах 508–1025 экз./га. Сухостой представлен тонкомерными деревьями, объем их менее 10% от общего запаса.

Таблица. Лесоводственно-таксационная характеристика притундровых ельников

Тип леса	Состав древостоя	Возраст, лет	Число деревьев, экз./га	Сумма площадей сечения, м ² /га	Запас древесины, м ³ /га
Зеленомошно-лишайниковый	5Е4Лц1Б	70-250	950	18.4	130
Зеленомошный	9Е1Б	90-200	925	15.8	98
Разнотравно-зеленомошный	7ЕЗБ	100-210	1158	35.6	266
Приручейный	6Е2Лц2Б	60-220	773	21.7	144
Чернично-сфагновый	5ЕЗЛц2Б ед С	90-270	808	10.6	33
Чернично-сфагновый	8Е2Б	100-270	1064	16.1	77
Зеленомошно-сфагновый	9Е1Б	80-240	1033	10.3	39
Долгомошно-сфагновый	8Е1Лц1Б	70-240	957	14.7	104
Долгомошно-сфагновый	7ЕЗБ	110-170	1134	15.0	73
Морошково-сфагновый	8Е2Б ед Лц	80-210	649	6.1	17
Сфагновый	10Е+Б ед С	70-320	733	5.6	16

В древостоях всех типов леса отмечается сильное колебание среднего диаметра деревьев: у ели — от 8.3 ± 2.5 до 17.2 ± 6.7 , у березы — от 7.3 ± 2.5 до 26.6 ± 2.8 см. Коэффициент вариации изменяется от 29.9 до 42.2% для ели и от 10.5 до 43.7 для березы. Асимметрия рядов распределения ели положительная и достигает +1.48, при среднем значении +0.66, эксцесс у нее колеблется в пределах (-0.96)-(+2.78). Отмечается связь коэффициента вариации, асимметрии и эксцесса со средним диаметром деревьев в древостоях разных типов леса.

Согласно классификации типов возрастной структуры таежных ельников (Дыренков, 1984), четыре из одиннадцати исследованных древостоев относятся к абсолютно разновозрастным с групповым смещением поколений. Это ельники: разнотравно-зеленомошный, зеленомошный, долгомошно-сфагновый и морошково-сфагновый. К абсолютно разновозрастным с равномерным смещением деревьев, представляющих различные поколения, относятся древостои ельников зеленомошно-сфагнового и сфагнового типов. В ельниках чернично-сфагновом, зеленомошно-лишайниковом и долгомошно-сфагновом древостои относительно разновозрастные с депрессивными фазами динамики (с преобладанием поколений нисходящего ряда). Условно одновозрастный древостой формируется в одном из ельников чернично-сфагновых.

ЛИТЕРАТУРА

Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.

**МАТЕРИАЛЫ ПО ЭКОЛОГИИ АМФИБИЙ
СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
(ПРИРОДНЫЙ ПАРК «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»)**

А.В. Матковский

Сургутский госуниверситет

Амфибии являются одним из важных звеньев пищевых цепей в биоценозах, играют нередко существенную роль в питании позвоночных и в регулировании численности беспозвоночных животных, как наземных, так и водных. В северных широтах разнообразие земноводных значительно беднее. При приближении к северным границам ареалов условия существования для этой группы становятся «экстремальными».

Численность, биотопическое распределение, половозрастную структуру и пищевой спектр амфибий изучали в 2006 г. в природном парке «Сибирские Увалы» (Нижевартовский район, Ханты-Мансийского автономный округ — Югра) в окрестностях базы «Глубокий Сабун». Учёты животных проводили с 16 июня по 16 августа. Обследовано 14 биотопов. Животных отлавливали методом ловчих канавок (Динесман, Калецкая, 1952); в переувлажненных биотопах применяли ловчие заборчики из полиэтиленовой пленки (Охотина, Костенко, 1974). Для отлова использовали металлические конусы. Для оценки обилия животных, добытых с помощью ловчих канавок и заборчиков, использовали балльную шкалу А.П. Кузякина (1962). Возрастную структуру определяли методом вариационных кривых по длине тела амфибий (Банников, Денисова, 1956). Питание изучали по содержимому желудков (Щербак, 1989).

На изученной территории отмечено два вида земноводных: обыкновенная жаба (*Bufo bufo*) и остромордая лягушка (*Rana arvalis*). Эти же виды учитывались в 2003–2004 гг. (Стариков, Вротная, 2004). Анализ ареалов других видов позволяет предполагать наличие на территории природного парка сибирской лягушки (*Rana amurensis*) и сибирского углозуба (*Salamandrella keyserlingii*).

В первой половине лета (с 16 июня по 15 июля) обыкновенная жаба обычна, преимущественно приурочена к облесенным участкам; во второй половине лета (с 16 июля по 15 августа) наблюдается пик её численности; в этот период она тяготеет к открытым местообитаниям. Остромордая лягушка в первой половине лета редка; во второй половине для неё также характерно нараста-

ние численности. Наиболее часто *R. arvalis* встречается на открытых низинных болотах. В целом по стационару остромордая лягушка редка, обыкновенная жаба — обычна.

Популяция обыкновенной жабы в первой половине лета представлена взрослыми особями трёх возрастных групп с явным преобладанием самцов. Во второй половине лета возрастной состав *B. bufo* представлен девятью возрастными группами с доминированием взрослых особей. Популяция *R. arvalis* во второй половине лета представлена шестью возрастными группами с преобладанием молодых особей. Группа сеголеток у обоих видов малочисленна, что, возможно, говорит об их позднем выходе из водоемов в условиях северной тайги. У обыкновенной жабы ярко выражена мирмекофагия, у остромордой лягушки в спектре потребляемых кормов характерно преобладание личинок чешуекрылых.

ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЧКАХ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ, ОБИТАЮЩЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА

Л.В. Мелехина, М.С. Шило

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Одним из направлений в природоохранной деятельности является экологический мониторинг. В качестве модельных объектов в таких исследованиях традиционно используются мелкие млекопитающие, а данные о концентрациях загрязнителей в органах-депо животных служат для диагностики уровней загрязнения конкретных экосистем (Wren, 1986; McBee, Bickman, 1990). Известно, что накопление токсикантов в организме животных сопровождается изменениями в микроструктуре тканей и органов (Damek-Poprava, Sawicka-Kapusta, 2003, 2004).

Кадмий и его соединения (независимо от их агрегатного состояния и путей поступления в организм) даже в минимальных концентрациях являются высоко токсичными для млекопитающих (Ершов, Плетнева, 1989; Mueller, 1993). Этот элемент обладает высокой нефротоксичностью, чем обуславливается его способность депонироваться в паренхиматозных органах, особенно в корковом веществе почки (Franchini, Mutti, 1990) и медленным выделением из организма.

Одним из органов, чувствительных к действию загрязнителей (даже относительно небольших количеств), являются почки. Как главный экскреторный орган — почка — это мишень для многих ксенобиотиков. Высокий уро-

вень кровоснабжения и большая протяженность тубулярного аппарата обуславливают длительность контакта токсических веществ и их метаболитов с почечным эндотелием, эпителием и клетками интерстиция (Goyer et al., 1990).

Цель работы — на примере рыжей полевки исследовать особенности микроструктуры почки мелких млекопитающих, населяющих территории с разным уровнем загрязнения. Для этого анализировали уровни накопления кадмия в почках животных, отловленных в окрестностях крупного предприятия медеплавильного производства и на ненарушенной территории. Параллельно проводилось гистологическое исследование микроструктуры почек.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали материалы отловов 1992–2006 гг. европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) — вида, доминирующего в составе населения мелких млекопитающих на всех исследуемых территориях. Отловы проводили в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗа), вблизи г. Ревда Свердловской области, в трех зонах, различающихся по степени загрязнения: импактной (1–2 км), буферной (4–6 км) и фоновой (20–30 км). Отловы проводились в три тура (весна, лето, осень) с использованием стандартного метода ловушко-линий (Карасева, Телицина, 1996). Давилки (по 50 шт.) устанавливались одновременно во всех зонах токсической нагрузки на пять суток. Авторы принимали участие в отловах 2006 г., остальные материалы были любезно предоставлены к.б.н. С.В. Мухачевой.

Добытых животных подвергали стандартному зоологическому обследованию и по комплексу морфофизиологических признаков относили к одной из репродуктивно-возрастных групп: перезимовавшим особям, половозрелым сеголеткам или неполовозрелым прибылым особям. В камеральных условиях у зверьков определяли абсолютный возраст (Оленев, 1989).

Обе почки взвешивали на весах KERN 60–2 с точностью 0.01 г. Затем одну почку из пары высушивали в сушильном шкафу до абсолютно сухой массы (для последующего химического анализа), а другую фиксировали в 10%-м растворе формалина для гистологического исследования. В камеральных условиях образцы ($n = 359$), предназначенные для химического анализа, взвешивали на аналитических весах KERN-770 с точностью 0.00001 г и озоляли методом мокрой минерализации в концентрированной азотной кислоте с использованием микроволнового разложения (Хавезлов, Цалев, 1983). Объем кислоты составлял 5 мл, до окончательного объема (10 мл) пробы доводили деионизированной водой. Концентрацию Cd в почках определяли методом атомной абсорбции на спектрометре AAS 6 Vario фирмы «Analytik Jena AG» с использованием пламенного и электротермического варианта атомизации в лабораторию популяционной экотоксикологии ИЭРиЖ УрО РАН.

Для анализа микроструктуры почки ($n=45$) рыжей полевки готовили продольные (вдоль длинной оси) срединные срезы почек, использовали парафиновую заливку с последующим окрашиванием гематоксилином и эозином по рецептуре Майера (Роскин, 1951). Анализ данных проводили в ПСП STATISTICA (StatSoft Inc., 2001) с помощью методов дисперсионного анализа, использовали 5% уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Концентрирование кадмия в почках животных, населяющих загрязненные и фоновые территории. Согласно литературным данным, Cd накапливается преимущественно в почках (до 30% от поступившего в организм) и очень медленно выводится из него. Основной путь поступления Cd в организм — с пищей (Москалев, 1985).

Концентрации Cd в почках рыжих полевок, отловленных в градиенте загрязнения среды обитания, представлены в табл. 1. Видно, что концентрация Cd зависит от степени загрязнения участка: по мере приближения к источнику техногенной эмиссии она существенно ($F_{(2, 352)}=270.3$; $p<0.00001$) возрастает. В почках животных из импактной зоны превышение фоновых значений составило 5.3 раза, буферных участков — 4.7 раза.

Таблица 1. Концентрация (мкг/г) Cd в почках разновозрастных рыжих полевок, населяющих территории с различным уровнем загрязнения (в скобках указан объем выборки, n)

Возрастная группа	Зоны исследования		
	Фоновая	Буферная	Импактная
перезимовавшие особи	11.96±1.02 (55)	37.95±3.27 (40)	44.07±7.18 (10)
половозрелые сеголетки	4.93±0.63 (19)	—	14.85±3.16 (4)
неполовозрелые сеголетки	2.77±0.17 (128)	18.31±1.18 (74)	25.55±1.78 (29)
средние значения по всем группам	5.48±0.41 (202)	25.87±1.72 (114)	28.86±2.44 (43)

Концентрирование токсикантов в почках животных определяется возрастом, полом и физиологическим статусом особи (Москалев, 1985; Ершов, Плетнева, 1989). Нами значимых различий в уровнях накопления Cd в почках самцов и самок не обнаружено.

Концентрация Cd в почках с возрастом увеличивается. Это объясняется тем, что данный металл очень плохо выводится из организма (например, у людей процесс полувыведения этого токсиканта составляет более 10 лет (Franchini, Mutti, 1990)). На фоновой территории уровни накопления кадмия

в течение жизненного цикла возрастают более чем в четыре раза, тогда как на загрязненных участках отличия составляют 1.7–2.1 раза, что может быть обусловлено избирательной элиминацией части животных в результате накопления летальных концентраций токсиканта.

Репродуктивно-возрастное состояние животного существенно влияет на накопление Cd (см. табл. 1). Разница в уровнях накопления Cd между неполовозрелыми сеголетками на фоновой и загрязненных территориях составляет 6.6–9.2 раза, а между перезимовавшими животными — 3.2–3.7 раза. Наибольшая разница в концентрациях кадмия между прибылыми и перезимовавшими особями наблюдается на фоновой территории. Возможно, это связано с тем, что на загрязненных территориях часть особей накапливает летальные дозы концентраций токсиканта.

Микроструктура почек животных, населяющих загрязненные и фоновые территории. При изучении гистологических препаратов почки обнаружены нарушения гемодинамики, а также деструктивные изменения как в тубулярном (почечных канальцах и трубочках), так и в гломерулярном (почечные тельца) аппарате (рис. 1–4). Подобные гистопатологические изменения в почках регистрировались у животных и с загрязненных участков, и с ненарушенной территории.

Одной из первых на интоксикацию тяжелыми металлами реагирует кровеносная система. Мы наблюдали пролиферацию клеток эндотелия сосудов (рис. 1), гемолиз эритроцитов. При внутриклеточном ферментативном распаде гемоглобина образуется фермент гемосидерин, избыточное образование которого носит название гемосидероза. На препаратах наблюдали общий гемосидероз, возникающий при внутрисосудистом разрушении эритроцитов. Одной из причин такой патологии является интоксикация солями тяжелых металлов (Шевченко, Муканова, 2005). Помимо гемолиза эритроцитов и гемосидероза также наблюдали застойные явления в кровеносных сосудах (рис. 2).

Другую группу патологических функциональных изменений составляют гломерулопатии, в основе которых лежат нарушения клубочковых фильтраций (Шевченко, Муканова, 2005). Гломерулонефрит — диффузное поражение почечных клубочков. На препаратах наблюдали поражение капиллярной сети клубочков — кровоизлияние в почечном клубочке. Другая часто наблюдаемая картина — это пролиферация клеток внутри клубочка и последующий распад клубочка (рис. 2). Тубулопатии — нарушения, характеризующиеся морфологическим некрозом эпителия канальцев (рис. 3). Они наблюдаются на ранних стадиях интоксикации, на поздних этапах воздействия происходит поражение почечных клубочков (Franchini, Mutti, 1990; Goyer, 1990). Инфильтрационные и дистрофические процессы, распространяющиеся более или менее диффузно на эпителий канальцев, характеризующиеся функциональными нарушениями, называются нефрозами (Давыдовский, 1958). При некротическом нефро-

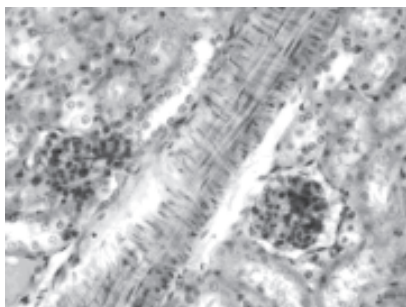


Рис. 1. Проплиферация клеток эндотелия сосудов.

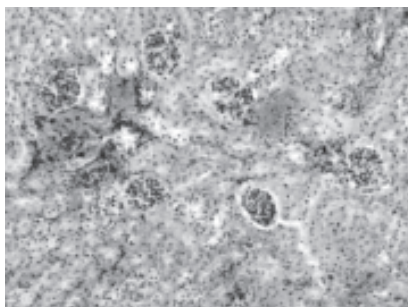


Рис. 2. Гемолиз, плазморрагия, гемосидероз.

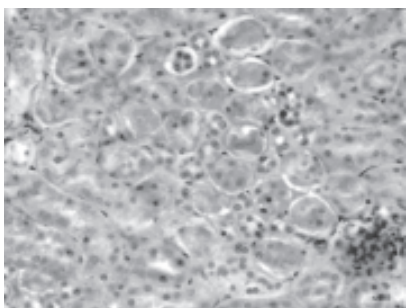


Рис. 3. Некроз эпителиоцитов почечных канальцев.

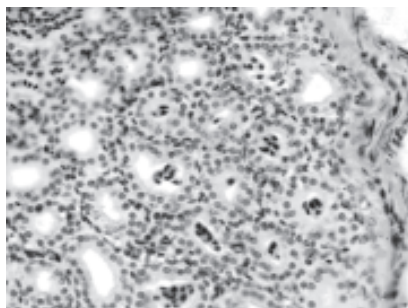


Рис. 4. Слущивание эпителиальных клеток в просвет почечных канальцев.

зе в эпителии почечных канальцев наблюдаются некробиотические изменения, десквамация, распад клеток (рис. 3). Происходит слущивание эпителиальных клеток в просвет канальцев (рис. 4). Выражен венозный застой, на фоне которого нередко происходит тромбоз вен (Шевченко, Муканова, 2005).

Из литературных данных известно, что у рыжих полевок, населяющих территорию вблизи завода по выплавке полиметаллических руд на севере Швеции, при концентрации кадмия в почках от 4 мкг/г и выше наблюдались нарушения микроструктур почечных канальцев (Leffler, Nyholm, 1996).

Исходя из полученных результатов можно заключить, что концентрации Сд, превышающие пограничное значение в 4 мкг/г, приводят к изменениям в микроструктуре почек не только у полевок, обитающих на загрязненных участках, но и у перезимовавших особей и части прибылых половозрелых сеголеток, отловленных на фоновой территории. В связи с этим гистологические нарушения можно ожидать у большинства изученных зверьков.

Авторы выражают благодарность к.б.н. Мухачевой С.В., к.б.н. Давыдовой Ю.А., Ахуновой Э.Х., к.б.н. Гуляевой О.Г., к.в.н. Жениховой Н.И., д.б.н. Оленеву Г.В.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ (проект № 06-04-48359).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Давыдовский И.В. Патологическая анатомия и патогенез болезней человека. М.: Медгиз, 1958. Т. 2. 697 с.
- Ершов Ю.А., Плетнева Т.В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. М.: Медицина, 1989. 272 с.
- Карасева Е.В., Телицына А.Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях: учеты численности и мечение. М.: Наука, 1998. 227 с.
- Москалев Ю.И. Минеральный обмен. М.: Медицина, 1985. 288 с.
- Оленев Г.В. Функциональная детерминированность онтогенетических изменений возрастных маркеров грызунов и их практическое использование в популяционных исследованиях // Экология. 1989. № 2. С. 19–31.
- Роскин Г.И. Микроскопическая техника. М.: Сов. Наука, 1951. 447 с.
- Шевченко Н.И., Муканова Ж.И. Патологическая анатомия. М., 2005. 285 с.
- Хавезлов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Л.: Химия, 1983. 143 с.
- Damek-Poprawa M., Sawicka-Kapusta K. Damage to the liver, kidney, and testes with reference to burden of heavy metals in yellow-necked mice from areas around steelworks and zinc smelters in Poland // Toxicology. 2003. Vol. 186. P. 1–10.
- Damek-Poprawa M., Sawicka-Kapusta K. Histopatological changes in the liver? Kidneys, and testes of bank voles environmentally exposed to heavy metal emissions from the steelworks and zinc smelter in Poland // Environ. Res. 2004. Vol. 96. P. 72–78.
- Franchini I., Mutti A. Tubulointerstitial nephropathies by industrial chemicals // Proceedings of the 4th Bari seminar in Nephrology. Bary, 1990. P. 119–127.
- Gonchic H.C. Nephropathies of heavy metal intoxication // Test-Book of nephrology. ed. Shaul, 1983. Vol. 1. № 6. P. 184–194.
- Goyer A. Environmentally related diseases of the urinary tract // Med. Clinics of Nord America, 1990. Vol. 74. P. 377–389.
- Leffler P., Nyholm N.E. Nephrotoxic effect in free-living bank voles in a heavy metal polluted environment // Ambio., 1996. Vol. 25. № 3. P. 417–420.
- McBee K., Bickman J.W. Mammals as bioindicators of environmental toxicity // Curr. Mammal. 1990. Vol. 2. P. 37–88.
- Mueller P.W. Detecting the renal effects of cadmium toxicity // Clin. Chem. 1993. Vol. 39. № 5. P. 743–745.
- Wren C.D. Mammals as Biological monitors of Environmental metal levels // Environ. Monit. and Asses. 1986. Vol. 6. № 2. P. 127–144.

АНАЛИЗ АЛЛОЗИМНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ В ПОПУЛЯЦИЯХ МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО УРАЛА

М.В. Модоров

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Поддержание оптимальной половой, возрастной, функционально-онтогенетической и генетической структур популяций является основным механизмом приспособления животных к изменчивым условиям среды (Шварц, 1980; Алтухов, 2003; Оленев, 2004). Именно эти параметры определяют численность популяций, стратегию размножения, дифференциальную смертность и другие характеристики. Важно комплексное изучение популяционной структуры во всем многообразии. Биохимические маркеры генетической изменчивости (например, аллозимы) являются удобным инструментом эколого-генетических исследований (Алтухов, 2003). Их применение помогает выявить связи между двумя уровнями изучения популяций: экологическим и генетическим, а также оценить роль генной изменчивости в поддержании гомеостаза популяций.

Цель работы: провести анализ аллозимной структуры популяций малой лесной мыши (*Apodemus (S.) uralensis* Pall.) на Среднем и Южном Урале и установить связи этого полиморфизма с экологическими характеристиками популяций с учетом уровня антропогенного воздействия на них.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отловы грызунов проводили в весенне-осенний период 2005–2006 гг. Исследовано восемь участков. Участки Бердяниш, Урускуль, Метлино (Каслинский район, Челябинская обл.) расположены в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа), возникшего в результате аварии на ПО «Маяк» в 1957 г. Участок Бердяниш расположен в 13 км от эпицентра аварии на территории выселенной деревни. Зверьков отлавливали на вторичном суходольном разнотравно-злаковом лугу площадью около 3 км², ограниченном озером и березовым лесом. Более подробно участок охарактеризован в работе В.Н. Позологиной с соавторами (2006). Доля малой лесной мыши в выборках разных лет составляет 35–60% (Модоров, Григоркина, 2005). На участке Урускуль отловы вели в нескольких биотопах: на вторичном разнотравно-кострцовом лугу, в березовом лесу и в рудеральном сообществе на обочине дороги (доля изучаемого вида — 33–43%). Растительный покров участка Метлино представлен крапивной ассоциацией, он граничит с агроценозом и дорогой. Доля малой лесной мыши в отловах — 35–61%.

На участке «Биостанция УрГУ» (Сысертский район, Свердловская обл.) линия отловов проходит по границе сельскохозяйственных угодий и леса (доля малой лесной мыши — 30%). Ботанический сад УрО РАН (г. Екатеринбург) находится в центре города, со всех сторон окружен дорогами с интенсивным движением. Площадь территории — около 0.5 км². Отловы вели в зарослях крапивы на удалении от основного лесного массива (доля малой лесной мыши — 37%). Участок «Оленьи ручьи» (Нижнесергинский район, Свердловская обл.) расположен на территории одноименного природного парка. Отловы вели на берегах р. Серги в зарослях лугово-кустарничково-болотной растительности (доля изучаемого вида — более 50%). Участок «Припышминские боры» (Тугулымский район, Свердловская обл.) находится на территории одноименного национального парка. Отловы проводили на границе небольшого по площади агроценоза и леса (доля малой лесной мыши в отловах — 90%). Участок «р. Уй» (Троицкий район, Челябинская обл.) расположен на левом берегу реки. Ловушки расставляли в зарослях кустарников, на заливном лугу и припойменном склоне (доля малой лесной мыши в отловах — 56%).

Плотность загрязнения почв радионуклидами, уровни гамма- и бета-фонов представлены в табл. 1. Таким образом, три из исследованных участков (Бердяниш, Урускуль, Метлино) находятся в градиенте радиоактивного загрязнения, два участка испытывают антропогенную нагрузку, причем Ботсад УрО РАН значительно более мощную, чем Биостанция УрГУ. Остальные участки можно охарактеризовать как фоновые.

Таблица 1. Плотность загрязнения почв радионуклидами, уровни гамма- и бета-фонов на участках отлова грызунов

Участок	Плотность загрязнения почв, КБк/м ²		Гамма-фон, мкР/ч (на уровне почвы)	Бета-фон, частиц* мин ⁻¹ × см ⁻²
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs		
Бердяниш	6 740-16 690*	201-700*	50 (22-76)***	355 (90-942)***
Урускуль	2 322*	133*	17 (11-22)*	не измеряли
Метлино	44 **	20 **	12 ***	12***
Фоновый уровень для Урала	1.6*	2.56*	10***	10***

Примечание: * — цит. по: Позолотина и др., 2006; ** — неопубликованные данные И.В. Молчановой; *** — собственные данные.

В качестве ловчих средств использовали живоловушки. Зверьков забивали перед вскрытием, пробы органов (печень, почки, мышцы) замораживали в жидком азоте и хранили в кельвинаторе (при температуре -80°С). Учитывали пол и возраст отловленных животных. Изоферментный анализ проводили на почках по стандартным методикам (Корочкин и др., 1977) с некоторыми

модификациями. Электрофорез систем — EST-color (Е.С.3.1.1.1), 6-PGDH (Е.С.1.1.1.44), α -GPDH (Е.С.1.1.1.18), AAT (Е.С.2.6.1.1), кодируемой двумя локусами, G-6PDH (Е.С.1.1.1.49), LDH (Е.С.1.1.1.27) — два локуса, SOD (Е.С.1.15.1.1) — два локуса, IDH (Е.С.1.1.1.42), DIA (Е.С.1.6.99.1) — два локуса, ME (Е.С.1.1.1.40) — два локуса, MDH (Е.С.1.1.1.37) — два локуса — проводили в 6.4%-ном ПААГ и трис-ЭДТА-боратной системе. Рассчитывали частоты аллелей полиморфных локусов (p), среднюю гетерозиготность (H_o — наблюдаемую и H_e — ожидаемую). Значение F_{is} статистика Райта рассчитывали по формуле: $F_{is} = (H_e - H_o) / H_e$. Частоты встречаемости аллелей анализировали с помощью таблиц сопряженности. Статистическая обработка данных проведена в программах BIOSYS-1, Excel и STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучена изменчивость 11 ферментных систем (17 локусов) у 134 особей с семи участков (за исключением р. Уй). Полиморфными оказались три локуса: Est-c, 6-Pgd и α -Gl. Остальные восемь ферментных систем (14 локусов) — мономорфны, редких аллелей (с частотой менее 5%) в них не обнаружено (Модоров, Антонова, 2006). Предполагаем, что на участке р. Уй данные локусы также мономорфны. Аллозимный анализ трех полиморфных локусов проведен на 371 особях восьми участков. Известно, что в центре видообразования имеются изменчивые локусы, мономорфные в нашем регионе (Filiprussi et al., 2002), однако в целом наши данные сходны с таковыми для центральной России (Межжерин, Зыков, 1991; Богданов, 2004).

Эстераза (Est-c). На геле проявляются до шести локусов, три из них — изменчивы. Достоверно анализировать можно лишь один, самый «медленный» локус, представленный двумя распространенными аллелями и двумя редкими.

α -фосфоглюконатдегидрогеназа (α -Pgd). Обнаружено два распространенных аллеля и один редкий с «промежуточной» по сравнению с распространенными подвижностью. Отметим, что редкий аллель с такой подвижностью у малой лесной мыши не был описан в литературе вышеупомянутыми авторами, что может быть связано с методическими особенностями этих исследований.

б-глицерофосфатдегидрогеназа (б-Gl). В нескольких популяциях (Оленьи ручьи, Ботсад, р. Уй) обнаружено два аллеля, в других (Бердяниш, Урукуль, Метлино, Биостанция, Припышминские боры) найден только «быстрый» аллель.

Анализируя всю совокупность полученных данных об аллозимной изменчивости, мы предполагали, что на соотношение частот аллелей и гетерозиготность в пределах популяций могут влиять следующие факторы: 1) соотношение физиологических функциональных группировок (возрастная структура); 2) сумма факторов, как биотических, так и абиотических, уникальная

для каждого календарного года отлова зверьков (временная изменчивость); 3) половая структура.

1. Соотношение физиологических функциональных группировок (ФФГ) популяции и ферментный полиморфизм. Применен функционально-онтогенетический подход (Оленев, 2004), согласно которому в популяциях выделяются группировки, исходя из функционального статуса животных и синхронности его изменений во времени. В рамках подхода выделяют два пути онтогенетического развития (3 ФФГ). Для них характерен монофазный рост и гибель в год своего рождения. Второй путь развития имеет две фазы. Первая — от рождения до весеннего скачка роста и созревания особи в следующем году. Группировку составляют сеголетки, неразмножающиеся в год своего рождения (2 ФФГ). Вторая фаза начинается весной следующего после рождения года после завершения периода «консервации» и начала быстрого роста и созревания особей (1 ФФГ). Функциональный статус *A. (S.) uralensis* определяли по комплексу признаков: состояние генеративной системы, относительный вес тимуса, масса тела, стертость зубов (Колчева, 1992). Отметим, что созревающие сеголетки, а именно самки с утолщенной маткой и самцы с весом семенника 50–150 мг, были отнесены к 3 ФФГ.

Связь функционального статуса животных с генетической структурой популяций практически не изучена. Необходимо выяснить, во-первых, изменяются ли частоты аллелей в выборках, собранных на одном участке в различные месяцы одного года; во-вторых, отличаются ли функциональные группировки, одновременно существующие в популяции, по частотам аллелей полиморфных локусов и средней гетерозиготности?

Для ответа на первый вопрос проанализировали выборки с участков «Ботсад», отловленные в мае-июне ($N=10$) и августе-сентябре ($N=9$), «Бердяниш» — июнь ($N=10$) и сентябрь ($N=19$), «Метлино» — июнь ($N=11$) и сентябрь ($N=13$). Анализ таблиц сопряженности показал, что значимых отличий по частотам встречаемости аллелей полиморфных локусов не обнаружено. Локус 6-Pgd был наиболее изменчивым на всех участках, но значимых сдвигов частот аллелей не было и в этом случае ($\chi^2=0.09-1.89$, $df=1$, $p=0.17-0.56$).

Исследование зверьков, отловленных на участках «Оленьи ручьи», «Бердяниш» и «р. Уй», показало, что в выборках нет равновесия по частоте аллелей, в каждой группе можно выделить доминирующий аллель (табл. 2). В популяции «Оленьи ручьи» три группировки имеют репрезентативные выборки. Показано, что по частотам аллелей значимых различий не обнаружено. Аналогичный вывод можно сделать для популяции «Бердяниш», в которой анализировали только 2 ФФГ и 3 ФФГ.

Для популяции р. Уй, в которой рассматривали 1 ФФГ и 2 ФФГ, установлены значимые различия по α -G1, у перезимовавших животных частота встре-

Таблица 2. Частоты аллелей трех полиморфных локусов и значения F_{IS} во внутритулупационных группировках малой лесной мыши

Популяция	Локус	Алель	Частоты аллелей			F_{IS}			Результаты анализа таблиц сопряженности *
			1 ФФГ	2 ФФГ	3 ФФГ	1 ФФГ	2 ФФГ	3 ФФГ	
Оленьи ручьи, июль, 2006	6-Pgd	1	0.75	0.60	0.69	-0.33	-0.04	0.12	$\chi^2_{12}(1)=2.14, p=0.14$
		2	0.25	0.40	0.31				$\chi^2_{13}(1)=0.20, p=0.65$
	Est	1	0.11	0.05	0.13	-0.12	0.29	1.00	$\chi^2_{23}(1)=0.46, p=0.50$
		2	0.89	0.94	0.87				$\chi^2_{13}(1)=0.03, p=0.86$
		3	-	0.01	-				$\chi^2_{23}(2)=1.28, p=0.53$
	α -Gl	1	0.71	0.76	0.69	-0.05	-0.31	0.13	$\chi^2_{12}(1)=0.24, p=0.62$
		2	0.29	0.24	0.31				$\chi^2_{13}(1)=0.04, p=0.85$
		N	14	46	8	14	46	8	$\chi^2_{23}(1)=0.39, p=0.53$
			среднее **			-0.17	-0.18	0.13	
	Бердяиш, июль-август, 2005	6-Pgd	1	-	0.42	0.38	-	0.14	-0.07
2			-	0.58	0.62				
Est		1	-	0.38	0.44	-	0.11	0.24	$\chi^2_{23}(1)=0.20, p=0.66$
		2	-	0.62	0.56				
		N	-	24	8	-	24	8	
			среднее				0.13	0.09	
р. Уй, сентябрь, 2006		6-Pgd	1	0.33	0.42		0.08	-0.28	
	2		0.59	0.57					
	3		0.08	0.01					
	Est	1	0.25	0.24		-0.33	-0.14		$\chi^2_{12}(1)=0.01, p=0.94$
		2	0.75	0.76					
	α -Gl	1	0.83	0.60		-0.20	0.17		$\chi^2_{12}(1)=4.20, p<0.05$
		2	0.17	0.40					
		N	12	31		12	31		
			среднее			-0.15	-0.08		

Примечание: * – таблицы сопряженности рассчитаны по соотношению частот аллелей, в скобках указано количество степеней свободы; ** – средние значения F_{IS} вычислены для локусов 6-Pgd и α -Gl.

чаемости первого аллеля была выше (см. табл. 2). Неразмножающиеся сеголетки, отловленные в сентябре, являются потомками, как перезимовавших особей, так и размножающихся сеголеток. Поэтому можно ожидать, что за одно-два поколения в популяции возможны изменения частоты аллелей локуса α -Gl.

Представляет особый интерес выяснить, изменяется ли за время зимовки аллозимная структура группировки неразмножающихся сеголеток (2 ФФГ), то есть, наблюдается ли избирательная элиминация особей. Показано, что на большинстве участков (Бердяниш, Метлино, Ботанический сад, Оленьи ручьи)

смены частот аллелей не произошло. Исключение составила популяция Урускуль, в которой обнаружен значимый сдвиг частот аллелей по локусу Est: доля быстрого аллеля увеличилась с 63 до 91%. Можно предположить, что эти различия обусловлены высокой миграционной активностью животных на этой территории, связанной с тем, что биотопы на участке не пригодны для появления здесь долгосрочного поселения.

2. Сравнительный анализ аллозимной изменчивости популяций за 2005–2006 гг. Проанализированы данные для животных с пяти участков (табл. 3). Обнаружены значимые межгодовые различия по частотам встречаемости аллелей локуса 6-Pgd на участке «Бердяниш» ($p < 0.02$). Важно отметить, что увеличение частоты первого аллеля 6-Pgd шло постепенно. Так, не установлено значимых различий по этому локусу между выборками, собранными в июле-августе 2005 г. ($N=34$) и в июне 2006 г. ($N=10$), хотя сдвиг частот уже наметился, доля первого аллеля возросла с 40 до 50% ($p=0.41$). К сентябрю доля первого аллеля увеличилась до 68% ($N=19$), что усугубило различия между выборкой этого месяца и животными, отловленными в 2005 г. ($p < 0.05$).

Сдвиг частот аллелей обнаружен также по локусу Est на участке «Ботсад» (см. табл. 3). Доля первого аллеля Est в 2005 г. составляла 75%, в мае-июне 2006 г. — 40%, в августе 2006 — 56%. Можно предположить, что это связано со спецификой участка отловов. Площадь исследуемого участка незначительна, поэтому на частоты аллелей полиморфных локусов в выборке могут влиять мигранты. На остальных участках аллозимная структура популяций малой лесной мыши от года к году практически не менялась.

3. Связь аллозимного полиморфизма с половой структурой популяций проверяли в шести выборках, объединенных за год (Бердяниш, 2005 г. — $N_{\sigma\sigma}=18$, $N_{\sigma\sigma}=16$; Бердяниш, 2006 г. — $N_{\sigma\sigma}=18$, $N_{\sigma\sigma}=11$; Метлино, 2006 г. — $N_{\sigma\sigma}=13$, $N_{\sigma\sigma}=11$; Припышминские боры, 2005 г. — $N_{\sigma\sigma}=15$, $N_{\sigma\sigma}=13$; Оленьи ручьи, 2006 г. — $N_{\sigma\sigma}=33$, $N_{\sigma\sigma}=40$; р. Уй, 2006 г. — $N_{\sigma\sigma}=25$, $N_{\sigma\sigma}=32$; Биостанция, 2006 г. — $N_{\sigma\sigma}=17$, $N_{\sigma\sigma}=20$). Показаны значимые различия по частотам встречаемости аллелей локуса Est только в одной выборке — «р. Уй» ($\chi^2=6.90$, $df=2$, $p < 0.03$). Эту выборку дифференцировали, выделив неразмножающихся сеголеток. В более однородной группировке (2 ФФГ) также существуют значимые различия по частоте аллелей локуса Est между полами ($N_{\sigma\sigma}=22$, $N_{\sigma\sigma}=24$; $\chi^2=7.04$, $df=2$, $p < 0.03$). У зверьков 1 ФФГ частоты аллелей Est у самцов и самок совпадали с таковыми, обнаруженными для группировки 2 ФФГ, однако различия были незначимы, что связано с незначительным объемом выборки.

Сравнение популяций по ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности оказалось невозможным из-за высоких значений стандартных ошибок. Более информативным был показатель статистики Райта F_{IS} , по которому также

Таблица 3. Частоты аллелей трех полиморфных локусов и значения F_{IS} в выборках малой лесной мыши в 2005 и 2006 гг.

Популяция	Локус	Алель	Частоты аллелей		F_{IS}		Результаты анализа таблиц сопряженности*
			2005	2006	2005	2006	
Бердяши	6-Pgd	1	0.40	0.62	0.08	-0.32	$\chi^2=6.26, df=1, p<0.02$
		2	0.60	0.38			
	Est	1	0.38	0.31	0.13	0.36	$\chi^2=0.71, df=1, p=0.40$
		2	0.62	0.69			
		N	34	29	34	29	
		среднее		0.11	0.02		
Урукуль	6-Pgd	1	0.46	0.47	0.57	-0.34	$\chi^2<0.01, df=1, p=0.99$
		2	0.54	0.53			
	Est	1	0.68	0.83	0.18	0.28	$\chi^2=1.89, df=1, p=0.17$
		2	0.32	0.17			
		N	14	15	14	15	
		среднее		0.38	-0.03		
Мелино	6-Pgd	1	0.41	0.50	0.06	-0.33	$\chi^2=0.50, df=1, p=0.48$
		2	0.59	0.50			
	Est	1	0.59	0.56	-0.32	-0.37	$\chi^2=0.05, df=1, p=0.82$
		2	0.41	0.44			
		N	11	24	11	24	
		среднее		-0.13	-0.35		
Ботанический сад	6-Pgd	1	0.56	0.37	0.24	-0.13	$\chi^2=2.64, df=1, p=0.10$
		2	0.44	0.63			
	Est	1	0.75	0.47	0.33	0.16	$\chi^2=5.53, df=1, p<0.02$
		2	0.25	0.53			
	α -Gl	1	0.66	0.74	0.31	0.19	$\chi^2=0.31, df=1, p=0.58$
		2	0.34	0.26			
		N	16	19	16	19	
		среднее		0.29	0.07		
Олены ручьи	6-Pgd	1	0.69	0.64	-0.08	-0.08	$\chi^2=0.30, df=1, p=0.59$
		2	0.31	0.36			
	Est	1	0.04	0.08	0.25	0.23	$\chi^2=0.80, df=2, p=0.67$
		2	0.96	0.91			
		3	0	0.01			
	α -Gl	1	0.73	0.75	-0.37	-0.19	$\chi^2=0.03, df=1, p=0.86$
		2	0.27	0.25			
		N	13	73	13	73	
		среднее		-0.07	-0.01		

Примечание: * – таблицы сопряженности рассчитаны по соотношению частот аллелей.

можно судить о гетерозиготности. На ряде видов показано, что скорость полового созревания может возрасть с увеличением индивидуальной гетерозиготности особи (Алтухов, 2003). Можно предположить, что гетерозиготность особи 3 ФФГ будет выше, чем особи 2 ФФГ. Однако наши данные это предположение не подтверждают (см. табл. 2). В двух сравниваемых группировках животных 2 и 3 ФФГ тенденции к увеличению гетерозиготности у размножающихся животных не обнаружено.

Значимых различий между проанализированными выборками из разных популяций в разные годы по критерию F_{IS} нет. Выборочные значения параметра значительно варьируют между выборками животных с одного участка, отловленных в разные годы (см. табл. 3). На участке «Урускуль» произошло снижение среднего значения параметра с 0.38 (2005 г.) до -0.03 (2006 г.), для локуса 6-Pgd изменения были еще значительнее от 0.57 до -0.34.

Была предпринята попытка сравнить аллозимную структуру всех исследованных популяций, используя всю совокупность данных, методом кластерного анализа (рисунок). Устойчивыми при изменении параметров кластеризации оказались две клады: популяция с участка «Оленьи ручьи» за 2005 и 2006 гг., а также выборки «Метлино» и «Урускуль» за эти же годы. В тоже время евклидово расстояние между выборками «Бердяшиш» и «Ботанический сад» за 2005–2006 гг. сравнимо с таковым между географически удаленными популяциями. Отметим, что данный метод анализа не учитывает каче-



Рисунок. Результаты кластерного анализа, проведенного с использованием невзвешенных парно-групповых средних (UPGMA) на основе частот встречаемости аллелей 17 локусов у *Apodemus (S.) uralensis*.

ственную разнородность каждой выборки, поэтому не может быть взят за основу для обобщения результатов.

ВЫВОДЫ

1. В восьми популяциях малой лесной мыши Среднего и Южного Урала из 17 проанализированных локусов (11 ферментных систем) изменчивыми оказались три – Est-c, 6-Pgd и α -Gl.

2. Обнаружена специфичность по частотам аллелей аллозимных локусов у географически удаленных популяций.

3. В рамках одного поколения не выявлено прямой связи между аллозимной изменчивостью и функциональным состоянием особей, однако при сравнении последовательных поколений частоты аллелей значимо изменяются.

4. Обнаружена значимая связь частот аллелей локуса α -Gl с половой структурой популяции р. Уй.

5. На данном этапе работы методом аллозимного анализа не удалось обнаружить маркеров радиоактивного загрязнения. Доля редких аллелей у животных из зоны ВУРСа не превышает фоновые значения.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы развития ведущих научных школ РФ (НШ-5286.2006.4), РФФИ-Урал (проекты №№ 07-04-96098, 07-04-96091), гранта для молодых ученых Президиума УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях: Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ИКЦ «Академкнига». 2003. 431 с.
- Богданов А.С. Аллозимная изменчивость малой лесной мыши *Sylvaeumus uralensis* (Rodentia, Muridae) и оценка уровня дивергенции хромосом этого вида // Генетика. 2004. Т. 40. № 8. С. 1099–112.
- Колчева Н.Е. Динамика экологической структуры популяций лесной мыши на Южном Урале: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург: 1992. 25 с.
- Корочкин Л.И., Серов О.Л., Пудовкин А.И. и др. Генетика изоферментов. М.: «Наука», 1977. 275 с.
- Межжерин С.В., Зыков А.Е. Генетическая дивергенция и аллозимная изменчивость мышей рода *Apodemus* s. lato (Muridae, Rodentia) // Цитология и генетика. 1991. Т. 25. № 4. С. 51–59.
- Модоров М.В., Григоркина Е.Б. Морфофункциональная структура популяций малой лесной мыши (*Apodemus* (*Sylvaeumus*) *uralensis* Pallas, 1811) в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология: от генов до экосистем. Матер. конф. молодых ученых. Екатеринбург: «Академкнига». 2005. С. 171–174.
- Модоров М.В., Антонова Е.В. Изменчивость аллозимной структуры популяций малой лесной мыши (*Apodemus* (*S.*) *uralensis* Pallas) на территории Среднего Урала //

- Экология в меняющемся мире. Матер. конф. молодых ученых. Екатеринбург: «Академкнига». 2006. С. 162–166.
- Оленев Г.В. Функционально-онтогенетический подход в изучении популяций цикломорфных млекопитающих: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2004. 47 с.
- Позолотина В.Н., Антонова Е.В., Молчанова И.В. Восточно-Уральский радиоактивный след: современные уровни радиоактивного загрязнения и биологические эффекты // Scientific Articles, Ecology. Bulgarian Academy of Sciences. Bourgas, Bulgaria. 2006. P. 47–63.
- Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 279 с.
- Filippucci M.G., Macholb M., Michaux J.R. Genetic variation and evolution in the genus *Apodemus* (Muridae: Rodentia) // Biological Journal of the Linnean Society. 2002. Vol. 75. P. 395–419.

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛОДНЯКОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

А.А. Монтиле*, И.А. Юсупов**

**Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург,*

***Сибирский научно-исследовательский и проектный институт
рационального природопользования, г. Нижневартовск*

Изучение изменений физиологических процессов и адаптации растительных сообществ в условиях повышения температуры среды является актуальной прикладной задачей. Известно, что средняя годовая температура у поверхности земли возросла по сравнению с 90-ми годами XIX века на 0.6° С и, в соответствии с некоторыми климатическими моделями, поднимется на 1–3.5° С к 2100 г. (Hughes, 2000), поэтому представляется важным обеспечить возможность прогнозирования реакции растений на глобальное потепление. Цель наших исследований состоит в выявлении влияния повышенного температурного фона на ростовые процессы сосны обыкновенной. Стабильное во времени тепловое воздействие на изучаемые объекты обеспечивается факелом для сжигания попутного нефтяного газа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На территории Покачевского лесничества Мегионского лесхоза (Тюменская область, ХМАО-Югра) по стандартной методике заложена постоянная пробная площадь, которая включает семь секций. I секция находится на рас-

стоянии 70 м от действующего факела ДНС–4 для сжигания попутного нефтяного газа. Секции располагаются вдоль радиального направления к факелу, ширина каждой составляет 10 м. Между I и VII секциями градиент температуры воздуха на высоте 1.3 м составляет 2–3° С. Температурный режим последней секции совпадает с фоновым. В качестве объекта исследования было выбрано насаждение сосны обыкновенной (состав 10С) 15-летнего возраста, произрастающее в древостое естественного происхождения, липайникового типа леса. На каждой секции были отобраны девять модельных деревьев (по три из доминирующей, модальной и угнетенной групп, выделенных по комплексу морфометрических характеристик). У модельных деревьев измерялись текущие осевые приросты по мутовкам и отбирались выпилы (у шейки корня, на высоте 25 см и далее через 50 см), по которым в дальнейшем измерялись абсолютные текущие радиальные приросты. Почвенно-гидрологические, фитоценоотические факторы на секциях и возраст модельных деревьев относительно одинаковые, что является необходимым условием для их отбора (Шиятов, 1986). По данным измерений были рассчитаны абсолютные текущие приросты по объему (V) деревьев.

Полученные данные анализировались путем построения регрессионных зависимостей. Использовались пакеты Statgraphics и Statistica. Строились полиномиальные зависимости осевых и радиальных приростов, а также приростов по объему от номера секции (расстояния до факела) за каждый год в отдельности (за период 1993–2004 гг.). Каждая группа: угнетенная, модальная и доминирующая рассматривалась в отдельности, вследствие значительных различий в величинах приростов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Достоверно установлено, что зависимости величин приростов по объему от номера секции (расстояния до факела) почти во всех случаях носят нелинейный характер. Обнаружено, что характер графиков, отображающих данные зависимости, изменяется с течением времени с условно возрастающего на убывающий. Наиболее заметна эта динамика при рассмотрении приростов по объему, хотя имеет место и для осевых приростов. На рис. 1–3 приведены графики зависимостей для модальной группы деревьев (за 1995, 1998 и 2004 гг. соответственно), иллюстрирующие указанную закономерность. На графиках, кроме аппроксимирующего многочлена изображены интервалы доверительности для среднего (внутренние пунктирные линии) и предсказанного (внешние сплошные линии) значений.

На раннем этапе (рис. 1) наблюдаются большие приросты на удаленных от факела секциях. В средние года (рис. 2) деревья, растущие на ближних к факелу секциях, начинают догонять по величинам приростов деревья на дальних секциях.

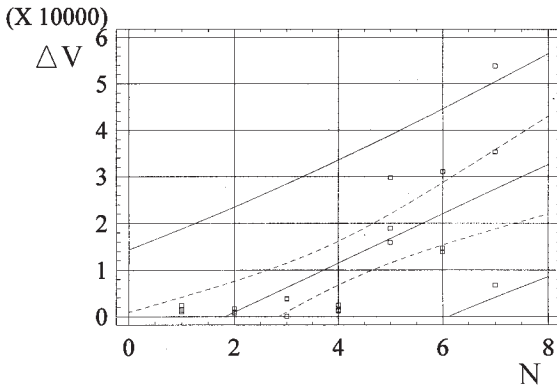


Рис. 1. Зависимость приростов по объему (ΔV) от номера секции (N) за 1995 г.

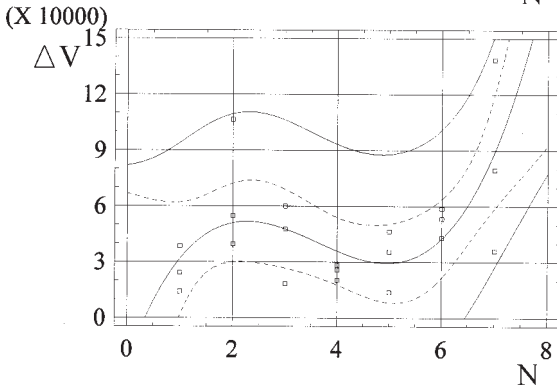


Рис. 2. Зависимость приростов по объему (ΔV) от номера секции (N) за 1998 г.

На последнем этапе (рис. 3) явной становится тенденция к увеличению приростов по мере приближения к факелу. В последние годы общий характер зависимости немного сбивают два дерева, растущие на VII секции, которые отличаются большими приростами на протяжении всего рассматриваемого периода. Возможно, это происходит по причине их хорошей наследственности или вследствие более выгодных условий на раннем этапе произрастания. Поэтому нами приведен график (рис. 4) зависимости приростов по объему от номера секции за 2004 г., на котором удалены два указанных дерева. График позволяет более четко представить характер зависимости на секциях I-VI. Следует отметить, что наблюдаемые меньшие приросты на I секции, чем на II и III (см. рис. 2-4), встречаются на многих графиках, начиная с 1997 г.

Очевидно, что для объяснения изменения вида зависимости приростов по объему от расстояния до факела с течением времени не достаточно ограничиться одним только температурным фактором. Необходимо также учиты-

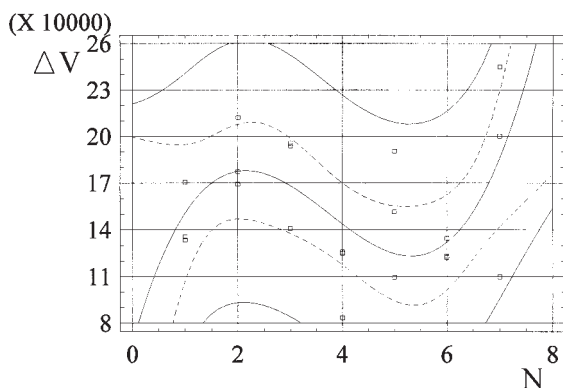


Рис. 3. Зависимость приростов по объему (ΔV) от номера секции (N) за 2004 г.

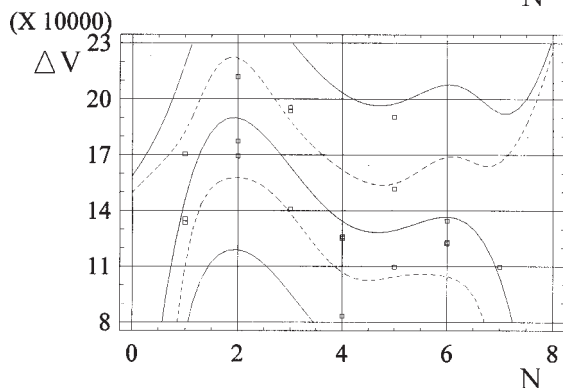


Рис. 4. Зависимость приростов по объему (ΔV) от номера секции (N) за 2004 г. (удалены два дерева на VII секции).

вать факторы, непосредственно влияющие на обеспеченность деревьев влагой: тепловое излучение, высушивающее верхний слой почвы и сами деревья, и степень развития корневой системы. На важность фактора увлажнения указывается, например, в статье (Andalo et al., 2004), в которой оценивается влияние изменения климата на рост белой ели. Изменение фактора «концентрация CO_2 в атмосфере» в нашем случае можно не учитывать, поскольку пробная площадь расположена перпендикулярно доминирующему направлению ветров в данной местности.

Выявленную динамику приростов по объему можно объяснить следующим образом. В период раннего развития корневая система деревьев не глубокая. Территория их произрастания отличается отсутствием лесной подстилки и живого напочвенного покрова. Вследствие этого затенение поверхности почвы слабое (средняя высота деревьев 15–20 см). Интенсивное тепловое излучение и высокое температурное поле обуславливают относительно низкую

влажность верхнего слоя почвы, поэтому с удалением от факела улучшаются условия произрастания (см. рис. 1). По мере взросления углубляется корневая система, формируется лесная подстилка и сомкнутость крон, увеличивается затенение и начинает доминировать температурный объемный фактор. Все более явной становится тенденция к увеличению приростов на более близких к факелу секциях. Деревья, находящиеся ближе к факелу, начинают догонять (см. рис. 2) и даже обгонять (см. рис. 4) по величине приростов деревья, находящиеся дальше от него.

Учет двух дополнительных факторов (теплового излучения и степени развития корневой системы) позволяет сделать вывод о положительном влиянии повышения температуры среды на приросты по объему (рост фитомассы) деревьев. В ситуации, когда нет недостатка влаги, повышение температуры в указанном диапазоне ведет к увеличению приростов у сосны. О взаимодействии положительно влияющего температурного фактора и отрицательно влияющего излучения дополнительно свидетельствует наблюдаемое уменьшение приростов на I секции по сравнению с последующими секциями (см. рис. 2–4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Andalo Ch., Beaulieu J., Bousquet J. The impact of climate change on growth of local white spruce populations in Quebec, Canada // *Forest Ecology and Management*. 2005. Vol. 205. P. 169–182.
- Hughes L. Biological consequences of global warming // *Trends in Ecology and Evolution*. 2000. Vol. 15. Iss. 12. № 2. P. 56–61.
- Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ БИОЦЕНОЗОВ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ, НАРУШЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

П.Т. Орехов

Институт криосферы Земли СО РАН, г. Москва

В настоящее время освоение запасов углеводородного сырья набирает все большие темпы и в первую очередь это касается северных районов Западно-Сибирской газонесущей провинции. Большая уязвимость биогеоценозов Севера и длительность их восстановления требуют повышенного внимания к широкому кругу вопросов, связанных с изучением их естественной и антропогенной динамики. Детальное изучение этих процессов является необходимым условием для научно обоснованного прогноза восстановления биогео-

зов после прекращения техногенного воздействия, который должен предшествовать проведению рекультивационных мероприятий и других мер по охране природы. Один из путей решения рассматриваемой проблемы — внедрение в систему экологического мониторинга методов комплексного исследования биогеоценозов (Антропогенные..., 2006).

Исследования проводились в пределах Надымского стационара ИКЗ СО РАН, расположенного в 30 км южнее г. Надым (65°18'с.ш., 72°51'в.д.) в подзоне северной тайги в краевой части III озерно-аллювиальной равнины. Рельеф равнины, имеющей абсолютные высоты 30–40 м, плоский и пологоволнистый, осложненный скоплениями бугров и гряд многолетнего пучения. Приречные и слабобрасчлененные части равнины залесены, для центральных нерасчлененных ее частей характерна большая заболоченность и заозеренность.

В 1971 г. в районе исследования была проведена расчистка трассы, а в 1972 г. — прокладка I нитки газопровода Надым-Пунга. Нарушенные территории представляют собой полосу вдоль газопровода, в пределах которой был вырублен древостой, снят наземный покров и верхний торфянистый горизонт мощностью до 20 см, а также нарушен микрорельеф. В 2004 г. была осуществлена реконструкция газопровода, что повлекло за собой новые нарушения на территориях, частично восстановившихся за 32 года после первой прокладки трубы, а также были нарушены новые территории. Размещение газопровода в одном коридоре коммуникаций вместе с другими линейными сооружениями, такими как грунтовая автодорога и линия электропередач, и совместное их воздействие на окружающую среду позволяет рассматривать этот комплекс как единый полимагистральный объект.

При выборе места расположения стационарных участков использовался ландшафтно-структурный анализ, проводимый по крупномасштабным ландшафтными картам ключевых участков. По этим картам подсчитывались площади, занятые природными комплексами ранга урочищ, и составлялись гистограммы распределения урочищ в процентах от общей площади участка, по которым выделялись доминатные, субдоминатные и содоминантные виды урочищ. Место расположения стационара выбиралось так, чтобы охватить эти основные структурообразующие урочища.

На постоянных площадках стационара размером 100 м², заложенных парно на нарушенных и ненарушенных территориях с фиксированными на местности границами, ежегодно выполняются детальные геоботанические описания. Вдоль постоянных трансект, пересекающих площадки, описывается и промеряется микрорельеф. На площадках регистрируется видовой состав фитоценоза, описываются и зарисовываются его вертикальная и горизонтальная структура, определяется обилие растений, их жизненное состояние, фенофаза, средняя высота, а также проективное покрытие и встречаемость на 50–

100 мелких учетных площадках в 0.1 м^2 . Дважды на этих площадках определялся запас фитомассы (Москаленко, 1999).

С 2000 г. начато изучение зоокомпонентов экосистем. В качестве модельных объектов выбраны сообщества мелких млекопитающих, так как мелкие млекопитающие представляют сборную группу грызунов, насекомоядных и мелких кунных, что дает возможность проследить изменения на различных трофических уровнях экосистемы. Выбор в целях индикации мелких млекопитающих устраняет ряд трудностей, связанных со сбором достаточного для статистической обработки материала, возникающих при работе с представителями других групп животных. Мелкие млекопитающие также удовлетворяют всем основным требованиям, предъявляемым к видам-индикаторам (Пястолова, 1987). Параметры сообществ мелких млекопитающих определялись в соответствии со схемой предложенной В.Н. Большаковым с соавторами (Большаков и др., 2001). Изучение сообществ мелких млекопитающих велось с использованием двух основных стандартных методов — линий ловушек и канавок. В исследованиях использовались канавки протяженностью 20 метров с двумя ловчими конусами с последующим пересчетом попадаемости на пятидесятиметровую канавку (Антропогенные..., 2006). Использование 20 метровых канавок связано с тем, что биотопы на полигоне мелкоконтурны и использование пятидесятиметровых канавок не представляется возможным. Ловушки «Геро» выставались по 25 шт. в линию.

Проведенные исследования позволили проследить изменения состояния и структуры биоценозов, неоднозначную реакцию слагающих их компонентов на климатические изменения и техногенное воздействие, а также выявить стадии восстановления растительности и формирования животного населения на нарушенных территориях.

Лесные биоценозы, представляющие собой березово-лиственничные и березово-сосновые кустарничково-лишайниковые редколесья, развитые на дренированных участках, а также лиственничные кустарничково-моховые редины, развитые на заболоченных участках приречной части равнины, в Надымском районе являются зональным типом растительности. Запасы надземной фитомассы для ненарушенных участков составляют 1279.6 г/м^2 . Проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового яруса составляет 43.7 и 62.3%. Через 32 года после прокладки газопровода на нарушенных участках сформировались березово-сосновые осоково-кустарничково-лишайниково-моховые и сосново-березовые кустарничково-лишайниково-моховые мелколесья с запасом надземной фитомассы 493.5 г/м^2 и с проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса 32.5% и мохово-лишайникового яруса 33.2%. После повторного нарушения в 2004 г. и расчистки трассы на нарушенных территориях сформировались овсяницево-голубично-моховые и вейниково-бруснично-моховые группировки.

Суммарное обилие видов мелких млекопитающих на ненарушенных участках составило 34.8 ос./10 канавко-сут. Доминирующим видом является красная полевка, а субдоминантом — средняя бурозубка. На восстанавливающихся в течение 32 лет участках суммарное обилие видов мелких млекопитающих составило 13.9 ос./10 канавко-сут. Отмечены также уменьшение обилия доминирующего вида (красной полевки) и смена субдоминантного вида (средней бурозубки), тундряной бурозубкой. В первый год после повторного нарушения в структуре населения мелких млекопитающих отмечено полное исчезновение насекомоядных и внедрение нового вида — полевки-экономки в качестве субдоминанта.

В тундровых фитоценозах, развитых на плоскобугристых торфяниках, для которых типичны травяно-кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества, на ненарушенных территориях запасы надземной фитомассы составили 1711 г/м². Проективное покрытие для травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов 42.9 и 58.6% соответственно. На восстанавливающихся участках тундровых биоценозов отмечено снижение запасов надземной фитомассы более чем в 2 раза (722.6 г/м²). Такая значительная разница обусловлена снижением доли лишайников в нарушенной тундре, которые в ненарушенных экосистемах составляют основу фитомассы. Однако в нарушенной тундре большое развитие получают мхи. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса и мохово-лишайникового покрова составило 41.6 и 45.3%. После повторного нарушения в 2004 г. нарушенные площади оказались затопленными водой вдоль всего участка трубы, проходящего по массиву плоскобугристого торфяника.

Суммарное обилие видов мелких млекопитающих на тундровых ненарушенных территориях составило 16.9 ос./10 канавко-сут., на восстанавливающихся территориях этот показатель составил 28.1 ос./10 канавко-сут. Кроме увеличения суммарного обилия видов выявлено увеличение обилия доминирующего вида — темной полевки и сходная тенденция по другим доминирующим видам. На повторно нарушенных территориях вылов не проводился в связи с затоплением.

Болотные биоценозы представлены в северной тайге двумя типами: плоские некомплексные и комплексные грядово-мочажинные болота. Характерными процессами являются новообразование многолетнемерзлых пород и сезонное пучение. Запасы надземной фитомассы на ненарушенных территориях составляют 692.9 г/м². Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова составляет 29% и 71.6%. За 32 года после нарушения болотные биоценозы почти полностью восстановились и количественные показатели запаса надземной фитомассы и проективного покрытия отличаются от ненарушенных территорий очень незначительно. Вторично нарушенные территории затоплены водой. Суммарное обилие видов мелких млекопитающих

щих болотных ненарушенных биоценозов составило 2 ос./100 канавко-сут. (болота облавливались только ловушками). Этот показатель для восстанавливающихся биоценозов составил 3.1 ос./100 канавко-сут. Значимых изменений в видовом составе и в структуре доминирования в сообществах мелких млекопитающих не выявлено. Повторно нарушенные территории в связи с затоплением не облавливались.

Техногенная трансформация ландшафтов при строительстве газопроводов приводит к изменению таких компонентов биогеоценозов как растительность, мелкие млекопитающие, почвы, рельеф и верхние горизонты горных пород.

Нарушение биогеоценозов северной тайги приводит к появлению фитоценозов, значительно отличающихся от исходных по таким параметрам как видовой состав, фитомасса, проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса и напочвенного покрова, компонентный состав растительного покрова, встречаемость и покрытие видов растений. Также заметно меняются температура, влажность, глубина сезонного протаивания и промерзания почв. В каждом из изученных биоценозов растительный покров имеет отличительные особенности, обусловленные антропогенной трансформацией ландшафта и изменением геокриологических условий.

По результатам исследования определены основные факторы, оказывающее как прямое, так и опосредованное воздействие на сообщества мелких млекопитающих. К факторам прямого воздействия можно отнести механическое повреждение растительности и почвенного покрова, преобразование микрорельефа, уплотнение грунтов при проходе техники. Как следствие этого изменяется динамика снежного покрова, гидрологический режим, теплообмен в приземном слое атмосферы, что в свою очередь приводит к развитию подтопления, изменению мощности сезонномерзлого и сезонноталого слоев, усилению либо ослаблению ряда экзогенных процессов, что в итоге приводит к изменению среды обитания мелких млекопитающих.

Неоднозначная реакция биотических компонентов биогеоценозов на антропогенное воздействие обусловлена тем, что сочетание геокриологических условий, трансформированных и естественных местообитаний и характер их контакта в разных биоценозах различны.

При подготовке статьи использовались данные, полученные Н.В. Сорокиной в 2000–2002 годах (Антропогенные..., 2006).

ЛИТЕРАТУРА

- Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции / Под ред. Н.Г. Москаленко. М.: РАСН, 2006. 358 с.
- Москаленко Н.Г. Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. Новосибирск: Наука, 1999. 280 с.

- Пястолова О.А. Разработка методов зооиндикации // Экологические основы рационального использования и охраны природных ресурсов. Свердловск, 1987. С. 23–25.
- Большаков В.Н., Пястолова О.А., Вершинин В.Л. Специфика формирования видовых сообществ животных в техногенных и урбанизированных ландшафтах // Экология. 2001. № 5. С. 343–354.

ГЕНОТИПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И КАЗАХСТАНЕ

Е.Л. Немченко

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Важным аспектом популяционной биологии древесных растений, а в частности сосны обыкновенной, является изучение генетической структуры популяций, внутри- и межпопуляционной генетической изменчивости, степени генетической дифференциации и границ популяций вида в ареале. Такие исследования способствуют рациональному использованию и сохранению генофонда древесных видов и селекции.

Электрофоретический анализ изоферментов даёт возможность генотипически характеризовать как отдельные экземпляры, так и популяции в целом, их гетерогенность, популяционную структуру и происхождение. Ранее этим методом изучены многие виды хвойных, например, *Pinus pumila* (Pall.) Regel (Гончаренко, Падутов, 1992), *Pinus sibirica* Du Tour (Крутовский, Политов, 1990, Семериков, 1993), *Pinus cembra* L. (Белоконь, 2005), *Picea abies* (L.) Karst (Гончаренко, Потенко, 1991), *Abies sibirica* Ledeb. (Семерикова, Семериков, 2006), виды рода *Larix* (Semerikov, Lascoux, 1999) и другие. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) была изучена в различных регионах, в том числе в Восточной Европе и Сибири (Гончаренко, Силин, 1990; Санников, Петрова, 2003), на Украине (Коршиков, Калафат, 2005), на Алтае (Демиденко, 1990), на Урале (Филиппова и др., 2006) и др. Значительная генетическая дифференциация географических групп популяций между островными борамы Притоболья и Аmano-Тургайской впадины была найдена в сосновых лесах Западной Сибири и Центрального Казахстана (Санников, Петрова, 2003).

В целом генетическая специфика западносибирских и казахстанских популяций сосны обыкновенной изучены крайне недостаточно. В связи с этим целью настоящей работы является аллозимный и генетический анализ популяций сосны обыкновенной в Западной Сибири и Казахстане.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Изучено девять выборок сосны обыкновенной в центральной части ареала (Ишим, Заводоуковск), крайне северной (Надым, Тарко-Сале) и южной дизъюнктивной части ареала (Тахтаброд, Актогай, Усть-Каменогорск, Орлиная гора, Соколиная гора). В каждой выборке использовались почки и хвоя с 50 деревьев, расположенных на расстоянии 30–50 м друг от друга. Отбор образцов (побегов сосны) производился в древостоях 100–120 летнего возраста. Для изучения генетической структуры проведён изозимный анализ. Экстракцию белков, электрофорез в полиакриламидном геле и гистохимическое окрашивание проводили по стандартной методике (Корочкин и др., 1977) с некоторыми модификациями (Филишова, 2001). Анализ проводился по 17 локусам (6-Pgd, Gdh, Sk-1, Sk-2, Adh-1, Adh-2, Pgm-1, Pgm-2, Dia, Got-1, Got-2, Got-3, Est-f, Fdh, β -gal, Sod-1, Sod-2). Данные анализировались с помощью программ BIOSYS и NTSYS (Rohlf, 1988).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Четыре из 17 проанализированных локусов (Got-1, Sod-1, Sod-2, Pgm-2) оказались мономорфными. Наибольшее число (5) редких аллелей, частота которых не превышает 2%, найдено в выборке Ишим (локусы 6-Pgd, Adh-1, Pgm-1, Got-3, Est, Fdh), а также в выборках Заводоуковск (локусы 6-Pgd, Est-f), Орлиная гора (Gdh, Est-f). По одному редкому аллелю отмечено в выборках Тахтаброд (Adh-1), Тарко-Сале (Gdh). Выявлен нулевой аллель в локусе Dia в выборках Усть-Каменогорск, Орлиная и Соколиная гора.

Ранее Э. Майром в синтетической теории эволюции (1974) высказывались предположения о том, что находящиеся на границе ареала (маргинальные) популяции некоторых видов характеризуются меньшей изменчивостью, чем центральные. Это было частично подтверждено Гончаренко с соавт. (1993) для популяций *Pinus sylvestris* L. Восточной Европы и Сибири. Однако для ряда видов либо совсем не наблюдается уменьшения изменчивости в маргинальных популяциях, либо оно весьма незначительно. Например, малые по площади островные популяции *P. sylvestris* L. Казахстана — Боровская и Наурзумская — характеризуются довольно высокой средней фактической гетерозиготностью (0.264–0.269) (Санников, Петрова, 2003). Л.И. Милютин (1991) различает два типа краевых популяций: экологические (существующие в крайне пессимальных условия среды), и географические (находящиеся на границе ареала вида). И, если в первом случае полиморфизм популяции действительно чаще всего обеднён, то во втором такого обеднения может и не быть. Таким образом, для популяций каждого вида этот вопрос нужно рассматривать особо.

Все изученные нами популяции, в том числе и маргинальные, характеризуются высокой степенью гетерозиготности. Наименьшие для сравниваемых популяций значения фактической (0.228 ± 0.049) и ожидаемой (0.214 ± 0.039) гетерозиготности наблюдаются в выборке Актогай. Наибольшее значение найдено в выборке Тарко-Сале (0.300 ± 0.051), несмотря на её крайне северное маргинальное положение. Наблюдается некоторое снижение гетерозиготности (фактической и ожидаемой) в южных популяциях. Ни в одной популяции фактическая гетерозиготность достоверно не отличается от ожидаемой, что говорит о сбалансированности генофонда данных выборок.

Интересным представляется также анализ гетерозиготности отдельно по локусам. Следует отметить, что ожидаемая гетерозиготность почти не отличается от фактической и, следовательно, правомерно говорить о любой из них. Фактическая гетерозиготность в южных островных выборках увеличивается в локусах 6-Pgd, Gdh, Sk-2; снижается в локусах Adh-2, Dia и Est-f. Увеличение гетерозиготности в центральных выборках относительно остальных наблюдается в локусах Sk-1 и Got-2, уменьшение — в β -gal. В локусе Pgm-1 фактическая гетерозиготность выше в северных популяциях относительно остальных. Закономерности не удалось выявить в локусах Dia и Fdh.

Для анализа структуры и степени подразделённости популяций использовались F -статистики Райта (Wright, 1965). На межпопуляционную изменчивость (F_{ST}) приходится в среднем 4.6%. Существенный вклад вносят локусы Sk-2 (10.7%), Got-3 (8.7%), Adh-1 (7.1%); наименьшее значение отмечено для локуса Gdh (0.8%).

Коэффициент F_{IS} (инбридинга особи относительно популяции) находится в пределах от -0.18 до 0.15. В среднем для изученных популяций наблюдается избыток гетерозигот — около 1%. Значение коэффициента F_{IT} (инбридинга особи относительно совокупности всех изучавшихся популяций) в среднем достигает 3.8%, что говорит о недостатке гетерозигот.

Кроме F -статистик Райта рассчитывалось общее (тотальное) генетическое разнообразие (H_T), среднее внутрипопуляционное (H_S) и межпопуляционное (D_{ST}) генетическое разнообразие и величина генетической межпопуляционной дифференциации (G_{ST}) (Nei, 1973) (таблица). Данные показатели рассчитывались по следующим формулам: $D_{ST} = H_T - H_S$; $G_{ST} = D_{ST} / H_T$. Для оценки генетического разнообразия все популяции были подразделены на иерархические уровни: T — общая «тотальная выборка», R — региональный уровень (северные, центральные и южные выборки), S — локальные выборки. Таким образом, $H_T = H_S + D_{SR} + D_{RT}$; $G_{ST} = G_{SR} + G_{RT}$. Для данных выборок значение D_{ST} составляет 0.179, а $G_{ST} = 4.1\%$, то есть на межпопуляционное разнообразие приходится 4.1%, а на внутрипопуляционное — 95.9%. Наи-

Таблица. Компоненты генной изменчивости и разнообразия в популяциях *P. sylvestris* L.

Локус	Абсолютные компоненты генной изменчивости					Относительные компоненты разнообразия, %			
	Ht	Hs	Dsr	Dst	Drt	Hs/Ht	Gsr	Gst	Grt
6-Pgd	0.50345	0.499	0.00823	0.0048	-0.00339	0.990	0.016	0.010	-0.007
Gdh	0.43108	0.430	0.00000	0.0011	0.00112	0.997	0.000	0.003	0.003
Sk-1	0.35916	0.352	0.00676	0.0069	0.00009	0.981	0.019	0.019	0.000
Sk-2	0.35208	0.317	0.03319	0.0352	0.00196	0.900	0.094	0.100	0.006
Adh-1	0.42237	0.395	0.01348	0.0274	0.01387	0.935	0.032	0.065	0.033
Adh-2	0.41240	0.398	0.01744	0.0145	-0.00299	0.965	0.042	0.035	-0.007
Pgm-1	0.14546	0.143	0.00409	0.0027	-0.00139	0.981	0.028	0.019	-0.010
Dia	0.38583	0.369	0.02312	0.0166	-0.00648	0.957	0.060	0.043	-0.017
Got-2	0.45270	0.448	0.00426	0.0044	0.00018	0.990	0.009	0.010	0.000
Got-3	0.43902	0.404	0.05164	0.0355	-0.01612	0.919	0.118	0.081	-0.034
Est-f	0.37167	0.358	0.01315	0.0139	0.00079	0.962	0.035	0.038	0.002
Fdh	0.22344	0.222	0.00162	0.0012	-0.00044	0.995	0.007	0.005	-0.002
β-Gal	0.25489	0.240	0.01890	0.0151	-0.00383	0.941	0.074	0.059	-0.015
Сумма	4.75355	4.574	0.19588	0.1793	-0.0166	0.963	0.041	0.037	-0.004

больший вклад в межпопуляционное разнообразие вносят локусы Sk-1 (10%), Got-3 (8.1%), Adh-1 (6.5%).

Таким образом, изучение генотипической структуры популяций сосны обыкновенной Западной Сибири и Казахстана не выявило уменьшения гетерозиготности всех локусов в островных выборках относительно центральных. На внутрипопуляционную изменчивость данных выборок приходится в среднем 95.9%, на межпопуляционное — 4.1%.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 05–04–48667).

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ-ХОРТОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А.В. Нестерков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Известно, что травянистая растительность чутко реагирует на изменение физико-химических свойств верхних почвенных горизонтов, где концентрация поллютантов наиболее высока. Можно предположить, что тесно связанные с травами сообщества беспозвоночных-хортобионтов, наряду с обитателями

почвы, одними из первых должны реагировать на действие токсикантов. В то же время, информация о действии сильных хронических токсических нагрузок на пространственно-временную структуру животного населения травянистого яруса пока фрагментарна.

Материал собран на вторичных суходольных лугах на трех участках, находящихся на разном удалении от крупного точечного источника загрязнения (Среднеуральский медеплавильный комбинат, окрестности г. Ревда Свердловской области), — импактной (1 км к западу от завода), буферной (4 км) и фоновой (30 км) зонах нагрузки. На каждом из них заложено по три пробных площадки размером 50×50 м. Учеты хортобионтов проведены в июне — августе в три тура (1 тур: 21.06–01.07; 2 тур: 19–21, 26–29, 31.07–03.08; 3 тур: 12–18.08, 01–03.09). Разорванный характер туров связан с многочисленными дождями, на время которых сбор материала приходилось приостанавливать. С каждой площадки собрано по 10 проб в каждом туре учета, всего — 270 проб.

В работе использован модифицированный биоценометр с площадью основания 0.25 м^2 конструкции Баскиной и Фридман (1928). Беспозвоночных выбирали вручную и с помощью специально модифицированного пылесоса с автономным источником питания.

Разбор проб включал определение таксономической принадлежности собранных хортобионтов и подсчет обилия каждой из таксономических групп. Далее были выделены наиболее обильные группы (как таксономические, так и сборные) в качестве модельных. Всего выбрано девять модельных групп: семейства Земляных клопов (Lygaeidae) и Клопов-охотников (Nabiidae; отряд Hemiptera); подотряды Цикадовых (Cicadinea; отряд Homoptera), Короткоусых (Brachycera) и Длинноусых двукрылых (Nematocera; отряд Diptera); отряды Пауков (Aranei), Перепончатокрылых (Hymenoptera), а также гусеницы (Lepidoptera larvae; отряд Lepidoptera) и моллюски (Mollusca). Для каждой из модельных групп рассмотрено изменение плотности (экз./м²) в зависимости от зоны техногенной нагрузки и тура учета (табл. 1).

С приближением к источнику выбросов снижается плотность населения Nabiidae, Aranei, Lepidoptera larvae, Mollusca; последняя группа в импактной зоне отсутствует. От первого тура к третьему в этих группах наблюдается некоторое увеличение плотности населения. Увеличивается плотность населения Cicadinea, Lygaeidae и Hymenoptera, причем наибольших значений она достигает в импактной зоне. В этой же зоне зафиксирован наибольший диапазон значений плотности между турами. Для Brachycera и Nematocera не удалось установить четких тенденций изменения плотности.

Согласно трофической специализации весь комплекс хортобионтов был подразделен на четыре группы: зоофагов, грызущих фитофагов, сосущих фитофагов и группу со смешанной трофикой (табл. 2 и 3).

С приближением к заводу увеличивается плотность населения грызущих и особенно сосущих фитофагов в буферной зоне с последующим снижением в импактной. От первого тура к третьему плотность населения в этих группах снижается. От фоновой зоны к импактной зафиксировано общее снижение обилия зоофагов.

Сезонная динамика плотности населения сообществ хортобионтов подвержена влиянию техногенного загрязнения и изменяется в зависимости от его уровня. В импактной зоне плотность сосущих фитофагов (Cicadinea, Lygaeidae) значительно больше по сравнению с хищниками (Agahei, Nabidae) и грызущими фитофагами (Lepidoptera larvae). Для комплекса хортобионтов в целом отмечено увеличение плотности населения в буферной зоне по сравнению с фоновой территорией. В импактной зоне проявляется наибольший диапазон значений плотности населения беспозвоночных травоядных между турами учетов с тенденцией к снижению от первого тура к третьему.

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа влияния зоны нагрузки и тура на плотность населения модельных и трофических групп хортобионтов

модельные группы	Источник изменчивости					
	зона		тур		зона*тур	
	F (2; 261)	P	F (2; 261)	P	F (2; 261)	P
Aranei	8.96	0.0002	6.49	0.0018	1	0.41
Brachycera	5.77	0.0035	45.57	<<0.0001	3.99	0.0037
Cicadinea	28.52	<<0.0001	10.49	<<0.0001	9.97	<<0.0001
Hymenoptera	13.35	<<0.0001	20.97	<<0.0001	3.44	0.0093
Lepidoptera larvae	25.67	<<0.0001	11.24	<<0.0001	2.31	0.0584
Lygaeidae	65.17	<<0.0001	25.01	<<0.0001	28.82	<<0.0001
Mollusca	53.47	<<0.0001	16.53	<<0.0001	7.71	<<0.0001
Nabidae	17.04	<<0.0001	2.42	0.0913	2.46	0.0458
Nematocera	2.34	0.0981	11.2	<<0.0001	9.99	<<0.0001
все хортобионты	17.45	<<0.0001	19.56	<<0.0001	13.16	<<0.0001
трофические группы:						
зоофаги	15.14	<<0.0001	8.47	0.0003	1.4	0.2337
фитофаги грызущие	33.03	<<0.0001	10.57	<<0.0001	2.71	0.0305
фитофаги сосущие	24.56	<<0.0001	9	0.0002	10.44	<<0.0001
прочие	9.54	0.0001	56.14	<<0.0001	7.77	<<0.0001

Таблица 1. Сезонная динамика плотности (экз./м²) модельных групп в зонах с разной техногенной нагрузкой

Модельные группы	фооновая			буферная			импактная		
	тур 1	тур 2	тур 3	тур 1	тур 2	тур 3	тур 1	тур 2	тур 3
Acanthi	14,92±1,2	26,52±3,12	40,28±13,96	16,92±2,16	18,4±2,28	29,08±2,68	7,08±1,16	9,88±1,32	13,48±1,56
Brachycera	46,92±5,52	29,08±7,36	8,4±1,24	114,28±14,68	27,6±4,36	19,2±5,28	85,2±19,84	26,52±4,32	14,92±2,4
Cicadinea	50,12±5,56	104,68±13,76	63,32±8,96	128,12±19,24	167,88±16,04	123,32±13,24	223,72±17,64	147,32±13,4	89,08±13,12
Hymenoptera indet.	10,12±1,24	6,12±1,28	4,92±0,96	15,72±1,68	16,68±2,64	5,48±0,84	23,32±3,36	13,72±2,28	8,12±1,68
Lepidoptera larvae	0,68±0,28	4,4±1,52	5,6±0,96	3,48±1	6,52±1,52	10±1,72	0,28±0,28	0,4±0,24	0,92±0,36
Lygaeidae	3,88±0,8	10,92±1,68	3,32±0,8	4,92±1,04	12,28±1,84	5,72±1,56	48,68±4,48	20,92±3,88	8,12±2,08
Mollusca	3,2±0,72	25,72±3,96	24,68±3,2	13,32±2,44	17,08±2,44	25,08±4,16	0	0	0
Nabidae	1,88±0,48	4±0,76	3,2±1,04	5,72±1,16	3,32±0,8	6±1,2	0,28±0,2	0,8±0,28	2,52±0,64
Nematocera	15,6±2,64	2,4±0,64	5,2±1,48	13,88±2,2	12,8±2,24	3,08±0,8	1,88±0,6	15,6±4,88	0,52±0,32
все хортобионты	185,32±9,8	251,32±18,64	215,48±22,72	362±24,56	314,92±20,8	273,08±18,24	412,4±30,08	264,4±18,2	155,32±17,44

Таблица 3. Сезонная динамика плотности (экз./м²) трофических групп в зонах с разной техногенной нагрузкой

Модельные группы	фооновая			буферная			импактная		
	тур 1	тур 2	тур 3	тур 1	тур 2	тур 3	тур 1	тур 2	тур 3
зоофаг	22,00±1,69	36,53±3,95	38,53±2,64	25,47±2,67	23,20±2,66	38,27±2,91	8,13±1,21	11,73±1,47	16,93±2,06
фитофаг травоядный	8,13±1,13	13,60±2,38	17,47±1,70	11,47±1,62	12,67±2,14	23,33±4,25	2,53±0,62	3,20±0,68	3,60±0,75
фитофаг сосущий	56,40±5,53	114,13±13,96	79,47±10,54	135,20±19,28	179,60±17,02	133,60±12,86	227,87±17,46	152,13±13,30	93,33±13,57
прочие	98,80±7,33	87,07±8,15	66,80±5,34	189,87±16,55	99,47±8,37	77,87±7,78	173,87±20,37	97,33±9,42	41,47±4,80

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА СОСНОВЫХ ЛЕСОВ В ХОДЕ ПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ

М.С. Новикова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Условием сохранения уникальных светлохвойных лесов Южного Урала являются периодические низовые пожары (Работнов, 1978; Санников, 1981; Мартыненко, 2002). Важную роль в процессе лесовосстановления на начальных этапах постпирогенных сукцессий играет травяно-кустарничковый ярус. Его влияние определяет микроклиматические и почвенные разности, а также уровень конкурентных отношений в растительном покрове.

Цель работы состояла в изучении структурно-динамических аспектов формирования травяно-кустарничкового яруса сосновых лесов в ходе пирогенных сукцессий. В задачи исследования входило: 1) дать характеристику топоэкологических профилей «пожар — контроль» в районе оз. Барарус; 2) выявить изменение видового разнообразия и проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса в сосняках I-III типов растительных условий (ТЛУ) («пожар — контроль»); 3) охарактеризовать экологическую и ценотическую структуры травяно-кустарничкового яруса в сосняках I-III ТЛУ («пожар — контроль»).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

На территории Ильменского государственного заповедника в 2005–2006 гг. заложены и описаны два топоэкологических профиля, включающие по три пробные площади (10×10 м) для серии сосняков I-III групп ТЛУ. Один топографический профиль представлен горелыми площадями (обозначение — профиль «пожар»), другой — негорелыми (профиль «контроль»). На 60 учетных площадках оценены проективное покрытие и встречаемость видов. Определение парциальной активности (ПА) производилось на основе сочетания баллов проективного покрытия и константности вида в данном типе экотопов (Хитун, 2002). Для каждой пробной площади вели учет эко- и ценотипов, для чего находили отношение между суммой активности растений каждой группы и суммарной активностью всех видов, формирующих фитоценоз. Для оценки сходства сообществ по видовому составу применен коэффициент Жаккара (K_j).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Пробные площади по времени возгорания однотипны, располагаются на склонах (от вершины до основания) на ветроударных экспозициях, представляя собой экологические ряды: 1) по увлажнению; 2) аллювиально-деллювиальным

процессам; 3) скорости пирогенеза. Сомкнутость крон достигает максимального значения у подножия склона, что приводит к увеличению влажности приземного слоя воздуха. Повышенная влажность позволяет разрастаться крупным травянистым формам, составляющим конкуренцию как подросту древесных, так и ослабленным взрослым деревьям за ресурсы среды. Оптимальной для возобновления *Pinus sylvestris* можно считать ТЛУ II, что подтверждается таксационными характеристиками пробных площадей и встречаемостью подроста. На всех площадках доминирует *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth. (ПА варьирует от 3 до 5). При сильном воздействии огневого фактора, вызывающего полное выгорание подстилки, вейник погибает и не появляется в течение 4–5 лет. В связи с этим его высокое обилие на инициальных стадиях сукцессий может служить индикатором слабого выгорания. На начальных постпирогенных восстановительных стадиях вейник выступает в роли сукцессионного эксплерента. Под пологом леса ведет себя как пациент, в течение долгого времени, существуя в виде небольших кустов с несколькими вегетативными побегами.

Анализ видового состава травяно-кустарничкового яруса на площадках и топоэкологических профилях. Сравнение площадок, относящихся к одной группе ТЛУ (табл. 1) показало, что в паре «пожар — контроль» максимальное сходство наблюдается для средней части склона (ТЛУ II) и составляет $K_j = 47.8\%$. Минимальное сходство выявлено для верхней части (ТЛУ I) — $K_j = 23.8\%$. Сравнение площадок, относящихся к разным группам ТЛУ на профилях показало, что в варианте «пожар» по видовому составу различаются площади вершины склона (ТЛУ I) и его основания (ТЛУ III) — $K_j = 42.9\%$. В варианте «контроль» максимальное различие видового состава также наблюдается между вершиной склона и основанием — $K_j = 28.0\%$.

Видовой состав нарушенных пожаром местообитаний формируется за счет растений, прилегающих территорий или за счет почвенного банка корневищ и семян.

Таблица 1. Матрица абсолютных и относительных мер видового сходства площадок

		«Пожар»			«Контроль»		
		ТЛУ III	ТЛУ II	ТЛУ I	ТЛУ III	ТЛУ II	ТЛУ I
«Пожар»	ТЛУ III	15	11	9	9	9	7
	ТЛУ II	52.4	17	11	12	11	8
	ТЛУ I	42.9	52.4	15	11	9	5
«Контроль»	ТЛУ III	33.3	46.2	44.0	21	14	8
	ТЛУ II	39.1	47.8	33.3	58.3	17	8
	ТЛУ I	36.8	64.7	23.8	28.0	40.0	11

Примечания: над диагональю — абсолютные меры сходства, под диагональю — относительные меры сходства, по диагонали — число видов.

Характеристика проективного покрытия. Для профиля «пожар» установлено максимальное значение проективного покрытия в средней части склона (ТЛУ II). Для профиля «контроль» относительно богатые почвы и благоприятный режим увлажнения в сосняках III группы ТЛУ (подножие склона) обеспечивают самое высокое проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса.

Характеристика эколого-ценотической структуры травяно-кустарничкового яруса. Сравнение площадок, относящихся к одной группе ТЛУ в паре «пожар — контроль», выявило, что участие мезофитов во всех сравниваемых парах на контроле уменьшается, а ксерофитных элементов возрастает. В ценотическом спектре наблюдается обратное: доля лесных растений на горелых площадях меньше в связи с тем, что появляется группа сорных видов. Сравнение площадок, относящихся к разным группам ТЛУ (табл. 2) на топозокологических профилях, показало, что в варианте «пожар» преобладают мезофиты (95.1–96.8%) и лесные растения (58.1–78.1%). При этом для ТЛУ II характерна как большая дифференциация эколого-ценотических спектров, так и максимальные значения долевого участия отмеченных выше групп. Для варианта «контроль» установлено уменьшение доли мезофитов и лесных видов вниз по профилю в связи с появлением растений других эколого-ценотических стратегий.

Таблица 2. Эколого-ценотические спектры травянисто-кустарничкового яруса

	«Пожар»	«Контроль»
Соотношение экотипов		
ТЛУ III	96.8 М : 3.2 КМ	91.67 М : 2.08 МК : 6.25 КМ
ТЛУ II	95.12 М : 2.44 МК : 2.44 КМ	9.21 М : 7.9 КМ
ТЛУ I	96.77 М : 3.23 КМ	92.0 М : 8.0 МК
Соотношение ценотипов		
ТЛУ III	66.67 Лес : 12.12 Луг : 18.18 О : 3.03 Р	87.5 Лес : 12.5 Луг
ТЛУ II	78.05 Лес : 2.45 Луг : 14.6 О : 4.89 Р	94.7 Лес : 5.3 Луг
ТЛУ I	58.06 Лес : 3.22 Луг : 26.6 О : 16.12 Р	96.0 Лес : 4.0 Луг

Примечание: М – мезофиты, МК – мезоксерофиты, КМ – ксеромезофиты;
Лес – лесные, Луг – луговые, О – опушечные, Р – рудеральные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, топографическое положение фитоценозов отражается на видовом составе и структуре травяно-кустарничковых сообществ, формируемых под пологом древесных пород. В нарушенных пожаром местообитаниях (профиль «пожар») происходит нивелирование условий экотопов, в результате чего наблюдается повышенное сходство фитоценозов вдоль ведущего комп-

лексного градиента на видовом и эколого-ценотическом уровне. Нарушенные и ненарушенные пожаром фитоценозы на площадках II группы ТЛУ схожи по структуре. Следовательно, скорость послепожарного лесовосстановления на середине склона будет, вероятнее всего, наибольшей.

ЛИТЕРАТУРА

- Мартыненко В.Б. Низовые пожары как фактор сохранения сосново-лиственничных лесов Южного Урала // *Экология*. 2002. № 3. С. 228–231.
- Работнов Т.А. О значении пирогенного фактора для формирования растительного покрова // *Ботан. журн.* 1978. Т. 63. № 11. С. 1605–1611.
- Санников С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // *Экология*. 1981. № 6. С. 23–33.
- Хитун О.В. Внутриландшафтная структура флоры низовьев реки Тиникяха: (Сев. ги-поаркт. тундры, Гыданский п-ов) // *Ботан. журн.* 2002. Т. 87. № 8. С. 1–23.

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР СРЕДНЕЙ ЛЕСОСТЕПИ В ГРАДИЕНТЕ СОЛЕННОСТИ

Е.А. Новых, О.А. Алешина

Тюменский госуниверситет

Количество растворенных в воде минеральных веществ определяет ее соленость, которая, в свою очередь, является одной из важнейших характеристик среды обитания водных организмов. Изученность адаптивного ответа донных сообществ на изменение общей солености невелика, особенно в количественном аспекте, обязательном при решении большинства практических задач. Исследования в указанном направлении имеют отношение к проблемам общей теории адаптации, экологической пластичности и стратегии приспособления живых организмов и их сообществ к изменяющейся среде. Существует несколько гидробиологических работ по исследованию соленых озер юга Тюменской области (Алешина и др., 2006; Бойко и др., 2006).

Цель работы: выявить особенности видового состава и организации макрозообентоса в озерах средней лесостепи Тюменской области, различающихся по минерализации воды. Задачи: 1) определить видовой состав и таксономическую структуру макрозообентоса; 2) выявить количественные показатели развития макрозообентоса; 3) исследовать связь между количественными показателями макрозообентоса и общей минерализацией и химическим составом воды.

Всего исследовано 19 озер с соленостью от 1.5 до 58 г/дм³. В соответствии с общепринятой классификацией континентальных вод по минерализации (Посохов, 1989), озера были разделены на слабосоленоватые (1.5–2.7 г/дм³), среднесоленоватые (3.2–4.3 г/дм³), сильносоленоватые (5.3–8.2 г/дм³), слабосоленые (18.3 г/дм³) и слабые рассолы (58 г/дм³).

В обследованных озерах зарегистрировано 35 видов и таксонов более высокого ранга, относящихся к основным систематическим группам макрозообентоса: Chironomidae, Heleidae, Trichoptera, Ephemeroptera, Chaoboridae, Hirudinea, Oligochaeta, Gammaridae, Nematoda, Mollusca. Встречаемость групп варьировала от 5 до 100%. Наиболее часто встречались представители хирономид и мокрецов (100–90%). Общее количество таксонов в группах озер составило: слабосоленоватые — 20, среднесоленоватые — 22, сильносоленоватые — 15, слабосоленое — 4, рассольное — 2. Таким образом, в сильносоленоватых водоемах (начиная с концентрации солей 5.3 г/дм³) отмечается резкое уменьшение количества таксонов. В них не обнаружены представители нематод, олигохет и моллюсков. Среднее значение индекса видового разнообразия Шеннона (*H*) в диапазоне солености от 1.5 до 8.2 г/дм³ понижается от 1.2 до 0.8.

Наиболее богато в качественном отношении семейство хирономид, которое было представлено 15 видами (43% от общего видового состава). Согласно ранжированию видов по индексу значимости ($\sqrt{PB}$), в большинстве соленоватых озер доминировал *Chironomus* ex gr. *phumosus* Linne. Доминанты менялись в тех водоемах, где в придонных слоях было обнаружено значительное содержание сероводорода. Так, при концентрации H₂S 15 мг/дм³ доминировал *Camptochironomus pallidivittatus* (Malloch), а при 70 мг/дм³ — *Ch. heterodentatus* Konstantinov. При повышении солености до 18.3 г/дм³ лидировал *Procladius ferrugineus* Kieffer. В слаборассольном озере в донных отложениях обнаружены только личинки мокрецов pp. *Mallochohelea* *Spheromias*. Личинки комаров-звонцов в пробах отсутствовали. Обилие макрозообентоса увеличивается от слабосоленоватых к сильносоленоватым водоемам (рис. 1).

Основу развития донных сообществ в озерах составляют хирономиды (рис. 2а). Их доля (по численности) увеличивалась с повышением солености воды, а доля по биомассе сначала возрастала от слабосоленоватых к среднесоленоватым озерам, а затем снижалась в сильно соленоватых. Это связано с изменением среднего индивидуального веса личинок (20 мг/экз. в слабосоленоватых водоемах; 12 мг/экз. — в сильносоленоватых). В сильносоленоватых озерах резко возрастала доля мокрецов в биомассе зообентоса (рис. 2б) на фоне снижения их численности. Средний индивидуальный вес личинок при этом увеличился более чем в 20 раз.

На основе полученных данных проведен анализ зависимости количественных показателей развития макрозообентоса от общей минерализации воды и

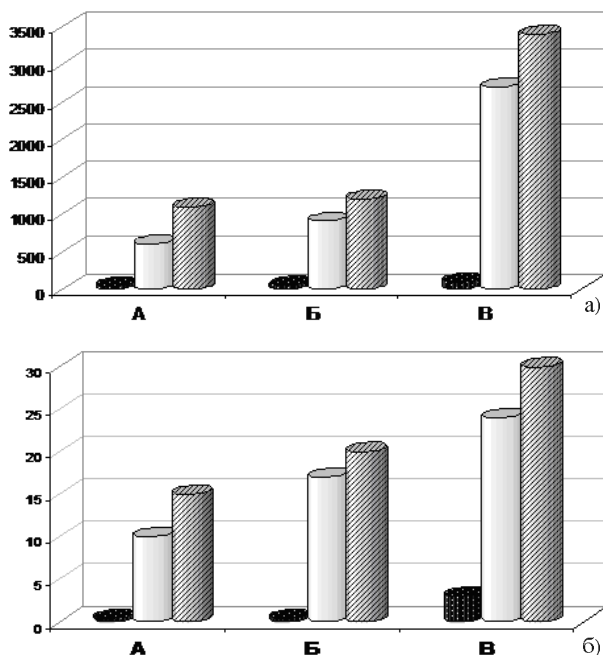


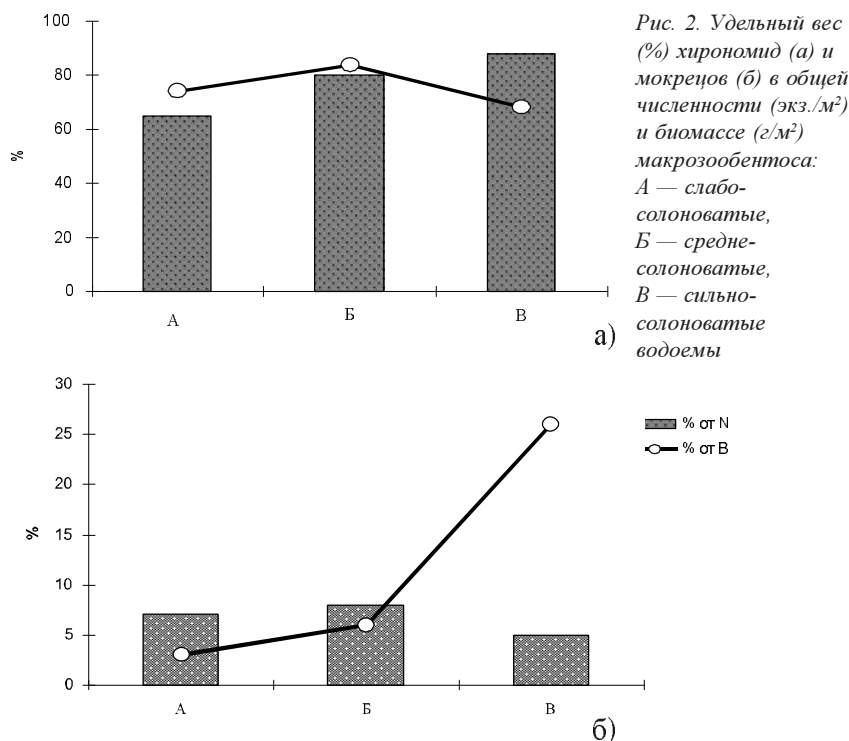
Рис. 1. Средние показатели численности (экз./м²) (а) и биомассы (г/м²) (б) донных сообществ: А — слабосоленоватые, Б — среднесоленоватые, В — сильносоленоватые озера.

содержания основных ионов. Связь показателей обилия макрозообентоса с соленостью воды в каждой группе озер в большинстве случаев оказалась слабой (значения коэффициента корреляции варьировали от 0.18 до 0.54). Выявлена высокая корреляционная зависимость показателей обилия макрозообентоса с химическим составом воды (таблица; все различия значимы при $p < 0.05$).

Таблица 1. Значения коэффициентов корреляции (r) между показателями обилия макрозообентоса и основными ионами в солоноватых водоемах

Водоемы	Численность	Биомасса
Слабосоленоватые	$r = 0.87$ (Ca^{2+})	$r = -0.67$ (HCO_3^-)
Среднесоленоватые	$r = 0.67$ (HCO_3^-)	$r = -0.61$ (Cl^-)
Сильносоленоватые	$r = 0.77$ (Mg^{2+})	$r = 0.93$ (Ca^{2+})

В слабосоленоватых озерах наиболее высокие значения коэффициента корреляции с численностью и биомассой имели соответственно ионы Ca^{2+} и HCO_3^- , в среднесоленоватых — HCO_3^- и Cl^- , в сильносоленоватых — Mg^{2+} и Ca^{2+} .



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В градиенте солености наблюдается снижение видового разнообразия макрозообентоса в сильно солоноватых озерах. Количественные показатели обилия увеличивались от слабосоленоватых к сильносоленоватым водоемам.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 04-05-65200).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И. Влияние некоторых экологических факторов на рост гипергайинного рачка *Artemia* юга Западной Сибири. // Тез. докл. IX съезда гидробиологического общества РАН. Т. 1. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006. С. 48.
- Алешина О.А., Катанаева В.Г., Ларин С.И. Зоопланктон лесостепных озер Приишимья различной минерализации // Вестник Тюменского гос. Ун-та. 2006. №4. С. 191-201.
- Посохов Е. В., Никанорова А.М. Справочник по гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 391 с.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПИЯВОК В ОЗЕРАХ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА

Е.С. Нохрина*, Л.В. Черная**, Л.А. Ковальчук**

* Областная детская клиническая больница №1, г. Екатеринбург,

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

Данная работа является частью комплексных многолетних исследований по гирудофауне Уральского региона. Цель исследования — изучить фауну пиявок в озерах Южного и Среднего Урала и дать сравнительную характеристику ее количественного и качественного состава.

Фаунистические исследования проводились в июле-августе 2005 г. в литоральной зоне семи озер, отличающихся по своему географическому расположению и уровню антропогенной нагрузки: Большое Миассово, Малое Миассово, Большой Таткуль (Ильменский заповедник, Челябинская область, Южный Урал), Ильменское (г. Миасс, Челябинская область, Южный Урал), Шарташ (г. Екатеринбург, Средний Урал), Балтым (окрестности г. Екатеринбурга, Средний Урал), Таватуй (Свердловская область, Средний Урал). Использовали ручной сбор пиявок с камней, растений и других предметов, погруженных в воду. Всего отловлено 1644 особи пиявок.

Результаты исследований показали, что фауна пиявок Южного Урала представлена 11 видами, принадлежащими к четырем семействам:

I. Семейство Glossiphoniidae Vaillant, 1890 — плоские пиявки:

1. *Proclepsis tessulata* (O.F. Мyller, 1774) — птичья пиявка, паразитирующая на водоплавающих птицах;

2. *Proclepsis maculosa* (Rathke, 1862) — кровосос водоплавающих птиц;

3. *Hemiclepsis marginata* (O.F. Мyller, 1774) — кровосос рыб и земноводных;

4. *Glossiphonia complanata* (L., 1758) — улитковая пиявка, сосет кровь и соки моллюсков и личинок насекомых;

5. *Glossiphonia concolor* (Apathy, 1888) — кровосос моллюсков и личинок насекомых;

6. *Helobdella stagnalis* (L., 1758) — двуглазая клепсина, хищник мелких беспозвоночных.

II. Семейство Ichtyobdellidae Leuckart, 1863 — рыбы пиявки:

7. *Piscicola geometra* (L., 1758) — обыкновенная рыба пиявка, типичный оксифил. Паразитирует на рыбах.

III. Семейство Hirudinidae Whitman, 1886 — челюстные пиявки:

8. *Haemopsis sanguisuga* (L., 1758) — большая ложноконская пиявка; ведет амфибиотический образ жизни, прожорливый хищник.

IV. Семейство Erpobdellidae Blanchard, 1892 — плоточные пиявки:

9. *Erpobdella octoculata* (L., 1758) — малая ложноконская пиявка;

10. *Erpobdella testacea* (Savigny, 1822);

11. *Erpobdella nigricollis* (Brandes, 1900); все три вида плоточных пиявок являются хищниками мелких беспозвоночных.

По нашим данным, фауна пиявок Южного Урала богаче гирудофауны оз. Среднего Урала, в которых обнаружено всего шесть видов пиявок: *Glossiphonia complanata*, *Helobdella stagnalis*, *Erpobdella octoculata*, *E. nigricollis*, *E. testacea*, *Haemopsis sanguisuga*. Фауна пиявок в исследованных озерах различается как по качественному, так и по количественному составу. Наибольшим видовым разнообразием отличается озеро Большое Миассово (Южный Урал), а по числу отловленных особей всех видов пиявок исследованные озера можно расположить в ряд: Большой Таткуль (559 особей, девять видов) > Большое Миассово (446 особей, 11 видов) > Малое Миассово (219 особей, девять видов) > Ильменское (177 особей, восемь видов) > Балтым (88 особей, шесть видов) > Шарташ (79 особей, пять видов) > Таватуй (76 особей, пять видов).

В оз. Большой Таткуль доминирует паразит моллюсков *Glossiphonia concolor*, в остальных шести озерах наиболее массовым видом является хищник *E. nigricollis*. В оз. Большой Таткуль отмечено большее количество моллюсков, чем в других озерах. Этот фактор и определяет, по-нашему мнению, различие в доминирующих видах. Исследованные биотопы озер Южного Урала отличаются от озер Среднего Урала богатым видовым разнообразием макрофитов, различных групп гидробионтов (ракообразные, личинки насекомых, моллюски, рыбы, земноводные) и водоплавающих птиц, что создает благоприятные условия для обитания пиявок.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ КРотовых ХОДОВ

Д.В. Нуртдинова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

В местах обитания крота существует сложная сеть ходов, охватывающая тысячи гектаров. По данным Б.Д. Абатурова и Л.О. Карпачевского (1966) длина кротовых туннелей в разных биотопах колеблется от 62 до 255 см на 1 м². Такая обширная норная сеть привлекает большое количество видов беспозвоночных и позвоночных животных, проникающих в нее в поисках пищи, укрытия и использующих ее для передвижения или размножения. Известны два специальных исследования, в которых был установлен видовой состав населения кротовых нор в нескольких биотопах: в 1948–52 гг. в Татарстане (Во-

ронов, 1957) и 1960-х гг. в Московской области (Катонова, 1970; Шарова, Катонова, 1971). Целью нашей работы было сопоставление мезофаун ходов и поверхности почвы и поиск общих закономерностей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование проводилось в Раифском участке Волжско-Камского государственного природного заповедника (Республика Татарстан). Отлов животных производился в течение мая-октября 12 парами ловушек-банок в жилых кротовых ходах (1112 лов.-сут., 684 животных) и на поверхности почвы (1029 лов.-сут., 960 животных) в следующих биотопах: дубово-липовый снытевый, елово-дубовый, елово-липовый, сосновый чернично-мшистый с елью, еловый мертвопокровный с березой, сосново-березовый с липой и елью, березовый и тополиные посадки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование выявило 76 видов из следующих классов: Oligochaeta, Myriopoda, Gastropoda, Arachnida, Insecta, Amphibia и Mammalia. В кротовых ходах по обилию наиболее распространены Leiodidae (35.7%) и Staphylinidae (19.0%), затем следуют Silphidae (9.8%), Carabidae (8.2%), Diplopoda (7.9%), Arachnida (6.4%), Sorecidae (6.2%), Geotrupidae (3.9%). На поверхности почвы преобладают Geotrupidae (34.2%), Silphidae (24.7%) и Carabidae (18.9%), менее многочисленны Staphylinidae (7.3%), Arachnida (9.0%), Diplopoda (3.8%) и Sorecidae (0.9%).

Из 57 видов отловленных жуков в кротовых ходах обнаружено 38, на поверхности — 39, общих видов — 20 (Staphylinidae — 18 и 9 видов соответственно, Carabidae — 10 и 21, Silphidae — 5 и 5, Leiodidae — 3 и 1, Geotrupidae — 1 и 1, Elateridae — 1 и 1, Histeridae — 0 и 1). Малые падальные жуки сем. Leiodidae (*Catops borealis*, *C. fuscus* и *Choleva spadicea*) обнаружены главным образом в ходах — 244 особи, на поверхности — три. Эти виды в сводке П.И. Юферева и В.О. Козьминых (1997) также указаны для нор грызунов. Сем. Staphylinidae преобладает в кротовых ходах и по численности (11.7 и 6.8 особ./100 лов.-сут.) по количеству видов. Из 22 обнаруженных видов в ходах поймано 18, 13 из которых ни разу не отлавливались на поверхности. Многие виды встречались единично в одном местообитании. Личинки также чаще попадаются в норах, составляя 18.9% от общего количества стафилин, на поверхности — 4.5%. Сем. Carabidae в кротовых туннелях отлавливалось в весенне-летний период. Из 23 видов в ходах поймано десять, из них два вида на поверхности не были обнаружены. Обилие жужелиц в хода по сравнению с поверхностью уменьшается в четыре раза и остается неизменным только в елово-дубовом и елово-липовом лесах. В ходах обитают в основном виды, преобладающие на поверхности почвы. Снижение в ходах числа видов жужелиц и

их обилия, преобладание поверхностных доминантов, за исключением крупных видов, было ранее описано и в работе И.Х. Шаровой и Л.Н. Катоновой (1971). Пять из шести видов сем. Silphidae привлекались в ходы трупами кротов и насекомых, но в 3.8 раза чаще встречались на поверхности почвы.

Кротовыми ходами пользовались для передвижения или укрытия рыжие и обыкновенные полевки, обыкновенные и малые бурозубки, обыкновенный тритон и остромордая лягушка. Н.П. Воронов (1957) и В.И. Телегин (Юдин, 1972) в норах крота отлавливали также лесных и желтогорлых мышей, кутору, горностая, ласку, бурундука, хомяка, чесночницу, травяную лягушку и серую жабу. Земноводные попадают в ходы осенью, во время ухода на зимовку. Бурозубки, не способные к самостоятельному созданию нор, широко используют кротовые ходы в любое время года, в них они встречались в 3.8 раз чаще по сравнению с поверхностью почвы. При отсутствии защищающего травяного покрова бурозубки перемещаются преимущественно под землей. В сосняке чернично-мшистым с елью в подросте и редким травяным покровом поверхностными ловушками не было поймано ни одной особи, а в ходах крота отловлено 15 обыкновенных и 6 малых бурозубок (15.6 особ./100 лов.-сут.).

Логлинейный анализ позволяет проверить статистическую значимость различных факторов и взаимодействий, присутствующих в таблице сопряженности. Частоты групп животных зависят от того, к какой систематической группе они принадлежат ($\chi^2=39.3$, $df=10$, $p<0.001$) и от микростанции ($\chi^2=4.6$, $df=1$, $p<0.05$), эти факторы являются взаимосвязанными ($\chi^2=28.7$, $df=10$, $p<0.01$). Отсутствие влияния типа растительного сообщества ($\chi^2=5.2$, $df=7$, $p=0.64$) объясняется тем, что биотопы различаются на видовом уровне при относительном сохранении соотношения классов, отрядов и семейств. Обилие отдельных групп животных уже зависит и от микростанции ($p<0.05$ для Staphylinidae и $p<0.001$ для остальных групп), и от типа растительного сообщества ($p<0.001$ для всех групп). Для позвоночных животных, Leiodidae и Agathnida также имеются значимые взаимодействия этих факторов.

Общее обилие животных различается только при сравнении кротовых ходов и поверхности почвы ($p<0.001$), в пяти биотопах из восьми численность в норах снижается. Показатель внутривидового разнообразия Животовского в нашем случае имеет размерность числа видов в сообществе. Когда распределение частот равномерное, этот показатель принимает максимальное значение, равное числу видов. Разнообразие сообществ животных в кротовых ходах по сравнению с поверхностью почвы повышается только в дубово-липовом лесу ($\mu=12.7\pm 0.9$ и 21.2 ± 1.1 , $p<0.001$), не изменяется в елово-дубовом ($\mu=6.5\pm 0.9$ и 18.6 ± 1.1), елово-липовом ($\mu=14.6\pm 1.0$ и 13.4 ± 0.8) и еловом лесах ($\mu=10.2\pm 0.7$ и 12.0 ± 0.9), и снижается в четырех остальных биотопах: сосновом ($\mu=14.3\pm 0.3$ и 7.0 ± 0.6), сосново-березовом ($\mu=8.4\pm 0.6$ и 3.5 ± 0.4), березо-

вом ($\mu=18.2\pm0.8$ и 14.0 ± 0.8) лесах и тополиных посадках ($\mu=9.2\pm0.6$ и 5.7 ± 0.6). Показатель доли редких видов аналогичен показателю выровненное, если распределение частот равномерное, то он равен 0, редкие виды отсутствуют. Выравненность изменяется в дубово-липовом лесу ($h=0.42\pm0.04$ на поверхности и 0.15 ± 0.05 в ходе) и в сосновом ($h=0.28\pm0.05$ и 0.46 ± 0.04).

Сравнение биотопов проводилось с помощью меры сходства Жаккара. По структуре видового состава почвенной мезофауны рассматриваемые 16 сообществ имеют небольшое сходство (максимум 47%). В одном биотопе сходство микростадий было не выше, чем при перекрестных сравнениях с другими биотопами. Фауна кротовых ходов и поверхности почвы наиболее схожа в широколиственных и мелколиственных лесах (от 46 до 36% сходства), в смешанном и еловом — на 21–25%, в сосновом лесу и посадках тополя — минимальное совпадение (14–19%). То есть в биотопах, практически лишенных травяного покрова, наиболее различаются видовые составы обитателей поверхности почвы и ходов. Дендрит, построенный по методу максимального корреляционного пути, показал, что поверхностная мезофауна березового леса является наиболее универсальной, семь микростадий (из них четыре поверхностных) имеют с ней максимальное сходство. Если повысить уровень связи до 40%, то вычлениваются тополиные посадки, сосново-березовый и сосновый леса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Роющая деятельность крота приводит к возникновению специфической фауны ходов, не являющейся точным отображением фауны поверхности почвы. В кротовых ходах меняется соотношение крупных систематических групп (Vertebrata, Myriopoda, Staphylinidae, Leiodidae и Geotrupidae). Преимущественно по кротовым ходам перемещаются землеройки при отсутствии на поверхности защищающего травяного покрова. В широколиственных и еловых лесах видовое разнообразие и численность животных в кротовых ходах не уступает таковым на поверхности, в березовых лесах и тополиных посадках снижается. Наибольшее различие видовых составов обитателей поверхности почвы и ходов наблюдается в биотопах, практически лишенных травяного покрова.

Автор благодарит к.б.н. Жеребцова А.К., к.б.н. Шулаева Н.В. и Романова М. за определение видов сем. Carabidae, Staphylinidae и Leiodidae.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д., Карпачевский Л.О. Влияние кротов на водно-физические свойства дерново-подзолистых почв // Почвоведение. 1966. № 6. С. 58–66.
- Воронов Н.П. К изучению фауны кротовых ходов // Зоол. журн. 1957. Т. 36. Вып. 10. С. 1530–1537.

- Катонова Л.Н. О животном населении кротовых нор Подмоскowsья // Мат-лы 4-й науч. конф. зоологов пед. ин-тов. Горький, 1970. С. 188–190.
- Юдин Б.С. К методике изучения зимней биологии крота (*Asioscaiops altaica* Nikolsky) // Териология. Т. 1. Новосибирск: Изд-во Наука, 1972. С. 354–355.
- Шарова И.Х., Катонова Л.Н. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) в кротовых норах // Фауна и экология животных. Уч. Зап. МГПИ. 1971. Т. 465. С. 98–104.
- Юферов Г.И., Козьминых В.О. Материалы к фауне жесткокрылых подсемейства Cholevinae Kirby, 1837 (Coleoptera, Leiodidae) Урала и Поволжья // Жесткокрылые Урала (Insecta, Coleoptera). Вып. 1. Сборник научных работ. Пермь, 1997. С. 165–177.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.В. Паланто*, К.В. Погребная*, Е.В. Голованова**

*школа № 54, г. Омск,

** Омский государственный педагогический университет

Цель работы: изучить динамику численности и воспроизводства искусственных популяций четырех видов дождевых червей для дальнейшего выбора наиболее перспективных объектов для вермикультивирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В пластиковые ящики укладывался почвогрунт (одна часть перегноя и три части земли). Почва увлажнялась с помощью пульверизатора послойно. На один из нижних слоёв укладывались черви (по 40 особей в ящик в двухкратной повторности). Сверху ящик затягивался тканью. Был заложен эксперимент для четырёх видов: *Lumbricus rubellus*, *Aporectodea caliginosa*, *Eisenia fetida* и *Dendrodrius rubidus subrubicundus*. Почва по слоям выкладывалась на клеёнку и производился ручной разбор каждые 14 суток.

Выживаемость особей. Меньше всего за период эксперимента изменилось количество пашенного червя. Это можно объяснить его принадлежностью ко второму морфо-экологическому типу — питающиеся гумусом почвы (Перель, 1979). Среднеярусные лумбрициды, к которым относится пашенный червь, способны переживать неблагоприятные условия, опускаясь в нижние слои почвы, сворачиваясь в рыхлый клубок, покрываясь слизью и, образуя земляную капсулу (Балуев, 1950). Действительно, была обнаружена определенная доля червей в скрученном состоянии. Это были, как правило, особи с недостаточно сформировавшимся пояском. Хорошую выживаемость *E. fetida*

можно объяснить его пищевыми предпочтениями. Этот вид встречается преимущественно в прелых листьях, компосте и т.д. (отсюда и его русское название — навозный червь). Обилие *D. rubidus* за 28 дней снизилось более чем 46%. Это подстилочный вид, питающийся частичками полуразложившихся остатков растений. При культивировании дендродрилусов в компосте из старой листвы смертность взрослых особей не уменьшается, но резко увеличивается количество коконов (шесть — в стандартных условиях, 112 — в условиях добавления компоста). Наименьшую выживаемость показал вид *L. rubellus*, что, возможно, связано с его высокой подвижностью. Вероятно, этому виду необходим больший индивидуальный участок. К концу экспериментального периода численность половозрелых дождевых червей большинства видов практически не менялась, что, возможно, говорит об их адаптации к условиям выращивания.

Вертикальное распределение. Все виды дождевых червей при культивировании смещались в нижние слои почвы. Этому можно дать несколько объяснений, которые, безусловно, требуют дальнейшей проверки. Смещение большей части люмбрицид в нижние слои почвы можно объяснить сохранением у них способности к диапаузе. Однако этой способности нет у дендродрилуса (Балуев, 1950; Чекановская, 1969; Перель, 1979). Все черви в эксперименте были способны к размножению. Вторая гипотеза заключается в том, что смещение червей в нижние слои обусловлено резкими перепадами влажности воздуха и почвы.

Продуктивность. У различных видов наблюдалась сходная динамика по количеству откладываемых коконов. Возможно, это объясняется изменением внешних условий: температуры и влажности в помещении. Наиболее продуктивным оказался вид *D. rubidus*. За период проведения исследований (18 недель) всего было обнаружено 857 коконов этого вида. Дендродрилус также оказался лидером по количеству коконов, приходящихся на каждого червя (2–10.5 коконов/особь за 14 суток). В начале исследований второе место по общей продуктивности принадлежало виду *A. caliginosa*. У него наблюдались стабильная численность и плодовитость (334 кокона, 0.2–6.5 кокона/особь). Видом *L. rubellus* всего за период исследований было отложено 448 коконов. Малый красный червь проявил наибольшую изменчивость по индивидуальной продуктивности (0.1–8.2 кокона/особь). Небольшие значения продуктивности наблюдались у навозного червя (180 коконов за 16 недель, 0.4–1.7 коконов/особь).

Возрастная структура. *A. caliginosa* отличался от трёх других видов наличием регрессивной возрастной структуры в середине и конце эксперимента. Возможно, это объясняется более низкой продуктивностью собственно почвенных дождевых червей (2 морфо-экологический тип) по сравнению

с представителями первого морфо-экологического типа — видов, питающихся неразложившимися растительными остатками (Lee, 1985). Численность популяции *D. rubidus* на протяжении эксперимента росла благодаря большому количеству откладываемых коконов. При этом доля ювенильных особей увеличивалась незначительно. Красный выползок проявил наибольшее непостоянство возрастной структуры. Но в целом наблюдался прогрессивный рост количества молодых особей и коконов. Способность популяций почвенно-подстилочных видов к эффективному размножению отмечали многие исследователи. Так, в уже упоминаемой работе К. Ли (Lee, 1985), именно эта группа показала наилучшие показатели по продуктивности. В популяции навозного червя соотношение половозрелых червей и особей остальных стадий развития было приблизительно равным.

Выход ювенильных особей из коконов определялся по количеству неполовозрелых особей через 14 суток после прекращения выбора коконов из ящиков. Лидером по этому показателю оказался представитель почвенно-подстилочных червей — *L. rubellus* (3.62 ± 0.39 особей/кокон). Приблизительно одинаковые результаты наблюдались у собственно почвенного вида — *A. caliginosa* и навозного червя (0.60 ± 0.11 и 0.50 ± 0.07 особей/кокон соответственно). Наименьший выход неполовозрелых особей был зарегистрирован у наиболее продуктивного вида — *D. rubidus*. (0.18 ± 0.02 особей/кокон). Таким образом, высокая продуктивность вида не обязательно обеспечивает его высокую численность. На численность популяции влияет не только выход ювенильных червей, но и их выживаемость (рисунок). Как видно из представленного графика, наилучшая адаптация неполовозрелых особей была отмечена у *A. caliginosa*. Неплохую выживаемость показали представители вида *D. rubidus*. У двух других видов высокий выход ювенильных особей нивелировался их гибелью.

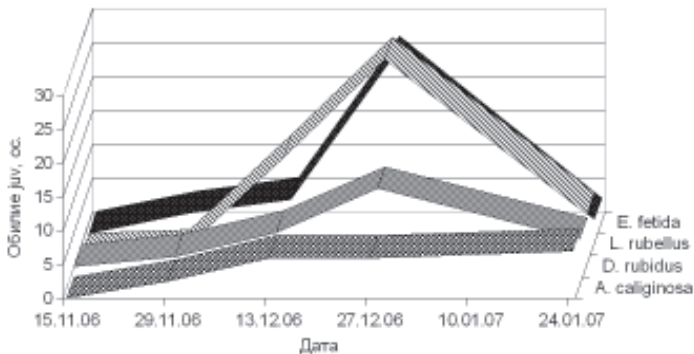


Рисунок. Выживаемость неполовозрелых лямблирид в ходе эксперимента.

На основании полученных результатов можно заключить, что наиболее удобным объектом для вермикультивирования среди изученных видов по показателям воспроизводства можно назвать *D. rubidus*, по всем другим показателям — *A. caliginosa*.

ЛИТЕРАТУРА

- Балуев В.К. Дождевые черви основных почвенных разностей Ивановской области // Почвоведение. 1950. № 4. С. 219–227.
- Перель Т.С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука, 1979. 272 с.
- Чекановская О.В. Дождевые черви и почвообразование. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 197 с.
- Lee K.E. Earthworms: Their ecology and relationships with soil and land use. Sydney etc.: Academic Press., 1985. 411 p.

ЧАСТОТЫ ФЕНОВ НАДКРЫЛИЙ И ПЕРЕДНЕСПИНКИ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА (*LEPTINOTARSA DESEMLINEATA* SAY) ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Г. Паутова

Тюменский госуниверситет

Колорадский жук — удобный объект в связи с его массовостью и доступностью. Изучение частот фенов позволяет определить особенности внутривидовой изменчивости, а также связать устойчивость организмов с наличием разных фенов.

На кафедре экологии и генетики биологического факультета Тюменского госуниверситета предпринята попытка изучения фенов надкрылий и фенов переднеспинки по группе А колорадского жука *Leptinotarsa desемlineata* Say.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследований были использованы имаго колорадского жука. Сбор насекомых проводился в июне 2006 г. в четырех районах Тюменской области: Аромашевском (404 шт.), Нижне-Тавдинском (418 шт.), Сладковском (225 шт.), в окрестностях города Тюмени (374 шт.). Всего было изучено 1 421 имаго колорадского жука. Собранных жуков фиксировали в 70% спирте, затем разбирали по фенам переднеспинки группы А (*U*, *Y*, *V*, *H*, *VH*) и фенам надкрылий (*I*, *W*, *IV*). Учет фенов надкрылий и переднеспинки проводился по методике Тауэра (Tower, 1906). Статистическая обработка данных проводилась по стандартным методикам (Лакин, 1981).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Частота фена *V* варьирует от 47.9 до 88.9%; выявлены достоверные различия между выборками Нижнетавдинского, Аромашевского, Сладковского районами и окрестностями Тюмени. В целом по Тюменской области колебания частоты фена *V* составляют 59.7% ($n=848$). Колебания частоты фена *W* достигают 2.7–26.9%. Выявлены значимые различия по частоте фена *W* между Сладковским и другими тремя районами исследования, также между Аромашевским районом и окрестностями города Тюмени. В целом по Тюменской области частота встречаемости фена *W* составляют 18.1% ($n=257$). Частоты фена *VW* находятся в пределах от 5.8 до 24.9%. Выявлены значимые различия по частоте встречаемости фенов между группами жуков, собранных в окрестностях г. Тюмени и остальных трех районов, а также между Сладковским и Нижнетавдинским районами. В целом по Тюменской области частота встречаемости фена *VW* составляет 15.8% ($n=225$).

Распределение частот встречаемости фенов переднеспинки (по группе А) следующее: частота встречаемости фена *U* самая высокая (54–71%), фена *H* — в пределах 20–33%, фенов *VH* и *V* — 2–10%. Жуки с феном *Y* в районах исследования в 2006 г. не обнаружены. В каждом районе исследования выявлены статистически значимые различия между фенами *U* и *H*; *VH* и *U*; *VH* и *H*; *V* и *U*; *V* и *H*. Указанные в работе частоты встречаемости фенов характерны только для популяции, обитающей в четырех районах юга Тюменской области.

ЛИТЕРАТУРА

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Наука, 1980. 293с.

Tower L. W. An investigation on evolution in Chrysomelid beetles of the Leptinotarsa. Waschington. Publ. Carnegie Inst., 1906. 158 p.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОТОЛЕРАНТНЫХ И УМЕРЕННО ТЕРМОФИЛЬНЫХ МЕТАНОТРОФОВ

Н.А. Пахарукова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Метанотрофы — это группа микроорганизмов, использующих метан в качестве источника углерода и энергии.

Адаптация *Methylococcus capsulatus* Bath и *Methylocaldum szegediense* O-12 к высоким температурам (44 и 55°C соответственно) сопровождается увеличением доли насыщенных жирных кислот (16:0), фосфатидилглицерина и

кардиолипина. Оптимальные температуры для проявления активности форматдегидрогеназы, тексулозофосфатсинтазы и оксипируватредуктазы выше у термофильного *M. szegediense* O-12 (50, 60 и 65° С соответственно), чем у термотолерантного *M. capsulatus* Bath (40–50° С), что свидетельствует об адаптивных изменениях свойств ферментов C₁-метаболизма у термофильных и термотолерантных метанотрофов.

Обнаружено, что *M. szegediense* O-12 синтезирует из УДФ-глюкозы и фруктозо-6-фосфата сахарозу, которая стабилизирует форматдегидрогеназу и оксипируватредуктазу при повышенных температурах.

Таким образом, изученные культуры *Methylococcus capsulatus* Bath и *Methylocaldum szegediense* O-12, обладающие термостабильными ферментами, могут представлять несомненный интерес не только в научном, но и в биотехнологическом аспекте. Интересная феноменология, выявленная у термофильных метанотрофов, вызывает необходимость дальнейших их исследований на молекулярном уровне.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ОС-ПОЛИСТОВ (HYMENOPTERA, VESPIDAE) В КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Пеканова

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Биология ос рода *Polistes* (Hymenoptera, Vespidae) широко изучается во многих странах мира, однако в нашей стране работ по полистам чрезвычайно мало. Изучение полистов в Курганской области особенно интересно тем, что здесь проходит северная граница распространения рода в целом. Исследования по биологии и изменчивости полистов были начаты нами в 2005 г. (Пеканова, 2006). Целью данной работы является продолжение изучения различных аспектов биологии полистов в Курганской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводился в 2006 г. в окрестностях с. Сычёво (Кетовской район Курганской области). В течение сезона (май — август) велось наблюдение за 26 семьями *Polistes nimphus*, поселившимися в укрытиях, а также за 20 семьями *P. nimphus*, расположенными открыто на заброшенном поле. Регулярно проводилось индивидуальное мечение каждой особи в семьях по методу, предложенному Л.Ю. Русиной (Русина и др., 2004). Гнезда до момента выхода первых рабочих переносили в пластиковые сосуды, самок-основательниц метили цветными пластмассовыми кольцами, надеваемыми на стебелек брюшка, а гнездо поме-

щали на прежнее место. Затем раз в неделю проводили повторные осмотры гнезд и кольцевали всех появляющихся особей индивидуальными цветными кольцами, что позволило достаточно точно учитывать состав и динамику каждой семьи. У всех особей были также зарегистрированы рисунки покровов.

Описание окраски полистов проводилось по схеме, предложенной ранее для других видов этого же рода, с некоторыми изменениями и дополнениями (Русина и др., 2004; Пеканова, 2006). Полученные результаты были обработаны с использованием методов χ^2 и теста Манна-Уитни в программах Microsoft Excel 2000 и Statistica 6.0 (StatSoft. Inc., 1984–2002).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности фенологии ос-полистов в Курганской области. В 2006 г. закладка гнезд самками-основательницами *P. nimphus*, гнездившимися в укрытиях, проходила с 14 по 30 мая. В качестве укрытий использовались постройки человека. Семьи были основаны как одиночными самками-основательницами (гаплетрозы), так и группами из 2–4 самок (плеометрозы). Всего было отмечено 98 семей, доля плеометрозы составила 18.4% (18 семей).

Первые рабочие появились в среднем 3 июля (с 21 июня по 24 июля). Средняя дата появления самцов 7 августа (с 17 июля по 21 августа), будущих основательниц — 14 августа (с 24 июля по 28 августа). Из 26 семей свой жизненный цикл полностью завершили только 7 (27%), то есть в них появилось половое поколение.

Поселение *P. nimphus* на заброшенном поле было обнаружено позднее, 24 мая. В гнездах были одиночные самки-основательницы, яйца, личинки, то есть семьи находились на стадии до выхода рабочих. Гнезда были прикреплены к высохшим стеблям *Artemisia vulgaris* L. В середине июля поселение *P. nimphus* в поле было уничтожено при распахке, поэтому из важных фенологических дат мы можем привести только среднюю дату выхода первых рабочих — 28 июня (с 26 июня по 4 июля).

Сравнение окраски *P. nimphus* из разных мест гнездования. В таблицах 1–2 приведены частоты встречаемости вариантов рисунка у самок-основательниц и первых рабочих. Как видно из таблиц, осы из укрытий и осы с поля отчетливо различаются фенотипически. Для ос, живущих открыто, характерна большая меланизация груди и брюшка, что хорошо согласуется с данными других авторов (Русина и др., 2005). Среди ос из укрытий встречались как меланизированные, так и более светлые особи, причем светлые особи заметно преобладали. Сравнение выборок по критериям χ^2 и Манна-Уитни показало высокую достоверность этих различий по многим признакам. Кроме того, следует отметить, что осы из укрытий, как самки-основательницы, так и рабочие, демонстрируют большее разнообразие рисунка, чем осы с поля.

Таблица 1. Встречаемость вариантов рисунка (%) у самок-основательниц *P. niphys*

Признак	Вариант	Укрытия	Поле	Критерии	
				χ^2, p	Манна-Уитни
Клипеус	4	100	90.0	2.82 0.244	1.66 0.097
	5		5.0		
	6		5.0		
Мезонотум	10	37.0	100	19.73 0.000	4.28 0.000
	11	37.0			
	20	14.8			
	21	11.1			
Тергит 1	1	22.2	100	28.12 0.000	5.04 0.000
	2	18.5			
	3	51.9			
	4	7.4			
Тергит 2	2		25.0	7.55	2.72
	3	100	75.0	0.006	0.007
Тергит 4	1		15.0	4.33	2.06
	2	100	85.0	0.037	0.039
Тергит 5	1	3.7	45.0	11.69	3.38
	2	96.3	55.0	0.000	0.001
Тергит 6	2	7.4	70.0	20.05	4.43
	4	92.6	30.0	0.000	0.000
Стернит 2	2	7.4	90.0	32.06	5.60
	3	92.6	10.0	0.000	0.000
Стернит 3	2	7.4	100	39.56	6.22
	3	92.6		0.000	0.000
Стернит 4	2	22.2	100	28.12	5.25
	3	77.8		0.000	0.000
Стернит 5	1		10.0	2.82	1.66
	2	100	90.0	0.093	0.097
Всего особей		27	20		

Примечание: жирным шрифтом отмечены достоверные различия

В результате распахки поля произошла массовая элиминация ос, причем она носила избирательный характер. Погибли (не оставили потомства) сильно меланизированные осы, предпочитающие гнездиться открыто и в одиночку. Осы из укрытий, более склонные к плеометрозу, более светлые и разнообразные по окраске, успешно завершили свой жизненный цикл, оставив половое поколение.

Таким образом, в условиях сельскохозяйственной деятельности человека отчетливо выявляются преимущества ос с определенным набором поведенческих и окрасочных признаков. Осы из укрытий оказываются более адаптированными, вносят существенный вклад в следующее поколение и могут способствовать увеличению фенотипического разнообразия популяции.

Таблица 2. Встречаемость вариантов рисунка (%) у рабочих *P. niphus*

Признак	Вариант	Укрытия		Поле, 1-4 неделя	Критерии	
		Все рабочие	1-4 неделя		$\chi^2; p$	Манна- Уитни
Клипеус	1	1.1			13.11 0.022	2.06 0.039
	2	1.1				
	3	14.7	22.5			
	4	77.9	70.0	93.7		
	5			3.1		
	6	3.5	5.0			
	7			3.1		
	8	2.1	2.5			
Мезоноutum	10	68.4	72.5	100	10.11 0.006	3.15 0.002
	11	4.2				
	20	21.1	22.5			
	21	3.2	5.0			
	30	2.1				
	31	1.1				
Тергит 1	1	84.2	92.5	100	2.44 0.295	1.55 0.121
	2	5.5	2.5			
	4	10.5	5.0			
Тергит 2	1	3.2		28.1	15.85 0.000	3.57 0.000
	2	27.4	27.5	34.4		
	3	69.5	72.5	37.5		
Тергит 4	1			43.8	22.19 0.000	4.68 0.000
	2	100	100	56.3		
Тергит 5	1	11.6	5.0	75.0	38.54 0.000	6.17 0.000
	2	88.4	95.0	25.0		
Тергит 6	1			28.1	38.62 0.000	6.16 0.000
	2	24.2	20.0	62.5		
	4	75.8	80.0	9.4		
Стернит 2	2	16.8	10.0	87.5	44.12 0.000	6.60 0.000
	3	83.5	90.0	12.5		
Стернит 3	2	17.9	12.5	87.5	41.15 0.000	6.37 0.000
	3	82.1	87.5	12.5		
Стернит 4	2	26.3	15.0	96.9	48.63 0.000	6.93 0.000
	3	73.7	85.0	3.1		
Стернит 5	1			56.3	30.61 0.000	5.49 0.000
	2	100	100	43.8		
Всего особей		95	40	32		

Примечание: жирным шрифтом отмечены достоверные различия

ЛИТЕРАТУРА

Пеканова И.А. Изменчивость окраски ос-полист (Hymenoptera, Vespidae, Polistes)
Курганской области // Экология в меняющемся мире. Екатеринбург: Изд-во

«Академкнига», 2006. С. 184–185.

Русина Л.Ю., Скороход О.В., Гилев А.В. Дискретные вариации окраски осы *Polistes dominulus* (Christ) (Hymenoptera: Vespidae) в Черноморском биосферном заповеднике // Труды Русского энтомологического общества. 2004. Т. 75. Вып. 1. С. 270–277.

Русина Л.Ю., Фирман Л.А., Скороход О.В., Гилев А.В. Географическая и хронографическая изменчивость окраски в популяции *Polistes gallicus* (Linnaeus, 1767) (Hymenoptera, Vespidae) // Кавказский энтомологический бюллетень. 2005. Т. 1. Вып. 2. С. 179–188.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИКСОМИЦЕТОВ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА

Б.С. Плотноков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Сохранение биоразнообразия как фундаментального свойства живого — центральная задача охраны природы. Особенно важным сохранение разнообразия становится в условиях разрушительного техногенного воздействия человека, резко возросшего в XX веке. Однако, зачастую, без обсуждения принимается, что под действием промышленного загрязнения разнообразие биоты уменьшается. Проверка этого положения составляет цель данной работы.

Биоразнообразие — это сложная и обширная категория, включающая все уровни организации живой материи: генетический, видовой и экосистемный. Выделяют филогенетическое разнообразие (например, показатель среднего эволюционного расстояния между видами в сообществе); таксономическое разнообразие (количество и насыщенность таксонов); типологическое разнообразие (жизненных форм, стратегий, типов метаболизма, питания и т.д.) (Примаков, 2002). Начиная с классических работ Уиттекера (Whittaker, 1972), рассматривают иерархию масштабов разнообразия. При этом выделяют альфа-разнообразие — среднее количество видов в биотопе, бета-разнообразие — различие между биотопами, и гамма-разнообразие — общее количество видов для всех биотопов в районе. Чаще всего исследователи ограничиваются только каким-либо одним уровнем: флористы и фаунисты, как правило — гамма-разнообразием, а экологи — альфа-разнообразием. Но для полноценной характеристики сообщества важен комплексный анализ всех трех уровней.

Объекты нашего исследования — миксогастриевые или истинные миксомицеты — группа эукариотических простейших, характеризующаяся наличием в жизненном цикле двух подвижных трофических стадий и одной неподвижной расселительной (Глушченко и др., 2002). Миксомицеты встречаются

повсеместно на разлагающихся растительных остатках и составляют неотъемлемую часть практически любого наземного биоценоза.

В целом миксомицетов до сих пор можно считать малоизученной группой. Биологии, экологии, систематике миксомицетов посвящены несколько крупных обзоров (Новожилов, 1993; Глуценко и др., 2002; Gray, Alexopoulos, 1968; Stephenson, Stempen, 1994). Воздействие промышленного загрязнения на миксомицетов изучено хуже. В относительно небольшом количестве работ представлены данные о видовом составе миксомицетов различных городов мира (Новожилов, 1999; Фефелов, Плотников, 2002; Плотников, Фефелов, 2004; Harkonen, 1977; Harkonen, Uotila, 1983; Harkonen, 1988; Wrigley de Basanta, 2000; Drozdowicz, 2002; Ing, 2002). Показано наличие высоких концентраций поллютантов в плодовых телах миксомицетов (Setälä, Nuorteva, 1989). Предварительные результаты исследования таксономического состава и субстратных предпочтений миксомицетов в районе действия Среднеуральского медешлавильного завода представлены ранее К.А. Фефеловым и автором данной публикации (Фефелов 1997; Плотников, 2005). В настоящей работе рассмотрено изменение структуры населения, альфа-, бета-, гамма- и таксономического разнообразия миксомицетов в градиенте промышленного загрязнения.

РАЙОН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в окрестностях Среднеуральского медешлавильного комбината, расположенного на окраине г. Ревда Свердловской области. Завод функционирует с 1940 г. Основные ингредиенты выбросов — сернистый ангидрид (более 130 тыс. т в год на конец 1980-х гг.) и полиметаллическая пыль с абсорбированными токсичными элементами, основные из которых — Cu, Cd, Pb, Zn, As (Воробейчик, 2003).

Сбор материала проводили на территориях, примыкающих к заводу с запада (направление против господствующих ветров) в 4 зонах нагрузки: 1–2 км от завода (импактная), 3–4 км (буферная-1), 7 км (буферная-2) и 20–30 км (фоновая). Пробные площади заложены в ельниках-пихтарниках на дерново-подзолистых почвах. Зоны нагрузки существенно отличаются по фитоценотическим параметрам и уровню загрязнения (табл. 1).

Сбор миксомицетов производили преимущественно с упавших и разлагающихся стволов деревьев. Стволы выбирали маршрутным методом (в 1997 и 2004–2005 гг.), либо учитывали все, находящиеся на заранее заложенных пробных площадях размером 10×10 м (2006 г., по одной площади в фоновой, буферной-1, импактной зонах). Для каждого ствола отмечали присутствие видов миксомицетов. Если один и тот же вид был встречен на стволе несколько раз, эти образцы при обработке учитывали как один. В расчет также были включены пустые стволы, то есть те, на которых не было обнаружено плодо-

*Таблица 1. Характеристика зон нагрузки
(по: Воробейчик, Хантемирова, 1994; Воробейчик, 1995)*

Характеристика	Зона нагрузки			
	фоновая	буферная-2	буферная-1	импактная
Травяно-кустарничковая ассоциация	неморально-кисличная	кислично-разнотравная	хвощево-разнотравная	мохово-хвощевая
Количество видов травянистых растений	54	43	41	16-18
pH почвы	5.5-6.2	5.4-5.8	4.7-5.2	4.4-5.2
pH подстилки	5.1	4.7-5.2	4.3-5.2	3.8-4.6
Мощность подстилки, см	1	4-5	4-6	6-11
Концентрация в почве, мкг/г:				
Cd	1.1-2.2	5.2-11.5	3.4-9.8	6.1-23.8
Pb	16.4-26.5	42.2-177.6	30.4-195.2	106.1-324.7

вых тел миксомицетов. Небольшая часть образцов была обнаружена непосредственно маршrutным методом.

Собранные образцы плодовых тел миксомицетов фиксировали клеем в картонных контейнерах (1.5×3.5×5 см). В лаборатории определяли видовую принадлежность образцов при помощи бинокулярной лупы МБС-10 и светового микроскопа ЛОМО Р-11. Использовали определители Ю.К. Новожилова (1993) и Д. Митчелла (Mitchell, 2001). Часть образцов была получена методом влажных камер с корой и лесной подстилкой, однако продуктивность влажных камер была крайне низкой (около 5%). Образцы, полученные маршrutным методом и методом влажных камер, включили в общий список видов и анализ соотношений таксонов, но не учитывали при оценках разнообразия.

Обработку данных проводили в программе оценки биоразнообразия EstimateS (Version 7.5, R. K. Colwell, <http://purl.oclc.org/estimates>). Кумулятивные кривые построены по методу Mao (Colwell et al., 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех зонах обнаружены представители всех описанных к настоящему времени порядков (табл. 2). В импактной и фоновой зоне исчезает только одно

Таблица 2. Характеристика собранного материала

Параметр	Зона нагрузки				
	фоновая	буферная-2	буферная-1	импактная	всего
Образцов миксомицетов	201	165	488	237	1091
Субстратов,	44	44	126	160	374
в том числе пустых субстратов	6	8	20	70	104
Видов	78	56	93	66	121
Родов	27	22	28	22	30
Семейств	9	10	10	9	10
Порядков	5	5	5	5	5

семейство (Dianemataceae), то есть количество семейств изменяется несущественно. Количество родов уменьшается в импактной и буферной-2 зонах.

По мере приближения к источнику выбросов доля видов порядка Physarales уменьшается, а порядков Trichiales и Liceales, напротив, увеличивается (рис. 1 а). По количеству образцов (рис. 1 б) картина сходна: относительное обилие порядка Physarales уменьшается, а порядка Liceales увеличивается, также увеличивается относительное обилие порядка Stemonitales. Порядок Echinosteliales на рис. 1 не показан из-за несущественно малых долей в количестве видов и относительном обилии.

Оценка альфа-разнообразия. В качестве показателя альфа-разнообразия использовали среднее количество видов на разлагающемся стволе, т.е. видовую насыщенность (рис. 2). Если включить в расчет пустые субстраты, в импактной зоне альфа-разнообразие снижается относительно фоновому уровню в 2.3 раза, если их исключить — в 1.9 раз.

Из-за различий в промысловом усилии между зонами нагрузки необходимо анализировать кумулятивные кривые, которых выделяют два типа: зависимость количества видов от количества субстратов (рис. 3 а) и от количества образцов (рис. 3 б). Первая представляет собой оценку видовой насыщенности (то есть количество видов на единицу площади или другую учетную единицу), вторая — оценку собственно разнообразия (то есть количество видов на особь или, в нашем случае, на образец).

Несмотря на явные различия между зонами в количестве субстратов и образцов, при анализе обеих кумулятивных кривых наблюдаются тенденции уменьшения альфа-разнообразия в импактной зоне. При этом обращает на себя внимание уменьшение разнообразия в буферной-2 зоне. В первом случае оно ниже разнообразия буферной-1 зоны, а во втором — даже ниже разнообразия импактной зоны. Необходимо обратить внимание, что на графике зависимости

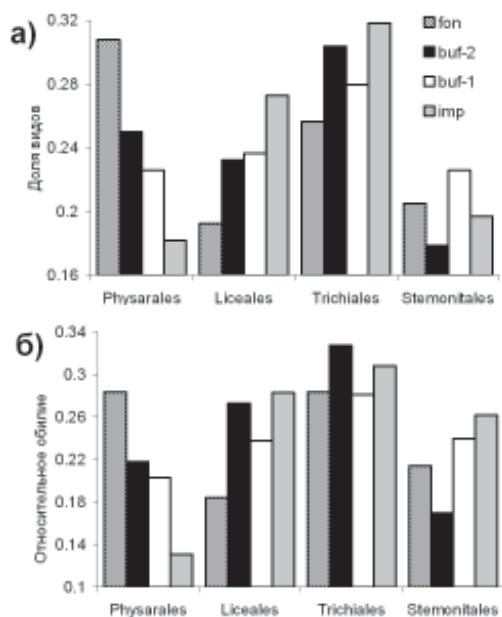


Рис. 1. Соотношение порядков по количеству видов (а) и относительному обилию образцов (б) в различных зонах нагрузки. Обозначения на этом и последующих рисунках: *fon* — фоновая зона, *buf-2* — буферная-2, *buf-1* — буферная-1, *imp* — импактная.

количества видов от количества образцов доверительные интервалы перестают перекрываться при достаточно большом количестве образцов — около 70.

Оценка гамма-разнообразия. Гамма-разнообразие — это инвентаризационное разнообразие для участка градиента, в данном случае — для зоны нагрузки. Наблюдаемое гамма-разнообразие — это учтенное при анализе количество видов (рис. 4 а). Хотя в импактной зоне оно уменьшается, нет четко выраженной зависимости снижения количества видов от зоны нагрузки: максимальное коли-

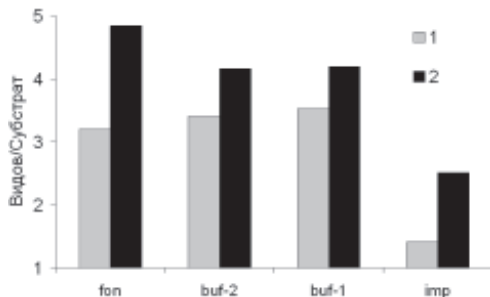


Рис. 2. Видовая насыщенность в различных зонах нагрузки, с включением (1) и исключением (2) субстратов, на которых не обнаружено миксомицетов.

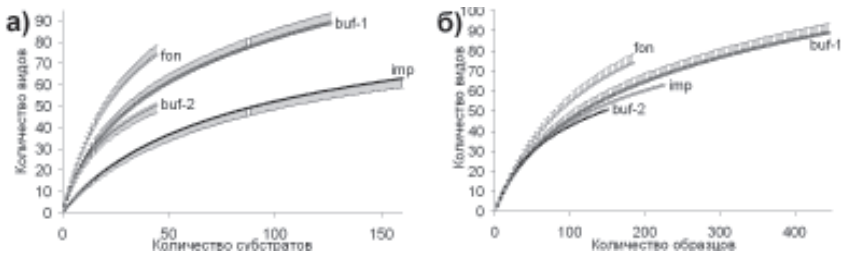


Рис. 3. Зависимость количества видов от количества субстратов (а) и от количества образцов (б) в различных зонах нагрузки.

чество видов обнаружено в буферной-1 зоне, а минимальное в буферной-2. Отчасти это можно связать с различающимся промысловым усилием (см. табл. 2).

Чтобы исключить влияние этих различий, применяли методы экстраполяции и интерполяции. Суть интерполяции заключается в искусственном ограничении количества субстратов минимально представленным, в нашем случае 44 стволами на зону. Далее по зависимости количества видов от количества субстратов (см. рис. 3 а) рассчитывали ожидаемое количество видов для 44 субстратов в каждой зоне. При этом наблюдается равномерное уменьшение гамма-разнообразия (рис. 4б). При включении пустых субстратов гамма-

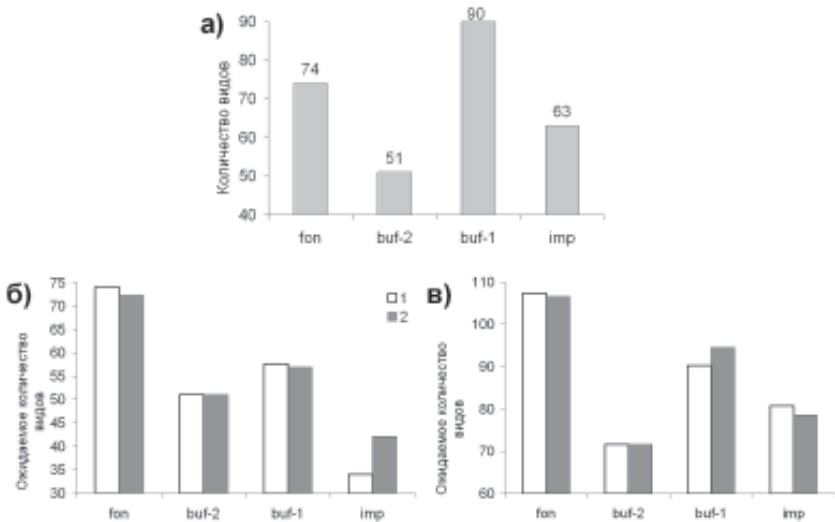


Рис. 4. Наблюдаемое (а) и ожидаемое гамма-разнообразие при интерполяции (б), экстраполяции (в), при включении (1) и исключении (2) пустых субстратов.

разнообразие в импактной зоне уменьшается относительно фонового в 2.2 раза, а при их исключении — в 1.7.

Суть экстраполяции заключается в расчете ожидаемого максимального количества видов для сообщества, исходя из хода кумулятивных кривых от той же точки (44 субстрата). При экстраполяции (рис. 4 в) также четко видно уменьшение гамма-разнообразия у завода в 1.3 раза по сравнению с фоновыми значениями при включении пустых субстратов, и в 1.6 при их исключении. Кроме того, становится более заметным «провал» в зоне буферная-2: гамма-разнообразие в 1.3 раза меньше чем в зоне буферная-1, которая расположена ближе к заводу.

Такой метод оценки гамма-разнообразия как индекс Симпсона (D), рассчитывающийся как индекс доминирования $D = 1/p_i(p_i - 1)$, где p_i — доля образцов вида в зоне нагрузки (Примак, 2002), учитывает не только количество видов, но и их относительное обилие. На гистограмме (рис. 5 а) он представлен в виде индекса полидоминантности или разнообразия, то есть $1/D$. Индекс полидоминантности указывает на уменьшение гамма-разнообразия по мере приближения к заводу: в импактной зоне его значение в 1.4 раза ниже, чем в фоновой. Стоит отметить, что при учете обилия видов «провал» в буферной-2 зоне не отмечается. Выравненность (рис. 5 б) представляет собой отношение индекса полидоминантности к количеству видов. Наибольшее значение выравниваемости наблюдается в буферной-2 зоне (в 1.4 раза выше, чем в импактной).

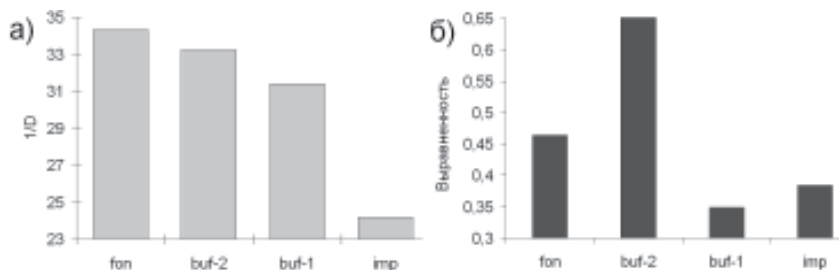


Рис. 5. Индекс полидоминантности (а) и выравниваемость видового состава миксомицетов (б) в различных зонах нагрузки.

Оценка бета-разнообразия. В нашем случае бета-разнообразие — это разнообразие разлагающихся стволов по видовому составу миксомицетов. Для его оценки применяли два метода. Первый из них — вычисление среднего несходства микроместообитаний. Была составлена матрица сходства по Чекановскому-Сьеренсену для всех субстратов в зоне. По данной матрице вычисляли среднее сходство. Индекс бета-разнообразия H (рис. 6) рассчитывали как дополнение среднего к единице (путем вычитания значения среднего сходства

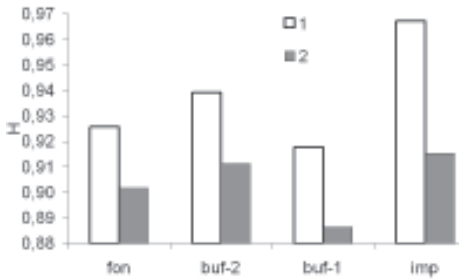


Рис. 6. Индекс среднего несходства субстратов (H) в различных зонах нагрузки, при включении (1) и исключении (2) субстратов, на которых не обнаружено плодовых тел миксомицетов.

из единицы). Если включать в расчет пустые субстраты, в импактной зоне наблюдается увеличение бета-разнообразия практически в два раза, однако даже если пустые субстраты исключать, происходит увеличение в 1.6 раз.

Второй использованный метод оценки бета-разнообразия — вычисление индекса Уиттекера, представляющего собой отношение гамма-разнообразия к альфа-разнообразию (видовой насыщенности). Данный индекс можно вычислить для всех имеющихся вариантов расчета гамма-разнообразия.

При приближении к источнику выбросов происходит заметное увеличение наблюдаемого бета-разнообразия: в 1.9 раз при включении пустых субстратов и в 1.6 раз при их исключении (рис. 7 а). Аналогичная картина наблюдается при использовании результатов экстраполяции (увеличение в 1.7 и в 1.4 раза соответственно, рис. 7 в). При использовании результатов интерполяции (рис. 7 б) увеличение не настолько значительно: бета-разнообразие в импактной и фоновой зонах сопоставимы.

Таксономическое разнообразие. В качестве показателя таксономического разнообразия использовали среднее таксономическое отличие (Clarke, Warwick, 1998). Его вычисляли как среднее по матрице расстояний между видами. Величину расстояния определяли по следующему алгоритму: если два вида принадлежат к одному роду, то расстояние между ними равно 1, если к двум родам в одном семействе — расстояние 2, если к двум семействам в одном порядке — расстояние 3, если к разным порядкам — расстояние 4. Таксономическое расстояние интерпретируется как минимальное количество таксономических уровней до общего для двух видов.

При приближении к заводу среднее таксономическое отличие уменьшается (рис. 8), но все доверительные интервалы перекрываются. Можно заключить, что однородность таксонов практически не меняется.

Оценка биоразнообразия миксомицетов связана со значительной методической проблемой выделения индивидуума. Из одноклеточного многоядерного плазмодия, зачастую занимающего достаточно большую площадь поверхности (до нескольких десятков квадратных сантиметров), формируется множество

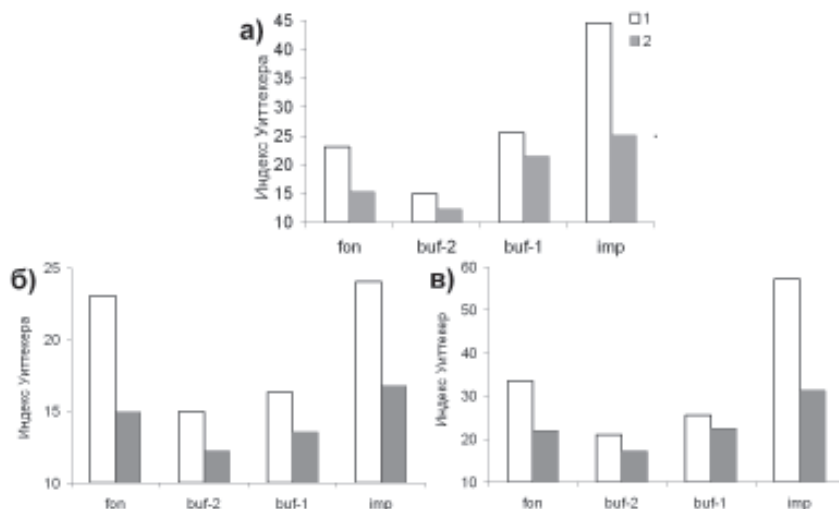


Рис. 7. Бета-разнообразие в различных зонах нагрузки: наблюдаемое (а), при интерполяции (б) при экстраполяции (в), при включении (1) и исключении (2) субстратов, на которых не обнаружено плодовых тел миксомицетов.

плодовых тел, содержащих споры. Принято считать, что один образец — это группа спорофоров, сформировавшаяся из одного плазмодия. Однако часто нельзя сказать однозначно, сформировались ли данные плодовые тела из одного или нескольких плазмодиев. С. Стефенсон (Stephenson, 1988), вслед за У. Эллиассоном (Elliasson, 1981), предлагает учитывать колонии, отстоящие друг от друга не менее чем на 30 см, как отдельные образцы. В нашей работе мы применили более жесткий подход к выделению индивидуума — все колонии одного вида, обнаруженные на одном субстрате, учитывали как один образец. Подобная методика была выбрана исходя из собственного опыта: достаточно часто мы

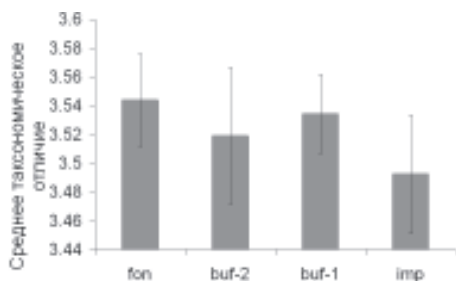


Рис. 8. Среднее таксономическое отличие в различных зонах нагрузки.

встречали крупные плазмодии, которые в дальнейшем формировали отдельные, достаточно далеко (50–60 см) отстоящие друг от друга колонии.

Исходя из наших знаний литературы по проблематике исследования, в данной работе (и в более ранних наших и К.А. Фефелова публикациях) впервые исследовано воздействие выбросов медеплавильного комбината на миксомицетов.

При анализе таксономической структуры показана тенденция уменьшения роли порядка Physarales при приближении к заводу. Можно предположить, что это связано с физиологическими особенностями представителей порядка: у всех видов в структурах плодового тела откладывается известь, а при наличии подкисления среды (см. табл. 1) происходит вымывание кальция из субстрата и затруднено формирование плодовых тел. Увеличение роли остальных порядков, прежде всего порядка Liceales, можно связать с тем, что они занимают освободившуюся нишу.

Стоит отметить, что общее количество видов (121) для района исследования площадью около 150 км² превысило отмеченное ранее для Свердловской области (105 видов; Novozhilov, Fefelov, 2001) — района с площадью 195 тыс. км². Это связано с крайне низкой изученностью объектов исследования в данном регионе и малым количеством специалистов. Наш результат сравним с исследованиями других районов. Так, в Карелии зарегистрировано 93 вида при 348 образцах (Shnittler, Novozhilov, 1996). Для леса в штате Огайо (Rubino, McCarthy, 2003) площадью 5 км² было выявлено 30 видов миксомицетов с 50 субстратов, что меньше ожидаемого гамма-разнообразия в импактной зоне при интерполяции. В Национальном парке Грейт-Смоки-Маунтинс в США, на площади 2080 км² выявлено 167 видов миксомицетов (Stephenson et al., 2001).

Большинство работ, посвященных миксомицетам, включает только данные по гамма-разнообразию, представленные в виде списка видов (Котеленец, Барсукова, 2003; Ramon, 1986; Novozhilov, Schnittler, 1996; Stephenson et al., 2000; Ukkola et al., 2001; Novozhilov et al., 2007). Данная работа дополняет относительно небольшое количество публикаций, в которых приведены оценки альфа- и бета-разнообразия миксомицетов (Stephenson, 1988; Novozhilov et al., 2000; Novozhilov et al., 2003).

Мы обнаружили, что при приближении к заводу альфа- и гамма-разнообразие уменьшаются, однако заметное уменьшение всех показателей происходит только в непосредственной близости от комбината — в импактной зоне. Показатели альфа- и гамма-разнообразия для зоны буферная-1 во многих случаях близки к фоновым. В целом миксомицеты показывают достаточно высокую толерантность к воздействию выбросов медеплавильного комбината и обильны там, где практически полностью отсутствуют такие чувствительные группы как эпифитные лишайники (Воробейчик и др., 1994) и люмбрициды (Воробейчик,

1998). То обстоятельство, что при рассмотрении зависимости количества видов от количества образцов (рис. 3 б) кривые начинают расходиться при достаточно больших выборках, а среднее таксономическое отличие и количество семейств и порядков практически не изменяются, также указывает на относительно слабую выраженность реакции миксомицетов на загрязнение.

Для некоторых параметров отмечается резкий «провал» — сильное уменьшение альфа- и гамма-разнообразия в зоне буферная-2. Данное явление можно предположительно связать с несколькими факторами. Во-первых, промысловое усилие в зоне буферная-2 меньше, чем в других зонах. Соответственно, увеличение объема выборки может увеличить количество видов. Во-вторых, в буферной-2 зоне происходит увеличение выпадения Cd (см. табл. 1) и в связи с невысокой кислотностью, снижается его подвижность и соответственно увеличивается его накопление в депонирующих субстратах. В-третьих, в буферной-2 зоне наблюдается изменение субстратной приуроченности дождевых червей, и они населяют не только лесную подстилку (как в фоновой зоне), но обитают и под корой разлагающихся стволов (Воробейчик и др., 2007). Возможно, что они могут оказывать негативное влияние на миксомицетов, поедая их вместе с субстратом.

Также необходимо отметить, что при расчете индекса полидоминантности не наблюдается снижения гамма-разнообразия в буферной-2 зоне, что связано с разнонаправленностью тенденций изменения количества видов и их выравниваемости разнонаправлены. В фоновой зоне наблюдается меньшая выравниваемость, чем в буферной-2 из-за сильного доминирования одного вида — *Physarum album* (Bull.) Chevall., доля образцов которого составляет 10.9%.

В нашей работе показано увеличение бета-разнообразия в импактной зоне. Это наиболее заметно при включении в расчет субстратов, на которых не было обнаружено миксомицетов, что вполне логично, так как пустой субстрат обладает абсолютным несходством с субстратом, на котором образцы обнаружены. Интересным оказывается тот факт, что если пустые субстраты из расчета исключить, общая тенденция увеличения бета-разнообразия в импактной зоне сохраняется. Следовательно, в импактной зоне микроместообитания существенно менее однородны, чем во всех остальных зонах. Это может быть связано со следующим. Во-первых, в импактной зоне наблюдается повышенная мозаичность абиотических условий из-за неравномерного выпадения поллютантов. Во-вторых, меньшее обилие миксомицетов в импактной зоне приводит к тому, что на одном субстрате встречается небольшое количество видов, а распространенные виды не встречаются совместно.

К сожалению, нет возможности сравнить полученные нами данные по показателям бета-разнообразия с результатами других исследователей, так как нам не известно работ по оценке бета-разнообразия миксомицетов, кроме вышеука-

занных, авторы которых ограничились оценкой ширины экологической ниши по субстратным предпочтениям (Stephenson, 1988; Novozhilov et al., 2000, 2003).

Известные нам исследования реакции миксомицетов на изменение условий в экологических градиентах, как правило, основаны на результатах, полученных методом влажных камер (Harkonen, 1977; Wrigley de Basanta, 2000) и сравнивать их с нашими некорректно. Заслуживает отдельного внимания работа С. Стефенсона (Stephenson, 1988), посвященная исследованию миксомицетов в градиенте увлажнения: изучено два ксерофитных и три мезофитных сообщества в юго-западной Вирджинии; на 1745 образцах найдено 120 видов миксомицетов. Как и в нашем случае, в градиенте пессимизации условий местообитания (при переходе от мезофитных к ксерофитным условиям) наблюдается уменьшение альфа- (индекс Шеннона) и гамма-разнообразия (количество видов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возвращаясь к исходному вопросу — всегда ли уменьшается биоразнообразие под действием промышленного загрязнения, необходимо отметить, что сделать однозначное заключение об этом невозможно, поскольку, биоразнообразие — очень сложная категория: в одном аспекте (альфа- и гамма-разнообразии) оно может уменьшаться, в другом — увеличиваться (бета-разнообразие), а в третьем оставаться неизменным (таксономическое разнообразие).

Автор выражает благодарность К.А. Фефелову за помощь в сборе и определении миксомицетов и предоставление части материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы развития ведущих научных школ (НШ-5286.2006.4) и при поддержке программы Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воробейчик Е.Л. К методике измерения мощности лесной подстилки для целей диагностики техногенных нарушений экосистем // Экология. 1995. № 4. С. 263–267.
- Воробейчик Е. Л. Население дождевых червей (Lumbricidae) лесов Среднего Урала в условиях загрязнения выбросами медеплавильных комбинатов // Экология. 1998. № 2. С. 102–108.
- Воробейчик Е.Л. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. 2003. № 2. С. 32–42.
- Воробейчик Е.Л., Ермаков А.И., Гребенников М.Е. и др. Реакция почвенной мезофауны на выбросы Среднеуральского медеплавильного комбината // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф. Екатеринбург, 2007. С. 128–148.
- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.

- Воробейчик Е.Л., Хантемирова Е.В. Реакция лесных фитоценозов на техногенное загрязнение: зависимость доза — эффект // Экология. 1994. № 3. С. 31–43.
- Глущенко В.И., Леонтьев Д.В., Акулов А.Ю. Слизевики. Харьков: ХНУ, 2002. 133 с.
- Котеленец Н.Н., Барсукова Т.Н. Миксомицеты и миксомицетофильные жуки в Окском государственном биосферном заповеднике // Микология и фитопатология. 2003. Том 37. Вып. 1. С. 50–53.
- Новожилов Ю.К., Определитель грибов России. Отдел Мухомусота. Вып. 1. Класс Мухомycetes. СПб: Наука, 1993. 287 с.
- Новожилов Ю.К. Миксомицеты Ленинградской области // Биоразнообразие Ленинградской области: Водоросли. Грибы. Лишайники. Мохообразные. Беспозвоночные животные. Рыбы и рыбообразные. СПб, 1999. С. 197–204.
- Плотников Б.С. Систематическая структура сообществ миксомицетов в градиенте техногенного загрязнения // Экология: от генов до экосистем: мат-лы конф. молодых ученых. Екатеринбург, 2005. С. 206–211.
- Плотников Б.С., Фефелов К.А. Географический и экологический анализ миксомицетов города // Экологические механизмы динамики и устойчивости биоты. Екатеринбург, 2004. С. 180–183.
- Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия. М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. 256 с.
- Фефелов К.А. Влияние аэротехногенного загрязнения тяжелыми металлами и SO₂ на миксомицетов // Безопасность биосферы. Екатеринбург, 1997. С. 221.
- Фефелов К.А., Плотников Б. С. Кортикальные миксомицеты сосны (*Pinus sylvestris* L.) в условиях городской среды // Вопросы практической экологии. Пенза, 2002. С. 214–216.
- Clarke K.R., Warwick R.M. A taxonomic distinctness index and its statistical properties // J. Appl. Ecology. 1998. Vol. 35. P. 523–531.
- Colwell R. K., Mao C. X., Chang J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves // Ecology. 2004. Vol. 85. P. 2717–2727.
- Drozdocicz A. Myxomycetes in the Botanic Garden of the Jagillonian University in Cracow // Scripta Bot. Belg. 2002. Vol. 22. P. 20.
- Eliasson U. Patterns of occurrence of myxomycetes in a spruce forest in South Sweden // Holarctic Ecology. Vol. 4. 1981. P. 20–31.
- Gray W.D., Alexopoulos C.J. Biology of Myxomycetes. New York: Ronald Hall, 1968. 288 p.
- Harkonen M. Corticolous Myxomycetes in three different habitats in southern Finland // Karstenia. 1977. Vol. 17. P. 19–32.
- Harkonen M. Some additions to the knowledge of Turkish Myxomycetes // Karstenia. 1988. V. 27. P. 1–7.
- Harkonen M., Uotila P. Turkish Myxomycetes, developed in moist chamber cultures // Karstenia. 1983. Vol. 23. P. 1–9.
- Ing B. Corticolous myxomycetes in the Royal Botanic Gardens, Kew // Scripta Bot. Belg. 2002. Vol. 22. P. 42.

- Mitchell D.W. Myxomycetes, 2001. CD.
- Novozhilov Yu.K., Fefelov K.A. An annotated checklist of the myxomycetes of Sverdlovsk Region, West sibirian lowlands, Russia // Микология и фитопатология. 2001. Т. 35. № 4. С. 56–62.
- Novozhilov Yu.K., Mitchell D.W., Schnittler M. Myxomycete biodiversity of Colorado Plateau // Mycological Progress. 2003. Vol. 2. P. 243–258.
- Novozhilov Yu., Schnittler M. Nivicole myxomycetes of the Khibine Mountains (Kola Peninsula) // Nordic J. of Botany. 1996. Vol. 16. P. 549–562.
- Novozhilov Yu.K., Schnittler M., Zemlyanskaia I.V., Fefelov K.A. Biodiversity of plasmodial slime moulds (Myxogastria) measurement and interpretation // Protistology. 2000. Vol. 1. P. 161–178.
- Novozhilov Yu.K., Stephenson S.L., Overking M. et al. Studies of Frostfire myxomycetes including a description of a new species of *Diderma* // Mycol. Progress. 2007. Vol. 6. P. 45–51.
- Ramon E. Myxomycetes of Israel // Israel J. of Botany. 1986. V. 17. P. 207–211.
- Rubino D.L., McCarthy C. Composition and ecology of macrofungal and myxomycete communities an oak woody debris in a mixed-oak forest of Ohio // Can. J. For. Res. 2003. Vol. 33. P. 2151–2163.
- Schnittler M., Novozhilov Yu. The myxomycetes of boreal woodland in Russian northern Karelia: a preliminary report // Karstenia. 1996. Vol. 36. P. 19–40.
- Setälä A., Nuorteva P. High metal contents found in *Fuligo septica* (L.) Wiggers and some other slime molds (Myxomycetes) // Karstenia. 1989. Vol. 29. P. 37–44.
- Stephenson S.L. Distribution and ecology of Myxomycetes in temperate forests. I. Patterns of occurrence in the upland forests of southwestern Virginia // Can. J. of Botany. 1988. Vol. 66. P. 2187–2207.
- Stephenson S.L., Novozhilov Yu. K., Schnittler M. Distribution and ecology of myxomycetes in highlatitude regions of the Northern Hemisphere // J. Biogeography. 2000. Vol. 27. P. 741–754.
- Stephenson S.L., Schnittler M., Mitchell D.W., Novozhilov Yu. K. Myxomycetes of the Great Smoky Mountains National Park // Mycotaxon. 2001. Vol. 78. P. 1–15.
- Stephenson S.L., Stempen H. Myxomycetes: A Handbook of Slime Molds. Portland: Timber Press, 1994. 183 p.
- Ukkola T., Harkonen M., Zeng Z. Myxomycetes of Hunan Province, China. I // Ann. Bot. Fennici. 2001. Vol. 38. P. 305–328.
- Whittaker R.H. Evolution of species diversity in land communities // Evolutionary Biology. 1972. P. 1–67.
- Wrigley de Basanta D. Acid Deposition in Madrid and Corticolous Myxomycetes // Stapfia. 2000. Vol. 155. P. 113–120.

СООБЩЕСТВА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗАПАДНОГО АЛТАЯ

Л.В. Пожидаева

Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск

Изучение биологического разнообразия и путей его сохранения — одно из важных направлений современных биологических исследований. Приоритетным считается изучение структурных особенностей сообществ в конкретных природных условиях с учетом их видового состава, численности и других параметров. Эти сведения имеют несомненную прикладную ценность, так как охрана и рациональное использование животного мира невозможны без мониторинга и прогноза на этой основе возможных изменений в структуре сообществ. Часто эти изменения служат индикаторами природных нарушений.

Целью работы является изучение фауны, экологии и структурной организации сообществ мелких наземных млекопитающих низкогорий и среднегорий Западного Алтая. Для достижения цели поставлены задачи: 1. Изучить видовой состав и пространственное размещение микромаммалей Западного Алтая. 2. Проанализировать особенности населения и распределения мелких млекопитающих по биотопам. 3. Изучить динамику сообществ и популяций мелких млекопитающих. 4. Проанализировать параметры структурной организации сообществ.

Работы ведутся с 2003 г. на территории заповедника «Тигирекский». Заповедник находится в южной части Алтайского края в предгорьях Алтая на границе с Казахстаном (Тигирекский хребет и его отроги). Все биотопы являются типичными для таежно-лесного пояса Алтайских гор. Исследования проведены в трех точках в охранной зоне заповедника. Отлов и учет зверьков произведен с использованием линий ловчих канавок.

Отлов зверьков проводили ежегодно в восьми местообитаниях. Было установлено по одной учетной линии канавок в каждом местообитании. Исследованные биотопы мы разделяем на три типа: биотопы с лесным, экотонным и открытым типом ландшафта. За весь период работ отловлено 1089 экземпляров зверьков; обработано 2570 конусо-суток.

Фауна заповедника представлена 20 достоверно отмеченными видами двух отрядов (насекомоядные и грызуны). Из землероек основные доминанты в сообществах обыкновенная и малая бурозубки, среди грызунов — лесные полевки, полевка-экономка и алтайская мыповка. При обработке материала в анализ не были включены синантропные виды, и виды, численность которых нельзя установить применяемым методом.

Во всех биотопах заповедника оказалась многочисленна обыкновенная бурозубка, лишь в биотопе с открытым типом ландшафта она обычна. Равнозубая, средняя и малая бурозубки обычны во всех биотопах. Кутора редка в лесу, в других местообитаниях — это обычный вид. Тундрная бурозубка — повсеместно редкий вид. Сибирская белозубка не встречена в биотопах с открытым типом ландшафта, в остальных — редка.

Среди грызунов в экотонных и открытых биотопах оказалась многочисленна мышовка, в лесу она обычна. Многочисленны в лесу полевки (красносерая и экономка), а также восточноазиатская мышь. Редки здесь же обыкновенная полевка и полевая мышь. В остальных биотопах все эти виды являются обычными. Красная полевка многочисленна в лесу и экотонах, на открытых пространствах обычна. Темная полевка — обычный вид для всех исследованных местообитаний. Численность малой лесной мыши очень мала на открытых пространствах, чуть выше в лесу и совсем вид не отмечен в экотонных местообитаниях. Мышь-малютка в пограничных биотопах редка, обычна на открытых участках, в лесном массиве не встречается.

Среди насекомоядных в большинстве биотопов заповедника доминируют обыкновенная, равнозубая и малая бурозубки, их содоминантом выступает средняя. Относительное обилие обыкновенной и малой бурозубок находится в противофазе друг с другом.

Среди грызунов доминирующую группу составляют лесные полевки (красная и красно-серая), алтайская мышовка и полевка-экономка, их содоминантами являются темная полевка и восточноазиатская мышь. Численность и соотношение видов-доминантов в сообществе (алтайской мышовки и лесных полевок) по годам меняются в противофазе друг с другом. Так в 2004 г. явным доминантом была мышовка (39%), при этом относительное обилие лесных полевок составило 5–10%. Подобная ситуация оказалась и в 2006 г. С 2004 г. наблюдается ежегодное возрастание доли в сообществе полевок-экономок.

В качестве показателей разнообразия сообществ и их изменения использовали индексы видового разнообразия и выравненности Симпсона и Шеннона. У насекомоядных наблюдается значительное колебание индекса Симпсона и незначительное — Шеннона. Выравненность сообщества землероек от 2003 к 2006 гг. возрастает. У грызунов наблюдается возрастание значений индекса Симпсона от 2003 к 2005 гг., а затем — спад; значения индекса Шеннона ежегодно снижаются, при этом индексы выравненности остаются примерно постоянными. Это свидетельствует об изменении структуры сообщества во времени. Однако в целом сообщества мелких млекопитающих Западного Алтая относительно стабильны и изменения в структуре доминирования незначительны. При колебании численности отдельных видов меняется структура доминирования, на что указывает выраженная дина-

мика значений индексов Симпсона и менее выраженная — индекса Шеннона. Противофазы обилия обыкновенной и малой бурозубок, лесных полевок и алтайской мышовки создают относительное постоянство в целом структуры доминирования в сообществах, поэтому показатели разнообразия во времени относительно постоянны.

Таким образом на исследованной территории установлено обитание 20 видов мелких млекопитающих, в том числе регионально редкого вида — сибирской белозубки и повсеместно редкого на Алтае вида — мышши-малютки. В окрестностях Белорецкого и Тигирекского кордонов заповедника «Тигирекский» отловлены домовая и полевая мыши, которые не характерны для лесного пояса, и являются индикаторами антропогенного влияния. В большинстве биотопов среди насекомоядных отмечено доминирование крупной и эврибионтной обыкновенной бурозубки. На пограничных участках и в лесных биотопах ее содоминантом выступает малая бурозубка. Для мышевидных грызунов характерно преобладание во всех биотопах алтайской мышовки; в лесных формациях — лесных полевок-эврифагов; на открытых пространствах и пограничных местообитаниях — серых зеленоядных полевок и семеноядных мышей. Среди насекомоядных самые многочисленные и широко распространенные виды — обыкновенная и малая бурозубки, среди грызунов — красная полевка и алтайская мышовка.

Сообщества мелких млекопитающих отличаются высоким уровнем видового разнообразия, имеют видовой состав характерный для таежно-лесного пояса Алтайских гор. Незначительные изменения индексов разнообразия свидетельствуют о довольно постоянной структуре доминирования и устойчивости сообществ. Вместе с тем, колебания численности отдельных видов приводят к смене доминантов и изменению структуры доминирования, что доказывают выраженные колебания значений индекса Симпсона.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТВЕННИЦ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ

М.А. Полежаева*, В.Л. Семериков**

**Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, г. Магадан,*

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

Деревья рода *Larix* — основной лесообразующий вид Дальнего Востока. На протяжении последнего позднеплейстоценового оледенения Восточная Сибирь и Дальний Восток не имели значительных ледниковых покровов, од-

нако суровый засушливый климат значительно повлиял на состав растительности. Современное распространение лиственницы на Дальнем Востоке — это результат последниково́й реколонизации, которая началась после последнего максимума оледенения около 18–20 тыс. лет назад из благоприятных для выживания рефугиумов. Палеогеографические данные указывают на сохранение лиственницы в период ледникового максимума в низовьях Амура (Боярская, 1989). Спорным является вопрос о возможности выживания древесной растительности на территории Магаданской области, однако недавние работы (Burbaker et al., 2005) показывают находки пыльцы и макрофоссилий в Западной Берингии, датируемые временем последнего максимума оледенения. Изменения в географическом распространении животных и растений, обусловленные климатическими осцилляциями четвертичного времени, оставили определенные следы в характере и географическом распределении генетической изменчивости этих видов.

Изучение генетического разнообразия лиственниц по генетическим маркерам хлоропластной и митохондриальной ДНК позволяет предположить места сохранения лиственницы в ледниковый период и пути расселения из них при потеплении климата. Известно, что у хвойных геном митохондрий наследуется по материнской линии, таким образом, генетический поток между популяциями снижен, что препятствует нивелированию структуры популяции. В этой связи изучение изменчивости митохондриальных маркеров становится доступным инструментом для восстановления исторических процессов. В отличие от митохондриального, геном хлоропластов, наследуется у хвойных по отцовской линии. Скорость его эволюции выше, поэтому хпДНК используют в качестве маркера для выяснения филогенетических отношений. Таким образом целью данной работы является исследование истории расселения *Larix* на территории Дальнего Востока на основе изменчивости маркеров митохондриальной и хлоропластной ДНК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были изучены выборки 12–25 индивидумов в 12 популяциях лиственницы Дальнего Востока. С деревьев, стоящих не менее чем на 30 метров, собиралась хвоя, которая высушивалась в силикагеле. Также были использованы данные по десяти популяциям из работы В.Л. Семерикова (Semerikov et al., 2006). В табл. 1 приведены названия выборок, координаты и число изученных деревьев.

ДНК изолировалась из 30 мг высушенной хвои согласно протоколу СТАВ. Реакцию ПЦР со специфичными для каждого маркера праймерами проводили на амплификаторе в объеме 10 мкл, содержащем 1 мкл ДНК-матрицы, по 0.2 мкл каждого праймера, 0.32 U Taq-полимеразы, 0.2 мкл dNTPs, 1 мкл MgCl₂, 1 мкл Taq DNA полимеразного буфера. Добавляли 10 мкл мине-

Таблица 1. Изменчивость мтДНК в популяциях лиственниц Дальнего Востока

№ П	Популяции и их координаты	Источник данных	Число в выборке	Число гаплотипов	Изменчивость Н	Частоты гаплотипов
<i>L. gmelinii</i>						
1	Мушкан, 56°10' с.ш., 113°40' в.д.	С	24	1	0.000	G:24
2	Чара 56°50' с.ш., 118°20' в.д.	С	22	1	0.000	G:22
3	г. Якутск 62°00' с.ш., 129°40' в.д.		9	1	0.000	G:9
4	Хаганга 72°00' с.ш., 102°30' в.д.	С	8	1	0.000	G:8
5	Магадан 59°30' с.ш., 151°00' в.д.	П	12	1	0.000	G:12
6	Чуванск 65°00' с.ш., 168°00' в.д.	П	15	1	0.000	G:15
7	Ламутск 65°30' с.ш., 169°00' в.д.	П	16	1	0.000	G:16
<i>L. olgensis</i> и промежуточные популяции						
8	Ванино 49°05' с.ш., 140°20' в.д.	С	3	2	0.667	S:2, G:1
9	Южно-Сахалинск, 47°30' с.ш., 142°40' в.д.	С	4	1	0.000	I:4
10	Кавалерово 44°05' с.ш., 135°20' в.д.	С	11	1	0.000	G:11
11	Ольга 43°40' с.ш., 135°15' в.д.	С	14	1	0.000	LN:14
12	Уссурйск 43°26' с.ш., 131°20' в.д.	С	12	4	0.571	S:7, U:1, G:1, LN:3
13	Корея	С	11	3	0.356	S:4, G:5, LN:2
14	Эссо 56°00' с.ш., 158°00' в.д.	П	20	1	0.000	S: 20
15	Анагвай 56°10' с.ш., 159°00' в.д.	П	20	1	0.000	S: 20
16	<i>L. kaempferi</i> , Япония	С	6	1	0.000	K:6
17	Оха 53°35' с.ш., 142°50' в.д.	П	18	3	0.386	G:14, S:3, K:1
18	Ноглики 51°50' с.ш., 143°00' в.д.	П	15	2	0.248	G:13, KG:2

Продолжение табл.1.

19	Тымовск 50°50' с.ш., 142°30' в.д.	П	19	2	0.105	G:18, S:1
20	Озерский 46°40' с.ш., 143°10' в.д.	П	18	4	0.739	K:7, I:6, KS:2, S:3
21	Охотское 46°50' с.ш., 143°10' в.д.	П	18	1	0.000	I:18
22	Игуруп	П	20	1		I:20
23	Шикотан	П	20	1		I:20

Примечание: С – материалы Semerikov, Lascoux (2003), П – Полежаева М.А.

рального масла. Амплификация проводилась в GeneAmp PCR System 2700 thermal cycler (Applied Biosystems) при параметрах, указанных в табл. 2.

Таблица 2. Температурные профили ПЦР

амплифич. фрагмент	предварит. амплификация	35 циклов при температуре			завершающая фаза
		денатурации	отжига	элонгации	
Pt 26081, Pt 30204	94°С, 5 мин	94°С, 30 с	55°С, 30 с	72°С, 30 с	72°С, 7 мин
NAD5(1/2)	94°С, 5 мин	94°С, 30 с	55°С, 40 с	72°С, 3 мин	72°С, 7 мин
NAD4(3/4)	94°С, 5 мин	94°С, 30 с	52°С, 45 с	72°С, 3 мин	72°С, 7 мин
UBC460	94°С, 5 мин	94°С, 30 с	65°С, 40 с	72°С, 3 мин	72°С, 7 мин

Продукты амплификации фрагмента мтДНК UBC460 (Semerikov et al., 2006) разделялись электрофорезом в 1%-ном агарозном геле, содержащем 5 мкг/мл бромистого этидия, и фотографировались в проходящем УФ свете. Подвижность продуктов оценивалась с помощью «1 kb ДНК маркера» (Сибэзним).

Продукты амплификации фрагментов мтДНК NAD5(1/2) и NAD4(3/4) (S. Dumolin-Lapregue, 1997) расщеплялись с помощью рестриктазы *Hinf I* и подвергались гель-электрофорезу в денатурирующем ПААГ. Визуализировались с помощью метода «silver staining» (серебряное окрашивание). Продукты амплификации микросателлитов хпДНК Pt26081 и Pt30204 (Vendramin et al., 1996) также подвергались электрофорезу в ПААГ с последующим серебряным окрашиванием.

Чтобы проанализировать географическое распространение митохондриальных гаплотипов использованы следующие подходы. Первый — построение карты распределения гаплотипов. Подсчет генетического разнообразия мтДНК внутри каждой популяции и иерархический анализ молекулярной изменчивости был осуществлен с помощью Arlequin 2.000. Анализ подразделенности генетической изменчивости проводился с использованием следующих

статистик — обычного G_{st} , вычисляемого на основе частот гаплотипов в популяциях без учета информации о степени их сходства, а также N_{st} и R_{st} аналогов G_{st} , учитывающих меру сходства гаплотипов в случае митохондриальных и хлоропластных микросателлитов соответственно. Сравнение указанных статистик проводилось с помощью программы *crSSR* (тест на филогеографическую структуру). На основе частот хлоропластных микросателлитов с помощью анализа главных координат (*NTSYSpc 2.02*) был построен скаттерплот.

РЕЗУЛЬТАТЫ

I. Митохондриальная изменчивость. В результате исследования изменчивости трех митохондриальных фрагментов выявлено наличие восьми мультилокусных гаплотипов G , S , I , K , KG , KS , U и LN (табл. 3).

Таблица 3. Митохондриальные гаплотипы и соответствующие им сочетания аллелей в локусах

гаплотипы	Локусы		
	NAD5(1/2)/ <i>Hinf</i> I	NAD4(3/4)/ <i>Hinf</i> I	UBC 460
G		200 п.н. → 80 п.н.+120 п.н.	2 300 п.н.
S		200 п.н., сайт рестрикции отсутствует	2 300 п.н.
I		215 п.н.+X → 260 п.н.	2 300 п.н.
K	инсерция 4 п.н.	500 п.н.+215 п.н. → 715 п.н.	2 300 п.н.
KG	инсерция 4 п.н.	200 п.н. → 80 п.н.+120 п.н.	2 300 п.н.
KS	инсерция 4 п.н.	200 п.н., сайт рестрикции отсутствует	2 300 п.н.
LN		200 п.н., сайт рестрикции отсутствует	2 788 п.н.
U		200 п.н. → 80 п.н.+120 п.н.	2 788 п.н.

Изменчивость митохондриальной ДНК географически распределена неравномерно среди популяций. Значения $G_{st}=0.798$ и $N_{st}=0.885$ указывают, что значительная часть изменчивости соответствует межпопуляционным различиям, что типично для наследуемых по материнской линии генетических маркеров. Причем родственные гаплотипы имеют тенденцию находиться в одних и тех же популяциях ($G_{st} < N_{st}$, $p < 0.05$).

Из 23 популяций по гаплотипу G фиксированными оказались восемь популяций. Это популяции с Чукотки, из Магаданской области и Восточной

Сибири (№ 1–7). Также этот гаплотип присутствует в популяциях Приморского края, в Корее и на севере Сахалина (№ 8, 10, 12, 13, 17–19).

Гаплотип *I* фиксирован на юге Сахалина и на Курилах (№ 9, 21–23). Гаплотип *S* фиксирован на Камчатке и присутствует на Сахалине. Зонами наибольшего генетического разнообразия оказались Приморский край и юг Хабаровского края, о. Сахалин и Корея. Здесь присутствуют гаплотипы *S*, *U* и *LN*. Гаплотип *K* характерен для Японии (*L. kaempferi*) (№ 16) и присутствует с небольшой частотой на большей части Сахалина (№ 17, 20), причем на юге острова его частота достигает максимума. На Сахалине обнаружен гаплотип *KG* (№ 18), предположительно являющийся рекомбинантом гаплотипа *K* и гаплотипа даурской лиственницы *G*, а также гаплотип *KS* (№ 20) — рекомбинант гаплотипа *K* и *S*.

II. Хлоропластная изменчивость. Анализ микросателлитов хлоропластов (Pt26, Pt30) позволил выявить десять гаплотипов. Они определялись сочетанием вариантов амплификации фрагментов микросателлитов, принимая условно, что 1 — наиболее короткий повтор, 2 — на один нуклеотид длиннее, 3 — на два нуклеотида и так далее до шести (табл. 4).

Таблица 4. Хлоропластные гаплотипы

Микросателлиты	Гаплотипы									
	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}
Pt ₂₆₀₈₁	2	2	2	3	3	3	4	4	6	1
Pt ₃₀₂₀₄	2	1	3	1	2	3	2	3	3	2

Для хлоропластных гаплотипов F_{st} , отражающий сходство между популяциями, равен 0.285; F_{sc} , показывающий сходство внутри регионов, — 0.144; и F_{ct} , характеризующий сходство между регионами, равен 0.163. Степень структурированности гаплотипов отражает построенный на основе этих статистик скаттерплот, изображающий распределение изученных популяций лиственниц (рис. 2). Тест на наличие филогеографической структуры в распределении хлоропластных гаплотипов показал, что гаплотипы в пределах одной популяции родственны: $R_{st}=0.329$, что больше, чем $F_{st}=0.285$ ($p<0.05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

I. Митохондриальная генетическая изменчивость. Известно, что лиственницы Дальнего Востока обладают значительной морфологической изменчивостью. Вследствие отсутствия репродуктивных барьеров и непрерывности ареалов, морфологические формы перетекают одна в другую, в связи с чем сложно определить их таксономический статус. Установленное в нашей работе внутривидовое разнообразие митохондриальных гаплотипов,

очевидно, связано с анализом выборок из популяций юга Дальнего Востока — места обитания множества неоднократно описанных «видов», представляющих собой гибриды между *L. gmelinii* и *L. olgensis* (Сукачев, 1931; Дылис, 1961 и др.). В этих популяциях наряду с гаплотипом *G*, характерным для *L. gmelinii*, также встречаются гаплотипы *LN*, *S*, *U*. Географическую структуру генетического разнообразия можно объяснить несколькими причинами: во-первых, наибольшее разнообразие наблюдается в промежуточных популяциях, что обусловлено генетическим потоками генов «чистых» *L. gmelinii* и *L. olgensis*. Во-вторых, изменчивость популяций юга Дальнего Востока может быть обусловлена особенностями географии и топографии данной территории. Известно, что в отличие от Северной Америки и Западной Европы, Восточная Сибирь и Дальний Восток не имели значительных ледниковых покровов на протяжении последнего оледенения (18–20 тыс. л. н.). В период последнего ледникового максимума на северо-востоке Азии было развито горно-долинное оледенение (Спасская и др., 1993), что является благоприятным для сохранения древесной растительности в рефугиумах. Разнообразие митохондриальных гаплотипов в Приморском крае (*LN*, *S*, *U*, *G*) согласуется с палеогеографическими данными (Боярская, 1989), реконструирующими для этой территории условия, подходящие для выживания лесной растительности. Возможность существования лесных рефугиумов в более северных районах остается весьма дискуссионной темой. Существуют данные о присутствии лиственницы в ледниковый максимум в Приохотье (Burbaker et al., 2005). Мало данных в отношении растительности сартанского оледенения на Камчатке. Третьей причиной подобного разнообразия может быть использование недостаточного количества митохондриальных маркеров. В работе (Semerikov, Lascoux, 2003) показано, что *L. gmelinii* обладает значительной изменчивостью митохондриальной ДНК, однако использованных в настоящей работе маркеров недостаточно для её обнаружения.

В связи с полученными результатами изучения структуры изменчивости митохондриальной ДНК можно сделать следующие выводы: во-первых, заселение лиственницей Магаданской области и Чукотки (если лиственница не сохранялась там *in situ* в максимум оледенения) происходило не из южного Приморья, а из более северных районов, где так же доминирует гаплотип *G*. Во-вторых, заселение Камчатки происходило не через Чукотку и Магаданскую область, а с юга Дальнего Востока через Сахалин и Курилы (где, как и на Камчатке распространен гаплотип *S*) в период предшествующий последнему максимуму оледенения. В течение последнего максимума оледенения лиственница, вероятно, сохранялась в рефугиумах на территории Камчатки. И хотя нет точных данных по распространению ледовых покровов на территории полуострова, в пользу сохранения здесь лесной растительности в это вре-

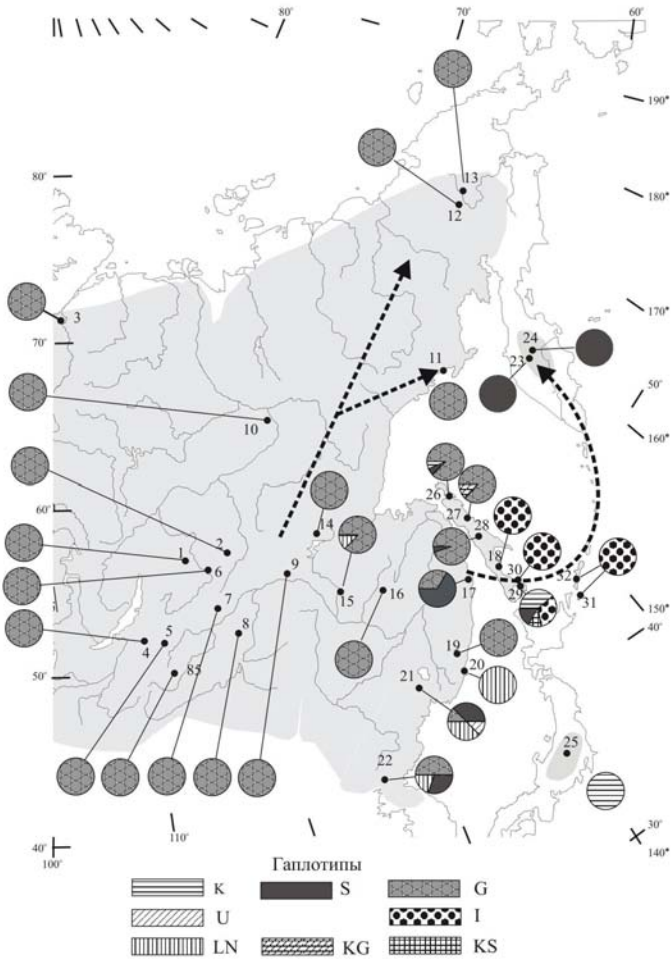


Рис. 1. Распределение гаплотипов митохондриальной ДНК изученных популяций *Larix* Восточной Сибири и Дальнего Востока и предполагаемые пути распространения лиственницы в послеледниковье.

мя свидетельствуют данные об аллозимной изменчивости *Picea ajanensis* на Камчатке. Генетически популяции с Камчатки довольно сильно отличаются от материковых, что свидетельствует об их более длительной изоляции и возможном сохранении на полуострове (Потенко, 2004).

II. Хлоропластная генетическая изменчивость. Из рис. 2 видно, что камчатские популяции группируются с популяциями юга Приморья и сахалинскими. Следовательно, данные изменчивости хлДНК подтверждают данные изменчивости мтДНК и поддерживают гипотезу заселения Камчатки с юга Приморья.

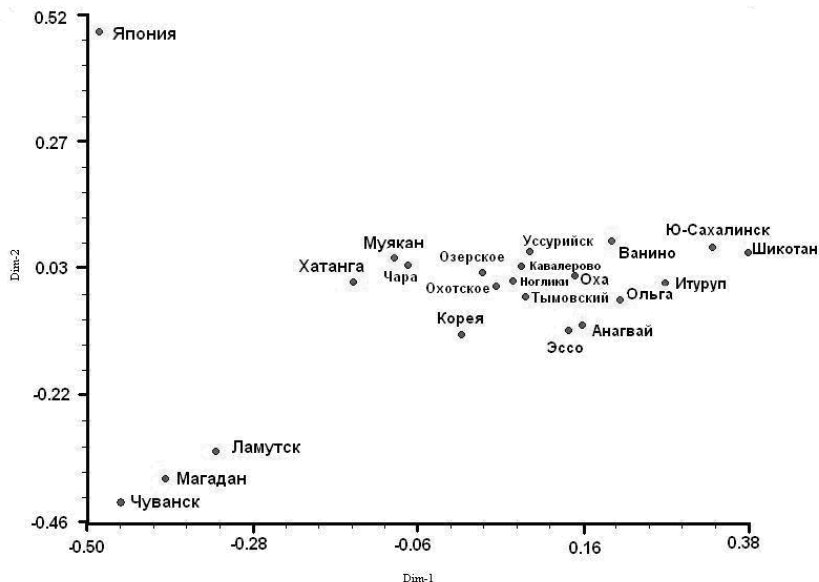


Рис. 2. Распределение изученных популяций лиственницы в плоскости двух главных координат, полученное на основании парных F_{st} , вычисленных из частот гаплотипов по двум локусам хлоропластных микросаттеллитов.

Магаданская популяция даурской лиственницы по хлоропластным данным группируется с чукотскими, что указывает на исторические связи лиственниц Чукотки и Охотского побережья.

Необходимо отметить, что генетические связи (см. рис. 2) следует принимать с оговоркой, так как количество использованных изменчивых фрагментов явно недостаточно для построения родственных связей. Несмотря на это, тест на филогеографическую структуру явно выделил далеко отстоящую группу магаданских и чукотских популяций. Этот факт говорит о том, что заселение данной территории из северных районов Сибири произошло довольно давно и популяции, испытывая давление изоляции, не имели генетического обмена с другими областями, что и обусловило более тесные генетические связи в

пределах группы. Можно предположить, что заселение Чукотки произошло из Магаданской области (Охотского побережья) после последнего оледенения. Особый характер лиственниц побережья Охотского моря ранее отмечался рядом авторов, а некоторыми даже возводился в ранг вида *L. ochotensis* (Колесников, 1946). Исследования аллозимных маркеров (Semerikov et al., 1999) также показали отличия магаданской популяции лиственницы по одному из локусов, что подтверждает эндемизм охотских популяций лиственниц.

Кроме Японии и северо-востока Сибири, остальные популяции имеют близкие наборы хлоропластных гаплотипов, что свидетельствует об общности происхождения и отсутствии барьеров для генетических потоков хлоропластных генов, распространяемых с пылью.

ЛИТЕРАТУРА

- Боярская Т.Д. Сопоставление амплитуды изменчивости палеоклиматов позднего плейстоцена и голоцена различных районов СССР. Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 85–90.
- Дылис В.Н. Лиственница восточной Сибири и Дальнего Востока. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 210с.
- Бобров Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР. Л.: Наука, 1978. 188с.
- Сукачев В.Н. О двух новых ценных для лесного хозяйства породах // Труды по лесному хозяйству и лесной промышленности. 1931. Т. 10. С. 1–12.
- Колесников Б.П. К систематике и истории развития лиственниц секции *Pauciseriales Patshke* // Материалы по истории флоры и растительности СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1946. Т. 2. С. 321–364.
- Спасская И.И., Астахов В.И., Глушкова О.Ю. и др. Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Вып. 1. М.: Наука, 1993. 102 с.
- Потенко В.В. Полиморфизм изоферментов и филогенетические взаимоотношения хвойных видов Дальнего Востока России // Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток, 2004. 38 с.
- Semerikov V., Lascoux M. Nuclear and cytoplasmic variation within and between EurAsian *Larix* (Pinaceae) species // American Journal of Botany. 2003. Vol. 90. P. 1113–1123.
- Semerikov V.L., Semiricov L.F., Lascoux M. Intra- and interspecific allozyme variability in Eurasian *Larix* Mill. Species // Heredit. 1999. Vol. 82. P. 193–204.
- Semerikov V.L., Vindramin G.G., Sebastiani F. and Lascoux M. RAPD-derived, PCR-based mitochondrial markers for *Larix* species and their usefulness in phylogeny // Conservation Genetics. 2006. № 4. Vol. 7. P. 621–625.
- Burbaker L.B., Anderson P.M., Edwards M.E., Lozhkin A.V. Beringia as a glacial refugium for boreal trees and shrubs: new perspectives from mapped pollen data // J. Biogeogr. 2005. Vol. 32. P. 833–848.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ГНЕЗД ТРАВНИКА И ПОРУЧЕЙНИКА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАУРАЛЬЯ

В.Е. Поляков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Травник (*Tringa totanus*) и поручейник (*T. stagnatilis*) — родственные виды, имеющие зону симпатрии на большей части ареала. Ареал травника простирается от атлантического побережья Европы до Приморья и от Скандинавского полуострова на севере до Памира и Тибета на юге. Поручейник обитает внутри области распространения травника — на юге лесной, в лесостепной и степной зонах от Восточной Европы до Приморья (Гаврин и др., 1962; The EBCC Atlas..., 1997). Поскольку экологические ниши родственных видов, длительное время обитающих на одной территории, должны различаться (Одум, 1975), было интересно выявить степень сходства и различия этих видов по особенностям размещения гнезд в местах совместного обитания. Цель работы: сравнить особенности размещения гнезд и сроки размножения травника и поручейника для выявления механизмов сосуществования родственных видов на совместно занимаемых территориях.

Анализировались топические взаимоотношения двух видов куликов, обитающих в пределах одних биотопов (луга по берегам мелководных озер), а именно особенности размещения гнезд. Материал по гнездам травника ($n=31$) и поручейника ($n=16$) собран в 2002–2006 гг. в лесостепной зоне Курганской и Челябинской областей в ходе экспедиционных работ под руководством В.К. Рябицева и В.В. Тарасова. Описание расположения гнезд проводили по качественным и количественным признакам (таблица). Сроки размножения сравнивали по датам откладки первого яйца, которые вычисляли по степени насиженности найденных кладок (стадии плавучести яиц в воде согласно схеме Mayer-Gross, 1972; цит. по: Гудина, 1999) с погрешностью в 3–4 дня.

Места размещения гнезд относили к одной из пяти категорий микроместообитаний с учетом микрорельефа и характера увлажнения (определяемых визуально). Последние три категории (луга) сходны по этим характеристикам и различаются распределением и высотой травянистой растительности. Характеристика степени укрытости совмещает проективное покрытие и высоту растительности и прямо пропорциональна увеличению этих параметров. Тип микроместообитания и степень укрытости гнезда определяли во все годы исследований; данные по проективному покрытию и высоте растительности собирали только в 2005–2006 гг.

Поскольку по данным корреляционного анализа параметры оказались взаимосвязанными, не было возможности выявить, который из них является определяющим при размещении гнезд исследуемых видов. Результаты дисперсионного анализа всех признаков, приведенных в таблице, показали отсутствие значимых различий в размещении гнезд травника и поручейника. Сходные результаты были получены при анализе вариационных рядов исследуемых признаков.

Однако распределение гнезд по двум основным параметрам (микроместообитаниям и степени укрытости) свидетельствует о том, что травник более лабилен в выборе мест для размещения гнезд, тогда как поручейник — более консервативен. При этом поручейник устраивает гнезда в укрытых местах, которые всегда окружены высокой растительностью. Гнезда травника могут располагаться открыто, при минимальных защитных условиях, а также в более увлажненных местообитаниях. Двумерная «гнездовая ниша» поручейника полностью перекрывается с нишей травника и располагается на краю ниши последнего (рис. 1).

Анализ сроков размножения поручейника показал, что этот вид приступает к размножению на 1–2 недели позже травника, когда высокая растительность создает благоприятные условия для большей укрытости гнезд (рис. 2). Сроки размножения обоих видов имеют слабую положительную связь только с расстоянием до воды ($r = 0.40$, $p = 0.03$, $n = 29$). Возможно, что исследуемые виды в первую очередь занимают места недалеко от воды (впоследствии выводки кормятся во влажных топких местах по берегам), последними заселяются наиболее удаленные от мест выкармливания птенцов участки.

Таблица. Параметры для описания гнезд куликов

Параметр	Описание
Тип микроместообитания	1 – бугры и островки среди мелководий; 2 – влажный кочкарник (приподнятые куртины травы среди увлажненной почвы); 3 – пастбищный луг с однородной низкорослой растительностью; 4 – луг с пучками травы выше 15 см среди низкорослой растительности; 5 – луг с однородной растительностью выше 15 см
Степень укрытости гнезда	1 – открытое (гнездо окружено травой ниже 10 см); 2 – низкая степень укрытости (с одной стороны гнезда есть трава выше 15 см); 3 – средняя (гнездо окружено травой выше 15 см) и 4 – высокая (стебли высокой травы смыкаются над гнездом)
Расстояние до воды	Расстояние от гнезда до уреза воды водоема (озера, болота), не пересыхающего к моменту вылупления птенцов; с точностью до 1 м
Проективное покрытие	Покрытие растительности в радиусе 50 см от гнезда, с точностью до 10%
Высота растительности	Преобладающая высота растительности (исключая отдельные высокие и низкие стебли) в 3–4 точках в радиусе 20 см от гнезда, с точностью до 1 см

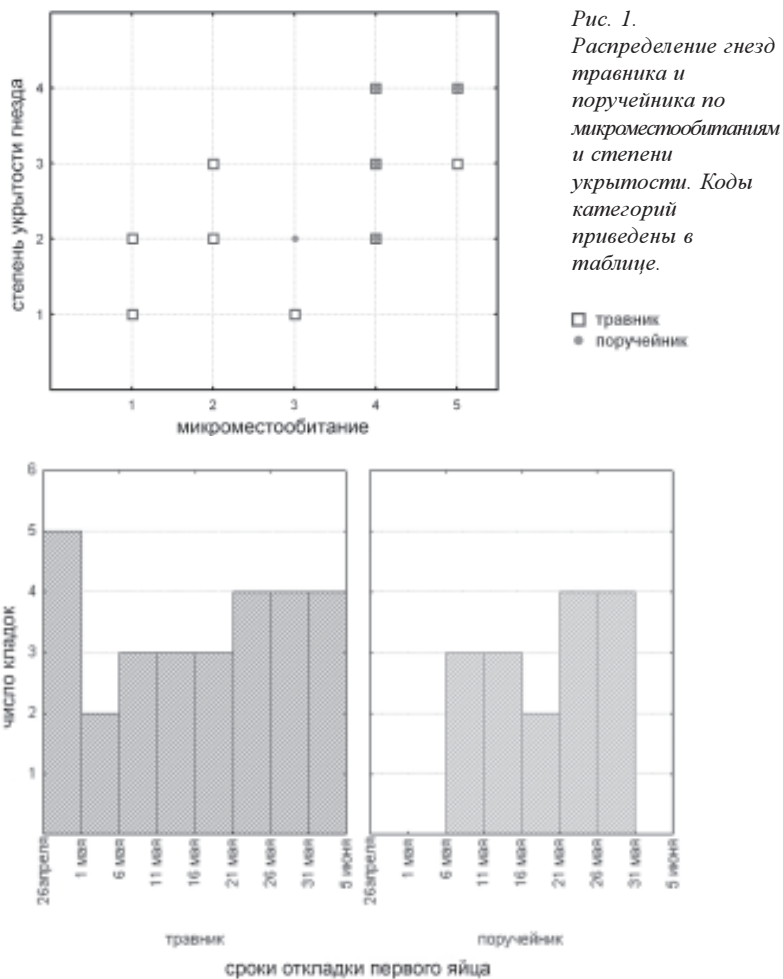


Рис. 2. Сроки размножения травника и поручейника.

Таким образом, виды слабо различаются по требованиям к местообитаниям для размещения гнезда. Однако травник более лабилен, а поручейник более консервативен в отношении выбора мест для их устройства. Сроки размножения исследуемых видов значительно перекрываются. Для травника характерны более ранние и растянутые сроки размножения.

Поскольку травник имеет преимущества в размерах и более лабилен в сроках размножения и требованиях к местообитаниям, это вид обладает явными преимуществами при расселении и в настоящее время занимает более обширный ареал и достигает большей плотности в местах совместного обитания (Блинова, Блинов, 1997; Коровин, 2004). Однако в последние десятилетия поручейник также проявляет тенденцию к расширению ареала и увеличению численности (Коблик, 2001; The EBCC Atlas..., 1997). Это дает основания предполагать, что гнездовые и кормовые свойства биотопов не ограничивают сосуществования двух родственных и экологически сходных видов и не приводят к конкуренции. Возможно, в широком понимании экологические ниши этих видов разобщены, но в отношении размещения гнезд они сходны.

ЛИТЕРАТУРА

- Блинова Т.К., Блинов В.Н. Птицы Южного Зауралья: Лесостепь и степь. Новосибирск: Наука, 1997. Т. 1. Фаунистический обзор и охрана птиц. 296 с.
- Гаврин В.Ф., Долгушин И.А., Корелов М.Н. и др. Птицы Казахстана / Под общ. ред. Долгушина И.А. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1962. Т. 2. 780 с.
- Гудина Н.А. Методы учета гнездящихся птиц: Картирование территорий. Запорожье: Дикое Поле, 1999. 241 с.
- Коблик Е.А. Разнообразие птиц: По материалам экспозиции Зоол. музея МГУ. М: Изд-во МГУ, 2001. Ч. 2. 400 с.
- Коровин В.А. Птицы в агроландшафтах Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 504 с.
- Одум Ю. Основы Экологии: Пер. с 3-го англ. изд. / Под ред. Наумова Н.П. М.: Мир, 1975. 744 с.
- The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance. London: T&AD Poyser, 1997. 912 p.

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СТРЕССОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ — ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

А.С. Попов, Д.Ю. Голиков, Ю.В. Шалаумова

*Уральский государственный лесотехнический университет,
г. Екатеринбург*

Предлагается решать проблему дефицита методик оценки устойчивости древостоев к антропогенному стрессу, подвергая их дополнительному стресс-

совому воздействию. Под дополнительным стрессовым воздействием понимаются мероприятия, направленные на выведение из стабильного состояния древесного растения, испытывающего негативное влияние факторов среды, с последующим измерением его морфофизиологических характеристик.

Район проведения исследований расположен в пределах Первоуральско-Ревдинского промышленного узла. Объекты исследований — сосновые молодняки искусственного происхождения, в которых были заложены постоянные пробные площади (ППП). Древостой ППП 4 сформировался в условиях фоновой степени загрязнения в 18,4 км от Среднеуральского металлургического завода (СУМЗа), тогда как древостой ППП 9 находится в зоне сильного загрязнения на удалении 4,1 км от источника выбросов. На каждой ППП выделяли две био группы деревьев с различным жизненным состоянием: деревья модальной группы, имеющие средние для ППП показатели диаметров и высот, и угнетенной, характеризующиеся наименьшими величинами ростовых параметров. Деревья каждой био группы подвергали кольцеванию трех степеней интенсивности (удаляли 0, 90 и 100% коры и луба по периметру ствола на высоте 1,3 м от шейки корня). Ежемесячно проводили отбор образцов хвои второго года из средней части южной экспозиции кроны деревьев для дальнейшего определения содержания в ней хлорофиллов.

Сезонная динамика содержания хлорофиллов в хвое модальных деревьев фоновой ППП 4 на протяжении 2004–2005 гг. одинакова во всех вариантах эксперимента (рис. 1 А). В 2006 г. 100%-окольцованные деревья погибли. В случае 90% кольцевания сезонная динамика содержания хлорофиллов в хвое нарушается.

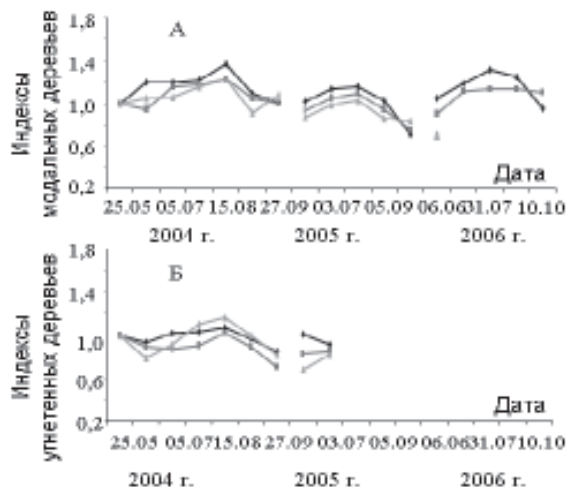
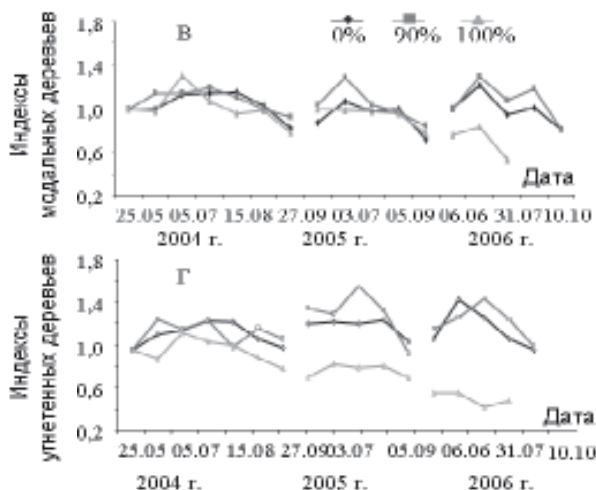


Рис. 1. Влияние дополнительного стресса на сезонную динамику содержания хлорофиллов а и б в двухлетней хвое деревьев сосны: А — для модальных деревьев ППП 4, Б — для угнетенных деревьев ППП 4. Индекс — результат нормирования величин содержания хлорофилла а и б к показателю, зафиксированному у деревьев с определенным жизненным состоянием 25.05.2004 г.



Продолжение рис. 1.
Влияние
дополнительного
стресса на сезонную
динамику содержания
хлорофиллов *a* и *b* в
двухлетней хвое
деревьев сосны:
В — для модальных
деревьев ППП 9,
Г — для угнетенных
деревьев ППП 9).

Нарушение флоэчного транспорта у угнетенных деревьев ППП 4 в 2004 г. не вызвало нарушения сезонной динамики (рис. 1 Б). В 2005 г. наблюдали гибель 90 и 100%-окольцованных угнетенных деревьев. В импактной зоне у модальных деревьев в 2004 г. 100% кольцевание изменяет характер сезонной динамики хлорофиллов (рис. 1 В), а в 2005–2006 гг. динамика накопления пигментов в хвое у этих деревьев полностью нарушена. Хвоя угнетенных деревьев ППП 9 (рис. 1 Г) испытывает действие дополнительного стресса практически с начала эксперимента.

Таким образом, устойчивость к дополнительному стрессовому воздействию деревьев сосны, адаптированных к влиянию аэропромышленных загрязнений, выше, чем у деревьев, растущих в зоне с фоновым уровнем загрязнения.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЖУКОВ ЛИСТОЕДОВ (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE) ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

И.Г. Пронина

Пензенский государственный педагогический университет

Изучение и сохранение биологического разнообразия — актуальная проблема. В различных регионах активно проводятся фаунистические исследования в рамках этой проблемы. На территории Пензенской области подобные

работы находятся на начальных этапах. Целью настоящей работы стало изучение фауны жуков сем. Chrysomelidae.

В основу работы положены собственные сборы с мая по октябрь 2006–2007 гг. жуков-листоедов (133 экз.), а также коллекции Краеведческого музея (21 экз.), кафедры зоологии и экологии ПГПУ (31 экз.), и С.В. Шибаева (48 экз.). Исследовано 13 районов Пензенской области, более детально — Бессоновский, Пензенский, Шемышейский и Кузнецкий. При сборе материала были использованы общепринятые методы полевого сбора беспозвоночных животных.

В Пензенской области выявлено 65 видов листоедов из 24 родов, принадлежащих к 8 подсемействам. Наибольшим числом видов представлены подсемейства Chrysomelinae — 33.8%, Cryptocephalinae — 18.5%, Donaciinae — 16.9%.

Среди обнаруженных видов обитатели 10 биотопов: 40% листоедов предпочитают луговые степи, 35.4% — пойменные луга, 33.8% — мезофитные опушки лиственного леса и 32.3% — побережья водоемов. Разнообразие листоедов обеднено в антропогенных биотопах, стоячих водоемах и заводах рек. По валентности к условиям обитания (биотопам) шире всего представлена группа олигобионтов (52.3%), уже — эврибионтов (30.7%) и стенобионтов (16.9%); по приуроченности к трофическим объектам — две жизненные формы: хортобионты (64.6%) и дендробионты (35.4%). Гелиофилы (73.8%) преобладают над умброфилами (26.2%). По отношению к влажности листоеды распределены следующим образом: мезофилы (33.8%), ксерофилы (29.2%), гидрофилы (27.7%) и гидрофилы (9.2%).

По типу питания выделяются три группы хризомелид. При этом преобладают олигофаги (73.8%), немногочисленны полифаги (16.9%) и монофаги (9.2%). Зарегистрировано 23 вида растений (19 двудольных и 4 однодольных), которыми питаются имаго жуков. Из 65 видов листоедов девять — специализированные вредители леса и сельскохозяйственных культур.

На данном этапе исследования нами обнаружена только половина видов, отмеченных в рядом расположенной Республике Мордовии (Бардин, 2005). Учитывая географическое положение Пензенской области, можно предполагать значительное дополнение фауны листоедов для лесостепной части Поволжья.

ЛИТЕРАТУРА

- Бардин О.Д. Эколого-фаунистическая характеристика жуков-листоедов бассейнов Суры и Мокши республики Мордовия. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саранск: Изд-во Морд. Ун-та, 2005. 25 с.

МУТАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС В ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ

С.Б. Ракитин

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

За последние десятилетия проведено множество исследований, посвященных анализу динамики популяций млекопитающих и факторов, определяющих её ход. При этом накоплен обширный материал по этологии, пространственному распределению, популяционной экологии и динамике численности многих видов грызунов в естественных и экспериментальных условиях. Тем не менее, вопрос о роли генетических процессов в популяционной цикличности остается нерешенным. Много данных получено при анализе генетического состава популяций грызунов в результате исследования электрофоретических вариантов белков и, в последнее время, полиморфных локусов ДНК. Однако в большинстве случаев выделяемые при электрофорезе аллели не удается связать с фенотипическими проявлениями, которые бы имели значение в формировании циклов. В этой связи существенный интерес представляет исследование динамики частоты хромосомных мутаций в соматических клетках, в первую очередь в костном мозге. Соматические мутации являются одним из основных механизмов формирования специфического иммунитета, необходимого для поддержания популяционного гомеостаза, а костный мозг у млекопитающих представляет собой один из центральных органов иммунной системы, поскольку поставляет стволовые клетки-предшественники лимфоцитов. Кроме того, изучение хромосомной нестабильности в клетках костного мозга позволяет охарактеризовать мутационный процесс в целом, так как частота мутационных событий, регистрируемых с помощью светового микроскопа в соматических клетках, в высокой степени коррелирует с частотой точковых мутаций и других изменений генома, в том числе и в герминативной ткани. Цитогенетический подход пока не был последовательно реализован по отношению к млекопитающим из циклических популяций. Лишь С.Г. Дмитриев с соавторами (Dmitriev et al., 1997) на небольшом материале оценивали частоту хромосомных aberrаций у полевок рода *Clethrionomys* при разных относительных численностях. Особенно актуальным представляется анализ долгосрочных стационарных наблюдений за динамикой геномной нестабильности в природных популяциях грызунов с параллельной регистрацией численности и демографической структуры населения. В 1999 г. такое исследование было начато в популяции рыжей полевки, характеризующейся значительными колебаниями численности, из локалитета, где документируется лишь глобаль-

ное техногенное загрязнение. Осуществлен анализ связи уровней геномной нестабильности с полом, возрастом, репродуктивным статусом полевок и колебаниями популяционной численности за восьмилетний период наблюдений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследованная популяция рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) находится в окрестностях с. Шигаево (Шалинский р-н Свердловской обл., 57°15' с.ш., 58°44' в.д.), где документирован фоновый для Урала уровень антропогенного воздействия. Место отлова площадью около 12 га расположено на участке зрелого пихтово-елового с березой и осиной травяно-зеленомошного леса, ограниченного с одной стороны небольшой речкой, а с другой — разнотравно-злаковым лугом. Отлов проводили во второй половине июля 1999–2006 гг. живоловками, которые выставляли в линию единообразно не менее 50 шт. Для оценки численности был использован показатель попадаемости на 100 ловушко-суток за первые два дня отлова, так как в ряде случаев улов во второй день был выше, чем в первый. Ловушки проверялись три-четыре раза в течение светового дня. Материалом для работы послужили 386 полевок.

Репродуктивный статус определяли по состоянию генеративных органов. Беременность устанавливали по наличию желтых тел в яичниках, плацентарных пятен и эмбрионов в матке. У самцов определяли массу семенников и наполненность эпидидимисов; при массе семенника от 50 до 150 мг сперматогенез регистрировали с проверкой мазков под микроскопом. К размножающимся относили беременных и родивших самок, самцов с массой семенника более 50 мг с развитыми придатками и выраженным сперматогенезом. Самцов со спавшимися придатками и семенниками также относили к участвовавшим в размножении. Возраст зверьков определяли по стадии формирования корня второго верхнего коренного зуба. Использовали предложенную Г.В. Оленевым (1989) шкалу классов, основанную на закономерных изменениях рисунка торцевой поверхности M^2 , скрытой в альвеоле челюсти, и индекса корня (отношение длины корня к длине зуба).

Препараты метафазных хромосом готовили из костного мозга грызунов, окрашивали азур-эозином, и анализировали, как правило, по 25–100 клеток для каждого животного (в редких случаях до 250), учитывая структурные aberrации хромосом, частоту анеуплоидных и полиплоидных клеток. При статистической обработке был использован пакет программ «Statistica».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние половой принадлежности на уровень хромосомных нарушений в соматических клетках не всегда однозначно. Некоторые авторы отмечали у

лабораторных грызунов половые различия по уровням цитогенетических нарушений (Mavouhine et al., 1990), однако в большинстве случаев у диких и синантропных грызунов значимые различия между самцами и самками отсутствуют (Гилева, 1997).

В данном случае отсутствие половых различий было подтверждено с помощью критерия χ^2 . Его значения вычисляли отдельно для выборок, соответствующих разным сочетаниям градаций изученных факторов (пол, возраст, репродуктивный статус), и затем суммировали, причем рассматривали в основном те выборки, где ожидаемые значения были не меньше 4 (Глотов и др., 1982). Между самцами и самками не наблюдалось значимых различий ни в одном из попарных сравнений ($\chi^2 = 0.00-1.78$; $df=1$; $p=0.182-1.000$), а также при суммировании значений χ^2 для каждого из цитогенетических показателей ($\chi^2 = 2.08-4.20$; $df=4-12$; $p=0.721-0.979$), что позволило объединить данные по самцам и самкам для дальнейшего анализа.

Влияние возраста на уровни хромосомной нестабильности было оценено у размножавшихся полевых с помощью трехфакторного лог-линейного анализа с факторами «год», «возраст» и «частота клеток с хромосомными нарушениями» на объединенном по самцам и самкам материале. В случае хромосомных aberrаций сравнивались перезимовавшие и сеголетки за 1999–2003 и 2005–2006 гг. (в 2004 г. размножающиеся сеголетки не были пойманы), а в случае анеу- и полиплоидии были взяты выборки только за 1999–2003 гг., так как в 2005 и 2006 гг. ожидаемые частоты анеу- и полиплоидных клеток были низки. Неразмножавшиеся животные не рассматривались, поскольку они были представлены только одной возрастной группой — сеголетками. Оба показателя хромосомной нестабильности не обнаруживали значимой связи с возрастом: значения χ^2 составляли 2.70 для структурных aberrаций ($df=1$; $p=0.102$) и 2.24 — для числовых нарушений ($df=1$; $p=0.136$). Годовые различия оказались значимы только для уровня хромосомных aberrаций ($df=6$; $p=0.0049$).

Таким образом, у рыжей полевки не обнаружено значимого повышения частоты хромосомных нарушений по мере старения, которое описано рядом исследователей у млекопитающих, преимущественно у человека и лабораторных грызунов (Lezhava, 2001). Эффект старения, как правило, чаще обнаруживается лишь в позднесенильном возрасте (Ракитин, 2002). Среди исследованных нами перезимовавших рыжих полевых преобладали особи, не достигшие годовалого возраста, поэтому эффект старения у них не был выражен достаточно сильно.

В таблице 1 приведены оценки частот хромосомных нарушений, объединенные по полу и возрастной принадлежности животных. На данном материале был проведен лог-линейный анализ с факторами «год отлова», «репродуктивный статус» и «частота клеток с хромосомными нарушениями». Вид-

Таблица 1. Объединенные по полу и возрасту частоты хромосомных нарушений у рыжих полевок

Год отлова	Число клеток *	Средняя частота клеток, %			
		с aberrациями хромосом		анеу- и полиплоидных	
		размножающиеся	неразмножающиеся	размножающиеся	неразмножающиеся
1999	850/1 375	1.29	0.36	1.76	0.87
2000	1 425/600	1.61	0.83	1.05	0.50
2001	750/1 525	2.93	2.30	1.07	1.11
2002	800/550	2.88	2.18	1.25	0.18
2003	875/625	3.31	2.24	0.91	0.64
2004	900/1 200	1.33	0.83	0.56	0.67
2005	1 000/200	1.30	2.00	0.10	1.00
2006	900/950	1.67	1.37	0.33	0.53

Примечание: * – в числителе даны объемы выборок для размножавшихся животных, в знаменателе – для неразмножавшихся.

но, что за все годы наблюдений частоты клеток с хромосомными aberrациями у размножающихся полевок были выше в 1.3–4 раза (за исключением 2005 г., когда было поймано всего два неразмножающихся сеголетка), чем у не участвующих в размножении (эти различия оказались значимы, $df=1$; $p=0.008$). Сходная тенденция наблюдается и для частот анеуплоидии и полиплоидии, но ее значимость не достигает 5%-го уровня, хотя и близка к нему ($p=0.099$). Следует отметить, что рост хромосомной нестабильности в период размножения наблюдался как у самцов, так и у самок. Одной из причин этого роста может быть подъем гормональной активности, связанный с периодом репродукции. Известно, что эстрогены вызывают структурные и числовые мутации хромосом (Liehr, 2000). Кроме того, половые стероидные гормоны (в частности, тестостерон и прогестерон) действуют как иммуносупрессоры (Лохмиллер, Мошкин, 1999). Угнетение иммунной системы, участвующей в поддержании генетического гомеостаза организма, может приводить к росту геномной нестабильности.

В таблице 2 представлено соотношение aberrаций разного типа и число клеток с множественными нарушениями хромосом, обнаруженных у рыжих полевок в ходе исследования. Видно, что во все годы (за исключением 1999-го) в значительной степени преобладали aberrации хроматидного типа. Наблюдаемая картина характерна для спонтанного мутагенеза (Smith, 1992) и свидетельствует о том, что исследуемая популяция не подвергается заметно му воздействию мутагенов антропогенного происхождения. Невысокое число

Таблица 2. Общее количество (доля) хромосомных нарушений разного типа и число клеток с множественными нарушениями хромосом у рыжих полевок

Год отлова	Число кариотипированных животных	Число проанализированных клеток	Число aberrаций		Число клеток с множественными нарушениями хромосом
			хроматидного типа	хромосомного типа	
1999	69	2225	8 (50%)	8 (50%)	0
2000	60	2025	27 (93%)	2 (7%)	0
2001	81	2275	49 (77%)	15 (23%)	3
2002	39	1350	39 (89%)	5 (11%)	0
2003	33	1500	40 (89%)	5 (11%)	2
2004	62	2100	20 (91%)	2 (9%)	0
2005	14	1200	15 (88%)	2 (12%)	0
2006	28	1850	26 (87%)	4 (13%)	4
$\chi^2=20.7, df=7, p=0.004$					
$\chi^2=7.1, df=6, p=0.312^*$					

Примечание: * – значение без учета 1999 г.

клеток с множественными нарушениями хромосом, наблюдаемых год от года, также подтверждает этот факт. Межгодовые различия по соотношению aberrаций хроматидного и хромосомного типов отсутствуют при исключении из анализа данных за 1999 г. Равное число aberrаций разного типа в 1999 г., возможно, связано с небольшим общим количеством обнаруженных aberrаций хромосом.

Межгодовые различия по частотам хромосомных aberrаций были высоко значимыми в отличие от числовых мутаций. Погодовая динамика цитогенетических параметров на материале, объединенном по полу, возрасту и репродуктивному статусу животных, представлена в таблице 3. Для анализа связи мутационного процесса, оцененного по частоте клеток костного мозга с хромосомными aberrациями, с популяционной цикликой была использована обобщенная линейная модель (GLZ, Quinn, Keough, 2003). Частоту хромосомных aberrаций сопоставляли с фазовым статусом популяции, при оценке которого учитывали не только численность, но и ее демографическую структуру.

Другими словами, фазы цикла (депрессия → рост → пик → депрессия) выделяли на основании как плотности населения, так и соотношения половозрелых (перезимовавших + сеголеток) и неполовозрелых (сеголеток) особей в популяции (Кшнясев, Давыдова, 2005). Поскольку частота спонтанных хромосомных мутаций низка, для статистического анализа животные были разделены на два класса: 1) имеющие клетки костного мозга с хромосомными aberrациями, 2) не имеющие таких клеток. При анализе в модель в качестве пре-

Таблица 3. Частота хромосомных нарушений в костном мозге и оценки численности у рыжих полевок в 1999–2006 гг.

Год отлова	Число клеток	Фаза цикла	Локальная относительная численность, ос./100 л.-с.	Средняя частота клеток, %	
				с абберациями хромосом	анеу- и полиплоидных
1999	2 225	пик	54.0	0.72	1.21
2000	2 025	депрессия	12.6	1.38	0.89
2001	2 275	пик	37.2	2.51	1.10
2002	1 350	депрессия	6.8	2.59	0.81
2003	1 500	рост	17.5	2.87	0.80
2004	2 100	пик	69.0	1.05	0.62
2005	1 200	депрессия	2.5	1.42	0.25
2006	1 850	рост	9.2	1.51	0.43

дикторов были включены «фаза популяционного цикла» и «репродуктивный статус». Оба фактора ($\chi^2=15.65$; $df=2$; $p=4 \times 10^{-4}$ и $\chi^2=19.79$; $df=1$; $p=9 \times 10^{-6}$ соответственно) и их взаимодействие ($\chi^2=12.59$; $df=2$; $p=2 \times 10^{-4}$) оказались значимыми. Как видно из рисунка, значимость взаимодействия связана с тем, что в ходе популяционного цикла динамика частоты хромосомных аббераций была различна у полевок, отличающихся по репродуктивному статусу. У половозрелых животных она резко повышалась при выходе из депрессии, то есть в фазе роста, опускаясь затем также резко на пике численности, а у неполовозрелых наблюдалось ее плавное снижение по мере увеличения популяционной плотности от депрессии к пику.

Таким образом, на основании восьмилетних наблюдений за динамикой мутационного процесса в циклической популяции рыжей полевки, не подвергающейся заметному антропогенному стрессу, можно сделать следующие выводы: 1) Частоты структурных хромосомных аббераций и анеу- и

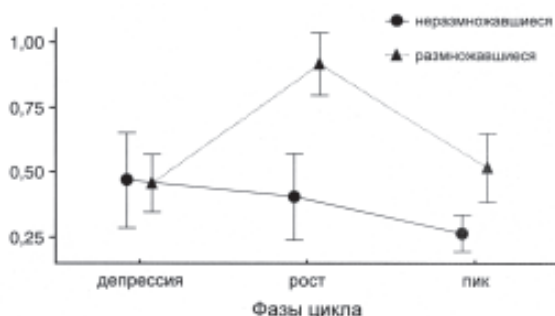


Рисунок. Средняя доля полевок разного репродуктивного статуса с хромосомными абберациями в клетках костного мозга (и ее 95% доверительные интервалы) в зависимости от фазы популяционного цикла.

полиплоидии у самцов и самок значимо не различаются. 2) Уровни хромосомной нестабильности в природной популяции рыжей полевки не связаны статистически достоверно с возрастом, по крайней мере у животных, участвующих в размножении. 3) Основной вклад в изменчивость скоростей мутационного процесса в циклической популяции рыжей полевки вносят половозрелые животные (как перезимовавшие, так и прибылые). 4) Наблюдаемые типы хромосомных нарушений и их соотношение свидетельствует о спонтанном характере мутационного процесса, протекающего в изученной популяции рыжей полевки. 5) В течение восьми лет в циклической популяции рыжей полевки наблюдались высокосignимые межгодовые различия уровней хромосомной нестабильности. Выявлена устойчивая связь динамики мутационного процесса со сменой фаз популяционного цикла и одним из демографических параметров — долей половозрелых особей в популяции.

Автор искренне признателен за всестороннюю и постоянную поддержку д.б.н., профессору Э.А. Гилевой, к.б.н. М.И. Чепракову за помощь в отлове грызунов и к.б.н. И.А. Кшнясеву за содействие в анализе данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проект № 05–04–48373), РФФИ–Урал (№ 07–04–96124) и программы развития ведущих научных школ (НШ-5286.2006.4).

ЛИТЕРАТУРА

- Гилева Э.А. Эколого-генетический мониторинг с помощью грызунов (уральский опыт). Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 1997. 105 с.
- Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. Биометрия. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 264 с.
- Кшнясев И.А., Давыдова Ю.А. Динамика плотности и структуры популяций лесных полевок в южной тайге // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. С. 113–123.
- Лохмиллер Р.Л., Мошкин М.П. Экологические факторы и адаптивная значимость изменчивости иммунитета мелких млекопитающих // Сибирский экологический журнал. 1999. № 1. С. 37–58.
- Оленев Г.В. Функциональная детерминированность онтогенетических изменений возрастных маркеров грызунов и их практическое использование в популяционных исследованиях // Экология. 1989. № 2. С. 19–31.
- Ракитин С.Б. Возраст и частота хромосомных мутаций у полевок Среднего Урала // Биота горных территорий: Мат-лы конф. молодых ученых. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2002. С. 170–176.
- Dmitriev S.G., Zakharov V.M., Sheftel B.I. Cytogenetic homeostasis and population density in red-backed voles *Clethrionomys glareolus* and *C. rutilus* in central Siberia // Acta Theriologica. 1997. Suppl. 4. P. 49–55.

- Lezhava T. Chromosome and aging: genetic conception of aging // Biogerontology. 2001. № 2. P. 253–260.
- Liehr J.G. Is estradiol a genotoxic mutagenic carcinogen? // Endocrine Rev. 2000. Vol. 21. № 1. P. 40–54.
- Mavournin K.H., Blakey D.H., Cimino M.C. et al. The in vivo micronucleus assay in mammalian bone marrow and peripheral blood. A report of the U.S. Environmental Protection Agency Gene-Tox Program // Mutat. Res. 1990. Vol. 239. P. 29–80.
- Smith K.C. Spontaneous mutagenesis: experimental, genetic and other factors // Mutat. Res. 1992. Vol. 277. P. 139–162.
- Quinn G.P., Keough M.J. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2003. 537 p.

ЦЕНОПОПУЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЩУЧКИ ДЕРНИСТОЙ И БЕСКИЛЬНИЦЫ ГАУПТА — ХАРАКТЕРНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СУКЦЕССИОННЫХ СТАДИЙ

Е.А. Раков

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.) и бескильница Гаупта (*Puccinellia hauptiana* V. Krecz.) являются пионерами зарастания золоотвалов теплоэлектростанций Урала. Щучка дернистая — многолетний, поликарпический, плотнодерновинный гигромезофит с внутривлагалищным типом возобновления. Бескильница — многолетний, рыхлодерновинный галофит, который первым заселяет зольные субстраты. Изучено состояние ценопопуляций этих видов на отвалах Нижнетуринской и Верхнетагильской ГРЭС (НПГРЭС и ВПГРЭС). Оба отвала расположены в таёжной зоне, подзоне южной тайги.

Возрастные спектры щучки на двух отвалах представляют собой одновершинные распределения с максимумом в области старых генеративных особей (на ВПГРЭС) и в области молодых генеративных особей (на НПГРЭС). На отвале ВПГРЭС длина генеративных побегов изменяется от 17 до 105 см (при коэффициенте вариации (C_v)=0.07–0.18), длина метёлки — от 3.5 до 24 см (C_v =0.13–0.39). На отвале НПГРЭС длина побегов щучки меняется от 25 до 118 см (C_v =0.02–0.22), а длина метёлки — от 5.8 до 26 см (C_v =0.03–0.30).

Ценопопуляция бескильницы изучалась только на отвале НПГРЭС. Её возрастной спектр представляет собой одновершинное распределение с максимумом в области средневозрастных генеративных побегов — это характеризует популяцию как зрелую. Высота генеративных особей изменяется от 7 до 25 см

(при $C_v=0.07-0.18$); длина метёлки находится в пределах от 2.1 до 8.9 см ($C_v=0.09-0.33$). Доля генеративных особей (на 1 м²) щучки на отвале ВТГРЭС — 12%; на отвале НТГРЭС — 28%; а у бескильницы на отвале НТГРЭС — 30%. Все три популяции характеризуются как нормальные, неполноценные.

СОДЕРЖАНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 БЕНТОСНЫМИ ОРГАНИЗМАМИ В РАЙОНАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В КАРСКОМ МОРЕ

А.В. Рогачева, В.В. Кобылянский

ФГУП МКБ «Электрон», г. Москва

Концентрация ¹³⁷Cs — традиционная характеристика радиоактивного загрязнения водных и наземных экосистем. Этот элемент образуется с большим выходом при распаде тяжелых ядер, имеет большой период полураспада, хорошо накапливается морскими осадками и живыми организмами, а его содержание относительно легко определяется в лабораторных условиях. Бентосные организмы являются наиболее приоритетным компонентом биологического мониторинга морской среды, так как характеризуются стабильностью, отражают локальную ситуацию и позволяют наблюдать изменения в ретроспективе.

Проблема радиоактивного загрязнения Арктики до сих пор актуальна в связи с изучением влияния дампинга и ядерных испытаний на окружающую среду. В период с 1965 по 1988 гг. в пяти районах восточного побережья Архипелага Новая Земля проводились захоронения твердых радиоактивных отходов. Более 90% всех отходов по суммарной активности находятся в заливах Абросимова, Степового и Цивольки (Сивинцев и др., 2005). В экспедициях МЧС 2005–2006 гг. были получены новые данные о радиоактивности бентоса заливов Абросимова, Степового, Цивольки и прилегающих к ним районов Карского моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал был собран в 2005–2006 гг. в 73-м и 81-м рейсах НИС «Профессор Штокман». Отбор проб производился в трех заливах восточного побережья архипелага Новая Земля: заливах Абросимова, Степового и Цивольки (табл. 1). Пробы отбирались вблизи подводных потенциально опасных объектов (ППОО) и на удалении — для определения фоновых концентраций радионуклидов (на выходе или за пределами залива). Был сделан ряд фоновых станций в Новоземельском желобе и в проливе Маточкин Шар. Для отбора проб использовался малый трал шириной рамы 1.5 м. Пробы промывались через металлическое сито с ячейей 0.5Ч0.5 мм. Бентос фиксировали 96%-м спиртом или 4%-м формальдегидом, затем идентифи-

цировали и подвергали сушке при температуре 110°C. Измерение концентраций ^{137}Cs в пробах бентоса выполнено с использованием полупроводникового германиевого детектора GEM-30185-P-PLUS фирмы ORTEC объемом 157 см³. Энергетическое разрешение детектора 1.73 кэВ для энергии 1332 кэВ; отношение «пик/комpton» 67.5; относительная эффективность 30%. Детектор находится в низкофоновой защите; фоновая скорость счёта в фотопике ^{137}Cs (661.7 кэВ) — 0.2Ч10–3 сек⁻¹.

Таблица 1. Данные о станциях, на которых были собраны пробы бентоса

№ рейса	№ станции	Дата сбора	Глубина, м	Расположение относительно ППОО	Примечание
Залив Абросимова 71°56' с.ш., 55°24' в.д.					
3	72	22.09.2005	33.5	фоновый	
73	78	23.09.2005	14.6	импактный	
73	94	24.09.2005	14.7	импактный	
81	1	01.09.2006	10.6	импактный	
81	2	03.09.2006	10.5	импактный	
81	3	04.09.2006	11.9	импактный	
81	4	05.09.2006	15.9	фоновый	
81	AbrN 2L	01.09.2006	20.0	импактный	<i>Laminaria</i> из контейнера с отходами
Залив Степового 72°33' с.ш., 55°28' в.д.					
73	47	20.09.2005	36.1	импактный	
73	68	21.09.2005	41.4	фоновый	
81	5	08.09.2006	37.9	импактный	
81	6	09.09.2006	92.5	импактный	
81	7	10.09.2006	35.4	импактный	
81	St.L	07.09.2006	5.0	фоновый	<i>Laminaria</i>
Залив Цивольки 74°25' с.ш., 58°42' в.д.					
73	21	16.09.2005	26.1	импактный	
73	37	17.09.2005	72.0	импактный	Измерений цезия не проводилось
81	9	15.09.2006	81.5	импактный	
Новоземельская впадина 72°00' с.ш., 57°00' в.д.					
73	98	25.09.2005	374	фоновый	
73	99	25.09.2005	345	фоновый	
81	10	16.09.2006	197	фоновый	
Пролив Маточкин Шар у выхода в Карское море 73°12' с.ш., 56°39' в.д.					
81	8	11.09.2006	124	фоновый	

Таксономический состав макробентоса, встречающегося в исследуемом районе. Карское море считается одним из наиболее изученных в Арктике в фаунистическом и экологическом аспектах (Филатова, Зенкевич, 1957; Зенкевич, 1963; Антипова, Семенов, 1989а, б; Семенов, 1989; Галкин, 1998;

Kulakov et al., 2006 и др.). В настоящее время фауна донных беспозвоночных Карского моря насчитывает порядка 1580 видов. Так как в ходе работы отбирались только качественные пробы бентоса, для описания сообществ в исследуемых районах мы использовали данные отчета 31 рейса НИС «Мстислав Келдыш», в котором осуществлялся количественный учет донной фауны заливов Абросимова и Степового, а также данные подводной видеосъемки, проводимой в 83 рейсе НИС «Профессор Штокман». В исследуемых районах наблюдалось сообщество с доминированием двустворчатых моллюсков *Astarte borealis* (залив Абросимова); сообщество двустворчатых моллюсков *Bathyarca glacialis* (залив Степового); сообщество офиур *Ophiopleura borealis* (залив Цивольки, в исследуемом районе Маточкиного Шара и Новоземельской впадины); сообщество двустворчатых моллюсков *Yoldiella* и голотурий *Elpidia glacialis* (в Новоземельской впадине). Ниже приведены описания траловых уловов и основных доминирующих в них таксонов.

Залив Абросимова. В траловых уловах доминировал фитобентос, представленный *Laminaria saccharina* и зелеными нитчатыми водорослями. Реже встречались *Laminaria digitata*, *Fucus inflatus* и красные водоросли. Доминирующие группы зообентоса — двустворчатые моллюски *Astarte borealis*, *Clinocardium ciliatum*, офиуры *Ophiocten sericeum* и *Stegophiura nodosa*, полихеты семейства Sabellidae, голотурии *Myriotrochus rinkii*.

Залив Степового. Преобладали двустворка *Bathyarca glacialis* и офиуры *Ophiocten sericeum* и *Ophiacantha bidentata*. Также обычными являлись морская звезда *Urasterias lincki*, изопода *Saduria sabini*, цериантария *Cerianthus lloydii*, асцидия *Pterygascidia* sp., голотурии *Myriotrochus rinkii*, полихета *Nothria conchilega*, морское блюдечко *Lepeta coeca*.

Залив Цивольки. Основные компоненты сообществ: морские звезды *Urasterias lincki*, *Icasterias panopla*, *Ctenodiscus crispatus*, *Pontaster tenuispinus*, *Poraniomorpha tumida*, *Crossaster papposus*, офиуры *Ophiopleura borealis*, *Ophiocten sericeum* и *Ophiacantha bidentata*, двустворки *Astarte crenata* и *Musculus laevigatus*, мшанки (особенно многочисленны были *Alcyonidium disciforme* и *A. gelatinosum*), изоподы *Saduria sabini* и отдельные экземпляры *S. entomon*, полихеты, морские пауки, морские лилии *Heliopecten glacialis*.

Пролив Маточкин Шар. Доминировали иглокожие: морские звезды *Ctenodiscus crispatus* и *Pontaster tenuispinus*, офиуры *Ophiopleura borealis*, *Ophiocten sericeum*, *Ophiacantha bidentata*, двустворка *Bathyarca glacialis*, полихеты, изопода *Saduria sabini*.

Новоземельский желоб. Новоземельский желоб расположен вдоль всей восточной части архипелага. Это самый обширный глубоководный район Карского моря с глубинами до 600 м. На склоне доминировали иглокожие: голотурии *Molpadia borealis* ssp. *arctica* и офиуры *Ophiopleura borealis*. На

ложе желоба преобладали *Ophiopleura borealis*, двустворка *Yoldiella intermedia* и голотурия *Elpidia glacialis*.

Радиационное состояние исследуемых заливов. В заливах Абросимова, Степового и Цивольки были отобраны пробы воды и грунта с целью измерения содержания радионуклидов. Наибольшие концентрации цезия обнаружены в заливах Абросимова и Степового. В поверхностных слоях осадка было зарегистрировано цезия ^{137}Cs до 500 Бк/кг сухого грунта; ближе к выходу из залива до 8–10 Бк/кг. Пик концентрации цезия приходится на слои 10–12 см в заливе Абросимова и 4–6 см в заливе Степового и составляет до 1500 и 100 Бк/кг соответственно. Средние концентрации цезия в морской воде в этих заливах сходны и в среднем составляют 3.2 Бк/м³. В поверхностных слоях осадка и морской воде залива Цивольки содержалось 5–10 Бк/кг и 1.86 Бк/м³ соответственно, что согласуется с фоновым значениями для арктических морей. В Маточкином Шаре и Новоземельском желобе исследования воды и грунта практически не проводилось.

Содержание ^{137}Cs в бентосных организмах. На сегодняшний момент накоплены обширные данные по радиоактивности порядка 60 таксонов бентоса Баренцева, Печорского, Белого и Карского морей (Матишов, Матишов, 2001). Показано, что примерно в 300 пробах бентоса шельфа полярных морей, собранных в 1991–1999 гг., концентрации ^{137}Cs были низкими, причем в 160 пробах — ниже точности определения (0.1 Бк/кг сырой массы). Наиболее высокие концентрации были зафиксированы для сипункулиды *Golfingia* в Баренцевом море и голотурии *Myriotrochus rinkii* в Карском море (до 6.2 и 9.5 Бк/кг сырой массы соответственно).

Мы определили концентрацию ^{137}Cs в таксонах, доминирующих в траловых уловах (табл. 2). Наибольшие концентрации ^{137}Cs отмечены для голотурии *Myriotrochus rinkii*, офиур *Ophiocten* и *Stegophiura* в заливе Абросимова и для равноногих ракообразных *Saduria sabini* из залива Степового. Значительные концентрации цезия отмечены для моллюсков из семейства Astartidae (*Astarte borealis*, *A. elliptica*) и бурой водоросли *Laminaria*.

Различия в концентрации радионуклидов у разных видов бентоса в пределах залива и даже одной станции связаны с различными способами питания. Наибольшие концентрации ^{137}Cs у голотурий и офиур, возможно, объясняются их питанием детритом в толще грунта или на его поверхности, а донные осадки обладают наибольшими показателями коэффициента накопления. Ракообразные *Saduria* — хищники и падальщики. Возможно, сравнительно высокая концентрация цезия связана с питанием детритофагами — полихетами и амфиподами. У *Clinocardium ciliatum* и *Astarte borealis* измерены концентрации цезия отдельно в створках и в мягком теле. Хотя по сухой массе концентрация цезия в мягком теле почти вдвое превышает таковую в створках, по

Таблица 2. Максимальная концентрация ^{137}Cs в пробах бентоса
2005–2006 гг., Бк/кг сырой массы

Бентосные организмы	Залив Аброси- мова	Залив Степового	Залив Цивольки	Пролив Маточкин Шар	Новозе- мельский желоб
Phaeophyta, Бурые водоросли					
<i>Laminaria saccharina</i> (L.) Lamouroux, 1813	1.21±0.17	1.77±0.28	-	-	-
<i>Fucus inflatus</i> L., 1753	0.4±0.088	-	-	-	-
Crustacea Isopoda, Равноногие ракообразные (изоподы)					
<i>Saduria sabini</i> (Krøyer, 1849)	-	2.37±0.36	-	-	0.17±0.07
<i>Saduria sabini</i> , <i>Saduria entomon</i> (L., 1758)	-	-	0.18±0.07	-	-
Bivalvia, Двустворчатые моллюски					
<i>Nuculana permul</i> a (Müller, 1779), <i>Leionucula tenuis</i> (Montagu, 1808)	-	0.67±0.23	-	-	<0.08
<i>Bathyarca glacialis</i> (Gray, 1824)	-	0.96±0.16	0.09±0.07 5	-	-
<i>Astarte borealis</i> (Schumacher, 1817)	1.1±0.18	1.19±0.25	-	-	-
<i>Astarte crenata</i> (Gray, 1824)	-	-	0.19±0.05	-	-
<i>Astarte elliptica</i> (Brown, 1827)	0.96±0.28	1.19±0.25	0.48±0.09	0.32±0.12	-
<i>Clinocardium ciliatum</i> (Fabricius, 1780)	0.52±0.12	-	-	-	-
<i>Serripes groenlandicus</i> (Bruguere, 1789)	0.490±0.2	-	-	-	-
Echinodermata, Иглокожие					
<i>Molpadia borealis</i> ssp. <i>arctica</i> M. Sars, 1859	-	-	-	-	0.56±0.07
<i>Myriotrochus rinkii</i> Steenstrup, 1851	3.19±0.51	-	-	-	-
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i> (Mueller O.F., 1776)	-	1.05±0.33	-	-	-
<i>Ctenodiscus crispatus</i> (Retzius, 1805)	-	-	0.16±0.07	-	-
<i>Urasterias linkii</i> (J. Mueller et Troschel, 1842)	-	0.66±0.12	0.15±0.07	-	-
<i>Ophiocten sericeum</i> (Forbes, 1852), <i>Stegophiura nodosa</i> (Luetken, 1854)	2.96±0.41	-	-	-	-
<i>Ophiocten sericeum</i> , <i>Ophiacantha bidentata</i> (Retzius, 1805)	-	0.91±0.12	<0.07	-	-
<i>Ophiopleura borealis</i> Danielssen et Koren, 1877	-	-	0.11±0.07	<0.08	0.11±0.06

сырой массе концентрация в створках для *Clinocardium ciliatum* равна таковой в мягком теле (0.47 Бк/кг), а для *Astarte borealis* почти вдвое больше концентрации в мягком теле (1.21 и 0.69 Бк/кг соответственно).

Мы сравнили содержание ^{137}Cs у массовых видов, встречающихся на четырех и более станциях (рис. 1). Разные группы бентоса по-разному накапливают цезий. Так, значительные различия в концентрации цезия на станциях вблизи ППОО и фоновых обнаружены лишь у ламинарий и изопод (рис. 1: 5, 6). Этот факт, а также массовость этих видов в исследуемых районах позволяют считать их наилучшими индикаторами загрязнения цезием.

Диапазоны концентраций цезия в бентосе в центре залива Абросимова (ст. 1, 2, 3) и в отдалении от них (ст. 4 и 72) заметно отличаются (рис. 2). Наибольшие концентрации ^{137}Cs наблюдаются на станциях 2 и 3, наиболее

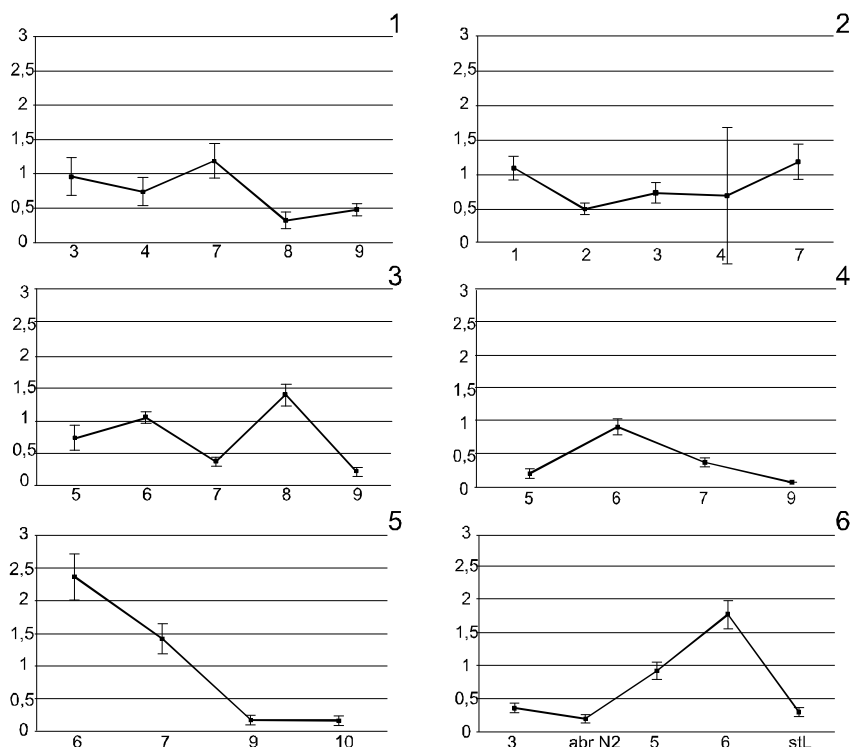


Рис. 1. Концентрация ^{137}Cs в отдельных видах бентоса на различных станциях. По вертикальной оси обозначена концентрация ^{137}Cs , Бк/кг сырой массы; по горизонтальной — номер станции.

близких к ПШОО, а наименьшие на фоновых станциях. Анализ аналогичных данных для залива Степового показывает лишь явный пик на ст. 6, остальные станции, включая фоновые, сходны (рис. 3). Возможно, это связано с более интенсивным распределением цезия с водными массами по акватории залива в силу особенностей рельефа и гидрологии. Величины концентрации ^{137}Cs в бентосе остальных исследуемых районов соответствуют фоновым значениям для открытой части Карского моря (рис. 4).

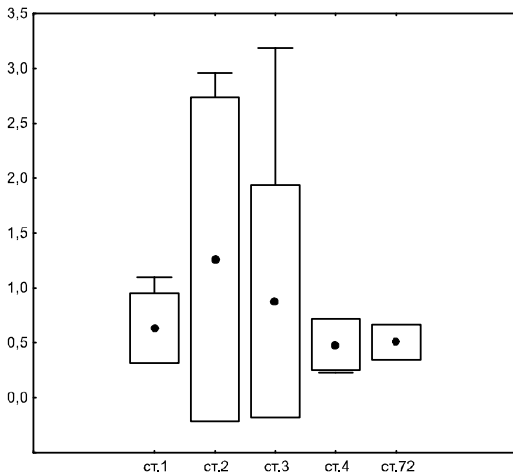


Рис. 2. Диапазон значений концентрации ^{137}Cs в бентосных организмах на исследуемых станциях в заливе Абросимова.

По вертикальной оси обозначена концентрация ^{137}Cs , Бк/кг сухой массы; по горизонтальной — номер станции.

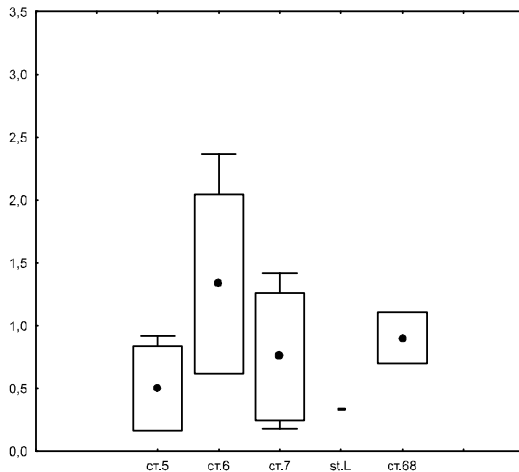


Рис. 3. Диапазон значений концентрации ^{137}Cs в бентосных организмах на исследуемых станциях в заливе Степового.

● Выборочное среднее
 □ +/- стандартное отклонение
 — минимальное и максимальное значения

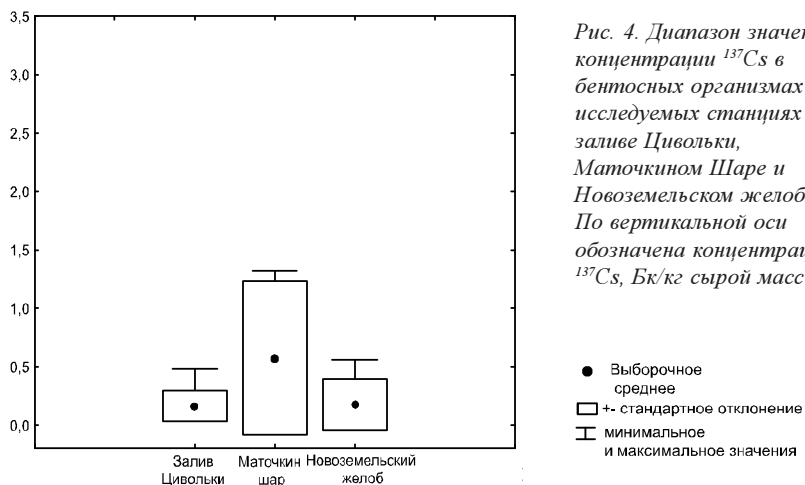


Рис. 4. Диапазон значений концентрации ^{137}Cs в бентосных организмах на исследуемых станциях в заливе Цивольки, Маточкином Шаре и Новоземельском желобе. По вертикальной оси обозначена концентрация ^{137}Cs , Бк/кг сухой массы.

Накопление ^{137}Cs бентосными организмами. Под коэффициентом накопления (KH) радионуклида гидробионтами подразумевают отношение концентрации радионуклида в единице сырой массы гидробионта к его содержанию в единице объема воды (например, Salbu et al., 1997). Эта величина отражает интенсивность поглощения радионуклидов живыми организмами. Мы рассчитали KH для массовых видов заливов Абросимова, Степового и Цивольки (табл. 3). Традиционно для расчета KH используются усредненные данные по концентрации цезия в морской воде. Помимо этого мы определили KH по концентрации цезия только в придонном слое воды, которая рассчитывали из концентрации цезия в грунте с использованием коэффициентов перехода цезия осадок-вода для прибрежной океанической зоны (Sediment..., 2004).

Наибольшими KH характеризовались *Myriotrochus rinkii*, *Laminaria saccharina* и *Saduria sabini*. Коэффициенты, рассчитанные для всей толщ воды и для придонного слоя, для отдельных видов различаются в два и более раза. Это связано с большим содержанием цезия в осадке и, следовательно, придонном слое воды. Мы считаем, что KH , рассчитанные по придонному слою воды, более точно характеризует накопление цезия бентосными организмами.

Сравнивая данные по радиоактивности бентоса заливов Абросимова и Степового 1992–1994 гг. (Salbu et al., 1997), можно заключить, что концентрация цезия в бентосных организмах уменьшилась: в *Fucus inflatus* в 7–7.5 раз, а в *Laminaria saccharina* — примерно в 2 раза. К сожалению, провести детальное сравнение не представляется возможным, так как подробных радиологических исследований бентоса в этих районах ранее не проводилось. В целом,

Таблица 3. Значения коэффициентов накопления для видов бентоса, доминирующих в траловых пробах

Вид	КН, рассчитанные по всей толще воды	КН, рассчитанные по придонному слою воды
<i>Laminaria saccharina</i>	424.97	245.8
<i>Fucus inflatus</i>	128.17	45.5
<i>Saduria sabini</i>	598.74	329.2
<i>Nuculana permla, Leionucula tenuis</i>	211.7	93.1
<i>Batharca glacialis</i>	193.68	133.3
<i>Astarte borealis</i>	375.99	165.3
<i>Clinocardium ciliatum</i>	115.26	59.1
<i>Serripes groenlandicus</i>	152.65	55.7
<i>Myriotrochus rinkii</i>	993.77	362.5
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	331.75	36.1
<i>Urasterias linkii</i>	132.70	91.7
<i>Ophiocten sericeum, Stegophiura nodosa</i>	372.90	336.0
<i>O. sericeum, Ophiacantha bidentata</i>	155.77	126.40

хотя в заливах Абрисимова и Степового обнаружены повышенные концентрации цезия в бентосе, они не представляются исключительными. Наши данные заметно ниже известных для Северной Атлантики и Балтики (Матишов, Матишов, 2001). Тем не менее, неполнота знаний о влиянии малых доз радиации на живые организмы не позволяет пренебрегать полученными значениями, а присутствие в исследуемых районах потенциально опасных объектов требует регулярного проведения мониторинга окружающей среды.

Авторы искренне благодарны всем, кто оказал помощь в трудоемком процессе сбора и обработки траловых проб: Ю. Полуниной, Д. Гришину, Р. Алиеву, И. Куликову, А. Григорьеву и палубной команде НИС «Профессор Штокман». Отдельная благодарность Л.И. Москалеву за предоставление материалов 31 рейса НИС «Мстислав Келдыш» и М.М. Доманову за помощь в обработке проб.

ЛИТЕРАТУРА

- Антипова Т.В., Семенов В.Н. Состав и распределение бентоса юго-западных районов типично морских вод Карского моря. Экология и биоресурсы Карского моря. Апатиты: Кольский научный центр АН СССР, 1989а. С. 127–137.
- Антипова Т.В., Семенов В.Н. Биоценозы бентоса юго-западных районов Карского моря. Экология и биоресурсы Карского моря. Апатиты: Кольский научный центр АН СССР, 1989б. С. 138–150.
- Галкин С.В. Исследование макробентоса Карского моря в 49-м рейсе НИС «Дмитрий Менделеев» // Бентос высокоширотных районов. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. С. 34–41.

- Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.: Изд. АН СССР, 1963. 739 с.
- Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 2001. 417 с.
- Семенов В.Н. Бентос Карского моря. Общие сведения о составе и формировании донной фауны и флоры. Экология и биоресурсы Карского моря. Апатиты: Кольский научный центр АН СССР, 1989. С. 120–127.
- Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П. и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в арктические и дальневосточные моря («Белая книга-2000»). М.: ИздАТ, 2005. 624 с.
- Филатова З.А., Зенкевич Л.А. Количественное распределение донной фауны Карского моря. Труды ВГО АН СССР, 1957. Т. 8. С. 3–67.
- Kulakov, M., V. Pogrebov, S. Timofeyev et al. Ecosystem of the Barents and Kara Seas / The Sea, 14. Eds. A.R. Robinson and K.H. Brink, 2006. P. 1135–1172.
- Salbu B., Nikitin A.I., Strand P. et al. Radioactive contamination from dumped nuclear waste in the Kara Sea — results from the joint Russian-Norwegian expeditions in 1992–1994 // The Science of the Total Environment. 1997. Vol. 202. № 1. P. 185–198.
- Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2004. 95 p.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ФАУНЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ШИШИМ II НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Т.А. Рупышева

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Изучены ископаемые остатки из рыхлых отложений пещерного местонахождения Шишим II (57°02' с.ш., 59°38' в. д.). Общая мощность отложений – 65 см. Из 13 горизонтов извлечено 41 943 ископаемых остатков животных (рис. 1–3). Среди остатков млекопитающих во всех горизонтах преобладают грызуны (от 95 до 99%), в незначительном количестве присутствуют остатки землероек. В верхних горизонтах (0–3) в малом количестве были обнаружены рукокрылые; в горизонтах 3, 7 и 8 присутствуют остатки мелких хищных. По видовому составу фауны из всех горизонтов относятся к смешанным (перигляциальным, дисгармоничным) широко распространенным в Северной Евразии на протяжении ледниковых эпох (Смирнов и др., 1986; Смирнов, 1993).

От нижнего горизонта к верхнему резко уменьшается количество остатков *Dicrostonyx* sp. и *L. lagurus* и возрастает доля остатков *A. terrestris*. Уве-

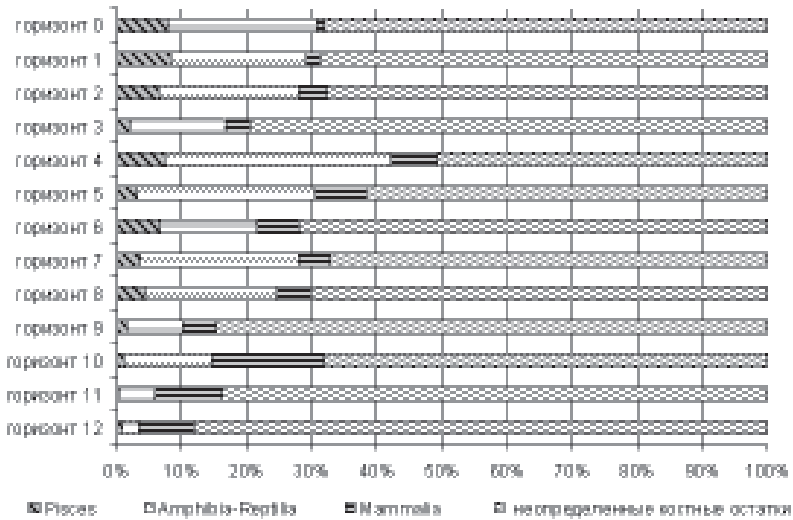


Рис. 1. Распределение остатков животных разных таксонов по горизонтам раскопа пещеры Шиним II.

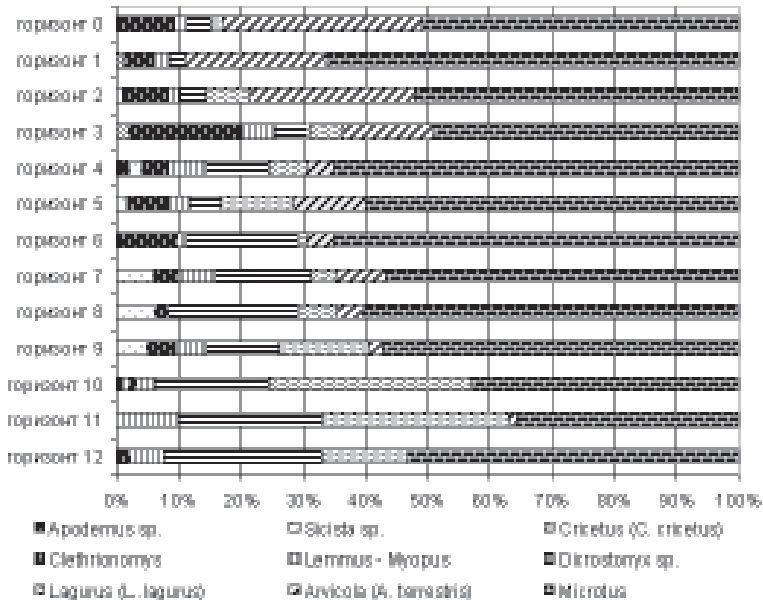


Рис. 2. Соотношение остатков грызунов (по количеству диагностических зубов).

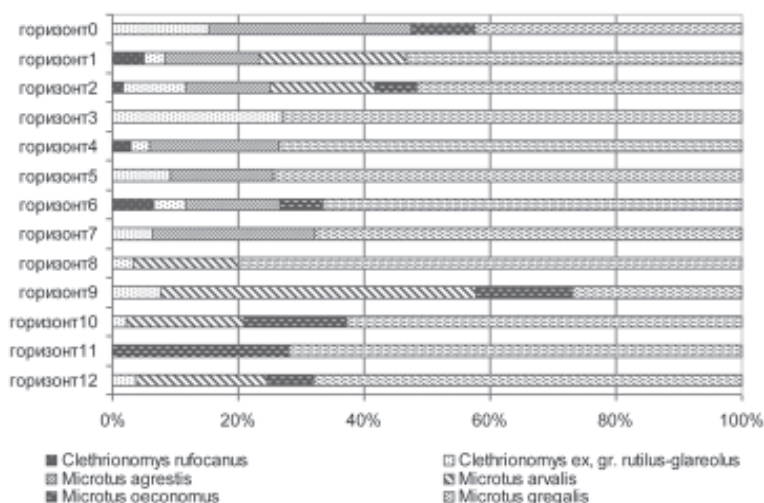


Рис. 3. Соотношение видов лесных и серых полевок в горизонтах пещеры Шилиш II.

личение доли *A. terrestris* сопровождается повышением доли остатков рыб, что может быть связано с локальными биотопическими изменениями, либо со сменой источника накопления ископаемых остатков. Отсутствие типичных голоценовых фаун и литологический состав отложений может свидетельствовать о сложной тафономической истории данного местонахождения.

Для окончательного решения о целостности ориктоценоза необходима оценка степени однородности материала. Для уточнения относительного возраста фаун необходимо изучение размерно-морфотипических характеристик моляров.

Работа выполнена при поддержке РФФИ-Урал (проект № 07–04–96124).

ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ, ЗАНИМАЮЩИХ ИСКУССТВЕННЫЕ ГНЕЗДОВЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕРМИ

А.В. Рыбкин, А.С. Ширпушева

Пермский государственный университет

В 2002 г с целью привлечения птиц-дуплогнездников на территории г. Пермь было развешено 350 синичников. Было выделено две группы городских участков: «город», куда вошли два кладбища, два городских сада, парк отдыха и два сквера, и «лесопарки» — два лесопарка на территории города,

имеющие статус ООПТ. Критериями отнесения участка к той или иной группе являлись степень урбанизации и видовой состав древостоя. Цель настоящей работы — выявить изменения видового состава и плотности населения птиц, заселяющих искусственные гнездовья на отдельных озелененных территориях г. Перми.

В городских условиях с течением времени возрастает количество заселенных птицами искусственных гнездовий, тогда как в лесопарках этот показатель остается относительно постоянным (рисунок).

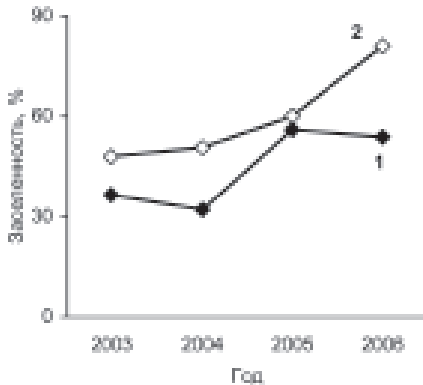


Рисунок. Динамика заселенности искусственных гнездовий на территории г. Перми:
1 — «лесопарки»;
2 — «город».

В старых городских парках с обилием дуплистых лип преобладает полевой воробей, хотя на других территориях его доля незначительна. Рост показателя общей заселенности гнездовий в городе определяется увеличением количества воробьев, заселяющих дуплянки. Одновременно с этим снижается численность мухоловки-пеструшки и большой синицы.

В городских местообитаниях растет плотность заселения гнездовий полевым воробьем, снижается плотность гнездования других видов (таблица).

Таблица. Плотность гнездования (пар/га) видов птиц на территориях г. Перми

Вид	Группы участков, год							
	«город»				«лесопарки»			
	2003	2004	2005	2006	2003	2004	2005	2006
<i>Parus major</i>	1.8	5.2	5.2	5	4.2	5.5	6.7	7.5
<i>Ficedula hypoleuca</i>	2.7	2.2	5.7	5.7	7.2	7	7.5	5.9
<i>Passer montanus</i>	8.4	8.6	9.2	9.8	-	-	-	-
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	0.9	1.1	1.3	1.6	-	-	-	-
<i>Junco torquilla</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-

В лесопарках отмечено сопряженное изменение количества загнездившихся пар мухоловки-пеструшки и большой синицы.

По-видимому, определяющим фактором соотношения численности птиц разных видов являются конкурентные отношения, преимущества в которых определяются особенностями среды обитания.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ НИЖНЕГО ДОНА

Д.С. Рыбняц, В.С. Крыщенко

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Микробная биомасса (МБ) является важным живым и лабильным компонентом почвы. Она составляет лишь несколько процентов от содержания органического углерода почвы, но это «ушко от иголки», через которое проходит весь органический материал, поступающий в почву. Поэтому запасы микробной биомассы в различных почвах, ее активность и структура являются основными параметрами в экологических исследованиях (Звягинцев, 1987; 1998; Заварзин, 1994; Wardle, 1992; Bailey et al., 2002).

Настоящая работа направлена на определение содержания микробного углерода, характеризующего активную микробную биомассу, в черноземах южных Нижнего Дона различного гранулометрического состава.

Цель работы — изучение функциональных и структурных особенностей микробной биомассы в черноземах южных Нижнего Дона различного гранулометрического состава методом субстрат-индуцированного дыхания.

Задачи: 1. Определить величины микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания исследуемых почв. 2. Изучить распределение микробной активности (биомасса, дыхание) в профиле почв. 3. Изучить взаимосвязь физико-химических ($C_{орг.}$, $N_{общ.}$, pH , гранулометрический состав) и микробиологических (микробная биомасса) параметров исследуемых почв.

Высокое содержание МБ в нижнем слое почв степной зоны, по сравнению с верхним, объясняется, по-видимому, большим содержанием в нем влаги. Именно вода является лимитирующим фактором для функционирования почвенных микроорганизмов в степной зоне по сравнению с почвами умеренных широт.

В черноземе наибольшая микробная биомасса была обнаружена в верхнем гумусовом горизонте. Различия в содержании МБ горизонтов верхнего А и нижнего С составили 6.6, 3.0 и 2.7–2.9 раз для тяжело-, легко- и сред-

не-суглинистого чернозема соответственно. Высокое содержание *МБ* отмечено в тяжелосуглинистом черноземе, низкое — в среднесуглинистом. Распределение *МБ* по профилю (до глубины 55 см) было довольно равномерным для легкосуглинистого и в меньшей степени — для среднесуглинистого чернозема. В тяжелосуглинистом черноземе наибольшая *МБ* сосредоточена в верхней части профиля, а в иллювиальном горизонте отмечено ее резкое уменьшение по сравнению с верхним (в 5.9 раза).

Содержание углерода микробной биомассы тесно и положительно ($R^2=0.93$ и 0.91 для 0–5 и 5–10 см соответственно) коррелировало с содержанием общего азота в исследованных почвах. Суммарно для двух слоев почв коэффициент детерминации в линейной регрессии этих двух параметров довольно высок ($R^2=0.88$). Высокая доля $N_{\text{мик}}$ в $N_{\text{общ}}$ (9.5%) в верхнем слое была и в старопахотном черноземе.

ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ВЕКОВОЙ И МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ СООБЩЕСТВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО УРАЛА)

Н.О. Садыкова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Изучение актуальной и исторической динамики многовидовых сообществ — одно из активно развивающихся направлений современной экологии. Представления о динамике сообществ подробно разработаны для растительных ассоциаций. Развитие этого направления применительно к многовидовым сообществам животных происходит весьма медленно и сталкивается со многими методологическими трудностями. При изучении сообществ позвоночных животных одной из основных проблем является практическая недоступность объекта для непосредственного изучения. Сведения о составе и структуре сообщества животных всегда вторичны и определяются не только реальными свойствами этого сообщества, но и спецификой применяемой методики анализа (Смирнов, 2006). В связи с этим особую актуальность приобретают работы, основанные на сопоставлении данных, полученных различными методами на материале разного происхождения.

В этом ключе выполнена настоящая работа, целью которой было сопоставить данные о межгодовой, многолетней и вековой динамике сообществ мелких млекопитающих Северного Урала. На примере материалов, собранных в Печоро-Ильчском заповеднике, сопоставлены масштабы динамики со-

общества мелких млекопитающих, изученной различными методами на субфоссильном и неонтологическом материале.

Реконструкции вековой динамики сообществ мелких млекопитающих опираются в основном на палеонтологические данные. Поздний голоцен в большинстве палеонтологических работ рассматривается в целом. Детальное изучение динамики основных зооценотических параметров внутри позднего голоцена по ископаемым остаткам до сих пор практически не оказывалось в центре внимания исследователей. На Северном Урале изучено всего несколько позднеголоценовых местонахождений костных остатков животных. Сведения о мелких млекопитающих обобщены в работах Н.Г. Смирнова (1996) и А.А. Тетериной (2005). Эти материалы позволили в общих чертах охарактеризовать основные особенности сообществ мелких млекопитающих Северного Урала в позднем голоцене. Видовой состав локальных фаун на протяжении всего этого периода практически не изменялся и был близок современному. Детальный анализ причин видимых различий в структуре ориктоценозов не проводился.

В отличие от вековой, межгодовая и многолетняя динамика сообществ изучается в основном неонтологическими методами. Наиболее длительные ряды наблюдений за динамикой численности и состава населения млекопитающих имеются для территорий заповедников. Так, в Печоро-Илычском заповеднике динамика численности основных видов прослежена за период более 50 лет, а для некоторых — более 60 лет (Млекопитающие..., 2004). Из мелких млекопитающих наиболее длительные ряды наблюдений (около 50 лет) в равнинном районе заповедника проведены для красной и рыжей полевки. Эти два вида составляют основу уловов давилками в заповеднике. В предгорном районе заповедника регулярные учеты численности мелких млекопитающих проводятся с 1984 г. Кроме того, с конца 80-х гг. А.В. Бобрецов начал проводить в заповеднике учеты мелких млекопитающих канавками. Этот метод позволил существенно расширить представления о населении мелких млекопитающих района. В частности, лишь учеты канавками позволили выявить особенности динамики численности популяции лесного лемминга, который периодически дает резкие всплески численности. Наиболее высокие пики отмечены в 1988–1989 и 1998–1999 гг., тогда доля лесного лемминга в учетах канавками составляла 30–50% (Бобрецов, 2002).

Для Печоро-Илычского заповедника косвенные сведения о составе и структуре сообщества грызунов были получены при изучении погадок филинов (Теплова, 1957; Естафьев, Нейфельд, 1999). В 30–40 гг. в питании филина преобладали заяц-беляк и белка, значение мышевидных грызунов относительно невелико. В 1986–1993 гг. в предгорном районе заповедника в питании филина преобладали мышевидные грызуны, в первую очередь водяная полевка и лесной лемминг.

Именно на 1988–1989 гг. пришлось вспышка численности лесного лемминга, зафиксированная в уловах канавками. И хотя период, за который собраны погадки, на несколько лет больше, чем продолжительность пика численности лемминга, этот пик явно находит свое отражение в составе питания филина.

В 2002 и 2006 гг. нами были собраны остатки млекопитающих из нескольких местонахождений, расположенных по берегам рек Печора и Илыч. Все местонахождения представляют собой гнезда и присады филинов, то есть места, где в течение некоторого времени накапливались остатки добычи этих птиц. Возраст остатков от нескольких до нескольких десятков лет. Этот материал позволяет выявить особенности начальных этапов формирования ориктоценозов, определить, какого масштаба географические и хронологические явления отражаются в их структуре.

В 2002 г. по берегам р. Печоры был собран материал из четырех местонахождений костных остатков. Материал из этих местонахождений позволил описать две локальных фауны и соответствующие ориктоценозы, существующие в наше время в районе верхнего течения р. Печоры. Они отличаются друг от друга по соотношению остатков двух наиболее многочисленных видов: обыкновенной белки и водяной полевки (Садыкова, Смирнов, 2005).

Летом 2006 г. собран материал из двух ранее не изученных местонахождений костных остатков, обнаруженных на берегу р. Илыч около стационара Кыбла-Кырта (62°38'с.ш., 58°55'в.д.). Оба местонахождения — это гнезда филинов. В одном из них (Кыбла 1) филины вывели птенцов в 2005 г. Вероятно, гнездо использовалось лишь один сезон. Второе гнездо (Кыбла 2) расположено в 500 м ниже по течению от первого. В этом гнезде филины селились более продолжительное время. Вероятно, оба гнезда принадлежат одной паре филинов.

Рыхлые отложения с гнездовых площадок вскрывали отдельными горизонтами 1–3 см толщиной и просеивали на сите с диаметром ячеек 0.5 мм. Всего в материале из двух гнезд определено 2 049 зубов грызунов. Доля каждого вида определена по максимальному числу одноименных остатков (таблица).

Во всех изученных образцах видовой состав остатков сходен, он включает практически все виды мелких грызунов, встречающихся в наше время в этом районе. Однако соотношение остатков разных видов непостоянно. В образце из местонахождения Кыбла 1 обнаружены остатки 9 видов грызунов. Наиболее многочисленны остатки водяной и темной полевок. Около 13% составляют остатки красной полевки. Остальные виды немногочисленны.

В местонахождении Кыбла 2 состав и соотношение остатков разных видов грызунов заметно отличаются в разных горизонтах отложений. Обнаружены остатки 11 видов грызунов. Верхний слой образует гнездовая подстилка толщиной 1.5 см. Среди остатков здесь, как и в первом гнезде, преобладают водяная и темная полевки. Наряду с ними многочисленны остатки полевок-экономки и белки.

Иное соотношение остатков разных видов во втором слое отложений (1.5–6 см от поверхности). Здесь больше всего остатков экономки. Доля водяной и темной полевки заметно сокращается.

Третий слой (6–15 см) отличается от вышележащих довольно резким преобладанием остатков водяной полевки (около 40%). Вторым по численности видом является экономка. В этом слое отмечено наименьшее видовое разнообразие, отсутствуют остатки леляги, бурундука, ондатры. Весьма малочисленны лесной лемминг, леляга и красно-серая полевка.

Таким образом, материал из двух местонахождений, обнаруженных в верхнем течении р. Илыч, позволяет выделить три последовательно сменяющихся друг друга локальных ориктоценоза грызунов. Близкие по видовому составу, они различаются доминантами. То есть за последние десятилетия в этом районе основными объектами питания филинов в разное время служили водяная полевка, экономка и темная полевка. Послойное изучение остатков из гнезда филина позволяет зафиксировать эти изменения.

Особый интерес представляет резкое увеличение доли темной полевки в верхнем горизонте Кыбла 2 и ее преобладание в остатках из Кыбла 1. Нет

Таблица. Состав и соотношение остатков мелких млекопитающих в отложениях из местонахождений Кыбла 1 и Кыбла 2 на р. Илыч

Вид	Кыбла 1		Кыбла 2, слой 1 (0-1.5 см)		Кыбла 2, слой 2 (1.5-6 см)		Кыбла 2, слой 3 (6-15 см)	
	Максимальное число одноименных остатков	Доля вида, %	Максимальное число одноименных остатков	Доля вида, %	Максимальное число одноименных остатков	Доля вида, %	Максимальное число одноименных остатков	Доля вида, %
<i>Sciurus vulgaris</i>	5	8.5	18	10.1	9	9.5	3	3.2
<i>Eutamias sibiricus</i>	1	1.7		0.0	1	1.1		0.0
<i>Pteromys volans</i>		0.0	3	1.7		0.0		0.0
<i>Myopus schisticolor</i>	3	5.1	5	2.8	2	2.1	1	1.1
<i>Arvicola terrestris</i>	18	30.5	45	25.1	13	13.7	37	39.8
<i>Microtus oeconomus</i>	4	6.8	22	12.3	30	31.6	24	25.8
<i>Microtus agrestis</i>	17	28.8	40	22.3	15	15.8	12	12.9
<i>Ondatra zibethica</i>		0.0	4	2.2	1	1.1		0.0
<i>Clethrionomys rufocanus</i>	3	5.1	17	9.5	9	9.5	2	2.2
<i>Clethrionomys rutilus</i>	8	13.6	13	7.3	11	11.6	10	10.8
<i>Clethrionomys glareolus</i>		0.0	12	6.7	4	4.2	4	4.3
Всего	59		179		95		93	

сведений, что этот вид когда-либо имел большое значение в питании филинов в Печоро-Ильчском заповеднике. Не отмечалось и резких подъемов численности этого вида в последние годы в отловах. Увеличение доли темной полевки в питании филина в последние годы мы связываем с тем, что в 2000 г. в 3 км выше по течению от гнезда произошел крупный лесной пожар, образовалась многокилометровая гарь. Известно, что темные полевки охотно заселяют зарастающие гари. Вероятно, именно здесь филины добывают большую часть темных полевок. Возможно и перемещение гнезда на 500 м. выше по течению связано с тем, что филины переселились поближе к новым охотничьим угодьям.

Сравнение с ранее изученными позднеголоценовыми местонахождениями Северного Урала свидетельствуют, что для ориктоценозов всего региона в позднем голоцене характерен довольно стабильный видовой состав. Среди остатков везде присутствуют типичные таежные обитатели: лесные полевки, темная полевка, лесной лемминг, белка, и виды, предпочтительно населяющие луговые местообитания: экономка и водяная полевка. Количественное соотношение остатков разных видов в конкретном локальном ориктоценозе определяется сочетанием разных факторов, среди которых следует выделить следующие:

Пищевые предпочтения агента-накопителя остатков. В нашем случае это филин, он крупную добычу предпочитает более мелкой, добывает в первую очередь массовые виды, а охотится, в основном, над открытыми участками. Поэтому во многих ориктоценозах Северного Урала преобладают или многочисленны остатки водяных полевок как наиболее оптимальной добычи.

Состав добычи филина в отдельные годы, а, значит, и структура ориктоценоза, зависит от уровня численности кормовых объектов. В годы массового размножения какого-либо определенного вида, повышается его участие в питании хищников. Так, в погадках, собранных в период, включающий годы вспышки численности лесного лемминга, доля его остатков существенно возрастает. Межгодовая динамика численности популяций отдельных видов может заметно повлиять на рацион хищника в отдельные годы, тем не менее, сложно судить, могут ли подобные непродолжительные пики и депрессии численности отдельных видов определять смены в структуре формирующихся ориктоценозов.

Изменения в структуре ориктоценоза могут быть следствием локальных изменений структуры сообщества, связанных с переменами в биотопическом окружении местонахождения. Так, для вырубки или гари характерна собственная структура населения млекопитающих. Появление такого нового биотопа в окрестностях гнезда филина отражается на структуре формирующегося ориктоценоза. Судя по всему, именно этот эффект мы наблюдаем в верхнем горизонте местонахождения Кыбла 2, где наблюдается возрастание

участия темной полевки по сравнению с более глубокими горизонтами близости от гари при отсутствии вспышек численности этого вида в окрестных лесных местообитаниях.

Изменения в биотопическом окружении местонахождения способны в большей степени повлиять на структуру локального ориктоценоза, чем межгодовая динамика численности отдельных видов, поскольку их влияние более долговременно. При изучении поверхностных отложений, длительность накопления которых сопоставима с длительностью вторичных сукцессий, в некоторых случаях удается зафиксировать эти изменения в виде устойчивых смен в соотношении долей наиболее многочисленных видов. По масштабам эти изменения могут быть сопоставимы с географическими различиями между синхронными локальными ориктоценозами из разных местонахождений одного региона.

Автор искренне признателен И.Ф. Куприяновой, А.В. Бородину и своему научному руководителю Н.Г. Смирнову за помощь и поддержку на разных этапах работы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 05–04–48675) и программы развития ведущих научных школ (НШ-5286.2006.4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобрецов А.В. Динамика популяций многовидовых сообществ мелких млекопитающих Северного Предуралья // Заповедное дело. Научно-методические записки Комиссии по сохранению биоразнообразия. М., 2002. Вып. 10. С. 34–50.
- Естафьев А.А., Нейфельд Н.Д. Род *Виво*, филины // Фауна европейского Северо-Востока России. Т.1, Ч. 2: Птицы. СПб, 1999. С. 59–66.
- Млекопитающие Печоро-Илычского заповедника / А.В. Бобрецов, Н.Д. Нейфельд, С.М. Сокольский и др. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 2004. 464 с.
- Садыкова Н.О., Смирнов Н.Г. Формирование локальных и элементарных фаун в зоогенных отложениях Печоро-Илычского заповедника // Труды Печоро-Илычского заповедника. Вып. 14. Сыктывкар, 2005. С. 152–158.
- Смирнов Н.Г. Динамика видов и их комплексов как предмет исследований исторической экологии // Экология. 2006. № 6. С. 452–456.
- Смирнов Н.Г. Разнообразие мелких млекопитающих Северного Урала в позднем плейстоцене и голоцене // Материалы и исследования по истории современной фауны Урала. Екатеринбург, 1996. С. 39–83.
- Теплова Е.Н. Птицы района Печоро-Илычского заповедника // Труды Печоро-Илычского заповедника. 1957. Вып. 6. С. 5–115.
- Тетерина А.А. Динамика состава и структуры фаун мелких млекопитающих на Северном Урале в позднем плейстоцене и голоцене // Фауны Урала и Сибири в плейстоцене и голоцене. Челябинск, 2005. С. 212–231. (Биота Северной Евразии в кайнозое; Вып. 4).

ОКРАСОЧНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ СИНАНТРОПНЫХ СИЗЫХ ГОЛУБЕЙ УРАЛА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Р.М. Салммов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Сизый голубь (*Columba livia* Gmelin, 1789) — хорошо всем известная птица. Существует три его формы: «дикая», синантропная (полудикая) и домашняя. «Дикая», или природная форма сизого голубя встречается на Британских островах, в Средиземноморском регионе, в Южной Азии, изредка на Алтае и горах Южного Урала. В популяциях диких голубей все особи окрашены одинаково. Окраска оперения таких птиц — тёмно-сизая, крылья светло-сизые с двумя поперечными чёрными полосками («поясами»). Синантропная форма широко распространена по миру и встречается на всех материках кроме Антарктиды. У голубей этой формы наблюдается полиморфизм по окраске оперения, имеющий генетическую природу (Ферианц, 1985; Mosca, 2000). В синантропных популяциях полиморфными могут быть и другие морфологические признаки. Например, изредка встречаются особи с укороченным клювом, оперёнными ногами, чубами на голове и с другими признаками, более характерными для пород домашних голубей.

Целью нашей работы было изучение особенностей окрасочного полиморфизма сизых голубей в населённых пунктах Урала и сопредельных территорий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

С 2005 по 2007 гг. мы проводили орнитологические наблюдения за синантропными сизыми голубями в Предуралье, на Урале, в Западной Сибири и в г. Кирове. Население голубей каждого населённого пункта считали отдельной популяцией. Всего обследовали 35 синантропных популяций сизых голубей. Учеты проводили маршрутным методом на улицах городов в дневное время. Регистрировали всех встреченных голубей, сидящих на земле и на зданиях. В местах скоплений голубей приманивали на корм для регистрации окрасочных морф. Окраску регистрировали визуально, с использованием бинокля Baigish BPC 8×30 для высоко сидящих особей. В данной работе использовали методику выделения окрасочных морф голубей, описанную в работе Л.К. Ваничевой с соавторами (1996). Голубей делили на пять морф: сизые, чёрночеканные, меланисты, красные и пегие. В ходе учётов встречались особи некоторых других окрасок, которых мы причисляли к прочим. Всего изучено 34 811 особей. Размеры выборок в изученных городах приведены в табл. 1.

Все расчеты выполнены с использованием программ Microsoft Excel 2002 и Statistica 6.0 (StatSoft. Inc., 1984–2002). Степень связи встречаемости голубей на маршруте с частотами окрасочных морф оценивалась с помощью коэффициента Спирмена. При составлении рис. 1, использована карта Google Earth (2007).

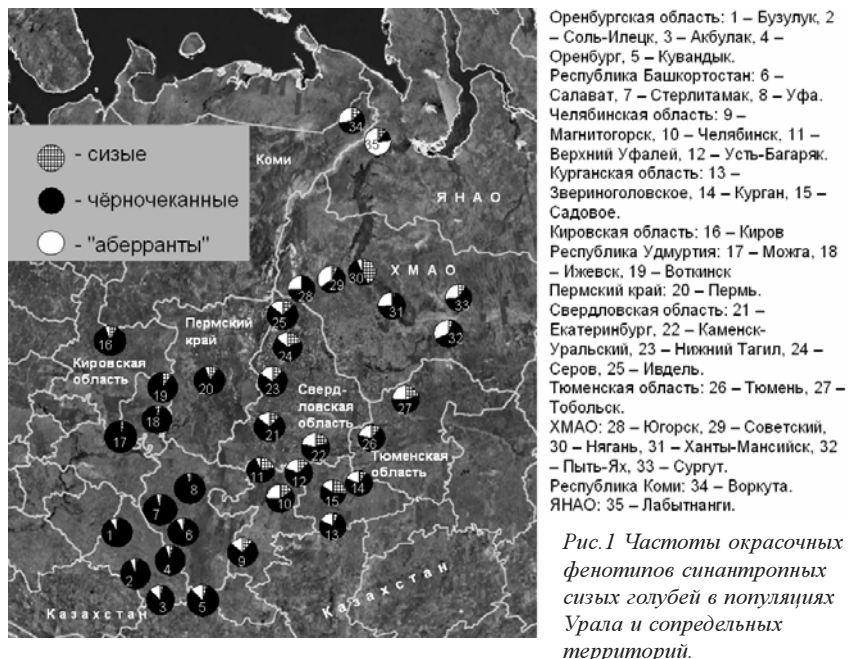


Рис. 1 Частоты окрасочных фенотипов синантропных сизых голубей в популяциях Урала и сопредельных территорий.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты учётов голубей показали, что во всех обследованных популяциях (за исключением популяции г. Лабитнанги) преобладает чёрночеканная морфа (см. рис. 1). В городах востока Европейской части России частота чёрночеканной морфы составляет 82–95%. Только в г. Воркуте частота этой морфы относительно низка — 59%. В населённых пунктах запада Северной Азии частота чёрночеканной морфы ниже, чем на востоке Европейской части России, и составляет 50–75%, в г. Лабитнанги — 12% (см. табл. 1). На западе Северной Азии в целом частоты сизой морфы и «абберантов» выше, чем на востоке Европейской части России. В группу «абберанты» мы объединяли голубей красной, меланистической, пегой морф и прочих.

Таблица 1. Частоты окрасочных морф сизых голубей (%) в населённых пунктах Урала и сопредельных территорий

Окрасочные морфы	Место и время учета									
	Бузулук	Акулак	Солт-Илецк	Оренбур, окт., 2005	Оренбур, февр., 2007	Кувандык	Салават	Стерлитамак	Уфа	Матвигорск
Сизые	1.4±0.7	3.0±1.2	2.9±1.2	3.3±0.4	3.2±0.4	4.7±1.0	2.6±0.8	1.8±0.5	2.2±0.4	10.9±0.9
Чёрночеканные	91.2±1.7	83.8±2.6	91.3±2.0	90.9±0.6	92.4±0.6	82.2±1.7	90.4±1.4	94.5±0.8	95.0±0.6	74.9±1.3
Красные	2.1±0.9	3.0±1.2	1.0±0.7	1.8±0.3	1.6±0.3	4.1±0.9	2.3±0.7	0.9±0.3	1.0±0.3	3.2±0.5
Меланисты	1.8±0.8	4.0±1.4	2.4±1.1	0.6±0.2	0.8±0.2	2.7±0.7	0.2±0.2	0.1±0.1	0.1±0.1	2.8±0.5
Пегие	3.2±1.0	5.1±1.6	2.4±1.1	3.3±0.4	2.0±0.3	6.3±1.1	4.4±1.0	2.6±0.6	1.7±0.4	8.0±0.8
Прочие	0.4±0.4	1.0±0.7	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.1
Всего, шт	285	198	207	1955	2099	688	428	757	1151	1085

Окрасочные морфы	Место и время учета									
	Челябинск, янв., 2005	Челябинск, июль-авг., 2005	Челябинск, февр., 2006	Челябинск, авг., 2006	Челябинск, янв., 2007	Верхний Уфалей	Усть-Батырка	Звёрино-Толдовское	Кураган	Садовое
Сизые	14.7±1.0	13.9±1.1	13.7±1.4	16.3±1.2	16.3±0.9	23.6±3.5	12.3±3.2	7.3±2.2	9.6±2.1	26.6±3.7
Чёрночеканные	61.4±1.4	62.1±1.6	62.1±2.0	58.9±1.6	59.0±1.2	70.3±3.8	67.9±4.5	75.2±3.7	71.3±3.3	57.3±4.1
Красные	2.1±0.4	2.0±0.5	3.1±0.7	2.7±0.5	2.6±0.4	0.7±0.7	5.7±2.2	5.1±1.9	3.7±1.4	3.5±1.5
Меланисты	5.3±0.6	4.9±0.7	6.8±1.0	5.7±0.7	6.0±0.6	0.0±0.0	1.9±1.3	3.6±1.6	2.7±1.2	2.8±1.4
Пегие	16.1±1.1	16.3±1.2	12.9±1.4	15.0±1.1	15.4±0.8	5.4±1.9	12.3±3.2	8.0±2.3	12.2±2.4	9.1±2.4
Прочие	0.5±0.2	0.8±0.3	1.5±0.5	1.3±0.4	0.6±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.7±0.7	0.5±0.5	0.7±0.7
Всего, шт	1214	933	614	986	1805	148	106	137	188	143

Продолжение табл. 1

Окрасочные морфы	Место и время учета									
	Киров	Можга	Ижевск	Воткинск	Пермь	Екатеринбург, янв., 2005	Екатеринбург, янв., 2006	Екатеринбург, янв., 2006	Екатеринбург, янв., 2006	Екатеринбург, янв., 2007
Сизые	6,9±2,5	4,1±1,5	4,4±0,8	10,2±2,7	9,1±0,8	11,3±0,7	11,8±0,7	11,8±0,7	12,1±0,7	11,7±0,7
Чёрночешуйчатые	88,1±3,2	94,7±1,7	94,0±0,9	89,8±2,7	86,6±1,0	75,8±1,0	74,5±0,9	74,2±1,0	75,3±0,9	74,9±0,9
Красные	2,0±1,4	0,6±0,6	0,0±0,0	0,0±0,0	1,0±0,3	2,0±0,3	2,4±0,3	2,6±0,4	2,9±0,3	2,3±0,3
Меланисты	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,9±0,3	1,2±0,2	2,3±0,3	1,7±0,3	2,0±0,3	1,7±0,3
Пегие	3,0±1,7	0,6±0,6	1,6±0,5	0,0±0,0	2,4±0,4	9,7±0,7	8,9±0,6	9,6±0,7	7,5±0,5	9,2±0,6
Прочие	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,1±0,1	0,1±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1
Всего, шт	101	169	699	127	1229	1891	2167	1921	2445	2307

Окрасочные морфы	Место и время учета									
	Каменск-Уральский, янв., 2005	Каменск-Уральский, июль, 2005	Каменск-Уральский, янв., 2006	Каменск-Уральский, сентябрь, 2006	Каменск-Уральский, янв., 2007	Нижний Тагил	Серов	Ивдель	Тюмень	Тобольск
Сизые	22,5±2,7	16,2±2,6	19,3±1,6	18,4±1,7	22,4±1,6	12,0±1,8	18,4±2,0	12,4±2,7	10,6±1,8	20,9±1,6
Чёрночешуйчатые	55,4±3,2	61,4±3,5	59,0±2,0	57,6±2,2	56,5±1,9	71,3±2,4	68,0±2,4	73,8±3,7	67,8±2,8	55,3±2,0
Красные	2,9±1,1	4,1±1,4	4,4±0,8	5,5±1,0	2,9±0,6	4,1±1,1	6,7±1,3	0,0±0,0	3,5±1,1	6,2±0,9
Меланисты	4,6±1,3	5,6±1,6	3,6±0,8	3,8±0,9	3,5±0,7	1,2±0,6	2,1±0,7	0,0±0,0	3,2±1,0	2,8±0,6
Пегие	14,6±2,3	11,7±2,3	13,5±1,4	14,1±1,6	14,0±1,3	10,8±1,7	4,8±1,1	13,8±2,9	13,8±2,0	14,4±1,4
Прочие	0,0±0,0	1,0±0,7	0,2±0,2	0,6±0,3	0,7±0,3	0,6±0,4	0,0±0,0	0,0±0,0	1,1±0,6	0,5±0,3
Всего, шт	240	197	607	495	715	342	375	145	283	646

Продолжение табл. 1

Окрашенные морфы	Место и время учета						
	Юртек	Советский	Ниязань	Ханты-Мансийск	Путь-Як	Сургут	Боркута
Сизые	1.3±0.7	7.2±1.6	43.7±2.6	3.7±1.6	4.9±1.8	9.5±0.9	12.8±1.7
Чернотечкашые	72.5±2.9	57.4±3.0	49.7±2.6	70.1±4.0	63.4±4.0	64.3±1.4	59.4±2.5
Красные	0.9±0.6	0.8±0.5	0.3±0.3	5.2±1.9	0.7±0.7	3.8±0.6	9.6±1.5
Меланисты	8.2±1.8	13.2±2.1	1.1±0.5	0.0±0.0	5.6±1.9	3.2±0.5	3.2±0.9
Пегие	16.7±2.4	21.5±2.5	5.2±1.2	19.4±3.4	23.9±3.6	19.0±1.2	14.4±1.8
Прочие	0.4±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	1.5±1.0	1.4±1.0	0.2±0.1	0.5±0.4
Всего, шт.	233	265	366	134	142	1093	374
							175

Самой необычной по фенотипическому составу является популяция г. Лабытнанги. Обычно в популяциях синантропных голубей преобладают основные морфы (сизая и чёрночеканная). В г. Лабытнанги основные морфы оказываются в меньшинстве. Очень высока здесь сумма частот абберрантных окрасок — 77%. В остальных обследованных нами городах частота «абберрантов» не превышала 36%. Популяция голубей в г. Лабытнанги только формируется. Синантропные голуби в этом городе появились в результате одичания небольшой группы (около 10 птиц) домашних голубей в 2002 г. (Пасхальный, 2004). В мае-июне 2006 г. мы наблюдали довольно большую (около 170 птиц) стаю в центре г. Лабытнанги. Небольшие стайки (по 3–7 особей) встречались и на окраинах города. Все синантропные голуби в г. Лабытнанги обладали признаками домашних пород: укороченный клюв, чубы на голове, оперённые ноги, необычная окраска, как у декоративных пород. У двух особей заметны «бантики», образованные из курчавых перьев на шее. Несколько птиц были чистопородными. Мы проводили наблюдения за сизыми голубями в различных населённых пунктах России (Салимов, 2006 а, б), но с такой необычной популяцией столкнулись впервые.

Фенотипический состав обследованных нами популяций голубей, видимо, определяется различными внешними факторами. По данным Н.Ю. Обуховой (2001), частоты особей с абберрантными окрасками зависят от возраста популяции. Относительно более высокие частоты «абберрантов» характерны для популяций с недавней историей возникновения из разнородного генетического материала. С течением времени частота «абберрантов» в популяции может уменьшаться. По её наблюдениям Н.Ю. Обуховой (2001) в популяции голубей г. Южно-Сахалинска в 1982 г. частота абберрантов составляла 75%, а к 1991 г. снизилась до 37%. Мы предполагаем, что со временем подобное будет наблюдаться и в популяции г. Лабытнанги.

По данным Н.Ю. Обуховой и А.Г. Креславского (1984, 1985), различия в соотношениях сизых и чёрночеканных особей в популяциях сизых голубей, видимо, определяются плотностью населения голубей. При высокой плотности частота сизой морфы уменьшается, а чёрночеканной увеличивается. Особи сизой морфы более активны в поисках корма и имеют большие размеры гнездового участка по сравнению с чёрночеканными голубями. Сизые птицы более успешны в размножении при небольшой численности птиц в стае, то есть при более низкой плотности населения. У чёрночеканных особей агрессивность при защите гнездового участка менее выражена, поэтому они более терпимы к соседям и могут успешно размножаться при более высокой плотности популяции. Такой поведенческий стереотип приводит к уменьшению частоты сизой морфы и увеличению чёрночеканной при дефиците удобных мест для гнездования, возникающем из-за повышения плотности популяции (Обухова, Креславский, 1984, 1985).

Белорусские орнитологи В.Ч. Домбровский и В.В. Гричик (1994), проводившие наблюдения за голубями г. Минска, получили данные, противоречащие выводам Н.Ю. Обуховой и А.Г. Креславского. По данным минских орнитологов, плотность скоплений сизых голубей не оказывает влияния на фенотипический состав популяции.

Для решения вопроса о влиянии плотности популяции голубей на соотношение основных (сизой и чёрночеканной) морф в городах Уральского региона нами проанализированы результаты собственных сезонных учётов, проведённых в г. Екатеринбург и Каменск-Уральский. Всего в этих городах за 2005–2007 гг. было проведено пять учётов. Учёт каждый раз проводился по одним и тем же маршрутам приблизительно в одно и то же время.

Сезонная динамика встречаемости голубей в каждом городе имела свои особенности (рис. 2). В г. Екатеринбурге наблюдалась нормальная динамика встречаемости голубей. Зимой встречаемость была ниже, чем летом. Частоты морф при этом почти не изменялись. В г. Каменске-Уральском встречаемость сизых голубей возрастала в зимний период. Это, вероятно, связано с тем, что летом часть голубей улетает кормиться на поля. За период наблюдений встречаемость голубей в Каменске-Уральском имеет тенденцию к повышению. Изменчивость частот морф между учётами, разделёнными во времени, составила от 0 до 7%. Но при статистической проверке результатов учётов методом хи-квадрат (Животовский, 1991), значимых различий не выявлено ($\chi^2 = 0.12\text{--}3.52$, $df=2$, $p=0.94\text{--}0.17$).

В г. Екатеринбурге выборки были взяты на 11 участках. Зимние учёты на участках были проведены в январе 2005, 2006 и 2007 гг., а летние — в июле 2005 г. и в августе 2006 г. Только в одном случае (чёрночеканная морфа, учёт в июле 2005 г.) выявлена достоверная связь ($r=0.63$, $p=0.04$) зависимости частот окрасочных морф от встречаемости голубей. Увеличение встречаемости голубей ведёт к повышению частоты чёрночеканной и снижению частот сизой и аберрантных морф (рис. 3). По результатам других учётов, в большинстве случаев наблюдались подобные тенденции (с небольшими изменениями), но значимые связи не выявлены.

В г. Каменске-Уральском учёты голубей показали разную встречаемость по районам. Районы города, где встречаются скопления голубей, разделены примерно на 2 км рекой Исеть и лесопарковой зоной. В Синарском районе при каждом учёте встречаемость голубей была ниже, чем в Красногорском. Частота сизой морфы во всех учётах была выше в Синарском районе, а чёрночеканной — в Красногорском. Сравнение выборок взятых в одно время, но в разных районах города методом хи-квадрат выявило значимые различия в трёх случаях из пяти (см. табл. 2). Сравнение разновременных выборок взятых в одном и том же районе не выявило различий (Синарский рай-

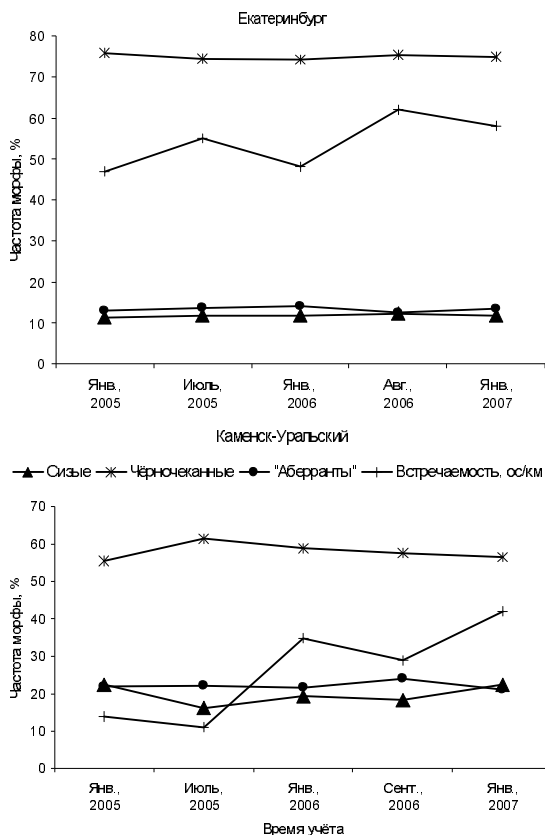


Рис. 2. Сезонная динамика частот морф сизых голубей.

он: $\chi^2 = 0.01-3.56$, $df=2$, $p=1.00-0.17$; Красногорский район: $\chi^2 = 0.11-3.90$, $df=2$, $p=0.95-0.14$). Сравнение объединённых (по срокам учёта) выборок Красногорского и Синарского районов показало значимые различия ($\chi^2 = 34.69$, $df=2$, $p < 0.0000001$). Наши результаты по г. Каменск-Уральскому подтверждают данные Н.Ю. Обуховой и А.Г. Креславского (1984, 1985) о зависимости частот отдельных морф от плотности населения голубей. О плотности населения мы судили по встречаемости голубей, полагая, что для этих характеристик существует положительная связь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты учётов сизых голубей населённых пунктов Урала и сопредельных территорий показали, что во всех изученных популяциях, за исключением

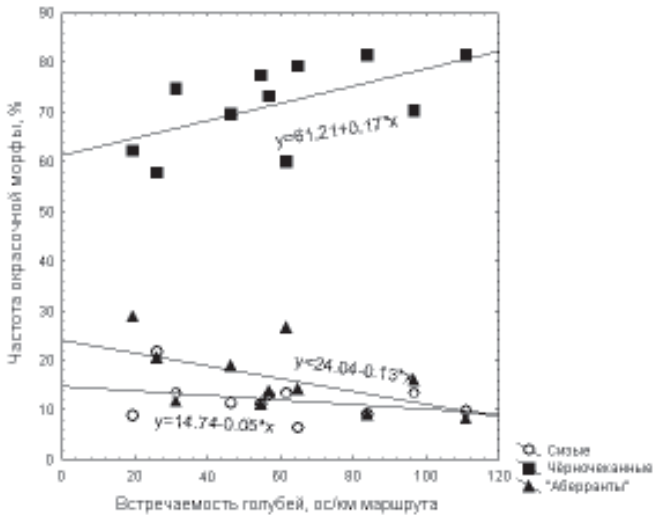


Рис. 3. Связь встречаемости и частоты окрасочных морф в популяции сизых голубей г. Екатеринбурга по результатам учёта в июле 2005 г.

Таблица 2. Результаты учётов голубей в г. Каменск-Уральском

Характеристики	Время учёта				
	Янв., 2005	Июль, 2005	Янв., 2006	Сент., 2006	Янв., 2007
Красногорский район					
Сизые, %	17.9±3.3	12.6±2.7	15.7±1.7	16.6±2.1	19.5±1.8
Чёрночеканные, %	59.7±4.2	65.6±3.9	63.1±2.3	60.6±2.7	59.0±2.2
«Аберранты», %	22.4±3.6	21.9±3.4	21.2±2.0	22.8±2.3	21.5±1.8
Встречаемость, особ./км	16	18	53	40	61
Объём выборки, особей	134	151	434	325	498
Синарский район					
	Янв., 2005	Июль, 2005	Янв., 2006	Сент., 2006	Янв., 2007
Сизые, %	28.3±4.4	28.3±6.6	28.3±3.4	21.8±3.2	29.0±3.1
Чёрночеканные, %	50.0±4.9	47.8±7.4	48.6±3.8	51.8±3.8	50.7±3.4
«Аберранты», %	21.7±4.0	23.9±6.3	23.1±3.2	26.5±3.4	20.3±2.7
Встречаемость, особ./км	12	5	19	19	24
Объём выборки, особей	106	46	173	170	217
Сравнения выборок Красногорского и Синарского районов методом хи-квадрат ($df = 2$)	$\chi^2 = 3.86$ $p = 0.15$	$\chi^2 = 7.21$ $p = 0.03$	$\chi^2 = 14.95$ $p = 0.001$	$\chi^2 = 3.76$ $p = 0.15$	$\chi^2 = 8.13$ $p = 0.02$

популяции г. Лабитнанги, преобладают голуби чёрночеканной морфы. Во всех обследованных городах востока Европейской части России (кроме г. Воркуты) частота этой морфы выше, чем в населённых пунктах запада Северной Азии. В целом частоты сизой морфы и «абберантов» выше на западе Северной Азии, по сравнению с популяциями востока Европейской части России. Голуби Заполярья из популяции г. Воркуты более сходны по фенотипическому составу с популяциями синантропных голубей восточной части Урала и Западной Сибири.

Сопоставление результатов наших наблюдений по изменчивости частот голубей в городских выборках Екатеринбурга и Каменска-Уральского с данными Н.Ю. Обуховой и А.Г. Креславского по г. Москве и с данными В.Ч. Домбровского и В.В. Гричика по г. Минску показало следующее. Вероятно, для каждой из популяций характерно некоторое своеобразие. Вероятно, кроме встречаемости голубей на маршруте (плотности популяции) могут существовать и другие, пока ещё не выявленные факторы, определяющие соотношение частот морф голубей в популяции.

ЛИТЕРАТУРА

- Ваничева Л.К., Мошкин М.П., Ксенц А.С. и др. Экологические особенности популяций сизых голубей (*Columba livia* Gm.) в промышленных центрах Западной Сибири и их использование в целях мониторинга // Сибирский экологический журнал. 1996. № 6. С. 585–596.
- Домбровский В.Ч., Гричик В.В. Особенности полиморфизма городской популяции сизого голубя (*Columba livia*) в Минске // Вестник Белорусского гос. университета, серия 2: химия, биология, география. 1994. Вып. 3. С. 29–32.
- Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 271 с.
- Обухова Н.Ю. Географическая изменчивость окраски синантропных сизых голубей // Генетика. 2001. Т. 37. № 6. С. 791–802.
- Обухова Н.Ю., Креславский А.Г. Изменчивость и наследование окраски у сизых голубей // Зоол. журн. 1984. Т. 63. Вып. 2. С. 233–244.
- Обухова Н.Ю., Креславский А.Г. Изменчивость окраски в городских популяциях сизых голубей (*Columba livia*). Возможные механизмы поддержания полиморфизма // Зоол. журн. 1985. Т. 64. Вып. 11. С. 1685–1693.
- Пасхальный С.П. Север, птицы, люди. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2004. 334 с..
- Салимов Р.М. Полиморфизм сизых голубей в городе Сургуте // Биоресурсы и природопользования в Ханты-Мансийском автономном округе: проблемы и решения. Сургут, 2006. С. 46–48.
- Салимов Р.М. Полиморфизм сизых голубей на Урале и в Приуралье // Экология в меняющемся мире. Екатеринбург: «Академкнига», 2006. С. 211–217.
- Ферианц О. Голуби. Алма-Ата: Кайнар, 1985. 188 с.
- Mosca F. Pigeon genetics // www.angelfire.com/ga3/pigeongenetics/. 2000.
- Google Earth // <http://earth.google.com/>. 2007.

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ ЧЕРНОГО БЕРЕЗОВОГО ТРУБКОВЕРТА *DEPORAUS BETULAE* L.

В.В. Сапронов

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Одним из широко распространенных на Урале видов трубковертов является чрезвычайно любопытный по образу жизни черный березовый трубковерт *Deporaus betulae* L. (Колосов, 1936). В процессе изготовления из листьев березы конических сигарообразных трубок, которые трубковерты используют для откладки яиц, самка жука делает на одной из половин листа S-образный разрез. От того, на какой стороне листа относительно центральной жилки находится эта кривая линия, зависит форма будущей трубки. Если смотреть на трубки со стороны устья, то видно, что часть из них закручена вправо (по ходу часовой стрелки), а другая часть — влево (против хода часовой стрелки) (рисунок).

«Наличие право- и левозакрученных трубок заставляет предполагать, что у березового трубковерта мы имеем дело с двумя биологическими формами» (Малоземов, 1969). Гипотеза о столь своеобразном полиморфизме трубковерта требует проверки, что и стало целью настоящей работы. Задача: оценить соотношение право- и левозакрученных трубок в популяции трубковерта.

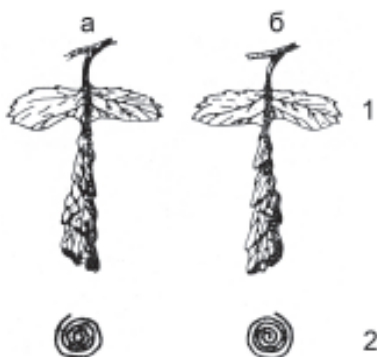


Рисунок. Формы трубок
березового трубковерта:
а — правого вращения,
б — левого вращения;
1 — общий вид,
2 — направление витков
(по: Малоземов, 1969).

Материал собирали в окрестностях г. Двуреченска (Сысертский район Свердловской области; Биостанция УрГУ) в разнотравных сосняках с примесью *Betula pendula* Ehrh. в 2003–2005 гг. В период с 29 июня по 9 июля 2003 г. на

трех площадках (по 10 берез на каждой) было собрано 1 405 трубок. В 2004 и 2005 гг. сбор проводили на пяти площадках (по 20 берез на каждой). В период с 26 июня по 2 июля 2004 г. было собрано 2 229 трубок, с 27 июня по 3 июля 2005 г. — 1 016 трубок.

Собранные трубки разбирали на фракции левого и правого вращения. С целью установления значимости различий между участками, а также между долями лево- и правозакрученных трубок в пределах одного участка применены критерий Фишера и *t*-критерий Стьюдента.

Доли лево- и правозакрученных трубок в изученной популяции трубноверта практически одинаковы, и эти показатели не изменяются из года в год. Так в 2003 г. было собрано 50.46% трубок левого и 49.54% правого вращения. В 2004 г. наши сборы составили 1 118 (50.16%) левозакрученных и 1 111 (49.84%) правозакрученных трубок. В 2005 г. было собрано по 50% левозакрученных и правозакрученных трубок. Различия между долями право- и левозакрученных трубок на каждой площадке статистически незначимы.

Таким образом, в исследованной популяции черного березового трубноверта *Deporaus betulae* L. соотношение право- и левозакрученных трубок равно 1:1 и различия между пятью площадками, а также между право- и левозакрученными трубками в пределах каждой из площадок статистически незначимы.

Специально проведенные наблюдения (Оксенов, 1946) показали, что одна и та же самка способна закручивать как правые, так и левые трубки (1:1). Основываясь на собственных данных, а также опираясь на результаты опытов Б.А. Оксенова (1946) по содержанию в неволе живых самок трубноверта, мы можем заключить, что в настоящее время выделение внутри вида *D. betulae* L. биологических форм по поведенческому признаку сворачивания трубок двух разных типов, не представляется возможным.

Автор благодарит студентов биологического факультета А.С. Чигвинцева, В.В. Морилова и Т.Р. Сафуанова за помощь в сборе и сортировке материала. Автор выражает искреннюю признательность д.б.н., профессору Ю.И. Новожену за общее руководство работой и д.т.н., профессору Б.С. Чуркину за помощь в освоении статистических методов обработки материала.

ЛИТЕРАТУРА

- Колосов Ю.М. Насекомые Урала // Природа Урала. Свердловск: Свердловское областное издательство, 1936. С. 215–233.
- Малоземов Ю.А. Биологические формы березового трубноверта (*Deporaus betulae* L.) и их происхождение // Тр. Урал. отделения МОИП. Вып. 3. Свердловск: Издательство УрГУ, 1969. С. 173–179.
- Оксенов Б.А. Инстинкты черного трубноверта *Deporaus betulae* L. (Coleoptera) // Тр. Ленин. общ-ва естествоиспытателей. 1946. Т. LXIX. Вып. 4. С. 146–166.

СОСТОЯНИЕ ПЫЛЬЦЫ КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

О.А. Тимохина (Северюхина), Т.Ю. Митина

Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия

Процесс микроспорогенеза и прорастание пыльцы, а, следовательно, и процесс оплодотворения, зависит от внешних факторов среды. Неблагоприятная погода, недостаток питания, высокие дозы химических веществ могут вызвать замедленное прорастание пыльцы, роста пыльцевых трубок и их полную остановку, вызвать потерю жизнеспособности половых клеток, что связано с возникновением частичной или полной стерильности. Результаты исследований этой проблемы отражены в работах отечественных и зарубежных авторов (Шкарлет, 1972; Бессонова, 1992; Осолков, 1998; Третьякова, Носкова, 2004; Keller, Beda, 1984). Целью данной работы было изучение состояния пыльцы кустарниковых растений, произрастающих в условиях химического загрязнения.

В качестве объекта исследования выбрана карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) — кустарник семейства Fabaceae; размножается семенами и вегетативно (Качалов, 1970). Для определения качества пыльцы караганы в условиях загрязнения нами были выбраны пять участков, четыре из которых располагались на территории города и один — за его пределами. Суммарная токсическая нагрузка на исследуемых территориях варьировала от 1 до 14 отн. ед.

На каждом участке было собрано по десять цветков с десяти растений. Анализ свежесобранной пыльцы проводили в лабораторных условиях. Фертильность пыльцы определяли с помощью стандартной ацетокарминовой методики (Паушева, 1980). Размеры пыльцы измеряли с помощью окуляр-микрометра. Жизнеспособность пыльцы оценивали методом висячей капли.

Фертильность пыльцы караганы древовидной на всех участках исследования высокая и варьирует от 89.6 до 99.9%. Данный показатель характеризуется низкой степенью изменчивости: коэффициент вариации составил от 0.34% (чистая зона) до 4% (импактная). Какой-либо зависимости исследуемого показателя от уровня загрязнения территории не выявлено.

Размеры пыльцы караганы древовидной варьируют в среднем от 35 до 43 мкм, изменчивость признака низкая. Не установлена зависимость исследуемого показателя от уровня токсической нагрузки.

Жизнеспособность пыльцы караганы древовидной была оценена по двум показателям: доле проросшей пыльцы и длине пыльцевых трубок. Доля проросшей пыльцы в пробах фоновое участка самая высокая и составляет в среднем 59.6%. На участках со средним уровнем загрязнения исследуемый показатель варьирует от 42.2 до 57.6%. Наименьшее количество проросшей пыльцы отмече-

но на максимально загрязненном участке (17,6%). Кроме того, отмечено значимое снижение длины пыльцевых трубок в градиенте токсической нагрузки.

Таким образом, в ходе исследований не установлено зависимости фертильности и размеров пыльцы караганы древовидной от уровня химического загрязнения. Однако отмечено снижение показателей ее жизнеспособности.

ЛИТЕРАТУРА

- Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. 1992. № 4. С. 45–50.
- Качалов А.А. Деревья и кустарники. М.: Лесная промышленность, 1970. 127 с.
- Осколков В.А. Качество пыльцы сосны обыкновенной в древостоях Приангарья при разном уровне загрязнения // Лесоведение. 1998. № 2. С. 16–21.
- Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1980. 304 с.
- Третьякова И.Н., Носкова Н.Е. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса // Экология. 2004. № 1. С. 26–33.
- Шкарлет О.Д. Влияние промышленного загрязнения атмосферы и почвы на размеры пыльцевых зерен сосны обыкновенной // Экология. 1972. № 1. С. 53–58.
- Keller T., Beda H. Effect of SO₂ on the germination of conifer pollen // Environment. Pollut. 1984. Vol. 33. № 3. P. 237–243.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СПЕЦИФИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA TEMPORARIA* L.) В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ

Е.А. Сплс

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Известно, что такая динамично реагирующая ткань организма, как кровь, хорошо отражает любые функциональные изменения, происходящие в процессе жизнедеятельности животного (Хамидов и др., 1978), что, в свою очередь, позволяет оценить не только физиологическое состояние организма в конкретный период развития, но и его адаптивный потенциал. В данном аспекте удобным объектом исследования являются амфибии, особенно представители рода *Rana*, характеризующиеся вполне развитой кроветворной и иммунной системами (Manning, Horton, 1982). Кроме того, вследствие особенностей развития и обитания земноводные подвергаются длительному и интенсивному воздействию негативных факторов окружающей среды, а их высокая зависимость от внешних условий среды хорошо известна.

Настоящая работа представляет один из этапов исследования гематологических показателей амфибий рода *Rana* (на примере *Rana temporaria* L.), как функции популяционной специфики в условиях антропогенной трансформации городской среды.

На территории городской агломерации г. Екатеринбурга за период с июня по август 2000–2006 гг. был проведен сбор сеголеток травяной лягушки из популяций, в разной степени подверженных действию урбанизации и загрязнения. В пределах города выделены четыре зоны, к которым приурочены места обитания земноводных: I зона — центральная часть города с многоэтажной застройкой, водоемами с сильным промышленным загрязнением и лишенная амфибий; II зона — районы многоэтажной застройки с пустырями, малыми водоемами с высоким уровнем загрязненности; III зона — малоэтажная застройка, районы, занятые домами частного сектора, пустыри, парки; IV зона — лесопарки города, местообитания этой зоны находятся в основном под воздействием рекреационной нагрузки. В качестве контрольного (К) был выбран участок в 23 км от г. Екатеринбурга. Зональная принадлежность местообитания определяется не столько его топографическим положением, сколько степенью суммарной антропогенной трансформированности территории (Вершинин, 1980). Приемлемость настоящей типизации была подтверждена гидрохимическими анализами.

С каждого животного приготавливался мазок крови по общепринятым методикам (окраска по Романовскому-Гимзе), производилось определение количества эритроцитов и лейкоцитов в счетной камере Горяева и процентного соотношения различных видов лейкоцитов (подсчет лейкоцитарной формулы) (Кост, 1975). Всего было исследовано 235 сеголеток. Полученные результаты обработаны с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) в статистическом пакете Statistica 6.0.

У сеголеток *R. temporaria*, населяющих территории с различной степенью урбанизации и загрязнения, обнаружены статистически значимые различия по ряду показателей лейкоцитарной формулы. Так, при высокой антропогенной нагрузке количество палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов не отличается от основного контроля, но в два раза увеличивается доля нейтрофильных миелоцитов ($F_{(3,23)}=4.58, p=0.004$) и метамиелоцитов ($F_{(3,23)}=3.01, p=0.031$). Такую стимуляцию нейтрофильного гранулоцитопоза можно рассматривать в качестве адаптационного механизма, повышающего защитную функцию крови, поскольку нейтрофилы — активные ферментообразователи; кроме того, они являются главным функциональным элементом неспецифического иммунитета и наиболее активно реагируют на изменения окружающей среды (Fournier et al., 2005).

С ростом урбанизации у сеголеток происходит увеличение доли эозинофилов ($F_{(3,23)}=20.63, p<<0.001$) в четыре раза относительно загородной и лесопарковой территории. С одной стороны, это может быть связано с паразитарными

инвазиями (Elkan, 1976), которые более характерны для естественных популяций, чем для городских. С другой стороны — с развитием своеобразной защитной реакции организма, поскольку эти лейкоциты обладают способностью к фагоцитозу, участвуют в дезинтоксикации продуктов белковой природы и наряду с нейтрофилами являются наиболее функционально активными клетками гранулоцитарного ряда у земноводных (Лобода, 1998; Жукова, Пескова, 1999).

В целом для городской территории характерно увеличение доли гранулоцитов ($F_{(3,23)}=5.83$, $p=0.001$) и уменьшение доли лимфоцитов ($F_{(3,23)}=5.21$, $p=0.002$) на фоне снижения абсолютного числа лейкоцитов в 2 раза ($F_{(3,18)}=43.67$, $p<<0.001$) по сравнению с загородной зоной. Однако это снижение не является критическим для травяной лягушки, так как, исходя из литературных данных, пределы нормы по этому показателю широко варьируют. Вероятно, на антропогенно-трансформированных территориях у сеголеток изучаемого вида происходит снижение уровня лейкопоза до нижней границы нормы при активации нейтрофильного и эозинофильного гранулоцитопоза, что свидетельствует о развитии иммунных процессов в организме. Кроме того, в некоторой степени эти различия могут быть обусловлены и онтогенетическими особенностями.

Интересно отметить, что в лесопарковой зоне наблюдается тенденция к снижению доли всех типов клеток гранулоцитарного ряда как по сравнению с загородной, так и с городской территорией. Аналогичные изменения отмечены и у сеголеток остромордой лягушки. Вероятно, такая реакция со стороны кроветворной системы связана с нестабильностью условий среды при переходе из загородной зоны в лесопарковую города.

Кроме того, на межзональном уровне обнаружены различия и в картине красной крови. С ростом урбанизации у сеголеток резко снижается количество эритроцитов ($F_{(3,17)}=16.25$, $p<<0.001$). Однако, доля эритроидных предшественников на городской территории, наоборот, увеличивается по сравнению с контролем ($F_{(3,23)}=9.48$, $p=0.0001$). Это можно быть связано как с онтогенетическими особенностями (с окончанием метаморфоза резко увеличивается продукция эритроидных предшественников, а число эритроцитов остается еще на личиночном уровне), так и с повышенным потреблением кислорода в условиях неблагоприятной газовой среды и температурного режима. Известно, что в условиях резких изменений среды отмечается выброс незрелых форм эритроцитов (Сюзюмова, Гребенникова, 1978).

В результате проведенных исследований установлены популяционные особенности лейкоцитарной формулы сеголеток *R. temporaria* из популяций, населяющих территории с различной степенью урбанизации и загрязнения. Увеличение доли малодифференцированных форм нейтрофилов и эозинофилов у животных с городской территории можно рассматривать как развитие защитных функций крови. В то же время резкое снижение уровня лейкоцитов и эрит-

роцитов свидетельствует об угнетении процессов гемопоэза и низком адаптивном потенциале особей данного вида, что, по-видимому, и обуславливает постепенное исчезновение данного вида земноводных с территории города.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ-Урал (проект № 07-04-96107).

ЛИТЕРАТУРА

- Вершинин В.Л. Распределение и видовой состав амфибий городской черты Свердловска // Информационные материалы Института экологии растений и животных. Свердловск, 1980. С. 5–6.
- Жукова Т.И., Пескова Т.Ю. Реакция крови бесхвостых амфибий на пестицидное загрязнение // Экология. 1999. № 4. С. 288–292.
- Кост Е.А. Справочник по клиническим и лабораторным методам исследования. М.: Медицина, 1975. 383 с.
- Лобода Е.И. Морфологические и цитохимические особенности клеток белой крови у представителей некоторых видов холоднокровных позвоночных // Вестник зоологии. 1998. Т. 32. № 3. С. 54–57.
- Сюзюмова Л.М., Гребенникова С.И. Особенности эритропоэза у личинок бесхвостых амфибий в зависимости от условий развития. // Экспериментальная экология низших позвоночных. Свердловск, 1978. С. 176–187.
- Хамидов Д.Х., Акилов А.Т., Турдыев А.А. Кровь и кроветворение у позвоночных животных. Изд-во УзССР: «Фан», 1978. 168 с.
- Elkan E. Pathology in the amphibia // Physiology of the amphibia. Academic Press, Inc, 1976. Vol. III. P. 273–312.
- Fournier M., Robert J., Salo H.M., Dautremepuits C., Brousseau P. Immunotoxicology of amphibians // Applied herpetology. 2005. № 2. P. 297–309.
- Manning M.J., Horton J.D., RES structure and function of the Amphibia // The Reticuloendothelial System: a Comprehensive Treatise. New York; London: Plenum Press. 1982. Vol. 3. P. 393.

МАТЕРИАЛЫ ПО ЭКОЛОГИИ ЛЕСНЫХ ПОЛЕВОК (*CLETHRIONOMYS*) ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»

И.М. Слуту

Сургутский госуниверситет

Экспедиционные исследования проводились в природном парке «Сибирские Увалы» (юг северо-таежной подзоны лесной зоны Западной Сибири) в летнее

время. В 2003 г. обследованы окрестности стационара «Брусовая» (юг парка), в 2004 и 2006 гг. — окрестности стационара «Глубокий Сабунь» (юг парка); в 2005 г. исследования проводились в западной части парка (кордон Сей-Кор-Еган).

Для отлова мелких наземных позвоночных животных использовали метод ловчих канавок (Карасева, Телицына, 1996), в переувлажненных биотопах — ловчих заборчиков из полиэтиленовой пленки (Охотина, Костенко, 1974). Кроме этих ловушек, мелких млекопитающих добывали методом ловушко-линий (давилко-линий) (Кучерук, 1963). Для оценки обилия животных, добытых с помощью ловчих канавок, заборчиков и ловушек (давилок) использовали балльную шкалу А.П. Кузякина (1962). Плодовитость полевок определялась по числу эмбрионов и плацентарных пятен (Свириденко, 1958).

Всего за период исследования отработано 4 835 конусо-суток (к/с) и 3 900 давилко-суток (д/с). Обследовано 28 биотопов, включающих практически весь спектр местообитаний мелких млекопитающих. Добыто 552 особи лесных полевок. Оба вида на протяжении всех лет исследований (кроме 2003 г., когда красно-серая полевка была редка) отнесены к фоновым.

Биотопическое распределение. Наиболее высокое суммарное обилие лесных полевок характерно для сложных по структуре фитоценозов (сосново-кедровый зеленомошный лес (29.0 экз. на 100 к/с для красной и 7.4 экз. на 100 к/с для красно-серой полевок); приречные ивняково-черемуховые заросли (красная — 8.3; красно-серая — 9.4 экз. на 100 к/с); елово-кедрово-березовый бруснично-зеленомошный лес (красная — 11.7; красно-серая — 4.0 экз. на 100 д/с). Низкая численность наблюдается в переувлажненных, заболоченных местообитаниях; не встречены полевки на вейнико-вахтовом низинном болоте.

Размножение и структура популяции. В конце июня в популяции красной полевки наблюдалось выраженное преобладание перезимовавших животных над прибылыми, но уже в первой половине июля соотношение возрастных групп выровнялось. В связи с увеличением доли молодых, а также с элиминацией перезимовавших особей, доля последних в популяции уменьшается к августу до 25%. У красно-серой полевки темпы размножения ниже — в первой половине июля еще доминируют взрослые перезимовавшие животные. У обоих видов и в первой и во второй половине лета для всех возрастных групп характерно незначительное преобладание самцов.

Во второй половине июня нами зарегистрированы самки красной полевки, вынашивающие эмбрионы и имеющие плацентарные пятна. Можно предположить, что сеголетки начинают вести самостоятельный образ жизни в середине июня. В наших учетах сеголетки красной полевки зарегистрированы 30 июня, зверьки имели массу около 16 г.

В природном парке «Сибирские Увалы» самки красной полевки приносят от двух до девяти детенышей. Плодовитость зимовавших самок в первой

половине лета составила в среднем 6.2 эмбриона (плацентарных пятен); во второй половине лета — 6.09. У самок-сеголеток этот показатель равен 4.0. Для красно-серой полевки отмечены сходные значения плодовитости.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РОДА *PULSATILLA* УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

О.Е. Сушенцов

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

В настоящее время большое внимание уделяется проблемам сохранения и восстановления биологического разнообразия, но информация о разнообразии и структуре популяций многих видов отсутствует или недостаточна. В связи с этим нами была изучена изменчивость и структура популяций рода *Pulsatilla* в Уральском регионе. Специальных работ по уральским популяциям прострелов до сих пор не проводилось, и различные авторы приводили для региона от двух до четырех видов. Кроме того, для секции *Patentes* Aichele et Schweg., к которой относится большинство приписываемых Уральскому региону видов прострелов, до настоящего времени не решен вопрос с таксономией. Подавляющее большинство авторов разделяют секцию на 5–7 видов, однако ряд авторов отвергает разделение секции на виды и воспринимает секцию *Patentes* как единый полиморфный вид *P. patens* s.l.

Для решения вопроса о видовом составе прострелов на Урале и сбора сведений о правомочности разделения секции *Patentes* на виды нами была изучена изменчивость шести признаков, имеющих систематическое значение: окраска цветка, число зубцов на листе, ширина конечной дольки листа, наличие черешочков центральной доли, наличие черешочков боковых долей и форма листа. Форма листа определялась как отношением периметра эквивалентного по площади круга к периметру листа и характеризует степень рассеченности листа.

В ходе проведения исследований нами были обнаружены только два вида прострелов: *P. patens* (L.) Mill. s.str. и *P. uralensis* (Zamels) Tzvel. Кроме популяций этих двух видов были обнаружены популяции переходные между ними (рис. 1), которые нельзя было идентифицировать с каким либо видом. Переходные популяции располагались полосой по границе между «чистыми» видами примерно по линии Карталы — Магнитогорск — Сатка (рис. 2).

Между видами наблюдались значимые различия по признакам окраска цветка, число зубцов на листе, фактора формы листа, ширины конечной дольки листа, в то же время диапазоны значений признаков у разных видов значительно перекрывались. Переходные популяции по отдельным признакам не от-

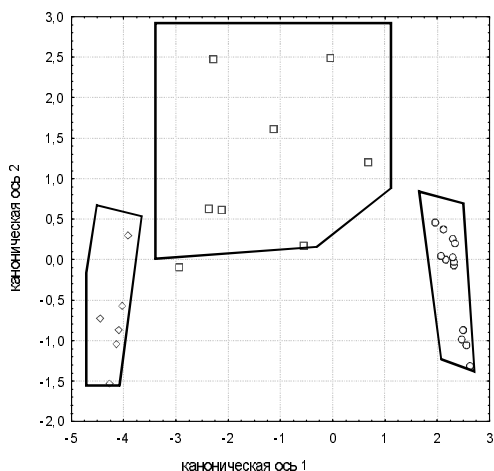


Рис. 1. Положение центроидов исследованных популяций в пространстве 1-ой и 2-ой канонических осей.

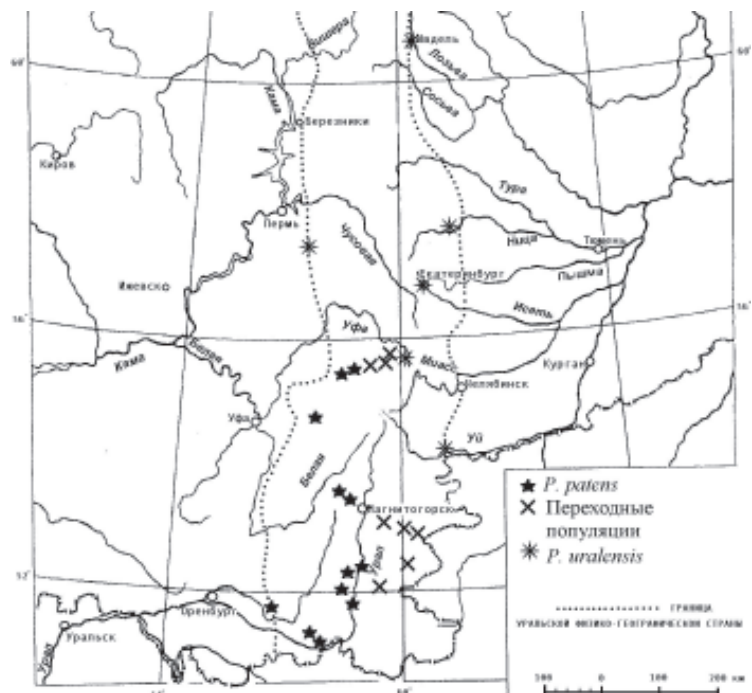


Рис. 2. Расположение популяций различных видов.

личаются от *P. patens*, и значительно отличаются от *P. uralensis* (таблица). Кроме того, было обнаружено, что популяции каждого вида неоднородны и распадаются на группы популяций.

Таблица. Значения признаков различных видов прострелов

Характеристика	<i>P. patens</i>	Переходные популяции	<i>P. uralensis</i>
Окраска цветка			
	синяя	синяя, желтая, белая, розовая	желтая
Число зубцов на листе			
Среднее	22.4±0.29	23.8±0.42	33.4±0.73
Доверит. интервал	21.8-23.0	22.9-24.6	31.9-34.8
Медиана	21.3	23.0	31.6
Пределы	13.5-43.5	14.0-39.5	15.5-64.7
Квартили	18.4-25.0	20.0-26.7	27.8-39.0
Ширина конечной дольки листа			
Среднее	0.36±0.005	0.37±0.007	0.28±0.007
Доверит. интервал	0.35-0.37	0.35-0.38	0.27-0.29
Медиана	0.36	0.36	0.28
Пределы	0.17-0.82	0.18-0.73	0.14-0.57
Квартили	0.30-0.42	0.31-0.42	0.22-0.33
Форма листа			
Среднее	0.20±0.001	0.19±0.002	0.16±0.002
Доверит. интервал	0.19-0.20	0.18-0.20	0.16-0.17
Медиана	0.20	0.19	0.16
Пределы	0.13-0.28	0.13-0.31	0.10-0.25
Квартили	0.18-0.21	0.17-0.20	0.14-0.18
Кол-во растений с черешочком центральной доли, %			
	8-77	4-83	23-100
Кол-во растений с черешочками боковых долей, %			
	0-40	0-50	5-85
Объем выборки	332	147	140

Так *P. patens* содержит три группы популяций: южная, располагающаяся в южной части Южного Урала на территории Оренбургской области, отличающаяся более узкой долей листа; восточная, располагающаяся на восточном макросклоне центральной части Южного Урала в Челябинской области и восточной части республики Башкортостан; и северо-западная, произрастающая на западном макросклоне северной части Южного Урала на территории республики Башкортостан и в западных частях Челябинской области и отличающаяся более высоким числом зубцов на листе.

Переходные популяции разделяются на две группы популяций: южная, произрастающая в центральной части Южного Урала на территории Челябинской области, и северная, произрастающая в северной части Южного

Урала на границе Челябинской области и республики Башкортостан. Значимые различия между группами популяций наблюдаются для всех форм по окраске цветка.

Популяции *P. uralensis* также разделяется на две группы, значимо различающиеся по признакам ширина конечной дольки и форма листа; однако в связи с меньшим числом исследованных популяций определить распространение каждой из групп популяций не удалось.

МОРФО-АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И РОСТ МИКОРИЗЫ ЕЛИ СИБИРСКОЙ

Т.А. Творожникова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Для всех лесообразующих видов таежной зоны характерно образование эктомикоризы, что обеспечивает им возможность адаптации к широкому спектру условий произрастания. Структура микоризы зависит от систематического положения вида-хозяина, возраста микоризы, экологических условий (Катенин, 1972). Ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) является основным лесообразующим видом на Европейском Северо-Востоке. Морфо-анатомическая структура эктомикоризы ели хорошо изучена (Еропкин, 1979; Веселкин, 2004а, б). Исследования роста корневых окончаний этого вида посвящены единичные исследования (Орлов, 1957). Цель настоящей работы: выявление сезонной динамики структурной организации микоризы ели сибирской, произрастающей в подзоне средней тайги.

РАЙОНЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в мае-октябре 2006 г. в старовозрастных ельниках черничном и сфагновом в условиях подзоны средней тайги (62°17'с.ш., 50°40'в.д.). Температуру в подстилке регистрировали логгерами модификации Thermochron (Dallas Instruments, США), влажность почвы определяли весовым методом в трехкратной повторности. По многолетним наблюдениям в данном районе температура почвы достигает максимальных значений обычно в конце июля — начале августа. В 2006 г. лето было аномально холодным с двумя пиками максимальных температур: в середине июня и во второй половине августа. В течение всего периода вегетации температура подстилки в ельнике сфагновом была ниже, а влажность — выше, чем в ельнике черничном.

Динамику роста корневых окончаний ели изучали по методике А.Я. Орлова (1957). Сезонные наблюдения проводили на одних и тех же кор-

нях в четырех повторностях в каждом типе фитоценоза. Для морфо-анатомического изучения образцы корней фиксировали в 70%-ном спирте, срезы готовили на вибрационном микротоме для мягких тканей (Скупченко, 1979). Всего было сделано 120 измерений корней в ельнике черничном и 160 — в ельнике сфагновом. При описании типа грибного чехла использовали классификацию И.А. Селиванова (1981). Измеряли диаметр эктомикориз, толщину грибного чехла, рассчитывали объемную долю микоризного чехла (по: Веселкин, 2004а). В рисунках и таблице указаны средние арифметические значения и их стандартные отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях Севера основная масса тонких корней древесных растений сосредоточена в верхних горизонтах почвы (Бобкова, 1987). У хвойных растений эктомикоризы образуются преимущественно базидиальными, а в некоторых случаях — сумчатыми и несовершенными грибами (Селиванов, 1981). У ели сибирской описано несколько морфологических типов микоризы: булавовидная, папоротниковидная, гроздевидная (Катенин, 1972; Бобкова, 1987). Основным признаком при идентификации микориз по анатомическому строению является структура мицелиального чехла. В исследованных нами сообществах у ели формировались в основном папоротниковидные микоризные окончания. На поперечном срезе они имели округлые очертания с хорошо развитым грибным чехлом шпектенхиматического (войлочного) строения подтипов А, В, С и D, а также псевдопаренхиматические чехлы подтипов F, G, H, I. Наиболее часто встречалась микориза с чехлами подтипов А и В. Гифы проникали в ткани корня на глубину в 3–4 слоя клеток коры, образуя сеть Гартига. Объемная доля и грибного чехла микоризы ели в обоих типах варьировала в пределах 15–40% (таблица).

Это согласуется с данными других авторов, которые указывали на изменение доли грибного чехла у хвойных растений в пределах 2–80% в зависимости от экологических условий (Веселкин, 2004 б). Толщина, объемная доля чехла и диаметр микориз достоверно различались в ельнике черничном и сфагновом. Количественные показатели структуры эктомикоризы ели закономерно менялись в течение вегетационного сезона. В ельнике черничном снижение значений объемной доли и толщины грибного чехла, а также диаметр эктомикориз отмечали с мая по конец июля, а затем постепенное увеличение этих показателей к концу вегетации. В ельнике сфагновом не наблюдали четко выраженной закономерности в изменении количественных показателей анатомической структуры микоризных корней ели.

В условиях подзоны средней тайги рост корней сосны и ели начинается при среднесуточной температуре почвы 3–6° С и наиболее активно происходит в июне–

Таблица. Морфо-анатомические параметры эктомикориз в ельнике черничном

Дата	Параметр		
	Диаметр эктомикориз, мкм	Толщина чехла, мкм	Объемная доля чехла, %
23 мая	440±46*	27.5±7.1	37.7±6.7*
06 июня	591±75*	24.1±9.8	24.2±8.9*
20 июня	523±59*	21.1±3.3	34.5±5.9
06 июля	471±35	18.0±3.1	22.5±3.8*
25 июля	461±67*	23.8±7.3	18.7±3.8*
07 августа	457±44	25.0±4.8	21.1±4.8*
23 августа	407±78	30.2±12.7	22.0±5.9*
20 сентября	536±120	36.4±10.6	24.4±6.5*
11 октября	449±49	38.2±4.5	28.9±2.5

начале июля (Бобкова, 1987). Согласно нашим наблюдениям, в обоих типах еловых фитоценозов в мае-первой половине июня видимый рост корневых окончаний ели отсутствовал, несмотря на благоприятные гидротермические условия почвы (рисунок). Полное прекращение роста корней отмечали с понижением температуры почвы до +5–3° С во второй-третьей декадах сентября.

Рост микоризных корней у ели в обоих типах фитоценозов происходил непрерывно с конца июня по сентябрь. Наблюдения за сезонной динамикой роста корней ели показали, что суточный прирост коротких сосущих корневых окончаний в ельнике сфагновом составляет 7–94 мкм, в ельнике черничном —

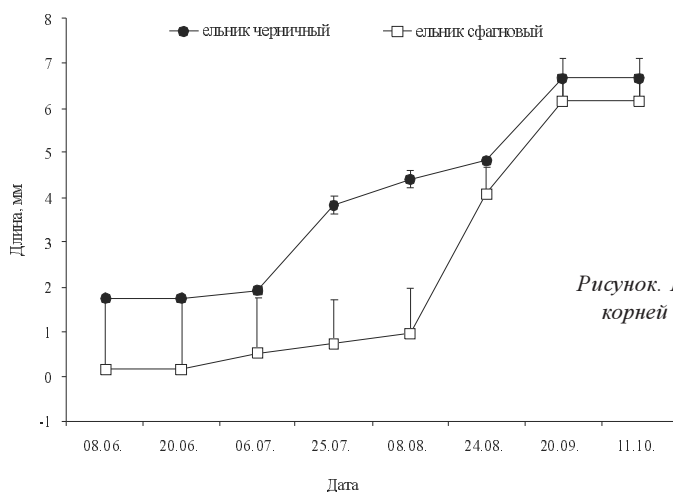


Рисунок. Рост микоризных корней ели сибирской:

5–100 мкм, а растуще-сосущих — 55–245 и 35–221 мкм соответственно. В ельнике черничном динамика роста сосущих корней совпадала с увеличением в них толщины и объемной доли грибного чехла. Некоторые микоризные корни продолжали удлиняться в начале октября, когда температура почвы снижалась до +2°С. Отсутствие сопряженности динамики роста корней с температурой и влажностью подстилки дает основание предполагать, что функциональная активность микоризных корней зависит от эндогенных факторов, прежде всего от фотосинтетической активности дерева. Было показано, что у хвойных растений рост тонких корней начинается одновременно с увеличением фотосинтеза кроны (Misson et al., 2006).

Таким образом, в исследованных нами сообществах у ели формировались в основном папоротниковидные и простые микоризные окончания с хорошо развитыми грибными чехлами плектенхиматического и псевдопаренхиматического строения. Количественные показатели структуры эктомикоризы ели закономерно менялись в течение вегетационного сезона. В условиях средней тайги в 2006 г. рост корневых окончаний наблюдался непрерывно с конца июня по сентябрь. У ели сибирской в условиях средней тайги нами не выявлена сопряженность роста микоризных корней с температурой и влажностью почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
- Веселкин Д.В. Анатомическое строение эктомикориз *Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb. в условиях загрязнения лесных экосистем выбросами медеплавильного комбината // Экология. 2004а. № 2. С. 90–98.
- Веселкин Д.В. Оценка объемной доли грибного симбионта в эктомикоризных окончаниях *Picea obovata* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb. и *Pinus sylvestris* L. // Тр. Института биоресурсов и прикладной экологии. Оренбург: ОГПУ, 2004б. Вып. 4. С. 5–11.
- Еропкин К.И. О взаимосвязи форм микоризных окончаний у хвойных // Микориза растений / Под ред. Селиванова И.А. Пермь: ПГПИ, 1979. С. 61–77.
- Катенин А.Е. Микориза растений северо-востока Европейской части СССР // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. Л.: Наука, 1972. Вып. 12. 140 с.
- Орлов А.Я. Наблюдения над сосущими корнями ели (*Picea excelsa* Link) в естественных условиях // Ботанический журнал. 1957. Т. 42. С. 1172–1181.
- Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.
- Скупченко В.Б. Вибрационная микротомия мягких тканей // Новые научные методики Коми филиала АН СССР. Сыктывкар, 1979. Вып. 2. 56 с.
- Misson L., Gershenson A., Tang J. McKay M. et al. Influences of Canopy Photosynthesis and Summer Rain Pulses on Root Dynamics and Soil Respiration in a Young Ponderosa Pine Forest // Tree Physiology. 2006. Vol. 3. P. 833–844.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЕВИЩ *PSEUDEVERNIA FURFURACEA* (L.) ZORF ПО СТВОЛУ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ В УСЛОВИЯХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА

А.А. Теплых

Марийский госуниверситет, Государственный природный заповедник
«Большая Кокшага», г. Йошкар-Ола

Целью работы является характеристика особенностей распределения слоевищ *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zorff по стволу дерева в разных типах леса.

Исследования проводили в 2005–2006 гг. на верховом болоте (56°34.6' с.ш., 47°17.9' в.д.) в кв. 17 Старожильского лесничества Республики Марий Эл. Через болото был заложен профиль длиной 236 м, шириной 10 м, проходящий с востока на запад через сосняк черничный (20 м), сосняк кустарничково-сфагновый (176 м) и березняк осоково-белокрыльничково-сфагновый (20 м).

В сосняке черничном и березняке на учетной площади 20×20 м обследованы все деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), в сосняке кустарничково-сфагновом — деревья сосны на пробных площадях 10×20 м, заложенных через каждые 20 м. Число слоевищ подсчитывали раздельно по экспозициям на разной высоте ствола (0–0.5, 0.5–1, ..., 3.5–4 м). Получены данные для 20 деревьев сосны в сосняке черничном (702 слоевища), для 62 деревьев сосны в сосняке кустарничково-сфагновом (906 слоевищ), для 20 деревьев березы в березняке (399 слоевищ).

В работе использовался однофакторный и трехфакторный дисперсионный анализ (Глотов и др., 1982), компьютерная программа «Statistica 5.1».

Число слоевищ на дереве в разных типах леса различается ($p=0.02$). Число слоевищ заметно выше в сосняке черничном (медиана 28.5 слоевищ) по сравнению с сосняком кустарничково-сфагновым (6.5 слоевищ) и березняком (4 слоевища).

Распределения слоевищ во всех типах леса различаются по высотам ($p=0.1\times10^{-3}$ – 3.2×10^{-6}) и экспозициям ствола ($p=0.02$ – 0.03). Слоевища не обнаружены на высоте 0–0.5 м. В сосняке черничном наблюдается максимум частоты слоевищ на высоте 1–1.5 м с последующим систематическим падением. В сосняке кустарничково-сфагновом после систематического увеличения частоты слоевищ при поднятии по стволу и достижения максимума на высоте 2.5–3 м наблюдается резкое падение на двух следующих высотах. Для березняка характерен монотонный рост числа слоевищ при увеличении высоты. Во всех местообитаниях максимальные частоты слоевищ оказываются близкими — 35–40%. В местообитаниях различаются частоты слоевищ по экспозициям. В сосняке черничном наибольшая час-

тота слоевищ находится на западной стороне ствола, в сосняке кустарничково-сфагновом — на северной, в березняке — на восточной (Теплых, 2006).

Особенности распределения слоевищ по высоте ствола и по экспозициям в разных местообитаниях определяется, по-видимому, разными локальными уровнями освещенности и особенностями строения коры. *P. furfuracea* является светлюбивым видом (Wirth, 1995). Структура коры сосны изменяется с увеличением высоты от груботрепидиноватой до тонкочешуйчатой; чешуйчатая кора постоянно обновляется, и это затрудняет закрепление и развитие на ней зачатков слоевищ (Рябкова, 1981; Суетина и др., 2002). Смещение максимальной частоты слоевищ с южной экспозиции на западную в сосняке черничном и на восточную в березняке обусловлено, по-видимому, лучшей освещенностью стволов именно при этих экспозициях в данных конкретных условиях местообитаний (рисунок). По данным Е.С. Клошниковой с соавторами (1970), стволы деревьев, растущих у кромки леса, сплошь покрыты лишайниками с освещенной и более подверженной заносу диапор стороны.

Смещение максимальной частоты слоевищ в сосняке кустарничково-сфагновом на северную экспозицию связано, возможно, с избыточной освещенностью, которая может отрицательно влиять на физиологическое состояние лишайников (Плакунова, Плакунова, 1986).

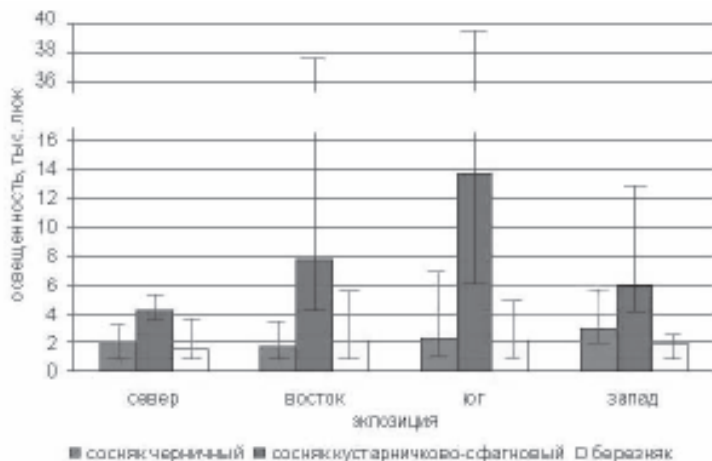


Рисунок. Освещенность деревьев на разных участках верхового болота (показаны значения медиан и их 95% доверительные интервалы).

Освещенность в березняке и сосняке черничном низкая при очень узких 95% доверительных интервалах медиан. В сосняке кустарничково-сфагновом уровень освещенности заметно выше при очень широких доверительных интервалах медианы; здесь явно выражена и суточная динамика освещенности; статистически значимыми оказываются факторы дерево (то есть его положение в древостое), время суток и экспозиция; хотя день регистрации незначим, значимы все взаимодействия (Глотов, Теплых, 2006).

Средние размеры слоевищ во всех типах леса различаются ($p=9.7 \cdot 10^{-14}$). Размеры слоевищ выше в березняке (медиана 7 см^2) по сравнению с сосняком сфагновым (5.1 см^2) и черничным (4.6 см^2). Размеры слоевищ во всех типах леса не различаются на разных экспозициях ствола, по высотам ствола различаются в сосняке черничном ($p=0.005$) и березняке ($p=0.001$), в сосняке черничном с увеличением высоты увеличиваются размеры слоевищ, в березняке размеры слоевищ увеличиваются до 2.5 м, выше по стволу наблюдается уменьшение размеров, для сосняка кустарничково-сфагнового данная зависимость не выявлена. По данным Л.Г. Бязрова (2002), с увеличением высоты поселения на ели, а именно в этом направлении возрастает интенсивность освещения, наблюдается рост массы лишайника *Hypogymnia physodes* на единицу площади.

Автор благодарит д.б.н., профессора Н.В. Глотова за постановку задачи и помощь при анализе материала.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 06–04–49191-а и гранта МарГУ (задание Минобразования РФ).

ЛИТЕРАТУРА

- Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. С. 23.
- Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. Биометрия: Учебное пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 263 с.
- Глотов Н.В., Теплых А.А. Изменчивость освещенности стволов сосны обыкновенной и березы повислой в условиях верхового болота // Особь и популяция — стратегии жизни. Сборник материалов IX Всероссийского популяционного семинара (Уфа, 2–6 октября 2006 г.). Уфа: Вилли Окслер, 2006. Ч. 2. С. 76–81.
- Клюшников Е.С., Левкина Л.М., Сизова Т.П., Успенская Г.Д. Об экологии лишайников территории Звенигородской биостанции МГУ // Вестник Московского университета, 1970. № 6. С. 53–56.
- Плакунова О.В., Плакунова В.Г. Влияние экологических условий на физиологическое состояние лишайников рода *Cladonia* // Изв. АН СССР, 1986, № 2. С. 279–289.
- Рябкова К.А. Лишайники Урала. Свердловск: Уральский рабочий, 1981. С. 30.
- Суетина Ю.Г., Глотов Н.В., Теплых А.А. Пространственное распределение особей *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf в сосняке вейниковом // Фундаментальные и

прикладные проблемы популяционной биологии. Сб. тез. докл. VI Всерос. популяционного семинара. Нижний Тагил, 2002. С. 164–166.

Теплых А.А. Пространственное распределение слоевищ *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf в условия верхового болота // Проблемы экологии и природопользования в бассейнах рек республики Марий Эл и сопредельных регионов. Йошкар-Ола, 2006. С.123–126.

Wirth V. Die Flechten Baden-Wurttembergs. Stuttgart: Ulmer, 1995. B. 2. S. 782–783.

ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КУМЬЯРСКИХ ОЗЕР — ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

М.Ю. Тимофеева

Марийский госуниверситет, г. Йошкар-Ола

Проблема сохранения биологического разнообразия континентальных водоемов России тесно связана с проблемой сохранения естественной структурно-функциональной организации их экосистем. Только в естественных или близких к естественным условиям возможно сохранение разнообразия генофонда гидробионтов, стремительно сокращающегося в большинстве индустриально развитых регионах России. В результате во многих из этих регионов к первоочередным задачам охраны окружающей среды относится не только охрана, но и изучение, а затем восстановление естественного облика континентальных водоемов.

Республика Марий Эл входит в состав Волго-Вятского региона, богатого водными ресурсами. Озерный фонд республики включает 649 озер различного происхождения площадью 2,5 тыс. га. Западная и центральная часть Марийского Заволжья представляет залесенную низменную территорию с песчаным слабо-волнистым рельефом и хорошо развитой гидросетью. Между долинами рек и среди болот разбросаны многочисленные озера преимущественно междонного происхождения. Ряд из этих водоемов выделены в разряд памятников природы. Среди них особый интерес представляет объект нашего исследования — Кумьярская группа озер — Верхний, Средний и Нижний Кумьяр. Водоемы представляют собой систему озер, соединенных между собой узкими протоками.

Наши исследования, проведенные в летний период 2005 г., были направлены на изучение качественного и количественного состава гидробионтов и на определение экологического состояния Кумьярских озер, которое проводилось на основании данных, полученных при расчете информационных индексов: видового разнообразия Шеннона (H), индекса доминирования Симпсона (D)

и Бельгийского биотического индекса (ББИ). Степень кормности определяли по рекомендации А. Григялиса (1985).

Верхний Кумьяр представляет собой озеро междонного происхождения, максимальная глубина — 4.3 м, прозрачность в период исследования составила 3.5 м. Озеро характеризуется илистым дном с растительными остатками и развитой растительностью, грунт песчаный или глинистый. В озере обнаружено 28 видов зообентоса. Доминирующими видами являются *Gyrinus flavidus* и *Erbopdella octoculata*. Средние значения количественных показателей развития гидробионтов составляли: численность 59.4 ± 6.1 экз./м², биомасса — 8.6 ± 0.9 г/м². По значению средней биомассы Верхнее озеро можно считать средnekормным. По спектру питания преобладают зоофаги (57%). Согласно информационным индексам бентосное сообщество озера относится к категории устойчивых ($H=3.2$, $D=0.97$). ББИ равен 9, следовательно, водоем едва испытывает антропогенное влияние.

Средний Кумьяр — междонно-карстовое озеро с максимальной глубиной 28.7 м и прозрачность 4.5 м. Среднее озеро с песчано-илистым дном отличается наибольшим обилием макрозообентоса. Средняя численность составляла 64.1 ± 8.6 экз./м², а средняя биомасса — 11.8 ± 2.7 г/м². Значение биомассы показало, что водоем — высококормный. По спектру питания доминируют зоофаги (58%). В озере высока встречаемость *Erbopdella octoculata* (42.8%) и *Leucorchinia albifrons* (57.1%). Зообентос представлен 24 видами донных животных. Самым многочисленным отрядом по числу видов являются Жуки — Coleoptera (пять видов). По значению информационных индексов ($H=3.0$, $D=0.96$) озеро относится к устойчивым. Величина ББИ, равная 9, показывает, что озеро относится к «чистому» водоему, но испытывает небольшое антропогенное влияние.

Нижний Кумьяр — также озеро междонного происхождения, с заросшими и заболоченными берегами. Глубина небольшая, всего 3.5 м, прозрачность в период исследования совпадала с глубиной. Дно озера, в основном, илистое с множеством гниющей растительности. Обилие макрозообентоса низкое: средняя численность равна 47.5 ± 11.1 экз./м², биомасса — 4.1 ± 0.9 г/м². По биомассе животных Нижний Кумьяр относится к малокормным водоемам. По спектру питания преобладают зоофаги — 47%. Всего обнаружено 16 видов макрозообентоса. Наиболее часто в пробах встречались клопы рода *Corixa* (42.8%). Доминирующей систематической группой был отряд Heteroptera (36.6% от общей численности). Согласно значениям информационных индексов ($H=3.3$, $D=0.93$) донное сообщество озера относится к категории устойчивых. В Нижнем озере ББИ равен 7, значит водоем испытывает легкое влияние стоков. Возможно, это экскременты водоплавающих птиц, многочисленных на этом озере. На кочках в середине озера и по заросшим берегам гнездится огромное количество птиц: журавли, чайки, крачки, цапли, кряквы.

В целом за период исследований донная фауна озер была представлена 42 таксонами беспозвоночных животных относящихся к девяти систематическим группам. Отмечены представители двух типов и четырех классов гидробионтов, доминируют представители класса Насекомые — 38 видов, кроме того, присутствовали олигохеты — один вид, пиявки — один вид и два вида из класса Паукообразных.

На рисунке представлено обилие (в долях от общей численности) отдельных групп зообентоса в исследуемых озерах. Как видно большое обилие в озере Верхний Кумьяр характерно для отряда *Trichoptera* — семь видов, которые составляли 23% от общей численности. В озере Средний Кумьяр наибольшее разнообразие отмечено у отряда *Odonata*, которые составили 21.8% от общей численности. В озере Нижний Кумьяр основу макрозообентоса по численности составил отряд *Heteroptera* (36.6%).

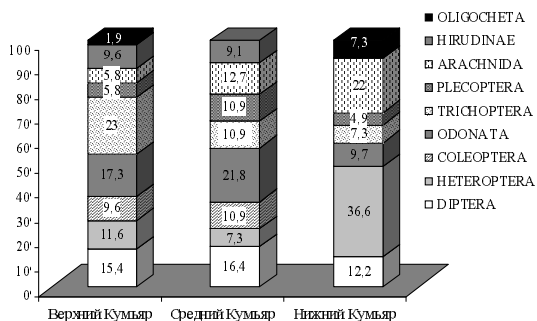


Рисунок. Соотношение обилия отдельных систематических групп в Кумьярских озерах.

Из всех видов общим для трех озер являются семь видов гидробионтов: *Argyroneta aquatica*, *Hydrachna geographica*, *Sialis morio*, *Agrypnia obsoleta*, *Gyrinus flavidus*, *Libellula quadrimaculata* и *Corixa* sp. Однофакторный дисперсионный анализ показал, что по численности макрозообентоса Кумьярские озера не отличаются друг от друга, но по биомассе различия значимы. В целом в Кумьярских озерах по спектру питания самой малочисленной группой являются зоодегритрофаги — 4.3%, а доминируют зоофаги, которые составляют 58% от общей численности макрозообентоса.

По значениям информационных индексов сообщества исследуемых озер относятся к сбалансированным, устойчивым. На период исследований экологическое состояние Кумьярских озер отличное, лишь Нижний Кумьяр испытывает незначительное влияние стоков.

ПАРАМЕТРЫ ХВОИ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В ОЦЕНКЕ ЕГО ИЗМЕНЧИВОСТИ В ЛОКАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ НА ЮЖНОМ И СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Е.А. Типкина

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Изолированные местообитания можжевельника обыкновенного на Урале являются результатом антропогенной фрагментации естественных популяций этого вида и представляют интерес как его природные формообразовательные «центры» при введении в культуру. Объектами наших исследований послужили южно-уральские популяции можжевельника обыкновенного в сравнении с локальными местообитаниями этого вида на Среднем Урале. По величине и форме хвои проведено сравнение изолированных местообитаний средне-уральской популяции можжевельника (ст. Дружинино, ст. Шаля, ст. Северка, г. Нижний Тагил), с фрагментами южно-уральской популяции (г. Катав-Ивановск, г. Златоуст, г. Нязепетровск).

Можжевельник средне-уральского происхождения имеет более широкий диапазон по форме и величине хвои, так как он находится в лучших экологических условиях, чаще всего в сосняках-зеленомошниках, преобладающих типах леса на Среднем Урале. Южно-уральская популяция можжевельника находится в иных экологических условиях (сосняк нагорный) и под антропогенным воздействием. Параметры хвои южно-уральской популяции можжевельника обыкновенного имеет средний уровень изменчивости: коэффициент вариации (CV) равен 16.5% по средней длине хвои и повышенный уровень изменчивости ($CV = 23.6\%$) по средней ширине хвои.

СООБЩЕСТВА ЗЕМЛЕРОЕК УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

О.В. Толкачев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

В настоящее время совершенно очевидно, что процесс урбанизации — одна из существенных сторон антропогенного воздействия. Город является ведущей формой территориальной и социально-экономической организации современного общества. В зоне контакта города и малотрансформированных

ландшафтов формируется своеобразный экотон (урбоэкотон) со свойствами, не характерными для естественных и урбанизированных территорий. Мелкие млекопитающие, в частности грызуны и землеройки, являются важным компонентом любого биогеоценоза лесной зоны. Закономерности формирования сообществ мелких млекопитающих не находятся в простой зависимости от антропогенной нарушенности территорий. Обуславливающий их комплекс причин сложен и связан не только с антропогенной трансформированностью растительного сообщества, но и процессами внутри сообществ (Черноусова, Толкачев, 2002). Грызуны — обычный и наиболее изученный компонент сообщества мелких млекопитающих, обитающих в городской черте. Однако бурозубки интересная и существенно менее исследованная в условиях урбанизации группа мелких млекопитающих. Цель настоящего исследования — изучить влияние урбанизации на сообщества бурозубок лесной зоны на примере крупного промышленного агломерата.

Отловы землероек проводили внутри застроенной части г. Екатеринбурга: в Дендрарии Ботанического сада УрО РАН, Центральном парке культуры и отдыха (ЦПКиО). Последний участок не изолирован полностью от лесопарковой зоны, но глубоко вклинивается в застройку. На периферии города — в окраинных лесопарках, расположенных по периметру и связанных с окружающими лесами: Калиновском, Шуваяшском, Юго-Западном и парке Лесоводов России. Участок естественного лесного насаждения в 50 км юго-восточнее г. Екатеринбурга с относительно низкой рекреационной нарушенностью был выбран в качестве условного контроля. Исследования проводили с 2004 по 2006 гг. в середине лета (конец июня — июль) и осенью (конец августа — сентябрь). Использовали стандартный зоологический метод ловушко-линий.

Ранее на участке естественного лесного насаждения нам удалось выявить три вида бурозубок — *Sorex araneus*, *S. minutus* и *S. caecutiens*. Преобладала обыкновенная бурозубка, а вторым по численности видом была средняя. В городе и его окрестностях вторым по обилию видом после *S. araneus* была малая, в контроле — средняя бурозубка (Черноусова, Толкачев, 2007). В литературе есть многочисленные, но отрывочные указания на повышенную по сравнению со многими другими видами бурозубок толерантность *S. araneus* и *S. minutus* к антропогенному воздействию. Например, по данным Е.З. Ермолаевой (2003) обыкновенная и малая бурозубки — единственные представители сем. Soricidae, которые встречаются на трансформированных территориях г. Москвы. Эти виды были обнаружены на большинстве незастроенных территорий города. При этом обыкновенная бурозубка более обильна, и, по-видимому, заселяла большее число местообитаний, чем малая.

Необходимо отметить, что предположение о том, что обыкновенная и малая бурозубки более толерантны к антропогенному воздействию, чем средняя

бурозубка, неочевидно и неоднозначно. Например, Б. Шефтель и Х. Илкка (Sheftel, Ilkka, 2002) подтвердили верность модели, которая предсказывает, что структура сообществ мелких млекопитающих, в том числе и бурозубок, должна сдвигаться от доминирования мелких видов в непродуктивных местообитаниях к доминированию крупных видов в продуктивных местообитаниях. В таком случае в лесопарках и парках г. Екатеринбурга, которые явно менее продуктивны, чем контрольный участок естественного лесного насаждения, мы наблюдали бы преобладание мелких видов (*S. minutus* и *S. caecutiens*) над более крупным (*S. araneus*), чего мы не обнаружили. Однако Г.Д. Катаев (1999) описал именно такую ситуацию на Кольском полуострове.

Оценку видового разнообразия и выравненности сообществ проводили, используя индексы Симпсона (D), Шеннона (H) и Животовского (μ) (рис. 1). Все показатели демонстрируют одни и те же тенденции. Для статистического анализа мы выбрали только индекс Шеннона, рассчитав для него значимость различий по фактору «местообитание», используя критерий Стьюдента.

В населении бурозубок мы не выявили зависимости между их общей численностью и индексом видового разнообразия, значение коэффициента корреляции оказалось низким ($r = -0.08$, $p = 0.055$). Наиболее сходными оказались сообщества бурозубок естественного лесного насаждения и Юго-Западного лесопарка. Следующую несколько отличающуюся группу формируют сходные между собой Калиновский и Шувакишский лесопарки. Дендрарий значительно отстоит от всех остальных локалитетов.

Для сравнительной оценки видового разнообразия в парках Лесоводов России и ЦПКиО с другими местообитаниями мы проанализировали индексы по данным за период 2004–2006 г.г. Величина выборок из различных местообитаний представлена в табл. 1.

По данным за три года наибольшие индексы видового разнообразия отмечены в сообществе бурозубок естественного лесного насаждения (см. рис. 1). Значимо меньшие индексы разнообразия были в Юго-Западном, Калиновском лесопарках и парке Лесоводов России (табл. 2). Еще более низкое разнообразие отмечено в Шувакишском лесопарке. За период 2004–2006 гг. в дендрарии был отловлен только один вид — обыкновенная бурозубка, поэтому на рисунке значение индекса для данного местообитания не представлено. Относительно высокие значения индексов видового разнообразия в ЦПКиО обусловлены величиной выборки, состоящей из четырех зверьков, три из которых — *S. araneus* и один — *S. minutus*.

Выравненность сообществ оценивали, используя индекс Пielу (рис. 2). Максимальная выравненность сообщества наблюдалась в контроле. Следующим по значению этого показателя был парк Лесоводов России, хотя в нем мы обнаружили только два вида бурозубок. Индексы выравненности в трехвидовых

Таблица 1. Количество особей разных видов бурозубок, отловленных в летний период 2004–2006 гг.

Вид	Локалитет					
	Контроль	Юго-Западный лесопарк	Калиновский лесопарк	Шувакинский лесопарк	Лесоводов России	ППКиО
<i>S. araneus</i>	57	42	65	64	46	3
<i>S. caecutiens</i>	14	1	1	0	0	0
<i>S. minutus</i>	6	4	7	3	6	1
Всего	77	47	73	67	52	4

Таблица 2. Значимость различий индексов разнообразия *H* по *t*-критерию Стьюдента

	Контроль	Дендрарий	Калиновский	Лесоводов	Шувакинский	ППКиО
Контроль	-					
Дендрарий	10.80**	-				
Калиновский	9.10**	4.99**	-			
Лесоводов	13.34**	1.88	1.15	-		
Шувакинский	14.39**	3.27*	3.80**	3.70**	-	
ППКиО	0.60	1.93	0.63	0.73	1.33	-
ЮЗ	3.90**	3.56*	0.07	0.42	2.20	0.63

Примечание: * – значимо при $p < 0.05$; ** – при $p < 0.01$

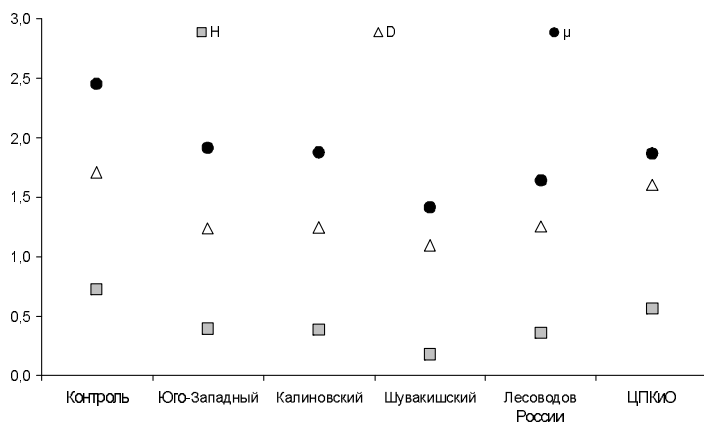


Рис. 1. Индексы видового разнообразия для изученных локалитетов: D — индекс Симпсона, H — индекс Шеннона, μ — индекс Животовского.

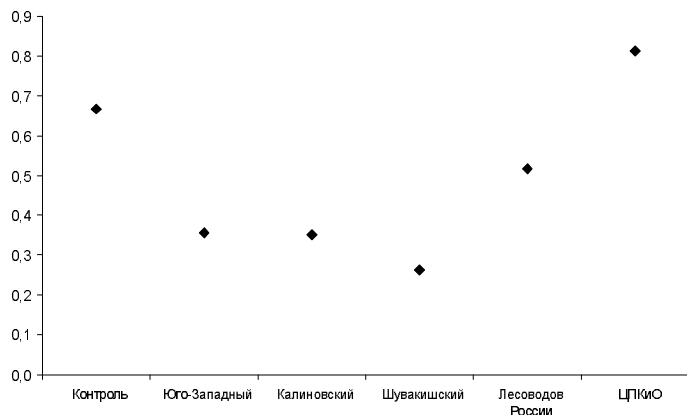


Рис. 2. Выравненность видового состава сообществ бурозубок различных локалитетов по индексу Пилеу.

сообществах Калиновского и Юго-Западного лесопарков оказались ниже. Наименьшую выравненность в рассматриваемый период в двухвидовых и более сообществах мы наблюдали в Шувакишском лесопарке.

Проанализировав показатели α -разнообразия сообществ бурозубок различных местообитаний, мы провели оценку β -разнообразия, применив для этого индекс сходства Чекановского-Съеренсена. При анализе дендрограммы

(рис. 3) видно, что наиболее сходны сообщества Калиновского и Юго-Западного лесопарков. Близок к ним парк Лесоводов России. Дендрарий и Шуваловский лесопарк образуют отдельный кластер. Контроль отличается от всех остальных локалитетов.

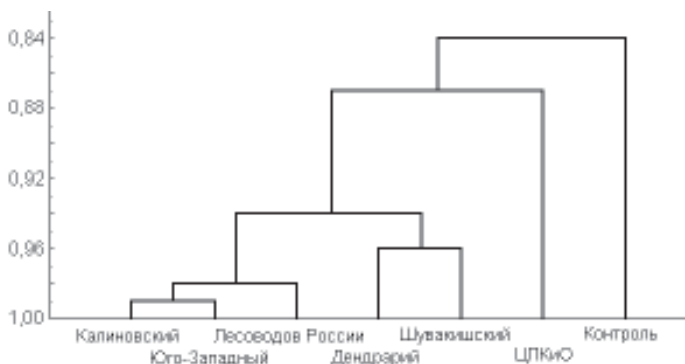


Рис. 3. Дендрограмма, построенная по индексам сходства Чекановского-Сьерсенсена.

Вероятно, наблюдаемые различия в индексах разнообразия и выравненности видового состава в сообществах бурозубок во многом обусловлены рекреационной нарушенностью лесопарков. Исключением является дендрарий, где рекреация минимальна. Этот локалитет занимает в нашем исследовании особое место в связи с уникальностью его положения и режима использования. Он находится внутри города, но закрыт для посещения, и в значительной степени изолирован от лесопарковой зоны. По состоянию подлеска и травяно-кустарничкового яруса дендрарий занимает промежуточное положение между лесопарками и естественным лесным насаждением. Отсутствие пресса рекреации благоприятно для мелких млекопитающих, обитающих в дендрарии, но его небольшие размеры (около 50 га) и фактическая изолированность от лесов, видимо, и послужили причиной очень низкой численности бурозубок. При этом индекс видового разнообразия в дендрарии не самый низкий, но его значение, как мы уже упоминали, может быть статистическим артефактом.

Окраинные лесопарки превосходят дендрарий по размерам и спектру биотопов, поэтому индексы разнообразия и выравненности видового состава в них в основном выше, чем в дендрарии, но ниже, чем в контроле, так как менее эвритопные и экологически пластичные виды оказываются более чувствительными к антропогенному воздействию.

Мы проанализировали, как изменяется численность и видовое разнообразие сообществ бурозубок летом и осенью. Почти во всех случаях численность бурозубок увеличивалась к осени (рис. 4). По-видимому, структура сообществ бурозубок остается стабильной в летне-осенний период.

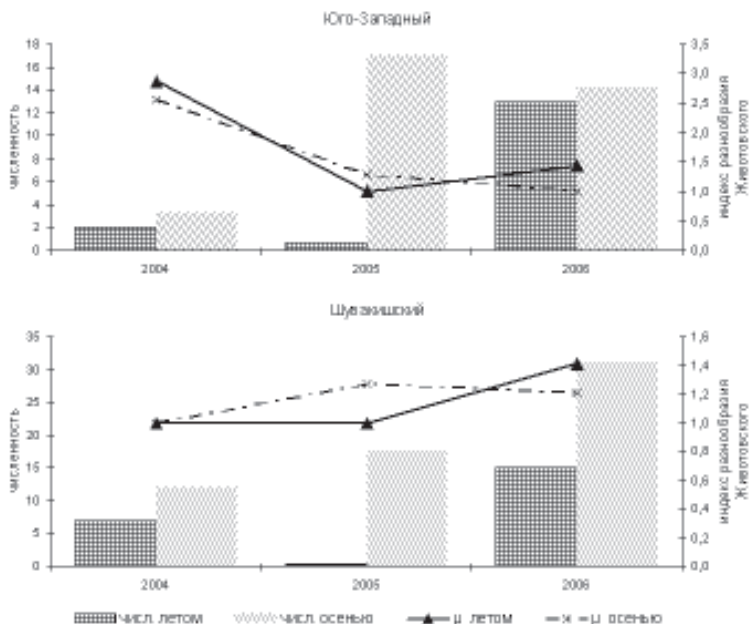


Рис. 4. Индексы разнообразия и численность летом и осенью в Юго-Западном и Шувакишском лесопарках.

Таким образом, на урбанизированных территориях видовое разнообразие бурозубок снижается, и распределение видов становится менее равномерным, смещаясь в сторону доминирования наиболее экологически пластичного вида — *S. araneus*. На высокую степень экологической пластичности этого вида, обеспечивающую, в том числе, и существование на антропогенно-трансформированных ландшафтах, указывают и другие авторы (Денисова, 1997; Minkova, Popov, 2002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Денисова И.С. Население мелких млекопитающих Казацкого участка Центрально-Черноземного заповедника и некоторые особенности его формирования // Тр. Центр.-Чернозем гос. заповедника. 1997. № 15. С. 171–180.

- Ермолаева Е.З. Пространственное распределение и особенности колебания численности мелких млекопитающих Москвы (1967–1998) // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2003. 24 с.
- Катаев Г.Д. Насекомоядерные млекопитающие (Sordicidae, Mammalia) северотаежных экосистем и атмосферное загрязнение // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Финноскандии. Петрозаводск, 1999. С. 81–82.
- Черноусова Н.Ф., Толкачев О.В. Особенности динамики и видового разнообразия бурузубок урбанизированных территорий // Экология. 2007. № 3. С. 236–240.
- Chernousova N.F., Tolkach O.V. Effect of urbanisation on some forest ecosystem components // Ecology in a Changing World: Proc. of the VIII INTECOL Intern. Congr. of Ecology, Aug. 11–18, 2002, Seoul, Korea. 2002. P. 34–35.
- Minkova T.V., Popov V.V. Spatial patterns of terrestrial small mammal communities in Central Western Bulgaria (Mammalia: Insectivora, Rodentia) // Acta Zool. Bulg. 2002. Vol. 54. № 3. P. 55–74.
- Sheftel B.I., Ilkka H. Species richness, relative abundances and habitat use in local assemblages of Sorex shrews in Eurasian boreal forests // Acta Theriol. 2002. Vol. 47. № 1. P. 69–79.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ

А.Б. Трубянов

Марийский госуниверситет, г. Йошкар-Ола

Биологическая оценка качества среды даёт возможность интегральной характеристики качества окружающей среды. Одним из перспективных подходов в рамках этого направления является оценка состояния живых организмов по стабильности развития.

Флуктуирующая асимметрия (ФА) — это небольшие случайные отклонения от строгой симметрии (Захаров, 1987; Van Dongen et al., 2005). Флуктуирующая асимметрия рассматривается в качестве меры нестабильности развития, являющейся результатом совместного действия шумов развития и стабильности развития (Van Dongen et al., 2005). Мы будем предполагать, что развитие любых признаков сопровождается случайными стохастическими процессами вдоль траектории развития (так называемые шумы развития) и могут существовать процессы, которые являются буфером развития признаков против разрушений (то есть стабильность развития.). Вследствие взаимодействия обоих процессов реальный фенотип отличается от ожидаемого, обуслов-

ленного генотипом вида, и является следствием состояния окружающей среды в период развития. Когда шумы развития сильны и/или стабильность развития слаба, фенотип с большей вероятностью отклонится от ожидаемого значения. Это послышки высокой степени нестабильности развития (Van Dongen et al., 2005).

Билатерально симметричные признаки очень удобны при изучении нестабильности развития, так как предполагается, что признак на обеих сторонах организма развивается при идентичных условиях окружающей среды, вследствие чего ожидаются одинаковые фенотипы на левой и правой сторонах. Любые отклонения от строгой симметрии могут быть тогда рассмотрены как отражение нестабильности развития, когда эффекты шумов и стабильности не могут быть разделены. Таким образом, стабильность развития характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии морфологических структур. Поэтому оценка флуктуирующей асимметрии широко используется при оценке состояния среды (Захаров и др., 2000; Гелашвили и др., 2004, 2005; Мокров, 2005).

В качестве оценки флуктуирующей асимметрии используются различные показатели (Захаров и др., 2000; Гелашвили и др., 2004, 2005; Palmer and Strobeck, 1986, 2003; Graham et al., 1998; Klingenberg et al., 2002). В данной работе рассмотрим лишь два показателя хорошо известных в отечественной литературе. Это показатель, предложенный В.М. Захаровым с соавторами (Z) и показатель предложенный Д.Б. Гелашвили с соавторами (G):

$$Z = \frac{1}{m \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|L_{ij} - R_{ij}|}{(L_{ij} + R_{ij})} \quad G = 1 - \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{2 \cdot \sum_{j=1}^n L_{ij} \cdot R_{ij}}{\sum_{j=1}^n (L_{ij}^2 + R_{ij}^2)}$$

Подробный аналитический разбор этих показателей осуществлен ранее (Готов, Трубянов, 2006). Здесь приведена и реализована имитационная модель показателей флуктуирующей асимметрии, основанная на методе Монте-Карло с некоторыми его модификациями при оценке параметров.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Моделирование показателей флуктуирующей асимметрии производится на основе метода Монте-Карло.

Пусть признак 1 на левой стороне описывается случайной величиной $X_1^{(1)} \sim N(\mu_1^{(1)}, \sigma_1^{(1)})$ и признак справа — случайной величиной $X_2^{(1)} \sim N(\mu_2^{(1)}, \sigma_2^{(1)})$. $X_1^{(1)}$ и $X_2^{(1)}$ скоррелированы, коэффициент корреляции $\rho^{(1)}$.

Тогда значение признака 1 у i -го объекта слева $L_i^{(1)}$ и справа $R_i^{(1)}$ суть единичная реализация двумерной случайной величины $(X_1^{(1)}, X_2^{(1)}) \sim N(\mu_1^{(1)}, \mu_2^{(1)}, \sigma_1^{(1)}, \sigma_2^{(1)}, \rho^{(1)})$. Аналогично — для признаков 2, ..., 4.

Таким образом, моделируем при помощи датчика псевдослучайных чисел для каждого признака двумерную нормальную случайную величину $(L_{\bullet j}^{model}, R_{\bullet j}^{model}) \sim N_2(\mu_1^j, \mu_2^j, \sigma_1^j, \sigma_2^j, \rho)$, объем смоделированных данных 100000. В качестве параметров модели используются их соответствующие оценки. Моделирование производилось в программе Matlab 6.3.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

В работе использованы экспериментальные материалы по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой, любезно предоставленные профессором Д.Б. Гелашвили. Материал был собран в июле-августе 2004 г. в заречной части г. Нижнего Новгорода в пяти местообитаниях, по десять листьев с отдельного дерева; общий объём выборки $n=500$. Мы проводим рассмотрение выборки в целом, без детализации по местообитаниям и отдельным деревьям.

Признаки листовой пластинки берёзы повислой очень удобны при характеристике стабильности развития и состояния здоровья среды (Захаров и др., 2000). В настоящее время использование показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой рекомендовано в нормативных документах экологических служб (Методические..., 2003).

На левой и правой сторонах листовой пластинки измеряются (мм) следующие четыре признака: ширина листа (посередине листовой пластинки), длина второй от основания жилки второго порядка, расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка, расстояние между концами этих жилок. В дальнейшем указываются номера признаков без повторения их названий. Важно подчеркнуть, что, поскольку изучается именно флуктуирующая асимметрия, отбирались глазомерно-симметричные листья без явно выраженной аномальной асимметрии строения.

Для анализа исходных выборочных данных рассмотрим эмпирические распределения значений признаков слева и справа. В табл. 1 представлены основные характеристики этих выборок.

Естественно предположить, что значения каждого признака слева и справа у одного биологического объекта скоррелированы. Для выявления меры этой связи вычислим коэффициенты корреляции. При помощи критерия Фишера проверим гипотезы о равенстве дисперсий, а с помощью критерия Стьюдента — гипотезы о равенстве средних значений слева и справа для каждого признака (табл. 2).

Таблица 1. Характеристики значений признаков листовой пластинки

№ признака	сторона	Статистические параметры				
		среднее	медиана	стандартное отклонение	коэффициент асимметрии	эксцесс
1	левая	22.1 ± 0.29	22	3.28 ± 0.19	0.17 ± 0.109	3.18 ± 0.218
	правая	22.3 ± 0.28	22	3.16 ± 0.18	0.12 ± 0.109	2.81 ± 0.218
2	левая	36.1 ± 0.41	35	4.71 ± 0.28	0.16 ± 0.109	2.54 ± 0.218
	правая	36.0 ± 0.41	36	4.64 ± 0.27	0.17 ± 0.109	2.68 ± 0.218
3	левая	5.2 ± 0.14	5	1.59 ± 0.093	0.50 ± 0.109	3.77 ± 0.218
	правая	5.2 ± 0.14	5	1.59 ± 0.093	0.28 ± 0.109	3.44 ± 0.218
4	левая	13.3 ± 0.18	13	2.00 ± 0.12	-0.12 ± 0.109	2.74 ± 0.218
	правая	12.5 ± 0.17	13	1.97 ± 0.12	-0.18 ± 0.109	3.48 ± 0.218

Таблица 2. Сравнение значений признаков слева и справа и мера их связи

№ признака	Коэффициент корреляции	Сравнение дисперсий ($\nu_1, \nu_2 = 499$)	Вывод	Сравнение средних ($\nu = 998$)	Вывод
1	0.7309 ± 0.0437	$F=1.08$ $p=0.65$	дисперсии равны	$t=-2.35$ $p=0.019$	средние не равны
2	0.8734 ± 0.0225	$F=1.03$ $p=0.56$	дисперсии равны	$t=0.79$ $p=0.431$	средние равны
3	0.6021 ± 0.059	$F=1.00$ $p=0.50$	дисперсии равны	$t=-0.03$ $p=0.975$	средние равны
4	0.5467 ± 0.0646	$F=1.00$ $p=0.50$	дисперсии равны	$t=8.85$ $p=0.00001$	средние не равны

Проверка согласия выборочных распределений с нормальным с помощью критерия Колмогорова-Смирнова с поправкой Несенко-Тюринга показало значимое отклонение от нормальности во всех случаях. Однако все распределения унимодальные и имеют тенденцию к отклонению от нормальности за счёт правосторонней асимметрии. Известно (Андерсон, 1963; Глотов и др., 1982), что такого рода выборочные распределения достаточно хорошо описываются нормальным распределением.

СОГЛАСИЕ МОДЕЛИ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ

По экспериментальным и модельным данным вычислялись соответствующие показатели флуктуирующей асимметрии Z и G . Затем проверка согласия модели и эксперимента проводилась при помощи критерия χ^2 . Несмотря на то, что визуально модель очень хорошо описывает эксперимент (рис. 1 и 2), критерий Пирсона выявил значимые различия (для Z : $\chi^2=97.83$, $df=12$, $p=1.4 \times 10^{-15}$; для G : $\chi^2=24.55$, $df=9$, $p=0.0035$).

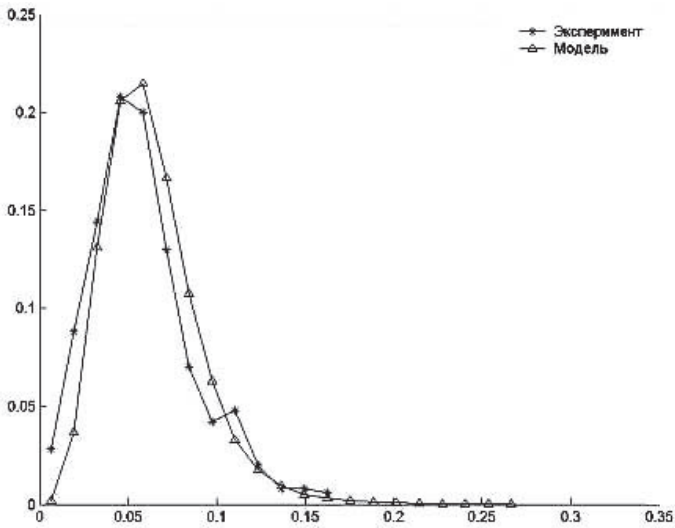


Рис. 1. Сравнение модели и эксперимента для Z.

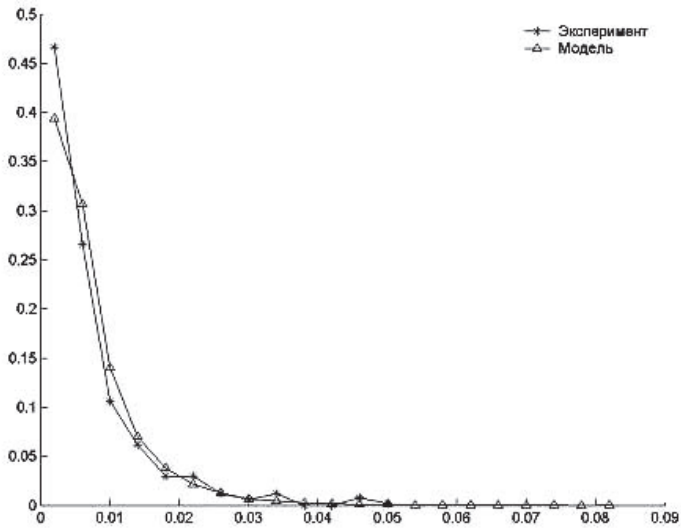


Рис. 2. Сравнение модели и эксперимента для G.

Следует учесть, что при моделировании двумерного гауссова вектора мы используем не сами параметры, а их точечные оценки, поэтому воспользуемся интервальными оценками параметров. Возьмем для каждой оценки параметра пять значений из 95%-го доверительного интервала. Имеем пять возможных значений для каждого из 20-ти оцениваемых параметров. Так как количество всевозможных комбинаций очень велико (5^{20}), то будем случайным образом извлекать наборы параметров, моделировать по ним показатели флуктуирующей асимметрии и сравнивать модель с экспериментом. Для каждого показателя (Z и G) произведем моделирование 1000 раз. Вычисленные значения χ^2 -ов для Z и G изображены на рисунках 3 и 4.

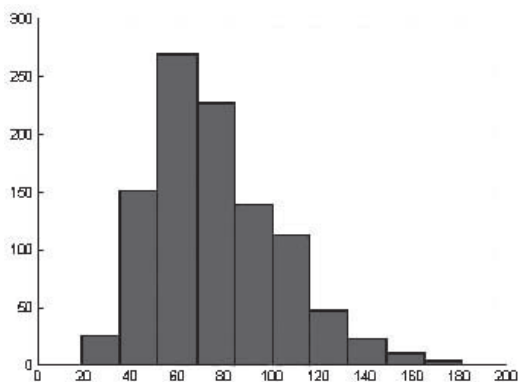


Рис. 3. Гистограммы
 χ^2 -ов для Z .

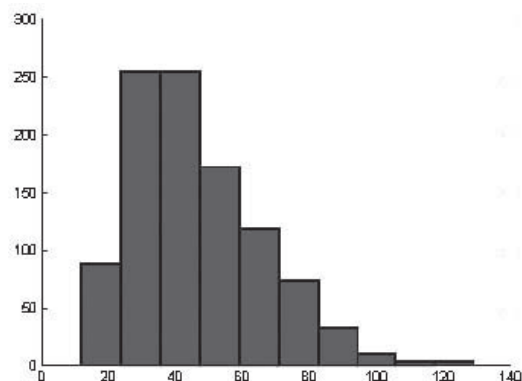


Рис. 4. Гистограммы
 χ^2 -ов для G .

Минимальные значения χ^2 -ов позволяют сделать выводы о согласии модельных и экспериментальных распределений значения показателей ФА.

Таким образом, отклонение модели от эксперимента можно частично объяснить проблемой оценки параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученное согласие модели и эксперимента позволяет сделать предположение, что истинный смысл значения ФА заключается не в подборе различных показателей, а в характере распределения признаков слева и справа и величине корреляции между ними.

Дальнейшие исследования предполагается проводить в следующих направлениях: 1) использовать для моделирования распределения, отличные от нормального; 2) исследовать роль величины ошибки, возникающей при измерении признаков; 3) рассмотреть способы введения нормировки для перехода к безразмерным признакам; 4) использовать другие биологические объекты для проверки согласия с моделью.

Автор выражает благодарность д.б.н., профессору Н.В. Глотову за помощь в выполнении работы. Также автор благодарит Д.Б. Гелашвили, С.М. Ермакова и Г.Ю. Софронова за обсуждение настоящей работы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 06–04–49191) и гранта МарГУ (задание Минобрнауки РФ).

ЛИТЕРАТУРА

- Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ М.: Физматгиз, 1963. 500 с.
- Гелашвили Д.Б., Логинов В.В., Мокров И.В., Силкин А.А. Структурно-информационные показатели флуктуирующей асимметрии организмов в биоиндикационных исследованиях // Методы популяционной биологии. Матер. VII Всерос. Популяционного семинара, Сыктывкар, 2004. Ч. 2. С. 52–62.
- Гелашвили Д.Б., Марычев М.О., Чагков Н.В. и др. Автоматическая оценка псевдосимметрии листовой пластинки берёзы повислой // Популяции в пространстве и времени. Матер. VIII Всерос. Популяционного семинара. Н. Новгород, 2005. С. 60–62.
- Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. Биометрия. Л.: изд-во Ленингр. Ун-та, 1982. 263 с.
- Глотов Н.В., Трубянов А.Б. Анализ показателей флуктуирующей асимметрии // Особь и популяция — стратегии жизни. Матер. IX Всерос. Популяционного семинара, Уфа, 2003. Ч. 2. С. 82–87.
- Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987, 216 с.
- Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 65 с. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур); введена 16.10.03. № 460-Р. М., 2003. 24 с.

- Graham J.H., Emlen J.M., Freeman D.C. et al. Directional asymmetry and the measurement of developmental instability // Biological Journal of the Linnean Society. 1998. Vol. 64. P. 1–16.
- Klingenberg C.P., Barluenga M., Meyer A. Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry // Evolution. 2002. Vol. 56. P. 1909–1920.
- Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns // Annual review of ecology and systematics. 1986. Vol. 17. P. 391–421.
- Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry analysis revisited / Ed. M. Polak, Developmental instability (DI): causes and consequences Oxford Univ. Press, 2003. P. 279–319.
- Van Dongen S., Talloen W., Lens L. High variation in developmental instability under non-normal developmental error: A Bayesian perspective // Journal of Theoretical Biology. 2005. Vol. 236. P. 263–275.

НЕКОТОРЫЕ СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛООВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

С.Р. Тукманова

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

Фауне водоемов-охладителей посвящено довольно большее число исследований, гораздо меньше изучены вопросы, касающиеся жизни высших водных растений в условиях повышенной температуры воды.

Исследования проводились в течение 2003–2006 гг. на акваториях Ижевского пруда (Республика Удмуртия), Кармановского водохранилища (Республика Башкортостан), водохранилища Сургутской ГРЭС-1 (Ханты-Мансийский автономный округ).

В ходе ботанических исследований на акватории и в прибрежной зоне изучаемых водохранилищ выявлено произрастание новых, ранее неизвестных для данных регионов, видов растений. Так, *Najas major* впервые найден на территории Башкортостан. *Vallisneria spiralis* найдена в Кармановском и Сургутском водохранилищах. Эти находки являются первыми для изученных водоемов, хотя о широком распространении *V. spiralis* в водоемах-охладителях известно давно. *Potamogeton gramineus* найден на мелководьях Кармановской ГРЭС. Это новое местонахождение редкого в Вятско-Камском крае вида. *Phragmites altissimus* найден в Кармановском водохранилище — ранее он не указывался для территории Башкортостана.

Выявлено, что фенофазы *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Potamogeton lucens*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor* и *Spirodela polyrrhiza*, подвергающихся воздействию сбрасываемых подогретых вод, сдвинуты вперёд в среднем на 10–15 дней, причём сами фазы несколько укорачиваются, развитие растений происходит более интенсивно. Изучение продукционных процессов показало значительное превышение надземной биомассы всех исследованных фитоценозов в зоне влияния подогретых вод (в 0.7–1.2 раз).

При изучении влияния подогретых вод на анатомо-морфологическую структуру макрофитов выявлено, что площадь фронда *L. minor*, выросшей на опытном участке, достоверно меньше, чем у контрольной ряски, а длина корней опытных растений ряски, напротив, больше по сравнению с контролем. Различаются по длине корней также опытные и контрольные растения *S. polyrrhiza* при отсутствии достоверных различий по другим изученным признакам. Можно предположить, что на морфометрических параметрах в рассматриваемых видах сказывается дефицит кислорода, растворимость которого в тёплой воде существенно снижается, а потребность в нём организмов повышается. При изучении особенностей морфологии гелофитов, произрастающих в зоне влияния подогретых вод, выявлено, что повышенная температура водной среды действует благоприятно на рост и развитие *P. australis*. В то же время обнаружено отрицательное влияние повышенной температуры воды на развитие генеративной сферы *T. angustifolia*, опытные растения которого по сравнению с контрольными образцами имели меньшие размеры женского и мужского соцветий.

На анатомическом уровне наблюдается отчётливая тенденция уменьшения линейных размеров структурных элементов эпидермы и, как следствие, их более плотного расположения на единице поверхности у растений, подвергавшихся воздействию подогретых вод.

Таким образом под влиянием повышенной температуры наблюдаются изменения структурно-функциональных показателей макрофитов, которые носят неспецифический характер и могут иметь биоиндикационное значение.

ВЛИЯНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОБРА НА ЗООБЕНТОС СИСТЕМЫ РЕКИ СУМКИ (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

О.Н. Туманов

Казанский госуниверситет

Наряду с воздействием человеческой деятельности на экосистемы малых рек в ряде регионов России в настоящее время все значимее становится влияние зоогенного фактора — жизнедеятельности бобра. Многочисленные публикации,

особенно последних лет, убедительно демонстрируют, что бобры (род *Castor*) являются ключевыми видами, существенно влияющими на процессы ландшафтного уровня как в наземной, так и в водной среде. Несмотря на то, что в России в настоящее время существует довольно большое число восстановленных популяций бобра, информация о влиянии бобров на водные и околотовные экосистемы почти отсутствует (Завьялов, 2005). В связи с этим исследования последствий реинтродукции бобра и связанных с ней сукцессионных процессов в водных экосистемах становятся особенно актуальными.

Видовой состав и количественное развитие биоценозов донных организмов надежно характеризуют степень загрязнения грунта и придонного слоя воды (Руководство..., 1977). Теоретическая предпосылка работы заключается в том, что жизнедеятельность бобра вызывает локальные изменения в структуре экосистемы, а, значит, и в популяциях гидробионтов.

На территории Раифского участка Волжско-Камского государственного природного заповедника (Республика Татарстан) бобровые пруды обнаружены на малых реках Сер-Булак (приток оз. Линево) и Сумка (приток оз. Белое) (Труды..., 2001). Ряд участков этих рек зарегулирован плотинами бобров.

Цель работы — исследование видового состава и структуры, количественных показателей численности и биомассы зообентоса в бобровых прудах малых рек Сумка и Сер-Булак.

РАЙОН И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемый участок заповедника, имеющий площадь 5921 га, расположен в 25 км к западу от г. Казани (Тайсин, 1967). Основная гидросистема Раифского участка — р. Сумка (длина 37.5 км) с ее основным притоком — р. Сер-Булак (длина 11.5 км), связанная с десятью большими и малыми озерами заповедного участка и его охранной зоны.

Отбор проб проводили в истоке р. Сумки — одном из трех ручьев; дальше по течению, вплоть до зарегулирования стока бобровыми плотинами и ниже, — на участках, не модифицированных бобрами. На р. Сер-Булак пробы отбирали в его левом притоке — ручье Малый Сер-Булак и непосредственно в русле Сер-Булака (в бобровых прудах и ниже плотин).

На р. Сумка в течение вегетационного периода (с 14.06 по 27.10.2005 г.) было отобрано восемь проб, с каждой станции по одной пробе. В 2005 г. на р. Сер-Булак все станции были исследованы в течение всего вегетационного периода (с 28.04 по 5.10.2005 г.), пробы отбирали по возможности два раза в месяц. Кроме того, использованы материалы, собранные в течение летне-осеннего периода 2004 и 2003 гг. (Туманов, 2005). Всего отобрано 74 пробы. Для полноценного анализа бентофауны пробы взяты на различных участках водотока: в условиях стоячих вод, небольшого и относительно быстрого течения.

С каждой станции брали по одной пробе в соответствии с общепринятыми методами (Методические..., 1989). Пробы отбирали с помощью ручного сачка. Так как дно водоемов завалено стволами деревьев, пользоваться дночерпателями не представлялось возможным. При разборе количественных проб представителей каждой группы подсчитывали и взвешивали.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зарегулирование плотинами русла реки значительно изменяет ее гидрологический режим и условия существования бентосных организмов. Всего в р. Сумке было обнаружено 39 таксонов макрозообентоса рангом вида и выше. В составе бентоса в верховье реки преобладают типично реофильные виды, такие как личинки поденок *Centroptilum luteolum* и ручейников *Chaetopteryx sahlbergi*. Эти виды обнаружены только на этой станции, в прудах они не выявлены. Бентофауна на ст. № 2 (незарегулированный участок реки ниже по течению), также представлена реофильными видами. Из пяти видов, обнаруженных на этом участке реки, лишь один — моллюск *Bithynia tentaculata* — обитатель постоянных (стоячих и проточных) водоемов. Начиная со ст. № 3 (первый бобровый пруд из каскада прудов вдоль русла реки), доля реофильных видов неуклонно падает. Тем не менее, наличие незначительного числа видов-реофилов на ст. № 6 (нижний пруд) свидетельствует о том, что бобровые пруды пригодны не только для существования лимнофильной фауны, но и реофильной — при наличии доступных экологических ниш.

В литоральной зоне р. Сер-Булак на шести станциях был обнаружен 51 таксон макрозообентоса. В пробах на ст. № 1 (незарегулированный бобрами участок ручья Малый Сер-Булак) в 2004 г. были представлены обычные в пресных водоемах систематические группы зообентоса. В сентябре 2003 г. на этой станции организмы вообще отсутствовали. В 2005 г. было обнаружено три таксона только в апреле, в дальнейшем отбирать пробы на этой станции стало невозможным, в связи с резким падением уровня воды, обусловленным покиданием бобром своего жилища ниже по течению (ст. № 2). Эта станция (первый бобровый пруд из каскада прудов) характеризуется наивысшим индексом видового богатства. Покидание бобром местообитания не оказало существенного влияния на бентофауну данного участка, так как плотина сохранилась.

Особенностью видового состава на ст. № 3 (самый крупный бобровый пруд в русле р. Сер-Булак) является наличие нимф поденок и личинок хаоборусов в течение всего вегетационного периода. Максимальное число видов приходится на июнь — девять видов в 2004 и 11 — в 2005 гг., а минимальное — два — на конец октября 2004 г. Такое качественное обеднение, вероятно, обусловлено пробоем плотины и выносом гидробионтов ниже по течению. Из всех групп организ-

мов, обнаруженных на этой станции до разрушения плотины (моллюски, полужесткокрылые, жуки), остались только две — поденки *Cloeon dipterum* и двукрылые *Chaoborus flavicans*. В 2005 г. видовой состав бентофауны восстановился. Фауна на ст. № 4 (участок реки ниже плотины) в целом сходна с таковой на ст. № 3, но отличается наименьшим индексом видового богатства, как в 2004, так и в 2005 гг. Явно доминирующей группой (около 65% численности) являются двукрылые. Особенности фауны на ст. № 5 (небольшой бобровый пруд ниже по течению) — стабильное число видов в течение всего вегетационного периода, а также наивысший средний показатель индекса Шеннона (1.92 ± 0.16) в 2005 г. Вероятно, это может характеризовать стабильность биоценоза. Данный бобровый пруд образован небольшой плотинкой и, вследствие этого, более стабилен по отношению к крупному пруду (ст. № 3), отличающемуся колебанием уровня воды в течение вегетационного периода. Особенность видового состава на ст. № 6 (участок реки ниже плотины) — значительная доля олигохет, постоянно обнаруживаемых в пробах.

ВЫВОДЫ

1. Для зообентоса рек Сумка и Сер-Булак с 1996 г. (начало реинтродукции бобра) во многом определяющим стал зоогенный фактор — жизнедеятельность бобра. 2. В бобровых прудах наблюдается смена реофильной фауны на лимнофильную, а также повышение величин индексов Шеннона, выравнинности и видового богатства. 3. В целом в бобровых прудах, особенно в малых, формируются благоприятные для зообентоса условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Завьялов Н.А. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек. М.: Наука, 2005. С. 7–9.
- Методические рекомендации по изучению гидробиологического режима малых рек / Сост. Комулайнен С.Ф., Круглова А.Н., Хренников В.В., Широков В.А. Петрозаводск, 1989. 42 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 8–32.
- Тайсин А.С. Поверхностные воды Раифского участка Волжско-Камского заповедника // Сб. IV КГПИ. Казань, 1967. С. 114–125.
- Труды первого Евро-Американского конгресса по бобру. Труды Волжско-Камского природного заповедника. Вып. 4 / Под ред. И. Бушера и Ю.А. Горшкова. Казань, 2001. С. 158–165.
- Туманов О.Н. Особенности зообентоса малых рек в зоне жизнедеятельности бобра (на примере реки Сер-Булак) // Экология и научно-технический прогресс. Пермь, 2005. С. 277–281.

ИЗУЧЕНИЕ ПИТАНИЯ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ МЕТОДОМ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО КОРМА В НЕВОЛЕ

М.А. Федякина*, Е.М. Первушина**, Н.В. Николаева**

* Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург,

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

Летучие мыши, поедая в больших количествах ночных насекомых, являются неотъемлемым компонентом лесных биоценозов Палеарктики. Несмотря на это, сведений о функциональных (трофических) взаимосвязях этих животных крайне мало. В настоящее время такие данные получают, главным образом, методом определения пищевых остатков в экскрементах летучих мышей. Этот метод, выявляя крупные таксоны поедаемых членистоногих, не позволяет определить их размерные характеристики и видовую принадлежность. На наш взгляд, эти аспекты можно изучить методом предложения естественного корма в неволе, который нередко применяют для других млекопитающих. Цель работы — разработка экспериментальной методики предложения естественного корма в неволе и изучение с ее помощью пищевых предпочтений двух видов летучих мышей.

Для исследований были выбраны фоновые на юге лесной зоны Среднего Урала виды рукокрылых: водяная ночница (*Myotis daubentonii* Khul, 1817) и двцветный кожан (*Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758), которые экологически различаются. Двцветный кожан (длина тела 54–64 мм) является представителем группы «охотников открытых пространств», которые характеризуются коротким лицевым отделом черепа и развитыми клыками, мощный ротовой аппарат делает их независимыми от размеров и «консистенции» добычи. Меньшую по размерам водяную ночницу (длина тела 47–60 мм) относят к группе «воздушных охотников пересеченных пространств», способных к быстрому и достаточно маневренному полету; их челюстной аппарат рассчитан на небольшой размер жертвы (Крускоп, 1996).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные работы проводили летом 2004–2005 гг. Животных отлавливали в окрестностях Биологической станции УрГУ (Сысертский район Свердловской области), во время эксперимента их содержали в клетках размером 100×90×50 см и приучали к кормлению с пинцета в течение 1–2 дней. Животные, не бравшие пищу по истечению этого срока, не наблюдались. Эксперимент с каждой особью проводили в течение двух дней в активное время суток — ночью. Небольшая продолжительность эксперимента является важным условием, поскольку животные быстро привыкают к неволе и корму, выбирая наиболее «вкусный» корм, который

в природе не всегда могут добыть, что сильно искажает результаты опытов. На основании литературных данных по питанию изучаемых видов (Bauerova, Ruprecht, 1989; Arnold et al., 2001) и сведений о разнообразии ночных членистоногих, отловленных светоловушкой в районе исследований, нами были выделены для экспериментов 16 групп насекомых с учетом их размерных характеристик и систематического положения (таблица).

Предварительно был собран коллекционный материал. Для эксперимента отлов ночных насекомых производили с помощью энтомологического сачка и светоловушки без морителя. В состав групп чаще входили массовые отряды и виды насекомых. Из каждой группы отбирали по шесть особей (для бабочек и жуков — по две особи каждого вида по возможности) и подавали летучим мышам подвижными с помощью пинцета, причем максимальное число подач было не более пяти, после чего насекомое считали не поедаемым. На протяжении 21 суток корм предлагали 17 особям двух видов рукокрылых.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что число поедаемых летучими мышами насекомых разных групп положительно коррелирует с числом предложенных насекомых (коэффициент корреляции Пирсона $0.30 \leq r \leq 0.99$; $0.5 > p < 0.05$). Тем самым рекомендуемый нами метод изучения питания рукокрылых требует большого числа повторностей и является трудоемким.

На небольшом материале, который был нами получен, можно показать некоторые закономерности (см. таблицу). Оба изучаемых вида летучих мышей поедают широкий спектр насекомых разных групп, но менее предпочитаемы наездники и крупные бабочки. Это согласуется с литературными данными о питании видов в природе, которые получены путем определения насекомых в экскрементах животных на территории Германии и Польши (Bauerova, Ruprecht, 1989; Arnold et al., 2001). Согласно этим авторам, в питании изучаемых видов среди разных отрядов насекомых большую долю составляют двукрылые и ручейники, но у двукрылого кожана также велика доля жуков и бабочек. Наши эксперименты показали, что водяные ночницы значимо реже, чем двукрылые кожаны, съедали предлагаемых крупных поденок ($\chi^2=3.85$, $p<0.05$), мелких жуков ($\chi^2=16.78$, $p<0.001$) и совсем не поедали крупных.

Таким образом, благодаря мощным челюстям, двукрылые кожаны действительно питаются относительно крупными насекомыми с твердым и мягким хитиновым покровом. Но оба вида летучих мышей способны поедать мелких и средних бабочек и не всегда могут справиться с активными крупными представителями шестой группы. Помимо этого, были выявлены наименее предпочитаемые (поедались в 0–33.3% случаев) виды насекомых (*Hyponomeuta evonymellus*, *Eilema complana*, *Milthochrista miniata*, *Calospilos sylvata*, *Abraxas glossulariata*, *Lymantria*

Таблица. Группы насекомых для эксперимента по предложению
естественного корма в неволе

№	Группа насекомых	Размер тела	Семейства насекомых	Число видов	Количество предложенных % съеденных насекомых	
					<i>V. murinus</i> (9 особей)	<i>M. daubentonii</i> (8 особей)
отр. Lepidoptera (Чешуекрылые)						
1	бабочки тонкотелые	<10 мм	Geometridae	4		
			Hypocritidae	1	61	56
			Arctiidae	2	67.2	44.6
			Pyrallidae	1		
2	бабочки тонкотелые	>10 мм	Geometridae	13	93	125
			Drepanidae	1	76.3	80.0
			Pyrallidae	2		
3	бабочки толстотелые	10-15 мм	Noctuidae	9		
			Notodontidae	1	88	73
			Lymantriidae	1	96.6	71.2
			Arctiidae	3		
4	бабочки толстотелые	15-20 мм	Noctuidae	11		
			Notodontidae	4	42	44
			Lymantriidae	3	100	100
			Geometridae	1		
5	бабочки толстотелые	>20 мм	Noctuidae	4		
			Notodontidae	1	14	21
			Sphingidae	1	71.4	85.7
			Hepialidae	1		
6	бабочки толстотелые, крупные	>20 мм, размах крыльев >70 мм	Sphingidae	5		
			Arctiidae	1	14	14
			Lasiocampidae	1	35.7	21.4
отр. Neuroptera (Сетчатокрылые)						
7	сетчатокрылые		Chrysopidae	1	10/100	19/100
отр. Ephemeroptera (Поленки)						
8	поленки мелкие	<10 мм			52	37
					92.3	100
9	поленки крупные	>10 мм			7	15
					100	60.0
отр. Trichoptera (Ручейники)						
10	ручейники мелкие	<14 мм			77	65
					93.5	98.5
11	ручейники крупные	>14 мм			31	16
					100	100

Продолжение табл.

№	Группа насекомых	Размер тела	Семейства насекомых	Число видов	количество предложенных % съеденных насекомых	
					<i>V. murinus</i> (9 особей)	<i>M. daubentonii</i> (8 особей)
отр. Diptera (Двукрылые)						
12	мелкие длинноусые	<10 мм	Chironomidae Culicidae Fungivoridae Blepharoceridae Anisopodidae		54 100	29 100
13	крупные длинноусые	>10 мм	Tipulidae Limoniidae Chironomidae		7 100	3 100
отр. Hymenoptera (Перепончатокрылые)						
14	наездники		Ichneumonidae		12/41.7	9/11.1
отр. Coleoptera (Жуки)						
15	жуки мелкие	<12 мм	Carabidae, Lagriidae, Scarabaeidae, Hydrophilidae	1 1 1 1	26 92.3	22 36.4
16	жуки крупные	>12 мм	Scarabaeidae, Silphidae, Elateridae	1 2 1	8 62.5	10 0

dispar, *L. monacha*), которые в природе, по-видимому, редко становятся добычей летучих мышей. Предлагаемый нами метод позволяет на живых объектах детально изучить размерные характеристики и видовую принадлежность пищевых объектов летучих мышей. При этом он, безусловно, является только дополнением к основным исследованиям в природе.

Авторы благодарны сотрудникам ИЭРиЖ УрО РАН Г.А. Замшиной, А.В. Иванову за определение насекомых, преподавателю кафедры зоологии УрГУ П.В. Рудоискателю, директору Биостанции УрГУ Е.А. Мельникову и студентам биологического факультета УрГУ за всестороннюю помощь в исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

- Крускоп С.В. Эколого-морфологическое исследование сообщества рукокрылых (Chiroptera) Подмосковья // Состояние териофауны в России и ближнем зарубежье. Труды Международного совещания 1–3 февраля 1995 г. М., 1996. С. 169–173.
- Arnold A., Braun M., Becker N., Storch V. Contribution to the trophic ecology of bats in the upper rhine valley, southwest germany // Proceedings of the VIIIth EBRs Vol. 2, Chiropterological Information Center, ISEA PAS Krakow, Poland, 2001. P. 17–27.

Bauerova Z., Ruprecht A. L. Contribution to the knowledge of the trophic ecology of the parti-coloured bat, *Vepertilio murinus* // *Folia Zoologica*. 1989. Vol. 38. № 3. P. 227–232.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ ПО ПОРОДАМ ДЕРЕВЬЕВ БАШКИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

И.В. Фролов

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Башкирский заповедник (БГПЗ) находится в горно-лесной полосе центральной части Южного Урала в зоне сосново-берёзово-лиственничных лесов, в двух подзонах — сосново-берёзовой и сосново-лиственничной. Он объединяет участки трёх геоботанических хорошо различимых горных районов: хребет Урал-Тау (высота до 881 м), массив Южный Крака (высота до 930 м) и долины рек Кага и Узян, в пойме которых развивается урёма из черёмухи, ольхи и ивы. По Урал-Тау и Южному Крака проходит западная граница распространения уральско-сибирских лесов (Кириков, 1951). Темнохвойных пород в заповеднике нет. Несколько к западу от заповедника проходит восточная граница южно-уральских нагорных широколиственных лесов (Кириков, 1951), но в самом заповеднике из широколиственных пород изредка встречается только липа.

Цель нашей работы — изучить особенности эпифитных группировок лишайников Башкирского заповедника и её распределение по основным форофитам.

Сбор материала на территории заповедника осуществляли маршрутным методом в течение трёх полевых сезонов (2003–2005 гг.). Определение лишайников и флористический анализ проводился стандартными лишенологическими методами. Геоэлемент вида приводится, главным образом, по Н.В. Седельниковой (1990) и М.Ф. Макаревич с соавторами (1982). Для сравнения видового состава применялся метод количественного выражения сходства растительных сообществ Чекановского-Съёренсена (K_{sc}).

Для анализа использовались данные по семи основным породам заповедника: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), берёза (*Betula pendula* Roth. и *B. pubescens* Ehrh.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), осина (*Populus tremula* L.), черёмуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench.) и липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.). Кроме этих видов в заповеднике довольно часто встречается можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), иногда рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) и несколько видов ив. Однако образцов, собранных с этих пород, недостаточно для проведения корректного анализа.

В состав эпифитной группировки лишайников Башкирского заповедника входят представители 6 порядков, 22 семейств, 50 родов и 115 видов. Географический анализ эпифитной группировки Башкирского заповедника показал, что 47% лишайников, обнаруженных на коре, относится к бореальному геоэлементу, 26 — к неморальному, 23 — к монтанному и 4% — к гипоарктомонтанному.

Среди эпифитных лишайников БГПЗ преобладают однообразнонакипные — 43%. Далее по убыванию следуют: рассечённолопастные ризоидальные — 29%, кустистые повисающие — 13, эндофлеоидные — 7, шило-сцифовидные — 5, чешуйчатые — 2, широколопастные ризоидальные — 1%.

На основании значений коэффициента Съернсена-Чекановского построена дендрограмма сходства видового состава лишайников основных форофитов заповедника (рисунок). Из дендрограммы видны две группы сходства. Первая из них образована осиной, черёмухой, ольхой, липой и берёзой, вторая — сосной и лиственницей. Первая группа — это лиственные деревья с довольно тонкой гладкой корой с высокими значениями pH (Fattynowicz, Wiestaw, 1992). Самым большим коэффициентом сходства видового состава в этой группе (и среди всех пород) обладают черёмуха и ольха (72). Вторая группа — хвойные

деревья с шелушащейся корой с низким pH (Fattynowicz, Wiestaw, 1992). Берёза, попадая в одну группу сходства с лиственными деревьями, тем не менее, занимает промежуточное положение между лиственными и хвойными породами. Из всех лиственных она обладает самыми большими коэффициентами сходства с лиственницей и сосной (40 и 29 соответственно), но в то же время очень близко стоит к осине, ольхе, липе и черёмухе (K_{sc} с липой равен 45). Возможно, одно из объяснений связано с кислотностью коры у берёзы, которая может быть такой же низкой, как у сосны, а может подниматься до значений pH ольхи, липы, осины (Fattynowicz, Wiestaw, 1992).

Такие виды лишайников как *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Melanelia olivacea* (L.) Essl., *Evernia mesomorpha* Nyl. встречаются на всех без исключения породах деревьев. Однако большинство лишайников встрети-



Рисунок. Дендрограмма сходства видового состава лишайников на основных форофитах Башкирского заповедника (числа — значения коэффициента Съернсена-Чекановского).

лись на двух-трёх (или даже на одной) породах. Ниже приведено количество видов лишайников и индекс видоспецифичности (в скобках) для каждой породы дерева. Берёза — 67 видов (0.19), осина — 34 (0.18), черёмуха — 34 (0.03), лиственница — 31 (0.16), липа — 28 (0.14), ольха — 24 (специфичных нет), сосна — 19 видов (0.05).

Результаты географического анализа видового состава эпифитов основных древесных пород заповедника приведены в таблице.

Таблица. Распределение (%) широтных географических элементов по основным форофитам Башкирского заповедника

Географический элемент	С	Лт	Б	Ос	Ч	Ол	Л
бореальный	82	83	55	37	29	39	35
гипоарктомонтанный	6	7	5	—	—	—	—
монтанный	6	7	18	20	25	11	31
неморальный	6	3	22	43	46	50	34

Примечание: С — сосна, Лт — лиственница, Б — берёза, Ос — осина, Ч — черёмуха, Ол — ольха, Л — липа.

Эпифиты Башкирского заповедника относятся к четырём географическим элементам. На хвойных деревьях подавляющее большинство видов — бореалы (около 80%). К остальным геоэлементам принадлежит небольшое количество лишайников. У лиственных пород (за исключением берёзы) отсутствуют гипоарктомонтанные виды, и в 1.5–2.5 раза ниже, чем у хвойных, доля бореальных видов. Происходит резкое уменьшение доли бореалов (у берёзы в 1.5 раза, у всех остальных почти в 2.5 раза). В то же время значительно увеличивается количество видов, относящихся к монтанному (примерно в 3 раза) и неморальному (в 5 раз — у берёзы, в 10 раз — у остальных) геоэлементам. Среди лиственных деревьев доля бореалов выше всего на берёзе (55%), неморалов — на ольхе (50%), а монтанных видов — на липе (31%).

Таким образом, по результатам географического анализа берёза снова заняла промежуточное положение между хвойными и всеми остальными лиственными породами. Как и у хвойных деревьев, в состав её эпифитов входят гипоарктомонтанные виды (у остальных лиственных этого нет). Она обладает промежуточной долей бореальных видов: 82–83% — у сосны и лиственницы, 55% — у берёзы, 29–39% — у черёмухи, липы, осины, ольхи; а также промежуточной долей неморальных видов: 3–6% — у лиственницы и сосны, 22% — у берёзы, 34–50% — у липы, осины, черёмухи, ольхи. Доля монтанных видов на коре берёзы примерно такая же, как у всех остальных лиственных деревьев (за исключением липы).

Таким образом, в зоне сосново-берёзово-лиственничных лесов Южного Урала лиственные породы (осина, черёмуха, ольха, липа и, отчасти, берёза) являются суб-

стратом для произрастания практически всех неморальных и многих монтанных видов лишайников. Эти геоэлементы лишайнофлоры проникают в бореальную зону вместе с листовыми породами форофитов (а не за счёт перехода на хвойные деревья). В то же время бореалы довольно легко переходят на листовые породы. Липа — одна из лесобразующих пород горных южноуральских широколиственных лесов — обладает самой большой долей монтанных лишайников.

ЛИТЕРАТУРА

- Кириков С.В. Башкирский заповедник // Заповедники СССР (под редакцией Соловьёва А.И.). М.: Изд-во географической литературы, 1951. 459 с.
- Макаревич М.Ф., Навроцкая И.П., Юдина И.В. Атлас географического распространения лишайников в украинских Карпатах. Киев: Наукова думка, 1982. 256 с.
- Седельникова Н.В. Лишайники Алтая и Кузнецкого нагорья. Новосибирск: Наука, 1990. 175 с.
- Fattynowich, Wiesław The lichens of Western Pomerania (NN Poland). An ecological study // Polish Botanical Studies. 1992. № 4. P. 1–85.

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТОВ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ (*APIS MELLIFERA* L.)

О.Н. Фрунзе, С.Н. Алакина, Е.А. Глумова

Пермский государственный педагогический университет

Исследование активности ферментов часто используют в качестве показателей метаболизма организмов (Овчинникова, 2002). Ферменты являются генетически обусловленными и чувствительными на действие внешних факторов объектами исследования. Много внимания уделено изучению белкового полиморфизма (Бондарев, 1984; Запкувене, 1987; Глазко, Созинов, 1993; Кайданов, 1996), структуры белковых молекул (Фершт, 1980; Барынин, 1982; Арнс, 1984; Антонюк, 2000), их качественным и количественным характеристикам (Сванидзе, 1981; Кузнецова, 1982; Латышко, 1985; Рязанова, 1985; Харитонов, 1999; Еськов, 2003). Цель работы заключается в исследовании методических особенностей оценки активности ферментов (каталазы, фосфатазы, β -глюкозидазы) на примере медоносных пчел. Задача: оценить влияние условий хранения экспериментального материала на активность ферментов.

Объектом работы явились медоносные пчелы среднерусской расы *Apis mellifera* L., выделенные морфометрическими методами ранее как прикамская популяция (Петухов, 1995). Отбор проб рабочих пчел (200 шт.) проводился на пасеках Пермского края в январе-марте 2007 г.

Исследовали ферменты: каталазу (КФ 1.11.1.6; защищает клетки от повреждения), фосфатазы (КФ 3.1.3.1, КФ 3.1.3.2; обеспечивают трансфосфорилирование), β -глюкозидаза (КФ 3.2.1.21; участвует в расщеплении гликогена, физиологическом аутолизе, регулирует проницаемость мембран). Фотометрический и спектрофотометрический анализ ферментов осуществлялся на КФК-4 (фосфатазы, β -глюкозидаза) и СФ-46 (каталаза) (Бернштейн, Каминский, 1986; Овчинникова, 2002). Работа выполнена в ИЭиГМ РАН под руководством д.б.н., проф. А.И. Шуракова, к.б.н., доц. А.В. Петухова, к.б.н., с.н.с. А.Ю. Максимова.

Для предотвращения необратимых метаболических изменений пробы замораживались (Ллойда, Госсрау, 1982; Луговой, 1985). Установлено, что достаточно хранить материал в морозильнике, исключив повторные замораживания. В таких условиях активность ферментов сохраняется в течение двух месяцев без изменения.

Гомогенат готовился по модифицированной методике (Белоконь, 1979). Установлено, что замораживание гомогената снижает активность ферментов, причем резко падает активность каталазы. Таким образом, готовить гомогенат необходимо непосредственно перед анализом. Для анализа активности каталазы необходимо пользоваться концентрированным 32%-ным пероксидом водорода, так как 3%-ный аптечный в течение месяца при хранении в холодильнике разлагается и активность фермента не регистрируется.

Установлено, что хранение реакционной смеси в холодильнике в течение недели обуславливает снижение активности фосфатаз в 7.4 раза. Таким образом, реакционную смесь для анализа активности фосфатаз необходимо готовить непосредственно перед анализом.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ МЫШЕЙ *MUS MUSCULUS* И *APODEMUS AGRARIUS* Г. ТЮМЕНИ И Г. СУРГУТА

С.Р. Хабирова

Тюменский госуниверситет

Стремительный рост городов в Западной Сибири в связи с интенсивным нефтегазопромысловым освоением сопровождается адаптивными изменениями популяций животных урбанизированных территорий. Среди наиболее распространенных и хорошо адаптированных к условиям антропогенного ландшафта грызунов можно выделить домовую мышь и полевую мышь, которые могут служить модельными объектами для изучения механизмов адапта-

ции животных к городской среде. Цель работы — изучение популяционно-генетической структуры двух видов мышей *Mus musculus* и *Apodemus agrarius* г. Сургута и г. Тюмени.

Методом вертикального электрофореза в 7.5%-м полиакриламидном геле провели анализ полиморфных белковых локусов, кодирующих неспецифические эстеразы, систему миогенов, ААТ, СОД и МДГ. Материалом для работы послужили зверьки, отловленные в полевые сезоны 2005–2006 гг. *A. agrarius* отловлена в шести районах г. Тюмени: Текутьевском кладбище ($n=13$), 2-м Заречном микрорайоне ($n=40$), пойме р. Туры ($n=35$), Гилевской роще ($n=43$), в окрестностях оз. Цимлянского ($n=62$) и за чертой города — в районе Верхнего Бора ($n=4$). *M. musculus* отловлена в г. Сургуте пойме р. Саймы ($n=24$) и в г. Тюмени в окрестностях оз. Цимлянского ($n=28$).

У *M. musculus* из десяти изученных локусов (Est-1, Est-3, My-1, My-2, My-3, My-4, Aat, Sod-1, Sod-2, Mdh) четыре (My-3, My-4, Sod-1, Mdh) были мономорфны. Выявлены статистически значимые различия по частотам генов между сургутскими и тюменскими мышами по локусу Est-3. У разных популяций локус Sod-2 представлен разными аллелями, по локусу My-1 преобладают альтернативные аллели. Популяции домовых мышей г. Тюмени и г. Сургута значительно различаются по генетическим параметрам. Индекс генетического подобия равен 0.854. В северной популяции выше средняя гетерозиготность и ниже доля полиморфных локусов.

У *A. agrarius* из 11 изученных локусов (Est-1, Est-2, Est-3, My-1, My-2, My-3, My-4, Aat, Sod-1, Sod-2, Mdh) три (My-3, Sod-1, Mdh) оказались мономорфными во всех выборках. По частотам генов у загородных мышей выявлено их своеобразное распределение, отличное от мышей городских местообитаний. Доля полиморфных локусов колебалась от 0.5 (естественная среда с элементами регулирования, Верхний Бор) до 0.64 (природно-антропогенная среда, Гилевская роща) и имела промежуточное значение в селитебном районе (0.55 — пойма р. Туры и 2-й Заречный). Наблюдаемая гетерозиготность варьирует от 0.075 (естественная среда с элементами регулирования, Верхний Бор) до 0.167 (природно-антропогенная среда, Текутьевское кладбище). По индексу Нея мыши наиболее схожи в селитебной зоне и городских пустошах, что может объясняться их географической близостью. Выборка мышей из естественной с элементами регулирования зоны (оз. Цимлянское) по генетическим характеристикам ближе к зонам селитебной и городских пустошей. Высокий показатель генетического сходства (0.951) между выборками мышей природно-антропогенных зон (Текутьевское кладбище и Гилевская роща) можно объяснить сходством экологических условий. По популяционно-генетическим параметрам оптимальная зона для полевой мыши г. Тюмени — городские пустоши (пойма р. Туры), а наименее благоприятная — селитебная.

ОСОБЕННОСТИ ВСПЫШКИ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА ЗАУРАЛЬСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

М.И. Хамидуллина

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Исследование механизмов и факторов массовых размножений насекомых-фитофагов является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений экологии насекомых. К настоящему времени известно, что для реализации вспышек необходимо сочетание целого ряда биотических и абиотических факторов.

Основной целью работы было изучение роли популяционных и климатических факторов в реализации вспышки массового размножения непарного шелкопряда в северной части ареала зауральской географической популяции этого вредителя. Исследования проводили в очагах массового размножения непарного шелкопряда в разнотравных березняках Каменск-Уральского района Свердловской области, где фактическая периодичность вспышек его массового размножения составляет 20–25 лет. Основные породы — берёзы повислая и пушистая. Особенности древостоев Каменск-Уральского района являются отсутствие подроста, значительное количество деревьев порослевого происхождения, вырубка леса, высокая рекреационная и пастбищная нагрузка. Стадия антропогенной трансформации лесных биоценозов III-IV (Колтунов и др., 1991). Берёзовые древостои в Каменск-Уральском районе в 2000 г. подвергались 100% дефолиации насекомыми-фитофагами летне-осеннего комплекса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2005 г. наблюдался резкий подъём численности популяции непарного шелкопряда в лесах Каменск-Уральского района. Если в 2004 г. в выявленных очагах количество кладок составило в среднем 0.3 кладки на дерево, то в 2005 г. плотность популяции увеличилась в среднем до 5.4. Таким образом, плотность популяции возросла в 20–25 раз и при благоприятном сочетании экологических условий стала угрожать 100% дефолиацией древостоев.

В 2005 г. в 1.35 раз увеличилось количество яиц в кладках по сравнению с 2004 г. и составило в среднем 444.6 шт. В пользу значительного ожидаемого возрастания численности популяции свидетельствует также и высокий уровень отрождения гусениц в 2005 г. (89.7%). В 2006 г. плотность популяции незначительно увеличилась (в 1.38 раз) и составила в среднем 7.4 кладки на дерево.

Анализ климатических условий реализации вспышки массового размножения непарного шелкопряда в Свердловской области показал, что подъёму чис-

ленности вспышки предпешествовала интенсивная весенне-летняя засуха в 2004 г.: значения гидротермических коэффициентов (ГТК) мая, июня и июля были пониженными и составили соответственно 0.72, 0.43 и 0.39 (рисунок). Подъём численности популяции в 2005 г. происходил на фоне малоинтенсивных засух в мае (ГТК=0.85), в июле (0.83) и в августе (0.625), тогда как ГТК июня несколько выше нормы (1.7). Незначительный рост численности популяции в 2006 г. реализовался в условиях нормальной и повышенной влажности: ГТК_{мая}=1.3, ГТК_{июня}=1.1, ГТК_{июля}=1.82 и слегка пониженной влажности в августе (0.97). Таким образом, интенсивная весенне-летняя засуха 2004 г. непосредственно перед продормальной фазой вместе с умеренной засухой в 2005 г. оказывала воздействие на древостой (абиотический стресс) и способствовала резкому росту вспышечного потенциала, что необходимо для реализации вспышки.

Отрицательное воздействие на выживаемость кладок непарного шелкопряда оказали чрезмерно суровые зимние условия сезона 2005–2006 гг. — продолжительные морозы (среднемесячная температура воздуха января 2006 г. составила -22.1°С, тогда как среднемноголетнее значение этого показателя равно -14.9°С) и длительный бесснежный период (сумма осадков ноября 2005 г. составила 3.2 мм, декабря — 18.5 мм; среднемноголетние значения этих показателей составляют соответственно 30.55 мм и 27.43 мм). Кроме того, весной и летом 2006 г. ситуация осложнилась воздействием низовых пожаров на берёзовые древостои в районе исследования.

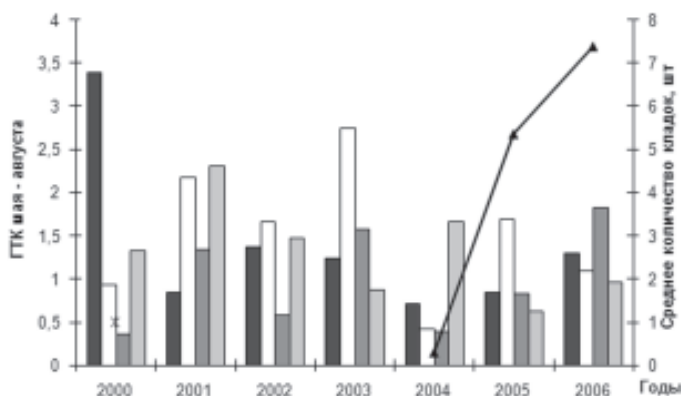


Рисунок. Динамика гидротермического коэффициента Селянинова (слева направо — май-август) и плотности популяции (кривая) непарного шелкопряда в Каменск-Уральском районе Свердловской области.

Для выявления влияния низового пожара на отрождаемость гусениц были взяты яйцекладки из очагов массового размножения вредителя как с деревьев, подвергшихся воздействию огня, так и не испытывавших воздействия этого фактора (Кислово). Отрождаемость гусениц из яйцекладок, подвергшихся воздействию низового пожара, составила в среднем 17.5%, тогда как доля отродившихся гусениц из кладок, не испытывавших воздействия пирогенного фактора — 33.3%. На территории другого очага (ст. Перебор), также подвергнувшегося воздействию пожара, отрождение гусениц непарного шелкопряда составило 2.6%. Следовательно, воздействие пирогенного фактора оказывает отрицательное влияние на отрождаемость гусениц непарного шелкопряда.

В целом оба абиотических фактора (продолжительные низкие зимние температуры и весенние низовые пожары) оказали значительное отрицательное влияние на выживаемость яиц в очагах массового размножения непарного шелкопряда. В результате величина отрождения гусениц из кладок в 2006 г. колебалась в разных локальных очагах от 2.6 до 33.3% и в среднем составила 19.7%. Вследствие незначительного отрождения гусениц из кладок ожидаемой 100% дефолиации летом 2006 г. не наблюдалось. Кроны деревьев были повреждены в среднем на 30%. Учитывая феномен индуцированной энтомо-резистентности березы, заметной дефолиации на следующий год в березовых лесах Свердловской области не ожидается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение новой вспышки массового размножения непарного шелкопряда в северной части ареала (Каменск-Уральский район, Свердловская область) зауральской популяции показало, что подъём численности популяции и начало фазы собственно вспышки происходит на фоне воздействия фактора абиотического стресса — засухи. Ранее другими авторами была выявлена сопряженность вспышек массовых размножений непарного шелкопряда на Урале с периодическими засухами (Колтунов и др., 1998; Koltunov, Andreeva, 1999). Таким образом, синхронизация вспышек с засухами в северной части ареала зауральской популяции непарного шелкопряда является устойчивой закономерностью.

Впервые изучено воздействие пирогенного фактора (весенних низовых пожаров) на отрождаемость гусениц непарного шелкопряда в берёзовых лесах Свердловской области. Показано, что при воздействии пожара до отрождения непарного шелкопряда приводит к значительному снижению численности популяции гусениц.

ЛИТЕРАТУРА

Колтунов Е.В., Пономарёв В.И., Федоренко С.И. Воздействие вспышек массового размножения непарного шелкопряда на структурно-функциональные особенности

лесных биогеоценозов Урала, нарушенных антропогенными факторами // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых вредителей в условиях антропогенного воздействия. Свердловск, 1991. С. 111–127.

Колтунов Е.В., Пономарёв В.И., Федоренко С.И. Экология непарного шелкопряда в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 215 с.

Koltunov E.V., Andreeva E.M. The abiotic stress as a factor responsible for gypsy moth outbreaks // J. Appl. Entomol., 1999. Vol. 123. № 10. P. 633–636.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *ISRAELENSENSIS* НА МИКРОМОРФОЛОГИЮ КИШЕЧНИКА ЛИЧИНОК МОШЕК *BOOPHTORA ERYTHROCEPHALA* (DE GEER, 1776)

Д.А. Хасанова, Е.М. Искаев

Павлодарский государственный педагогический институт, Казахстан

Мошки (Simuliidae) — мелкие двукрылые насекомые подотряда длинноусых двукрылых. Встречаются на всех континентах, заселяя различные водотоки. Подавляющее большинство видов мошек являются кровососами, нападающими на крупных позвоночных животных, в том числе на человека и домашних животных. Мошки — важный компонент комплекса кровососущих двукрылых насекомых разных природных зон, объединяемых под общим названием «гнус» (Рубцов, 1956). Обилие «гноса» нередко является важным (иногда определяющим) фактором, затрудняющим освоение тех или иных территорий. Нападение мошек резко снижает производительность труда людей и продуктивность сельскохозяйственных животных (рост, надой молока, яйценоскость и т.п.). К этому следует добавить, что кровососущие мошки являются неспецифическими переносчиками возбудителей ряда инфекционных заболеваний (туляремии, сибирской язвы и ряда других). Кроме этого, мошки являются специфическими переносчиками возбудителей ряда заболеваний домашних животных (онхоцеркозов рогатого скота и ряда заболеваний домашних птиц, вызываемых простейшими *Leucoscytozoon*) (Олигер, 1940; Гнедина, 1949; Бельпокова, 1954; Рубцов, 1956; Якуба, 1963).

В 1990–2000 гг. в Павлодарском Прииртышье стали отмечаться массовые нападения мошек на людей и домашних животных. В связи с этим возникла острая необходимость исследования особенностей экологии и биологии местных популяций мошек для разработки и проведения мер по снижению их численности.

Одним из основных направлений в биоконтроле кровососущих насекомых является поиск новых и изучение уже известных биопатогенов. К настоящему

времени известна большая группа биоагентов, которые могут влиять на численность двукрылых насекомых. Среди них можно выделить рыб, питающихся личинками двукрылых, грибы, простейшие, вирусы и бактерии. Из последних необходимо отметить бактерии *Bacillus thuringiensis* (Bt), *B. sphaericus* и *Clostridium bifermentans*. *B. thuringiensis* ssp. *israelensis* (Bti) был первым изученным подвидом Bt, токсичным к личинкам двукрылых. Его можно отнести к идеальным агентам биоконтроля, которые, обладая высокой активностью, абсолютно безопасны для нецелевых объектов. В течение всего периода использования биопрепаратов на основе Bti не было получено резистентных популяций комаров к этому микроорганизму. К настоящему времени Bti — это высокоэффективный биоагент, широко используемый для контроля численности кровососущих комаров и мошек в различных национальных и международных программах по борьбе с переносчиками заболеваний.

Bacillus thuringiensis — бактерия палочковидной формы, передвигающаяся с помощью жгутиков, энтомопатогенный, облигатный паразит — организм, развивающийся только в живых насекомых. Патогенное действие этой бактерии связано с токсинами, которые она вырабатывает. Бактерии образуют термолабильный эндотоксин, который и вызывает гибель предимагинальных стадий мошек. Данный белок устойчив в нейтральной среде, но в пищеварительном тракте личинок мошек, где $pH=9-9.5$, разлагается. Там, активизируясь под действием протеаз, разрушает эпителий кишечника.

В Павлодарской области препарат «Вектобак 12 в.с.» (производитель Crompton, США) на основе энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis israelensis* используется на протяжении пяти лет. Целью работы является изучение действия бактерий *Bacillus thuringiensis israelensis* на пищеварительную систему личинок мошек. Задачи работы: 1) Изучить морфологическое строение пищеварительной системы личинок мошек; 2) Исследовать последствия действия бактерий *Bacillus thuringiensis israelensis* на пищеварительную систему личинок мошек.

В лабораторных условиях было проведено заражение личинок *Boopthora erythrocephala* (III-IV возраст) бактериями *Bacillus thuringiensis* путем внесения препарата «Вектобак 12 в.с.». Опыты проводились в стеклянном аквариуме ёмкостью 9 л, аэрация осуществлялась воздушным компрессором. Концентрация препарата в воде составляла 3 г/л. Время экспозиции — 24 и 48 ч. Количество зараженных личинок — 350 экземпляров.

Материал фиксировали в 10%-м нейтральном формалине и 70%-м этиловом спирте, просветление проводили в смесях бензола и абсолютного этилового спирта, чистом бензоле. Заливку материала в парафин проводили по А.С. Елисееву (1967). Получали срезы толщиной 5–7 мкм. Для исследования микроморфологических структур срезы окрашивали гематоксилин-эозином

по методу Эрлиха. При расшифровке полученных данных использованы методы гистологического анализа (Пирс, 1962; Елисеев, 1967). Изучение тотальных гистологических микропрепаратов проводилось на тринокулярном микроскопе «Micros MC-300 (TS)» и тринокулярном стереомикроскопе «MicrosMC-1150T(TS)» (Австрия).

Установлено, что через 12 ч после внесения препарата в воду наблюдалось болезненное состояние личинок мошек, выражавшееся в ригидном состоянии. Через 24–48 ч отмечалась гибель большинства личинок. Оставшиеся личинки были неподвижны. Изменился и их внешний вид: брюшко личинки приобрело молочно-белый цвет, что свидетельствовало о воспалительных процессах, происходящих в организме.

Для полного представления действия препарата на пищеварительную систему личинок мошек охарактеризуем ее строение. Пищеварительную систему личинок мошек можно разделить на три основных отдела: 1) передний отдел, куда входит ротовое отверстие, глотка и передний отдел кишечника; 2) средний отдел и 3) задний отдел. Эпителий глоточной части и переднего отдела кишечника представлен призматическими и высокопризматическими клетками. Базальная мембрана четко выражена в передней кишке и слабо — в глоточном отделе. Эпителий среднего отдела кишечника представлен высокими и низкими призматическими клетками, четко выражена базальная мембрана. Эпителий заднего отдела кишечника представлен клетками неправильной призматической формы, клеточная мембрана четко выражена, базальная мембрана не оформлена.

Необходимо отметить, что у насекомых нет мест, где бы ткани тела имели постоянный контакт с микроорганизмами. Хитиновый слой проникает внутрь тела насекомых. Передняя и задняя кишки покрыты хитиновой экзодуктикулой. Единственная часть, которая не имеет хитинового покрова — средняя кишка — выстлана перитрофической мембраной, которая начинается в передней части средней кишки, и тянется через весь кишечник до анального отверстия. Пища, которая проходит по кишечнику, непосредственно не соприкасается с его эпителиальными клетками, но подвергается диализу в перитрофической мембране; переваренные части пищи диффундируют через стенку мембраны в пространство между ней и эпителием, откуда всасываются клетками. У насекомых отсутствует эффективный иммунный механизм защиты против проникающих в тело патогенов. В большинстве случаев, когда бактерия проникает внутрь тела насекомого, происходит ее интенсивное размножение, которому организм насекомого не может противостоять. Механические повреждения сочетаются с химическими в тех случаях, когда происходит лизис ткани зараженного органа, и места их распада заполняются разными стадиями развития паразита. При дальнейшем росте проявляется давление массы

паразита на другие ткани хозяина, нарушаются структура ткани и их функции, происходят разрывы и деформация тканей и т.п. Степень всех этих разрушительных воздействий паразита зависит от его вирулентности, которая усиливает или ослабляет его свойства.

Установлено, что после применения препарата произошли значительные изменения в морфологии эпителия средней кишки: действие эндо- и экзотоксинов вызывало лизис кишечного эпителия; произошло отслоение эпителия от базальной мембраны; изменилась структура содержимого кишечника, что свидетельствует о процессах размножения бактерий в просвете кишки. Таким образом, под действием бактерий *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* происходят значительные изменения пищеварительной системы личинок мошек.

ЛИТЕРАТУРА

- Бельтюкова К.Н. Онхоцеркоз крупно рогатого скота // Ученые записки Пермского государственного университета. 1954. Т. VIII. Вып. 4. С. 56–68.
- Гнедина М.П. Онхоцеркоз кожи крупнорогатого скота и борьба с ним // Ветеринария. № 9. 1949. С. 49–54.
- Елисеев А.С. Основы гистологии и гистологической техники. М.: Медицина, 1967. 267 с.
- Олигер И.М. Паразитические простейшие и их роль в колебании численности рябчика (*Tetrastes bonasia* L.) на севере Горьковской области // Доклад АН СССР. 1940. С. 470–473.
- Пирс Э. Гистохимия теоретическая и прикладная. М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. 962 с.
- Рубцов И. А. Мошки (сем. Simuliidae). Фауна СССР. М., Л., 1956. Т. 6. Вып. 6. 860 с.
- Якуба В.Н. Кровососущие двукрылые насекомые Якутии и их эпидемиологическое значение // Проблемы паразитологии. Киев: АН СССР, 1963. С. 431–433.

К ОПТИМИЗАЦИИ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ АРКТИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ: НОВЫЙ СПОСОБ ОТЛОВА ЛЮРИКОВ, АПРОБИРОВАННЫЙ НА О. МЕДВЕЖИЙ (НОРВЕГИЯ)

С.Н. Чельцов

Московский государственный гуманитарный университет

При исследовании экологии люрика (*Alle alle* L., 1758), после того, как гнездо найдено, самая большая трудность — отлов особей, живущих в нем. Способы отлова, применявшиеся ранее, охарактеризованы в таблице (способы № 1, № 2).

Таблица. Характеристика способов отлова *Alle alle* L.

Способ № 1. Паутинная сеть		Способ № 2. Силковые коврики (по: Хардинг, 2005)	
Плюсы	Минусы	Плюсы	Минусы
Высокая уловистость	1. Относительно низкая избирательность	Возможно, несколько более высокая, чем у сети, избирательность	1. Относительно низкая избирательность
	2. Трудность изыятия птиц из сети		2. Высокая трудоемкость изготовления ковриков
	3. Стресс, возможно, испытываемый птицами		3. Похищение птиц песком, который может дежурить у коврика
	4. Не дает гарантии отлова птиц из нужного гнезда		4. Не дает гарантии отлова птиц из нужного гнезда
Способ № 3. Силки			
Плюсы		Минусы	
1. Почти абсолютная избирательность		Вероятность похищения птиц песком (очень низкая)	
2. Низкая трудоемкость изготовления			
3. Почти гарантированная поимка птиц из данного гнезда			
4. Довольно высокая скорость отлова			

Нами предложен способ отлова силками (№ 3). Силок состоит из колышка, проволочного поводка и лески с петлей на конце. Колышек втыкается в мох или между камнями, поводок нужным образом позиционирует петлю из лески, которая и ловит люриков.

По сравнению с предыдущими способами, «плюсов» гораздо больше, чем «минусов». Важно, что способ дает возможность поймать обоих партнеров, живущих в гнезде за 1–2 дня. Авторы способа — Курт Йерстад, Халлвард Стром (Норвежский полярный институт) и Сергей Чельцов (МГТУ).

БИОЛОГИЯ ЧИРА РЕКИ ТАЗ

П.И. Чертыковцев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Сиговые рыбы относятся к типичным и, в то же время, наиболее ценным в промысловом отношении представителям ихтиофауны северных рек Евразии и Северной Америки. В Обском бассейне один из наиболее широко распространенных видов этого семейства — чир. Литературные сведения по биологии чира р. Таз отрывочны и немногочисленны (Москаленко, 1958, 1971; Венглинский и др., 1969; Амстилавский, 1976; Яковлева 1976, 1978;

Кижеватов, Дедков, 2005; Матковский, 2006). Вместе с тем, знание размерно-возрастной структуры, особенностей сезонного размещения и миграций, а также других аспектов биологии, необходимо для охраны и рационального использования вида.

Цель настоящей работы — обобщить имеющиеся литературные сведения и оригинальные материалы по биологии чира р. Таз, собранные нами в 2001–2005 гг.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Река Таз река берёт начало в центральной части Верхнетазовской возвышенности Сибирских увалов, протекает по территории Красноселькупского и Тазовского районов Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области и впадает в Тазовскую губу. По водоносности р. Таз — третья в Тюменской области (после р. Оби и Иртыша) и вторая в Ямало-Ненецком автономном округе. Река имеет длину 1401 км и площадь бассейна 150 тыс. км². Течёт в пределах трёх природных зон: тайги, лесотундры и тундры (Лёзин, 2000).

Ширина реки в верховьях — до 80 м, в среднем течении — около 400 м, в нижнем — до 1000 м, глубина — от 0.8–3.0 м в верхнем течении — до 10–15 м в низовьях. Скорости течения — 0.2–0.5 м/с. Питание реки преимущественно снеговое (доля талых снеговых вод составляет примерно 54%) (Ресурсы..., 1973).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала проводили в 2001–2005 гг. Рыб отлавливали ставными сетями с различной ячейей, а также закидными неводами. Помимо этого, использовали рыб из неводных уловов промысловых бригад. Обработка материала осуществлена по стандартным методикам (Чугунова, 1959; Правдин, 1966). В работе длина рыб приведена по Смиту ($L_{\text{см}}$). Определение возраста проведено по чешуе в лабораторных условиях (собственные данные). Чешуйные материалы по чире р. Манья (2004 г.) предоставлены И.П. Мельниченко, по чире р. Сось (2004 г.) — Я.А. Кижеватовым.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распространение и миграции. В Обском бассейне чир представлен обской и тазовской группировками. Обской чир обитает в южной части Обской губы, низовьях р. Оби. Для размножения поднимается в уральские притоки р. Оби: рр. Северную Сосьву, Сыню, Войкар, Харбей, Сось, Лонготъеган. Зимует обской чир в южной части Обской губы. Тазовский чир нагуливается в Тазовской губе и в нижнем течении р. Таз. На нерест поднимается преимущественно в притоки верхнего течения р. Таз: рр. Ратта, Ватылька, Каралька и др. На зимовку тазовский чир мигрирует в северную часть Тазовской губы. Места зимовки обского и тазовского чира разобщены (Москаленко, 1958,

1971; Венглинский, 1970; Амтиславский, 1976). Существует мнение, что эти стада являются отдельными популяциями (Павлов, 1981).

После зимовки в Тазовской губе молодь и взрослые рыбы во второй половине июня поднимаются на нагул в р. Таз и придаточные (особенно пойменные) водоёмы её нижнего и среднего течения. Наиболее типичные места нагула чира — протоки, старицы, курьи и пойменные озера. В маловодные годы питающиеся особи постоянно встречаются и в самом русле реки. Так, в маловодные 2003 и 2005 гг. относительно много неполовозрелого и пропускающего нерест чира было отмечено нами в устьевой части р. Худосей. По окончании нагула (август–сентябрь) половозрелые особи поднимаются вверх по течению р. Таз и заходят в её незаморные притоки на нерест. Неполовозрелые и пропускающие нерест рыбы скатываются к местам зимовки.

Нерестовый ход чира заканчивается уже подо льдом. Часть рыб, не успевшая скатиться к местам зимовки до начала заморных явлений, остается зимовать в районе нерестилищ (Венглинский, 1969). Протяженность нерестовой миграции тазовского чира составляет более 1 тыс. км.

Питание. Чир — типичный бентофаг. Для откорма он выбирает места с илистым и песчано-илистым грунтом и небольшими глубинами, где хорошо развита фауна дна, мелкие моллюски, личинки хирономид, олигохеты (Москаленко, 1971). По данным Амтиславского (1976), в р. Таз основными кормовыми объектами чира были: *Pisidium*, *Chironomus*, Culicidae. В осенний период большую роль в питании играли также *Procladius*, *Cryptochironomus*. Чир активно питается в июле — сентябре. Во время нерестового хода чир, как правило, не питается. Сразу после икрометания чир может поедать на нерестилищах икру (Москаленко, 1971). Питается чир и во время миграции на зимовку (Амтиславский, 1976).

Возраст. Чир — одна из долгоживущих рыб. Может доживать до 18–20 лет, однако рыбы такого возраста в настоящее время не встречаются. Возрастная структура чира р. Таз представлена особями в возрасте до 15+, в то время как в Обском бассейне рыбы старше 11+ лет не были обнаружены (рис. 1). Вероятно, это связано со сравнительно слабой интенсивностью промысла в бассейне р. Таз. Традиционно лов чира в Тазовском бассейне ориентирован на места зимовки и нагула, где большую долю в уловах составляют рыбы в возрасте 2+–5+ лет. К тому же часть рыб старших возрастов остаётся на зимовку в районе нерестилищ, где интенсивность промысла значительно меньше (Венглинский, 1969). Несмотря на то, что в уловах доля рыб старше 11+ незначительна, встречаются они постоянно.

Возрастной состав нагульного чира р. Таз представлен четырёх-двенадцатилетними рыбами (рис. 2). Молодь чира в возрасте 0+–2+ лет нагуливается преимущественно в низовьях реки Таз и в Тазовской губе.

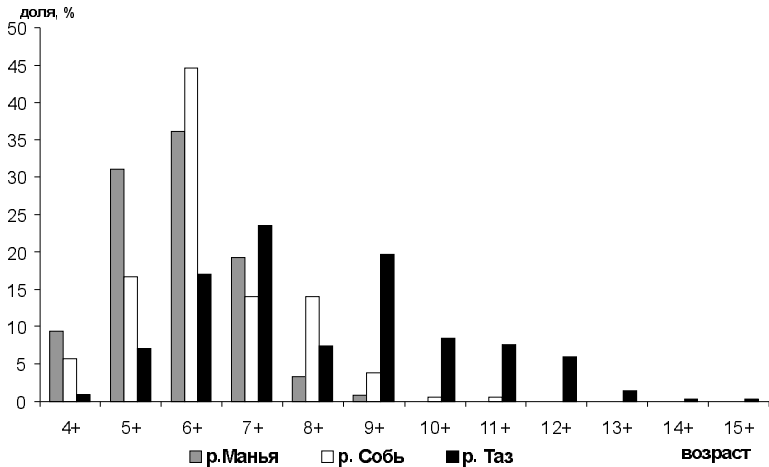


Рис. 1. Возрастной состав производителей чира в разных нерестовых реках (2004 г.).

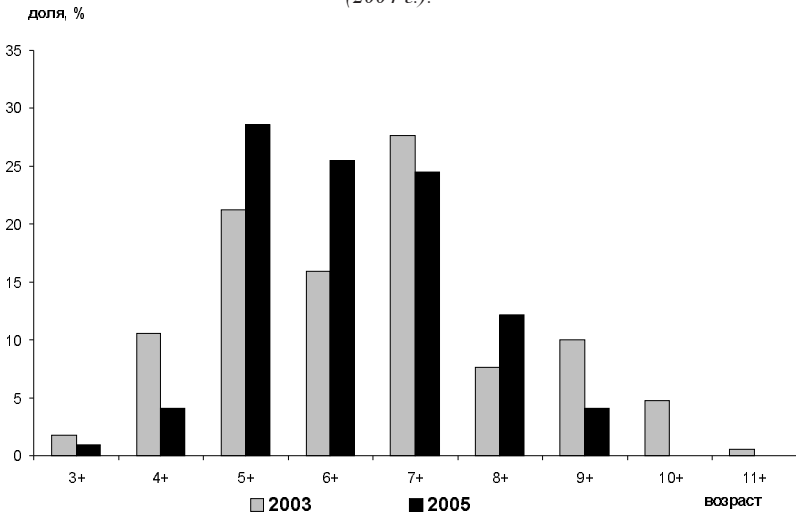


Рис. 2. Возрастной состав нагульного чира р. Таз.

Рост. Самый крупный чир, пойманный нами в р. Таз имел длину 69 см и вес 4710 г. Обычно размеры половозрелого чира составляют 32–52 см и вес 1.5–2.5 кг. Анализируя средние значения линейного роста чира из р. Таз и других рек (р. Енисей — Волгин, Лобовиков, 1958; р. Колыма — Новиков, 1966; р. Обь — Яковлева,

1978; р. Таз — наши данные), можно предположить, что тазовский чир отличается повышенным темпом роста по сравнению с чиром р. Обь и пониженным по сравнению с чиром рр. Енисей и Колыма (рис. 3). Возможно, это связано с интенсивностью промысла в разных реках, так как в процессе промысла, как правило, изымаются наиболее быстрорастущие особи.

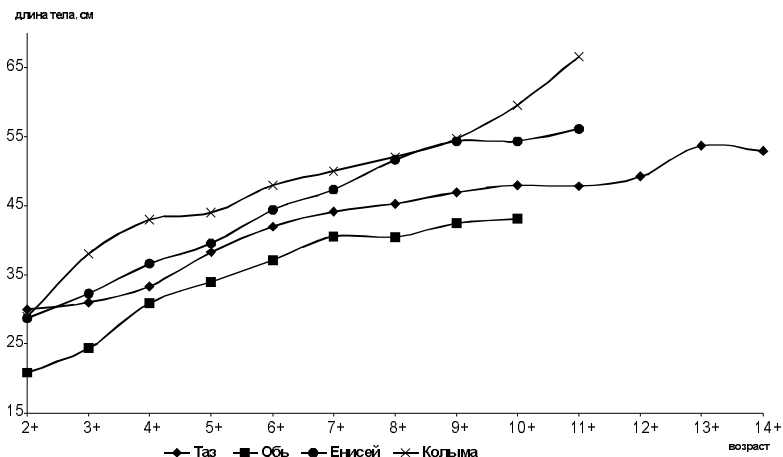


Рис. 3. Средние показатели линейного роста чира из различных рек.

Размножение. Основными местами размножения чира р. Таз являются притоки верхнего течения, в которых зимой не наблюдается заморных явлений (рр. Ратта, Поколька, Ватылька и др.). В малых количествах чир заходит на нерест в р. Худосей (по результатам наших исследований, его доля составляет менее 1% по отношению к другим видам сигов). В отличие от других видов сигов (пеляди, сига-пыжьяна и муксуна), заход чира в р. Таз наблюдается позднее, массовый ход проходит во время шугохода и даже подо льдом. Нерестится чир при температуре воды 0.8–0.2°С. Плодовитость чира (по литературным данным) составляет от 18 до 134 тыс. икринок (Экосистема..., 1990; Атлас..., 2003). Инкубационный период длится более 170 суток (Богданов, 1983). Вылупление личинок приурочено к распалению льда, после чего начинается их покатная миграция к местам нагула. Массового полового созревания чир достигает в возрасте 5+–7+ лет, достигая при этом длины 35–50 см и массы тела 0.5–2.5 кг. Исходя из размерно-возрастной структуры, для тазовского чира характерно наличие повторно нерестующих особей (см. рис. 1.).

Хозяйственное значение. Чир — ценный объект промысла в водоемах Сибири. По объёму вылова в Тазовском бассейне чир занимает третье место

после пеляди и сига-пыжьяна. Уловы чира могут колебаться в широких пределах. Так, в период 1998–2004 гг. добывалось от 9 до 51 т/год. Такая значительная разница в уловах может быть связана со сложной возрастной структурой стада и урожайностью отдельных поколений. В р. Таз промысел чира осуществляется на миграционных путях, в основном в нижнем и среднем течении в период нерестового хода. Однако промысел чира в Тазовской губе в значительной мере основан на вылове молоди. Так, в 2001–2002 гг. в зимнее время прилов молоди непромысловых размеров составил 98.3%. Помимо промышленного, в бассейне р. Таз местным населением осуществляется лицензионный лов чира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные места нереста чира расположены в притоках верхнего течения р. Таз. Роль р. Худосей как нерестовой реки для чира невелика. Нагульные миграции имеют значительную протяжённость (400 и более км). Основными местами нагула чира являются придаточные водоёмы р. Таз.

Возрастная структура тазовского чира характеризуется наличием рыб старших возрастов (11+–15+), что может свидетельствовать о сравнительно меньшем антропогенном воздействии по сравнению с обским чиром. Доля повторно нерестующих особей чира в тазовском бассейне больше, чем в обском.

Чир р. Таз имеет более высокие линейные размеры по сравнению с чиром р. Обь и низкие по сравнению с чиром рр. Енисей и Колыма.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРОФИТОВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Н.В. Чукина, А.П. Борисов

Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург

Выявление ответных реакций высших водных растений (гидрофитов) на загрязнение среды обитания может быть использовано для оценки адаптационных возможностей живых организмов и для биологического мониторинга водных экосистем. Цель исследования — изучение структурно-функциональных показателей гидрофитов в условиях многокомпонентного загрязнения среды обитания.

Изучены растения из водотоков и водоемов Свердловской области, различающихся уровнем антропогенной нагрузки (в наименьшей степени воздействию подвергаются воды оз. Икбулат, р. Сысерть и р. Решетка). Спектр веществ, загрязняющих воды исследуемых водных объектов, достаточно широк: к числу priori

тетных загрязнителей относятся тяжелые металлы, содержание которых, как правило, превышает предельно-допустимые концентрации.

Объектами исследований явились погруженные и плавающие гидрофиты: элодея канадская (*Elodea canadensis* Rich.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), рдест альпийский (*P. alpinus* Balb.), рдест курчавый (*P. crispus* L.), шелковник волосистый (*Batrachium trichophyllum* Bosch.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), ряска горбатая (*Lemna gibba* L.) и др.

В данной работе проведен сравнительный анализ одних и тех же видов гидрофитов из водных объектов, различающихся степенью антропогенного воздействия, по ряду структурно-функциональных показателей: параметры мезоструктуры листьев (Мокроносов, Борзенкова, 1978); фосфора и азота; активность одного из ферментов антиоксидантной защиты — каталазы и др. В таблицах представлены средние арифметические значения из трех биологических повторностей (параметры клеток рассчитаны в 30-кратной повторности) и их стандартные ошибки. Сравнение показателей производили с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни. Достоверность различий принималась на уровне значимости $p < 0.05$.

Сравнительный анализ параметров мезоструктуры фотосинтетического аппарата изученных гидрофитов показал, что растения из более загрязненных местообитаний (р. Исеть) достоверно отличались большими размерами клеток мезофилла (табл. 1).

В среднем для большинства изученных видов при антропогенной нагрузке объем и площадь поверхности клеток мезофилла увеличивались в 1.5 раза. При

Таблица 1. Параметры клеток мезофилла листа гидрофитов из водных объектов с различной величиной антропогенной нагрузки

Вид	Водоток	Площадь проекции клеток, тыс. мкм ²	Объем клеток, тыс. мкм ³	Площадь поверхности клеток, тыс. мкм ²
<i>Lemna gibba</i>	р. Исеть	1879.65 ± 128.59	48.63 ± 4.75	7.51 ± 0.51
	р. Сысерть	1147.82 ± 269.56	25.12 ± 2.29	4.59 ± 0.27
<i>Potamogeton crispus</i>	р. Исеть	993.34 ± 75.81	19.33 ± 2.30	3.97 ± 0.40
	р. Сысерть	843.06 ± 39.21	16.88 ± 1.18	3.37 ± 0.16
<i>P. alpinus</i>	р. Исеть	573.99 ± 28.617	9.08 ± 0.67	2.30 ± 0.11
	р. Сысерть	480.04 ± 24.398	7.44 ± 0.57	1.92 ± 0.09
<i>Ceratophyllum demersum</i>	р. Исеть	7485.05 ± 541.57	458.51 ± 47.24	29.94 ± 2.16
	р. Сысерть	5501.44 ± 350.07	249.04 ± 28.36	22.01 ± 1.40

повышении уровня загрязнения среды в листьях гидрофитов содержание фотосинтетических пигментов увеличивается в среднем на 25–50% (табл. 2). При повышенных антропогенных нагрузках на водные объекты в биомассе растений увеличивается содержание биогенных элементов — азота и фосфора (табл. 3).

Таблица 2. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях гидрофитов из водных объектов с различной величиной антропогенной нагрузки

Вид	Водный объект	Хлорофилл (a+b), мг/г сухой массы	Каротиноиды, мг/г сухой массы
<i>Lemna gibba</i>	р. Сысерть	7.14 ± 0.20	2.29±0.14
	р. Исеть	9.76 ± 0.18	4.47±0.21
	р. Чусовая	8.36 ± 0.19	5.00±0.12
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	оз. Икбулат	14.50 ± 0.37	4.47±0.07
	р. Чусовая	19.46 ± 0.67	6.57±0.34
	р. Ревда	21.19 ± 0.54	7.05±0.27
<i>Batrachium trichophyllum</i>	р. Решетка	11.97 ± 0.17	4.20±0.10
	р. Ревда	17.57 ± 0.29	6.46±0.09
<i>Elodea canadensis</i>	оз. Икбулат	17.35 ± 0.25	5.58±0.06
	р. Ревда	21.50 ± 0.16	7.53±0.09
	р. Чусовая	24.67 ± 0.42	8.52±0.21
	отстойник Северского трубоного завода	30.85 ± 0.34	11.15±0.13

Таблица 3. Содержание общего фосфора и азота в листьях *Elodea canadensis* Rich. из водных объектов с различной величиной антропогенной нагрузки

Водный объект	Общий фосфор, % P ₂ O ₅ /г сухой массы	Общий азот, % N/г сухой массы
оз. Икбулат	1.39± 0.02	2.93±0.00
р. Северушка	1.57± 0.01	3.18±0.00
р. Чусовая	2.19±0.01	4.32±0.05
Отстойник СТЗ	3.16±0.07	4.24±0.00

Возможно, это связано с повышенными концентрациями азотистых и фосфорных соединений в воде в результате поступления их в водотоки с бытовыми и сельскохозяйственными стоками. Как правило, повышенное содержание азота в тканях растений приводит, во-первых, к увеличению синтеза белков в клетках, что, повышает устойчивость к загрязнению среды, а, во-вторых, к увеличению содержания фотосинтетических пигментов, в том числе и каротиноидов, участвующих в защите растений от действия окислительного стресса, вызываемого присутствием поллютантов. Повышенное содержание фосфора в тка-

нях растений приводит к усилению синтеза полифосфатов, которые участвуют в связывании токсикантов, снижая тем самым действие последних на растительные организмы (Ипатова, 2005).

Избыток тяжелых металлов в среде обитания, как правило, приводит к повышенному их накоплению растительными организмами (Manny et al., 1991). Наши исследования показали, что содержание металлов в листьях растений одного и того же вида, но произрастающих в водотоках с разным уровнем загрязнения, может различаться в десятки раз. Так, полученные данные по элодее канадской показали, что содержание меди возрастало в 67 раз, марганца — в 19 раз, железа — в 12 раз, никеля — в 9,3 раза в местообитаниях, испытывающих наибольшее антропогенное воздействие по сравнению с «условно чистыми».

Известно, что под действием стрессовых условий в клетках растений активизируются процессы свободнорадикального окисления (Hall, 2002). Одним из ферментов антиоксидантной системы является каталаза. По нашим данным, активность этого фермента увеличивается при повышении уровня загрязнения среды в листьях ряски горбатой более чем в пять раз, элодеи канадской — в три и рдеста пронзеннолистного — в 2,5 раза. Это позволяет сделать вывод об участии данного фермента в адаптации водных растений к загрязнению среды обитания.

Среди специфических механизмов защиты от токсического действия тяжелых металлов следует отметить образование соединений, обогащенных тиоловыми группами, которые связывают ионы металлов в виде тиолатных комплексов. Наши исследования показали, что в тканях гидрофитов при загрязнении среды тяжелыми металлами достоверно возрастает количество тиоловых групп в растворимых и мембранно-связанных белках.

Изменение исследуемых показателей гидрофитов при загрязнении среды обитания можно расценивать как ответные реакции на действие стрессоров различной химической природы. Одни из них непосредственно направлены на повышение устойчивости организмов к действию поллютантов (повышение содержания тиоловых групп и активности антиоксидантных ферментов), а другие (повышение содержания биогенных элементов и фотосинтетических пигментов) являются отражением изменения химического состава водной среды и также способствуют повышению устойчивости растительных организмов к неблагоприятным абиотическим факторам. Результаты данного исследования могут быть использованы для совершенствования системы биомониторинга природных вод, а также при разработке методов фиторемедиации загрязненных водных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

Ипатова В.И. Адаптация водных растений к стрессовым абиотическим факторам среды. М.: «Графикон-принт», 2005. 224 с.

- Мокроносов А.Т., Борзенкова Р.А. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1978. Т. 61. С.119–133.
- Hall J.L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance // J. Exp. Bot. 2002. Vol. 53. P. 195–199.
- Manny B.A., Nichols S.J., Schloesser D.W. Heavy metals in aquatic macrophytes drifting in a large river // Hydrobiologia. 1991. Vol. 219. P. 333–344.

ЭКОЛОГИЯ РЕПТИЛИЙ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»)

Р.Р. Шамгунова

Сургутский госуниверситет

Исследования проведены в природном парке «Сибирские Увалы» (южная часть северо-таёжной подзоны лесной зоны Западной Сибири) с целью изучения некоторых аспектов экологии рептилий в северных широтах. Анализировались особенности биотопического размещения, плотности населения, сезонной активности, размножения и питания.

Учеты проводили 4–21 июля 2003 г. в окрестностях базы «Брусовая», 1–13 июля 2005 г. — на кордоне Сей-Кор-Еган, в периоды с 1 по 14 июля 2004 г. и с 15 июня по 20 августа 2006 г. — в окрестностях базы «Глубокий Сабун». Обследовано 16 различных типов лесов и болот. Змей учитывали на маршрутных лентах протяженностью 5 км при ширине трансекта 3 м в часы наибольшей активности животных. Ящериц добывали на учётных площадках размером 100–250 × 5–15 м при помощи ловчих канавок с конусами (Динесман, Калецкая, 1952). Всего отработано 3 460 конусо-сут. Обилие змей оценивали по шкале А.П. Кузьякина (1962), модифицированной С.И. Волынчиком (2002). Размножение изучали в 2006 г. посредством вскрытия половозрелых особей. Питание анализировали по содержимому желудков (Щебрак, 1989).

Выявлено два вида рептилий: живородящая ящерица (*Zootoca vivipara*) ($n=67$) и обыкновенная гадюка (*Vipera berus*) ($n=30$). Наибольшей плотностью населения живородящей ящерицы характеризуются болота верхового и переходного типов (кустарничково-сфагновое — 8,9 особ./га, сфагново-пушицевое — 8,0 особ./га) и экотоны (8,0 особ./га), прилегающие к ним. Реже встречается она на вырубках и гарях (5,0 особ./га), борах — беломошниках (4,4 особ./га); редка в пойменных биотопах (0,4 особ./га). Обыкновенная гадюка в северной тайге заселяет открытые участки (вырубки и гари — 0,8 особ./га), а также болота верхового и переходного типов — 0,4 особ./га.

Не встречаются оба вида на низинных болотах и в сложноструктурированных высокопродуктивных фитоценозах. В среднем по стационару *Z. vivipara* обычна (2.3 особ./ га), а *V. berus* — редка (0.1 особ./ га).

Отмечены половые различия в сезонной активности рептилий. В июне взрослые самцы ящериц активнее самок в полтора раза, в июле самки встречаются в учётах в 0.63 раза чаще, а в августе соотношение самцов к самкам равно 3:1. У гадюк в течение лета доминируют самки, самцы ведут более скрытный образ жизни.

В северной тайге самки *Z. vivipara* ($n=6$) вынашивают от шести до восьми зародышей. У некоторых самок наблюдается неравномерное развитие эмбрионов. Выявлена положительная связь между плодовитостью и общей длиной тела самок ящериц. В первой половине лета размеры семенников половозрелых самцов *Z. vivipara* 5.1×2.9 мм. Во второй половине лета они несколько увеличиваются (6.0×3.0 мм), что, возможно, связано с подготовкой к предстоящему периоду размножения. Среди взрослых самок *V. berus* участвовали в размножении 50%. Среднее количество эмбрионов у гадюки — 10.5 ± 1.0 . Первые сеголетки ящериц встречаются с 15 июля, а их массовый выход наблюдается с первой декады августа, у змей молодые особи появляются в середине августа.

Спектр питания ящериц северной тайги включает пауков и насекомых: гусениц отр. *Lepidoptera* и пенниц (сем. *Cercoridae*) отряда *Homoptera*. Молодым гадюкам свойственна заурофагия (в желудках встречались взрослые особи *Z. vivipara*). Взрослые змеи питаются в равной степени насекомоядными, грызунами, птенцами воробыинообразных и молодыми гадюками.

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА ПРИ ЛАБОРАТОРНОМ ВЫРАЩИВАНИИ И В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Н.В. Шаталин, Т.М. Стрельская

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Многие исследователи, сопоставляя результаты лабораторного выращивания гусениц на листе кормовой породы с результатами мониторинга в естественных условиях на этой же кормовой породе, отмечают, что полученные данные не всегда сопоставимы по скорости развития, смертности и массе куколок (Эдельман, 1957; Ханисламов и др., 1958). Установлены различия по выживаемости и морфометрическим показателям при выкармливании гусениц листовой разного возраста. Кроме того, на результаты выкармливания имеет

влияние время сбора листьев (Пономарев и др., 2001). Таким образом, можно констатировать, что использование при лабораторном выращивании гусениц листы кормовых растений не всегда объективно отражает закономерности, характерные для естественных условиях.

В лаборатории защиты растений Ботанического сада УрО РАН в течение длительного времени (с 1989 г.) проводится выращивание гусениц в лабораторных условиях на искусственной питательной среде (Ильиных, 1996), при постоянных гидротермических условиях. Однако до настоящего времени, в связи с низкой плотностью исследуемой (Каменск-Уральский р-н, Свердловской обл.) популяции непарного шелкопряда, не было возможности сравнить результаты, получаемые в лабораторных условиях, с показателями развития гусениц в естественных условиях. В 2006 г., в связи с высокой плотностью гусениц на значительной площади насаждений, в разных лесорастительных условиях, такая возможность появилась.

Исследования проводились в Каменск-Уральском районе Свердловской области (Каменск-Уральском лесхоз, Покровское лесничество). Полевые работы осуществляли в трёх кварталах Покровского лесничества (37, 45 и 25) с высокой плотностью кладок непарного шелкопряда и в трёх кварталах с низкой плотностью (35, 24 и 21) с различными лесорастительными условиями. Полнота древостоев во всех кварталах одинаковая — 0.8.

Кладки для лабораторного выращивания изымались осенью 2005 г. Выращивание гусениц непарного шелкопряда в лабораторных условиях проводилось на искусственной питательной среде (Ильиных, 1996) при постоянной температуре 27°С и влажности воздуха 60%. В лабораторных условиях учитывались: скорость развития в различных возрастах; длительность развития до окукливания; фенотипическая характеристика окраски гиподермы гусениц в старших возрастах; масса куколок; размах крыльев имаго.

В естественных условиях учёт скорости развития гусениц непарного шелкопряда проводился методом околота деревьев (Ильинский, 1965). Учитывались возраст гусениц в различные сроки наблюдения, окраска гиподермы гусениц в старших возрастах. В период лёта самцов проводился феромонный мониторинг. Измерялись размах крыльев самцов, учитывалась динамика их лёта.

Осенью 2005 г. был проведён учёт кладок во всех кварталах. Плотность составила: 37 квартал (свежие, периодически влажные условия увлажнения) — четыре кладки на дерево; 45 квартал (устойчиво свежие) — 17.4; 25 квартал (сухие, периодически свежие) — шесть. В кварталах с идентичными условиями, но с низкой плотностью кладок, получены следующие данные: 35 квартал (свежие, периодически влажные условия увлажнения) — 1.5 кладки на дерево; 24 квартал (устойчиво свежие) — одна и 21 квартал (сухие, пери-

одически свежие) — 0.2 кладки на дерево. Отрождение кладок весной 2006 г. началось с 10 по 15 мая.

Сравнение скорости развития в младших возрастах по данным лабораторного выращивания показало, что гусеницы из 45 кв. сначала развивались медленнее, чем гусеницы из 25 и 37 кв., в старших возрастах произошло ускорение их развития. По данным учета в полевых условиях также было отмечено ускорение развития гусениц из 45 кв. при переходе в старшие возраста по сравнению с гусеницами из 25 кв. и 37 кв.

В связи с резким похолоданием в начале июля 2006 г., приведшим к массовой гибели гусениц, и повторным похолоданием в третьей декаде июля, благополучно отложить кладки смогли только самки с высокой скоростью развития. Наиболее высокая скорость развития была в 45 кв., наиболее низкая — в 25 кв. (это показал анализ интенсивности дефолиации, количества имаго самок до похолодания в третьей декаде июля и плотности кладок осенью 2006 г.). Максимальная плотность кладок наблюдалась в 45 кв. (две кладки на одно дерево), минимальная — в 25 кв. (две кладки на 10 деревьев), что совпадает с учётом имаго самок в естественных условиях 21.07.2006 г. (45 кв. — две самки на дерево; 37 кв. — одна; и 25 кв. — 0.25 самки на дерево) и соответствует графику окукливания самок при лабораторном выращивании (рисунок).

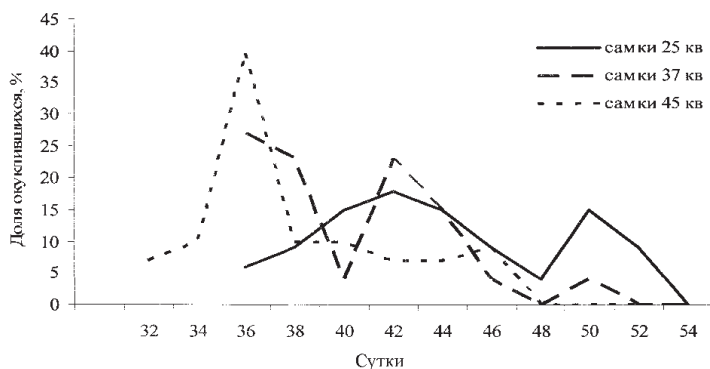


Рисунок. Длительность развития гусениц до окукливания; кладки 2005 г., высокая плотность.

Анализ соотношения фенотипов окраски гиподермы гусениц показал соответствие этих показателей лабораторным результатам серый фенотип и в естественных и в лабораторных условиях преобладал в 45 кв., а наиболее значительная доля жёлтого фенотипа наблюдалась в 37 кв.

Анализ размаха крыльев самцов показал, что в микропопуляции с более высокой плотностью размах ниже, чем у самцов из микропопуляции с низкой плотностью, что по данным Е.М. Андреевой (2002) соответствует более низкой массе куколок самцов из микропопуляции с более высокой плотностью при лабораторном выращивании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнение морфофизиологических показателей гусениц разных микропопуляций непарного шелкопряда в зависимости от лесорастительных условий по тем признакам, которые можно учесть в естественных условиях (скорость развития гусениц в разных возрастах и до окукливания, степень синхронности развития, соотношение фенотипов по окраске гиподермы гусениц, размах крыльев имаго, смертность) показало соответствие динамики этих показателей, зафиксированных в лабораторных и естественных условиях. Это соответствие указывает на правомерность проведения лабораторного выращивания гусениц непарного шелкопряда на искусственной питательной среде для изучения динамики популяционных и микропопуляционных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреева Е.М. Трофические аспекты экологии непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2002. 24 с.
- Ильинский А.И. Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых в лесах СССР. М.: Лес. промышленность, 1965. 525 с.
- Ильиных А.В. Оптимизированная искусственная среда для культивирования непарного шелкопряда (*Ocneria dispar* L.) // Биотехнология, 1996. № 7. С. 42–43.
- Пономарёв В.И., Андреева Е.М., Севрюгина Т.М. Связь суточной и сезонной динамики биохимического состава листьев кормового растения с онтогенетическими, морфометрическими и трофическими показателями гусениц непарного шелкопряда. // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Сб. научных статей. Вып. 1. Брянск: БГИТА, 2001. С. 22–26.
- Ханисламов М.Г., Гирфанова Л.Н., Яфаева З.Ш., Степанова Р.К. Массовые размножения непарного шелкопряда в Башкирии // Исследование очагов вредителей леса в Башкирии. Уфа. БФ АН СССР, 1958. С. 5–45.
- Ханисламов М.Г., Гирфанова Л.Н., Яфаева З.Ш., Степанова Р.К. Условия формирования резерваций и нарастания численности непарного шелкопряда в Башкирии // Исследование очагов вредителей леса в Башкирии. Уфа: БФ АН СССР, 1962. С. 32–66.
- Эдельман Н.М. Пути использования кормовой специализации непарного шелкопряда в целях обоснования профилактических мероприятий // Зоол. журн. 1957. № 3. С. 408–420.

ПОГЛОЩЕНИЕ СВИНЦА И НИКЕЛЯ РАСТЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА

Е.А. Шемякина

Пермский госуниверситет

Цель работы — изучить особенности поглощения свинца и никеля растениями девясиллом шершавым (*Inula hirta* L.) и подмаренником русским (*Galium ruthenicum* Willd.) в условиях модельного опыта. Растения выдерживали в течение 5 суток в колбах с высокими концентрациями солей Pb и Ni. Каждые 24 часа делали поперечные срезы корней растений и после обработки красителями рассматривались под микроскопом.

Показано, что тяжелые металлы первоначально задерживаются в клеточных стенках обоих растений, позднее проникают в клетки. Ni быстрее, чем Pb, проникает во внутреннюю кору, эндодерму, перицикл и проводящие пучки корней обоих видов. Вероятно, это связано с тем, что растения имеют барьеры, не позволяющие свинцу сразу проникать в клетки. По окончании опыта у каждого растения были изучены поперечные срезы стеблей.

Подмаренник. Никель. У основания стебля отсутствует сердцевина, ярко окрашены эндодерма и перицикл. У первого междоузлия (2.5 см от корня) картина аналогичная, клетки полностью прокрашены. На срезе у второго междоузлия (5.5 см от корня) также прокрашивается весь образец, но внутренняя и внешняя кора окрашены менее интенсивно. В дальнейшем наблюдается постепенное снижение степени прокрашивания срезов от третьего к восьмому междоузлию (от 8.5 до 26 см). Начиная с пятого междоузлия (16 см) в перицикле окрашиваются только клеточные стенки. Верхушка стебля (36 см) совсем не прокрашена, хотя на высоте 32 см слабое окрашивание еще наблюдается. **Свинец.** На срезе у основания стебля слегка окрашена эпидерма. У первого междоузлия слегка прокрасились только ксилема и наружная кора, у третьего междоузлия (15 см) — только ксилема. К седьмому междоузлию ксилема прокрасилась только в некоторых участках. На верхушке стебля ксилема окрашивалась, но очень слабо.

Девясил. Никель. Срез у основания стебля прокрасился полностью; при этом наружная кора окрашена более ярко, чем остальные слои; также полностью окрашены флоэма и ксилема; у паренхимы окрашены только клеточные стенки. На высоте 7 см от основания стебля кора и ксилема по-прежнему ярко окрашены, паренхима и флоэма — менее интенсивно. На высоте 20 см в паренхиме встречаются совершенно неокрашенные клетки, а у остальных клеток паренхимы прокрасились только клеточные стенки. Внутренняя кора также не окрасилась,

хотя наружная кора ярко-красного цвета. Свинец. На срезе у основания стебля клетки деформированы и практически не окрашены. В дальнейшем на всех срезах на протяжении стебля наблюдается аналогичная картина.

НАСЕЛЕНИЕ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ПАУКОВ (ARACHNIDA, ARANEI) СУКЦЕССИОННЫХ БЕРЕЗНЯКОВ ТРОИЦКОГО ЗАКАЗНИКА

А.С. Ширнужева

Пермский госуниверситет

В мае 2004 г. в Троицком заказнике Челябинской области сгорела большая часть березовых колков. Наши исследования герпетобионтных пауков были проведены в июле 2002–2006 гг. в биотопах, формирующих ксеро- и гидросерию. Целью данного исследования было выявление постпирогенной трансформации населения пауков и дальнейшего направления сукцессионных процессов. Население пауков отдельных биотопов отличается в разные года (таблица). На конечных стадиях предпожарной сукцессии наблюдается некоторое сближение комплексов пауков на фоне значительных отличий в структуре населения инициальных стадий обеих серий. Это связано, прежде всего, с исчезновением гидрофильных таксонов и появлением сходного мезо- и ксерофильного населения, а также с увеличением показателя общей попадаемости.

Можно отметить, что население ксеро- и гидросерии по-разному реагирует на воздействие пожара. Попадаемость и число таксонов возрастают в год пожара почти во всех биотопах. Несмотря на значительные варьирования показателя разнообразия Шеннона (H) в течение пяти лет, можно говорить о повсеместном снижении его в 2006 г. Начальная стадия ксеросерии пострадала в наименьшей степени, и ее население подверглось минимальным преобразованиям.

Кроме того, наблюдается сопряженное изменение попадаемости доминантных видов пауков (*Pardosa lugubris* и *Trochosa terricola*) в соответствующих биотопах обеих серий. Соотношение семейств варьирует в широких пределах, но основные семейства Lycosidae и Gnaphosidae демонстрируют сопряженное изменение численности.

Несмотря на различия в структуре населения сукцессионных группировок пауков предпожарного года и года пожара, изменения касались в равной степени сгоревших и не пострадавших биоценозов, так что их положение в сукцессионном ряду осталось прежним. Можно предположить, что структура населения пауков в большей степени определяется погодными условиями, чем воздействием пожара.

Таблица. Основные характеристики населения пауков в Троицком заказнике в 2002–2006 гг.

Серии, биотопы									
Год	ксеросерия					гидросерия			
	осина в степи	осинник-березняк	березняк припелеватый	березняк парковый	дубрава	березняк-жердняк	березняк средневозрастной	березняк припелеватый	березняк парковый
Число видов									
2002	9	*	22	18	7	11	12	6	11
2003	5	13	12	13	6	10	4	7	8
2004	7	14	16	23	7	22	21	18	19
2005	8	8	10	8	9	11	5	5	10
2006	7	8	7	7	6	3	3	13	7
Попадаемость (экз./100 лов.-сут.)									
2002	32.0	*	55.3	33.2	47.0	15.4	16.3	23.0	26.7
2003	21.5	99.1	36.1	21.7	32.7	41.2	22.4	40.0	23.3
2004	14.0	201.0	290.0	372.0	58.0	234.0	279.0	77.0	207.0
2005	19.7	16.7	32.2	17.8	43.3	71.4	30.0	16.7	65.1
2006	12.0	15.2	38.8	11.0	118.0	9.0	3.6	86.4	8.8
Разнообразие (H)									
2002	1.7	*	2.2	2.3	1.3	1.8	2.3	4.3	4.4
2003	1.4	2.1	2.1	2.2	1.3	2.0	1.2	1.7	1.7
2004	1.8	1.9	1.7	1.6	1.6	2.3	2.2	2.1	2.0
2005	1.8	1.9	2.0	1.7	1.8	1.8	0.8	1.1	1.8
2006	1.8	1.7	1.9	1.8	1.7	1.7	0.8	1.0	1.8

КРАНИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИКОЙ И ДОМЕСТИЦИРОВАННОЙ ПОПУЛЯЦИЙ ПЕСЦА *ALOPEX LAGOPUS* L.

Е.Л. Ширяева*, М.Н. Ранюк**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург,

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

Пушное песцовое звероводство является одной из основных и молодых отраслей сельского хозяйства России, ведущей свое начало с 1928 г. Исследования изменчивости *Alopex lagopus* L. позволяет оценить его роль в сообществе

млекопитающих, используется при мониторинге состояния диких популяций, при проведении мероприятий по сохранению и поддержанию промысловой численности. Цель данной работы — провести сравнительный анализ размеров черепа в дикой и domesticiрованной популяциях песка.

Были исследованы сеголетки песка из коллекций ИЭРиЖ УрО РАН: 1) дикая популяция (Ямало-Ненецкий АО, Приуральский район) — 25 самцов, 25 самок; 2) domesticiрованная популяция (Свердловская обл., Полевской р-н, зверохозяйство «Мраморское») — 66 самцов, 42 самки. Данный материал был классифицирован по 16 краниологическим промерам, среди которых кондильобазальная длина, общая и основная длина, лицевая ширина по линии между скуловыми отверстиями, высота в области межглазничного сужения, ширина мозговой капсулы и другие.

По результатам дисперсионного анализа пол (λ Уилкса_(df=16, 132)=0.745) и популяционная принадлежность (λ Уилкса_(df=16, 132)=0.161) оказывают значимые влияния на размеры черепа песка ($p<0.05$). Самцы крупнее самок по большинству изученных краниологических признаков (14 из 16). Популяции диких и domesticiрованных песцов значимо ($p<0.05$) различаются между собой по 9 из 16 изученных признаков (рис. 1). На следующем этапе была построена стандартная модель дискриминантного анализа диких и domesticiрованных популяций песка на основе краниометрических признаков. Значения квадратов расстояния Махаланобиса между исследуемыми выборками оказались статистически значимыми ($p<0.05$), общая доля правильных классификаций составила 74.05%. На рис. 2 показано распределение исследуемых особей дикой и domesticiрованной популяций: по первой оси выявляются различия между популяциями. Межгрупповые различия вдоль второй оси связаны с проявлением полового диморфизма.

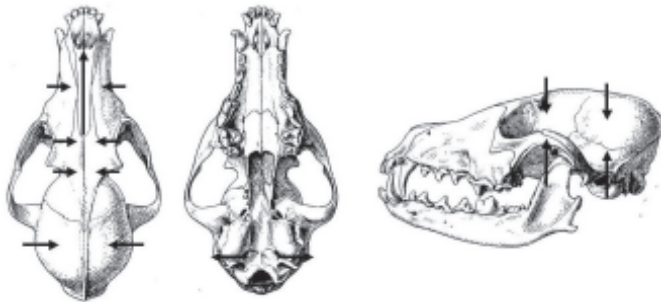


Рис. 1. Изменение размеров черепа у domesticiрованной популяции песка (стрелками указаны направления изменений по сравнению с дикой популяцией).

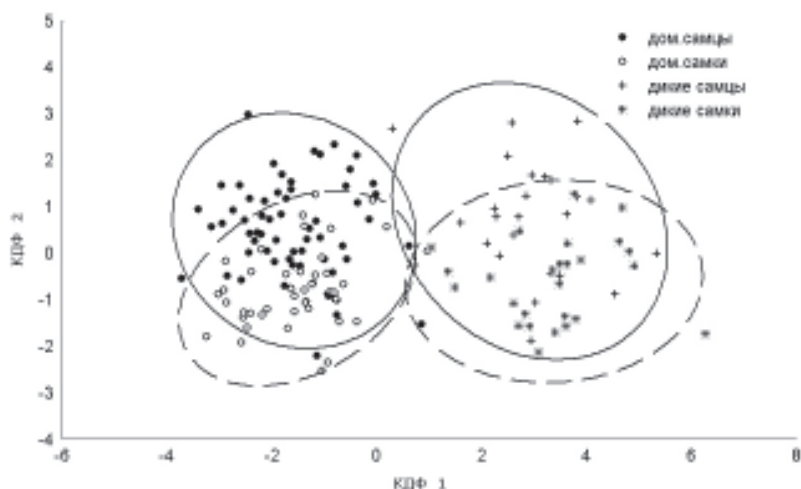


Рис. 2. Распределение исследуемых особей пса в пространстве первых двух канонических дискриминантных функций (КДФ).

В результате проведенного краниометрического анализа можно заключить, что одомашнивание приводит к возникновению морфологических отличий клеточных псов от диких животных. Возможными причинами подобных изменений черепа могут быть косвенное влияние искусственного отбора на краниометрические признаки, условия содержания одомашненных псов, а также последствия близкородственного скрещивания.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 07–04–00298).

АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ КРЫЛЬЕВ *PIERIS NAPI* L. И *P. RAPAE* L. (LEPIDOPTERA: PIERIDAE) НА СРЕДНЕМ И ЮЖНОМ УРАЛЕ

А.О. Шкурихин*, Т.С. Ослина*, Е.Ю. Захарова**

*Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург,

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

Задача разграничения изменчивости формы и размеров морфологических объектов — одна из фундаментальных для многих биологических иссле-

дований (Павлинов, Микешина, 2002; Васильев, 2005). В качестве модельных объектов выбраны *Pieris napi* L. и *P. rapae* L., обитающие в сходных биотопах на одних и тех же кормовых растениях. С высокой степенью точности данные виды можно различить только по особенностям строения генитальных структур. В связи с этим актуально изучение изменчивости данных видов по форме крыльев и их размерам.

Целью нашей работы является изучение изменчивости метрических и неметрических признаков крыла двух видов поливольтильных дневных бабочек семейства белянки (Pieridae) — *P. napi* L. и *P. rapae* L. — в связи с динамикой соотношения полов. Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи: 1. Описать половую структуру популяции и динамику соотношения полов модельных видов на протяжении всего периода лета; 2. Изучить межвидовую, половую и географическую изменчивость размеров и формы крыльев *P. napi* и *P. rapae*, обитающих на территории Среднего и Южного Урала.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Энтомологический материал собирали с 4 июля по 8 августа 2005 г. и с 25 мая по 27 августа 2006 г. на биостанции УрГУ (Свердловская обл., Сысертский р-н, окр. д. Фомино), в окрестностях д. Хомутовка (Свердловская обл., Ревдинский район) и на территории Восточно-Уральского радиоактивного заповедника (Челябинская обл., Каслинский район, окр. д. Метлино). Объемы выборок представлены в табл. 1. Выборки первого поколения обоих видов, а также самок *P. rapae* из окр. д. Хомутовка, в статистический анализ не включали из-за недостаточного объема наблюдений.

Таблица 1. Объемы выборок имаго *P. napi* и *P. rapae* в 2005–2006 гг.

Вид	Год	Точка сбора	пол	N, экз.	Длина крыла, мм	
					Переднее	Заднее
<i>P. napi</i>	2005	д. Фомино	самцы	179	24.0±1.2	19.7±1.2
			самки	70	23.0±1.4	19.1±1.2
	2006	д. Фомино	самцы	69	23.3±1.2	19.1±1.0
			самки	28	22.3±1.0	18.6±1.0
		д. Хомутовка	самцы	127	23.1±1.0	19.1±1.0
			самки	27	21.8±1.2	18.0±1.0
		д. Метлино	самцы	27	23.5±1.0	19.2±0.7
			самки	12	22.3±1.0	18.4±0.9
<i>P. rapae</i>	2005	д. Фомино	самцы	275	24.9±1.0	20.4±0.9
			самки	111	24.2±1.2	19.9±1.0
	2006	д. Фомино	самцы	45	24.3±0.9	20.1±0.7
			самки	24	24.3±1.2	20.1±1.0
		д. Хомутовка	самцы	35	24.0±0.9	19.9±0.7
			самки			

Определение видовой и половой принадлежности особей проводили по генитальным структурам. Всего был изготовлен 1031 препарат генитальных структур. Измерения размеров крыльев проводили на бинокулярном микроскопе МБС-10 с помощью окулярного микрометра при увеличении 8х0.4. Схема промеров представлена на рис. 1. Дискриминантный анализ изменчивости длин крыльев проводили в пакете программ Statistica 5.5.

Анализ изменчивости формы крыльев проводили с помощью метода геометрической морфометрии (Павлинов, Микешина, 2002). Для этого крылья были оцифрованы с нижней стороны на сканере Epson Perfection 2480 PHOTO при разрешении 2400 dpi. Полученные изображения обрабатывали в пакете программ TPS (Rohlf, 2004). В программе tpsDig провели расстановку меток (landmarks), характеризующих форму и структуру крыла (см. рис. 1). Всего для переднего крыла было использовано 19 точек, для заднего — 17. Затем в программе tpsRelw были рассчитаны значения относительных деформаций (Relative warps), которые в дальнейшем были обработаны методом дискриминантного анализа в пакете программ Statistica 5.5.

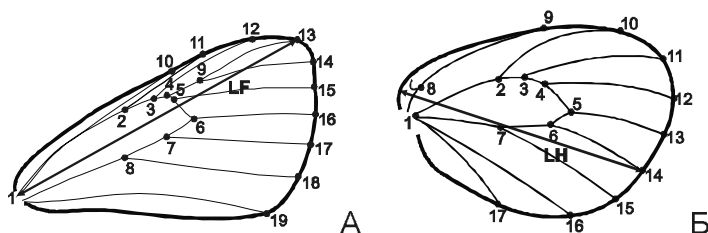


Рис. 1. Схема промеров длины и расстановки меток (landmarks) на переднем (А) и заднем (Б) крыльях *P. napi*: LF — длина переднего, LH — длина заднего крыла; 1–19, 1–17 — метки на передних и задних крыльях соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Половая структура популяций и динамика соотношения полов.

В 2005–2006 гг. наблюдали временной разрыв в периоде лета имаго *P. napi* и *P. rapae*. Анализ половой структуры популяций обоих видов показал численное преобладание самцов над самками в 2–4 раза для разных выборок. Явление протандрии, описанное для данных видов в литературе (Wiklund et al., 1991), не обнаружено. Возможно, что в условиях Среднего Урала самцам *P. napi* и *P. rapae* выгоднее иметь более крупные размеры за счет снижения степени протандрии, поскольку самцы белянок вместе со сперматофором поставляют самке питательные вещества для развития оплодотворенных яиц (Bergstrom, Wiklund, 2002).

При этом позднее появившийся самец все равно имеет шанс оплодотворить самку, так как у последних наблюдается полиандрия.

Анализ изменчивости метрических признаков. Результаты измерений длин крыльев белянок приведены в табл. 1. Результаты канонического дискриминантного анализа показывают, что репница в среднем достоверно (λ Уилкса = 0.617, $F=40.058$, $p<0.0000$) крупнее брюквенницы во всех изученных нами выборках. Самцы *P. nari* оказались крупнее самок во всех исследованных местообитаниях, что согласуется с литературными данными (Antti Roine, 2001). У репницы *P. rapae* по длине крыльев достоверно от самок отличается только выборка самцов, отловленных на биостанции УрГУ в 2005 г. Значимых различий по длинам крыльев между выборками белянок из разных географических точек не обнаружено.

Анализ изменчивости формы крыльев. Графическое изображение результатов дискриминантного анализа относительных деформаций передних крыльев *P. nari* и *P. rapae* представлено на рис. 2. По форме крыльев брюквенница и репница отличаются статистически значимо. Для переднего и заднего крыльев брюквенницы характерны относительно более удлинённая медиальная ячейка и укороченные субмаргинальная и маргинальная области, чем для репницы. Передние крылья *P. nari* обладают более округлым наружным краем по сравнению с *P. rapae*.

Результаты дискриминантного анализа показывают, что самцы и самки обоих видов белянок достоверно отличаются по форме передних и задних крыльев. Для передних крыльев самцов брюквенницы и репницы характерен более вытянутый и заостренный апикальный край, само крыло относительно более узкое, угловатое, чем у самок. По форме задних крыльев различия между полами слабее, чем по форме передних. Различия формы переднего и заднего крыльев между выборками из разных географических точек гораздо слабее межвидовых и половых, хотя и достоверны.

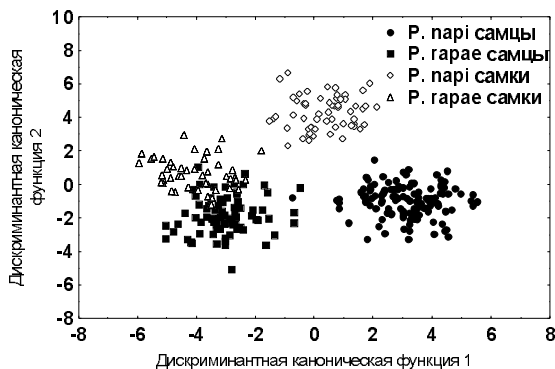


Рис. 2. Результаты дискриминантного анализа формы передних крыльев самцов и самок *P. nari* и *P. rapae*.

ВЫВОДЫ

Для изучаемых видов белянок *P. napi* и *P. rapae* характерно численное преобладание самцов над самками в 2.5–4 раза. Сроки вылета первой генерации (май–июнь) не перекрываются со сроками вылета второй и третьей (июль–сентябрь). Описанная в литературе для данных видов протандрия нами не обнаружена.

Диапазоны видовой изменчивости размеров в значительной степени перекрываются, хотя в целом *P. rapae* крупнее *P. napi*. Самцы брюквенницы достоверно крупнее самок. У репницы межполовые различия длины крыла не всегда достоверны. Обнаружены достоверные межвидовые, межполовые и географические различия формы крыльев. По сравнению с размерами форма крыльев является более надежным признаком для разграничения выборок по полу и местообитанию.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-04-96096).

ЛИТЕРАТУРА

- Васильев А.Г. Эпигенетические основы фенетики: на пути к популяционной меронормии. Екатеринбург: Изд-во «Академкнига», 2005. 640 с.
- Павлинов И.Я., Микешина Н.Г. Принципы и методы геометрической морфометрии // Журнал общей биологии. 2002. Т. 63. № 6. С. 473–493.
- Antti Roine Lepibase 2.0 Butterflies of Europe CD (Finland), 2001.
- Rohlf F.J. On the use of shape spaces to compare morphometric methods // Hystrix (n.s.). 2000. Vol. 11. № 1. P. 9–25.
- Wiklund C., Nylin S., Forsberg J. Sex-related variation in growth rate as a result of selection for large size and protandry in a bivoltine butterfly, *Pieris napi* // Oikos. 1991. Vol. 60. P. 241–250.
- Bergstrom J., Wiklund C. Effects of size and nuptial gifts on butterfly reproduction: can females compensate for a smaller size through male-derived nutrients? // Behav. Ecol. Sociobiol. 2002. Vol. 52. P. 296–302.

ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА КРОВИ И АКТИВНОСТЬ МИЕЛОПЕРОКСИДАЗЫ В НЕЙТРОФИЛАХ СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

А.С. Юрко

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

Состояние природных популяций ластоногих в значительной степени определяется смертностью детенышей в первый год жизни. Иммунологичес-

кую некомпетентность щенков серых тюленей рассматривают как одну из важных причин их гибели (Baker, 1984). Однако связь иммунологических функций с ростом и развитием ластоногих, зависимость их от обмена веществ, претерпевающего значительные изменения в раннем онтогенезе тюленей, практически не изучены. Тем не менее, подобные исследования позволяют решать целый ряд проблем, связанных с первичной адаптацией этих животных к неволе, их полноценным жизнеобеспечением и ветеринарным обслуживанием, а также проводить своевременную и информативную диагностику состояния природных популяций.

Анализ цитохимических параметров клеток крови позволяет оценивать и прогнозировать состояние органов и тканей, течение различных заболеваний на самых ранних стадиях их развития. Одним из таких цитохимических параметров является активность миелопероксидазы. Миелопероксидаза (пероксидаза нейтрофилов) — железосодержащий белок, локализующийся в первичных лизосомальных гранулах и являющийся маркером клеток нейтрофильного ряда (Бронштейн, Френкель, 2002). Цель работы заключалась в оценке различий клеточного состава крови и активности миелопероксидазы у серых тюленей различного возраста.

Материал для исследования получен от 28 щенков серого тюленя во время экспедиции на Айновы острова (Баренцево море) в ноябре-декабре 2006 г. Обследованные животные были разделены на три группы: 1-я группа — новорожденные животные, возраст которых от трех дней до недели; 2-я группа — упитанные бельки, возраст около 2-х недель; 3-я группа — тюлени, завершившие молочное вскармливание, но еще не приступившие к самостоятельному питанию (возраст около 1 месяца). Также представлены данные, полученные от серого тюленя (возраст 1 год) в 2006 г.

У всех животных кровь брали из экстрадуральной вены. Мазки изготавливали общепринятым способом (Руководство..., 1960). Миелопероксидазу выявляли бензидиновым методом. Докрашивали смесь Романовского-Гимза. Активность миелопероксидазы определяли методом полуколичественной оценки по Г. Астальди и Л. Верга (Astaldi, Verga, 1957).

Установлено, что формула крови животных, завершивших молочное вскармливание, существенно отличается от щенков 1-й и 2-й групп (таблица). В первые дни и недели жизни в крови присутствуют метамиелоциты (юные) и палочкоядерные нейтрофилы. По мере взросления животных количество низкодифференцированных лейкоцитов снижается, и в крови годовалого животного присутствие этих клеток нами не отмечено. Однако у одомашненных новорожденных человека метамиелоциты вообще не выявляются (Гематология..., 1998). Более длительный период присутствия в крови морских млекопитающих низкодифференцированных лейкоцитов, по сравнению с наземными животными, веро-

Таблица. Лейкоцитарная формула крови и активность миелопероксидазы в нейтрофилах серых тюленей

Возраст поколей	Формула крови							МПО
	Ю	П	С	Э	Б	М	Л	
3 дня, n=8								
Xmid±SE	1.2±0.3	6.6±1.0	60.4±2.4	1.6±0.4	0.2±0.1	8.5±2.1	21.5±2.0	2.8±0.05
Xmin	0	2.5	50.0	0	0	2.0	14.0	2.50
Xmax	2.5	10.5	71.0	3.0	1.0	17.5	31.0	2.90
2 нед, n=12								
Xmid±SE	0.8±0.3	4.6±0.6	57.9±2.6	2.6±0.5	0.6±0.2	7.2±1.1	26.3±2.6	2.7±0.06
Xmin	0	1.0	38.0	0	0	0	14.5	2.20
Xmax	3.0	8.5	67.0	5.5	2.0	11.0	46.0	2.95
1 мес., n=8								
Xmid±SE	0.2±0.1	1.9±1.0	38.7±5.0	6.4±3.2	1.2±0.4	7.6±0.9	44.0±5.1	2.5±0.07
Xmin	0	0	13.0	1.0	0	3.0	21.0	2.14
Xmax	0.5	8.5	56.5	28.5	3.5	11.5	72.0	2.68
1 год, n=1								
	0	0	58.0	2.0	1.0	3.0	36.0	2.0

Примечание: Ю, П, С, Э, Б, М, Л – юные, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, моноциты, лимфоциты, соответственно, МПО – миелопероксидаза, Xmid – среднее значение, SE – ошибка средней.

ятно, связан с тем, что интенсивность заселения костного мозга стволовыми кроветворными клетками и их пролиферация у щенков тюленей в начале постнатального онтогенеза может быть снижена в связи с относительно меньшим весом их скелета и костного мозга (Кавцевич, 2003).

Также наше исследование позволило определить некоторые особенности лейкоцитарного профиля крови щенков серого тюленя в первые недели жизни. Как видно из таблицы, кровь животных, завершивших молочное вскармливание, характеризуется высоким числом лимфоцитов. Как известно, после рождения состав крови детенышей наземных млекопитающих претерпевает существенные изменения, связанные со становлением костномозгового кроветворения. К возрастным особенностям состава крови относится уравнивание в определенные периоды количества лимфоцитов и нейтрофилов — так называемый «физиологический перекрест». У человека он отмечается на четвертые сутки и в четыре года (Орлов, Ноздрачев, 2005). Для морских млекопитающих, в частности гренландского тюленя, также характерно наличие подобного перекреста (Кавцевич, Ерохина, 2006). Предполагается, что его отсутствие свидетельствует о сниженном уровне жизнеспособности щенков тюленей. Возрастание числа лимфоцитов в крови тюленей обусловлено их активной пролиферацией и может свидетельствовать о повышении иммунологической резистентности животных.

При анализе крови у новорожденных тюленей и перелинявших животных выявлены некоторые различия в активности миелопероксидазы. Наблюдается снижение активности фермента с возрастом. Наименьшее значение среднего цитохимического коэффициента (СЦК) зарегистрировано у годовалого тюленя. Вероятно, активность этого внутриклеточного фермента связана со зрелостью нейтрофилов (Хейхоу, Кваглино, 1983; Davidson, Nelson, 1974). В литературе также имеются сведения, указывающие на значительные особенности в характере изменения активности окислительных ферментов при задержке дыхания в клетках водных и полуводных млекопитающих, по сравнению с неадаптированными к нырянию животными. У таких морских млекопитающих как дельфины, в отличие от наземных животных, в ответ на апноэ регистрировалось увеличение активности каталазы и пероксидазы во всех изучавшихся органах и тканях (Молчанов и др., 1999).

На наш взгляд, наблюдавшееся изменение активности миелопероксидазы обусловлено не только снижением числа незрелых нейтрофилов, но и гормональными перестройками в организме животных, переходящих с молочного вскармливания на самостоятельное питание. Известно, что при линьке состав крови в значительной степени определяется особенностями гормонального статуса щенков тюленей (Улитин, 1986). В период обязательного голодания, после молочного вскармливания, происходят биохимические изменения в составе крови, следствием чего, возможно, является изменение активности этого железосодержащего фермента. Также в этот период в организме тюленей происходит ряд физиологических изменений, при которых состояние «гипоксия-реоксигенация» является физиологической нормой, позволяющих животным задерживать дыхание на длительный период времени.

Таким образом, проведенное исследование лейкоцитов периферической крови показало, что относительное число различных типов лейкоцитов меняется на разных этапах постнатального онтогенеза. Для крови щенков, завершивших молочное вскармливание, характерно увеличение числа лимфоцитов и снижение активности миелопероксидазы нейтрофилов по сравнению с животными 1-й и 2-й групп, что свидетельствует об активно идущих процессах становления системы специфического иммунитета в период постэмбриональной линьки.

Работа выполнена при содействии Кандалакшского государственного природного заповедника и финансовой поддержке РФФИ (проект № 05–04–48388).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бронштейн М. И., Френкель М. А. Гистохимические особенности лейкоцитов крови и костного мозга в норме // Руководство по гематологии. Под ред. А.И. Воробьева. М., 2002. Т. 1. С. 137–145.

- Гематология детского возраста: руководство для врачей. Под ред. Н. А. Алексеева. СПб.: Гиппократ, 1998. 544 с.
- Кавцевич Н. Н. Особенности клеточного состава крови гренландских тюленей (*Pagophilus groenlandicus*) различного возраста // Зоол. журн. 2003. Т. 82. № 6. С. 758–761.
- Кавцевич Н. Н., Ерохина И. А. «Физиологический перекрест» лейкоцитарной формулы крови — показатель жизнеспособности щенков тюленей? // Морские млекопитающие Голарктики: Сборник научных трудов. СПб., 2006. С. 230–234.
- Молчанов А.А., Камардина Т.А., Коваленко Р.И. и др. Процессы свободнорадикального окисления у ныряющих млекопитающих // Тезисы II съезда биофизиков России. М., 1999.
- Орлов Р. С., Ноздрачев А. Д. Нормальная физиология: Учебник. М.: ГЭОТАР — Медиа, 2005. 696 с.
- Руководство по клиническим лабораторным исследованиям. Под ред. Л. Г. Смирновой и Е.А. Кост. М.: Медгиз, 1960. 963 с.
- Улитин А. А. Гематологические характеристики гренландского тюленя под воздействием гормонов // IX Всесоюз. совещ. по изучению, охране и рациональному использованию морских млекопитающих: Тез. докл. Архангельск, 1986. С. 401–403.
- Хейхоу Ф. Г. Дж., Кваглино Д. Гематологическая цитохимия. М.: Медицина, 1983. 320 с.
- Astaldi G., Verga L. The glycogen content of the cells of lymphatic leukaemia // Acta. Haematol. 1957. Vol. 17. № 3. P. 129–136.
- Baker J. K. Mortality and morbidity in grey seals (*Halichoerus grypus*) // Studies on its causes, effects of environment, the nature and sources of infectious agents and the immunological status of pups // J. Zool. 1984. Vol. 203. № 1. P. 245–257.
- Davidson I., Nelson D.A. Clinical diagnosis by laboratory methods (15th ed) // Eds. Sanford T. WB Saunders Company. Philadelphia, 1974. P. 271.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ, ПЛОДОВИТОСТИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER* В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ

Е.А. Юшкова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В связи с общим ухудшением экологической, в том числе и радиационной обстановки, несомненный интерес представляет изучение действия малых доз ионизирующего излучения на генетическую структуру популяций. Дрозофила,

являясь уникальным объектом исследований в этом направлении, имеет множество семейств мобильных генетических элементов, перемещения которых могут вызывать генетическую нестабильность, а также могут участвовать в формировании адаптационных способностей популяций при смене условий окружающей среды за счет повышения изменчивости генотипа. Ниже приведены данные о влиянии хронического облучения в дозе 10–11 сГр (мощность экспозиционной дозы 0.24 мГр/ч) на выживаемость генетически неоднородных популяций *D. melanogaster*, которая проявляется в изменении показателей численности, плодовитости и жизнеспособности особей.

Полученные результаты свидетельствуют, что в облученных популяциях на протяжении 15 поколений количество особей составляет от 700 до 1400, что ниже контрольных значений (1050–1900 особей). При сравнении численности исходной контрольной популяции с популяциями, впоследствии подвергавшихся хроническому облучению, было установлено, что воздействие ионизирующей радиации в малых дозах влияет на динамику численности облученных популяций ($p < 0.01$). Численность популяций, как внутрипопуляционный фактор, влияет на изменение соотношения полов. В благоприятных условиях в плотных популяциях наблюдается большая доля самцов. Подобное наблюдается и в нашем эксперименте, где средняя численность самцов во всех исследуемых популяциях выше, чем самок. На наш взгляд, под действием хронического облучения в малых дозах уровень численности самок поддерживается за счет избирательной гибели самцов.

Мониторинг плодовитости особей в популяциях показывает постепенное увеличение среднего количества эмбрионов на самку во всех изучаемых популяциях, особенно в облучаемых. Это согласуется с тем, что под действием ионизирующей радиации в малых доз в популяциях возрастает частота «адаптивных» для организма мутаций, которые, включаясь в популяционный генофонд, повышают их приспособительные возможности, плодовитость и жизнеспособность.

Показатель жизнеспособности, отражающий выживаемость особей на стадии от яйца до имаго, наиболее высок в контрольной популяции и варьирует от 75 до 90%, в экспериментальных популяциях — от 55 до 80%. Очевидно, что динамика жизнеспособности зависит от продолжительности и дозы ионизирующего излучения, а также от цитотипа особей, приводящего (в зависимости от направления скрещивания) к синдрому гибридного дисгенеза. Кроме того, уровень жизнеспособности зависит от способности популяции накапливать как спонтанные, так и радиационно-индуцированные мутации.

Резюмируя выше сказанное, можно заключить, что хроническое облучение в малых дозах индуцирует нестабильность генома популяций *D. melanogaster*, выражающуюся в снижении численности и жизнеспособности особей. Плодовитость мух в исследуемых популяциях под влиянием облу-

чения сначала уменьшается, а затем повышается независимо от плотности, превосходя контрольный уровень.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ТРАДЕСКАНЦИЕЙ (КЛОН 02)

Е.В. Яковлева, Д.Н. Габов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Целью работы было выявление закономерностей биоаккумуляции полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в системе почва–растения и их токсико-канцерогенной активности в условиях модельного эксперимента.

Почва была загрязнена бенз(а)пиреном (БП) в концентрациях 10, 20, 30, 40 нг/г, контрольный вариант без внесения вещества. Растения *Tradescantia* (clon 02) выращивали в течение месяца. Затем срезали и учитывали биомассу отдельно для корней и листьев. Расчеты массовой доли ПАУ производили на абсолютно сухую навеску.

В исходной почве лабораторного эксперимента определены 11 структур ПАУ. Наиболее характерными углеводородами для пахотных окультуренных подзолистых почв являются хризен, бенз(в)флуорантен, пирен, флуорантен, фенантрен. 3,4-ядерные структуры составляют в почве 70% от общей суммы ПАУ. В варианте без внесения БП в почву установлено снижение практически всех углеводородов в процессе роста и развития растений. Внесение БП в дозах от 10 до 40 нг/г привело к увеличению суммы ПАУ в почвах по всем вариантам опыта к концу вегетации. Внесение БП в дозах от 20 до 40 нг/г приводит к увеличению тяжелых полиаренов в почвах от 44 до 65% и уменьшению доли легких углеводородов. Подобные изменения в структуре ПАУ связаны с высокой реакционной способностью БП, который в оптимальных условиях увлажнения, аэрации и освещенности приводит к интенсификации процессов минерализации почвенного органического вещества и образованию как легких так и тяжелых полиаренов.

В растениях идентифицировано 12 ПАУ. В растениях на незагрязненных почвах преобладают легкие ПАУ; их содержание достигает 96% от общей суммы ПАУ. Содержание легких полиаренов уменьшается при повышении уровня загрязнения. Наблюдается тенденция к повышению содержания тяжелых ПАУ от 4.4 до 26.1% в растениях с повышением уровня загрязнения почвы. Доля БП увеличивается соответственно от 0.7 до 5.3%.

Суммарное содержание полиаренов в листьях в 1.1–3.1 раза превышает их содержание в корнях, БП — в 1.1–1.5 раза. Такое распределение является следствием высокой биофильности полиаренов. Качественный состав ПАУ корней и листьев растений идентичен.

На основе полученных данных рассчитана суммарная токсико-канцерогенная активность (СТА) ПАУ. СТА ПАУ растений выше, чем почвы контрольных и загрязненных образцов. Наблюдается повышение СТА ПАУ почв и растений с повышением уровня загрязнения почвы БП. При этом доля легких полиаренов в СТА снижается. В значения СТА на 82–99% вносят вклад 5.6 — ядерные ПАУ, среди которых 40–86% приходится на БП. При этом содержание его по массе от Σ ПАУ не превышает 5% для растений и 10% для почвы. Существенная доля БП в СТА ПАУ обеспечивает сильную связь между СТА и содержанием БП в почве и в растениях со значениями коэффициентов корреляции 0.99 и 0.95 при $n=5$, $p=0.05$ соответственно.

СОДЕРЖАНИЕ

	3	ПРЕДИСЛОВИЕ К ИЗДАНИЮ
Э.К. Акопян	6	СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA, DIURNA) ХАНТЫ- МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ
О.В. Анохина	7	ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИНАМИКУ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>Pinus sylvestris</i>) НА ГАРЯХ
О.Ю. Антонова, В.В. Гальямина, Н.П. Ковалевская	8	РАЗРАБОТКА БИОСЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
А.С. Афонин	9	КОМПЛЕКСЫ МИКРОАРТРОПОД В КОНСОРЦИЯХ ЭПИФИТНЫХ БРИОФИТОВ И ЛИШАЙНИКОВ ЮЖНО-ТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ УВАТСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
Е.А. Байtimiрова, Е.В. Булатова	11	РЕПРОДУКТИВНАЯ ФУНКЦИЯ САМОК РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (<i>Clethrionomys glareolus</i> SCHREBER, 1780) В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
С.Н. Балдина, Д.В. Политов, Н.Ю. Гордон	14	ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МУКСУНА <i>Coregonus muksun</i> (PALLAS)
И.О. Бологов	23	СЕЗОННЫЕ АСПЕКТЫ ФАУНЫ ПТИЦ ГОРОДА КУРГАНА

Е.Н. Бояринцева	24	ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ <i>Pyrola rotundifolia</i> L. и <i>Orthilia secunda</i> (L.) HOUSE НА ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТАХ
Н.М. БРЕЧКА, Л.А. СИРОТЕНКО	25	ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ ОСОБЕЙ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ НЕКОТОРЫХ ФАРМПРЕПАРАТОВ У НОВОРОЖДЕННЫХ
З.С. БРУСНИКОВА	26	МАТЕРИАЛЫ К СИСТЕМАТИКЕ СЕМЕЙСТВА ВЕТULАСЕАЕ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ
Е.В. Булатова, Е.А. Байтиминова	30	ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ В РАЙОНЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ
М.С. Булдаков	31	СТРОЕНИЕ СОРЕДИЙ <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL. (ASCOMYCOTA) В ГРАДИЕНТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА
А.Г. Быструшкин	40	ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКИ УДАЛЁННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ <i>Rubus idaeus</i> L.)
Е.В. Быструшкина	42	БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА <i>Artemisia</i> L. (ASTERACEAE) ФЛОРЫ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ
В.В. Вепрева	43	ОЦЕНКА ЗАРАЖЕННОСТИ

		КАРПОВЫХ РЫБ ЛИЧИНКАМИ ТРЕМАТОД В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ТЮМЕНИ
И.С. Веретнова, П.В. Кочубей, И.А. Сморгалов	44	ВНУТРИСЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ
А.В. Веселовская	45	МИКОБИОТА КСИЛОТРОФНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ ЗАПОВЕДНИКА «ШУЛЬГАН-ТАШ» (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)
Н.П. Винарская, М.В. Винарский	47	ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ОБИЛИЕ ПАЗАРИТИЧЕСКИХ ГАМАЗОВЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARI: PARASITIFORMES: GAMASINA) НА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ?
В.В. Гальямина, Д.В. Моляков, О.Ю. Антонова, Н.П. Ковалевская	54	ИЗМЕНЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ АЗОТФИКСАЦИИ И НИТРАТРЕДУКЦИИ КУЛЬТУР <i>Rhodopseudomonas palustris</i>
Н.В. Герлинг	55	МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ВИДОВ РОДА <i>Juniperus</i> НА СЕВЕРЕ
В.Д. Горбунова	59	ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ <i>Betula pubescens</i> и <i>B. pendula</i> В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

О.В. ГРЕЧКО	60	ДИНАМИКА УЧАСТИЯ В РАЗМНОЖЕНИИ ОСОБЕЙ <i>Littorina saxatilis</i> (OLIVI, 1792) В ПОПУЛЯЦИЯХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ЗАРАЖЕННОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
К.А. ДАВИДЕНКО, Л.В. КРЫСОВА, И.Н. ГОНЧАР, Н.М. ВАШЛЯЕВ, А.В. ГРЯЗНОВА	68	НОРМА РЕАКЦИИ В ХОДЕ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ
М.А. ГРИГОРЬЕВ	71	ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ РАЗВИТИЯ ТАРСКОГО ОЧАГА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ)
Е.С. ДОРОШЕНКО	74	БЕЗЗУБКИ ВОДОЕМОВ БАСЕЙНА ИРТЫША (MOLLUSCA: BIVALVIA: UNIONIDAE): ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ
Н.С. ДРАЧЁВ, И.В. КУЗЬМИН	76	О РАЗНООБРАЗИИ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
О.С. ДЫМШАКОВА	77	МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В КОМПЛЕКСЕ <i>Saxifraga cernua</i> L. — <i>S. sibirica</i> L. (SAXIFRAGACEAE) НА УРАЛЕ
Н.М. ДЭВИ	81	ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ОСНОВНЫХ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В РАЙОНЕ МАССИВА РАЙ-ИЗ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

М.А. Елькина	86	ОДОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРАСНО-СЕРЫХ ПОЛЕВОК (<i>Clethrionomys rufocanus</i> SUNDEVALL, 1846) ВИСИМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА НА РАЗНЫХ ФАЗАХ ПОПУЛЯЦИОННОГО ЦИКЛА
М.А. Елькина, Л.Э. Ялковская	87	ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ У РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ (<i>Clethrionomys glareolus</i> SCHREVER, 1780): МОДУЛЬНЫЙ ПОДХОД
А.А. Емцев	94	К ВОПРОСУ О НАСЕЛЕНИИ ПТИЦ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
В.И. Ерошенко, П.Т. ОРЕХОВ	97	ФЛОРИСТИЧЕСКАЯ НАХОДКА НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
А.С. Ершова	99	О ЗНАЧЕНИИ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И АНАТОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ХВОЩЕЙ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ
Т.И. Зеленина	101	КСИЛОТРОФНЫЕ ГРИБЫ БУЗУЛУКСКОГО БОРА (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)
С.В. Зыков, А.А. БЕЛАЯ	102	АНАЛИЗ КРАНИАЛЬНЫХ И ОДОНТОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ <i>Sylviaemus uralensis</i> (RODENTIA, MURIDAE) ЮЖНОГО УРАЛА

А.В. Иванов, Л.Л. Войта	106	БИОТАКСОНОМИЯ: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЗООЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
Л.А. Иванова	115	СТРУКТУРА И ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И ЕЕ ОТОБРАЖЕНИЕ НА КАРТЕ
А.А. Ивановский	124	ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ РОДНИКОВОГО МАКРОЗООБЕНТОСА В ПРЕДЕЛАХ ЛИМНОКРЕНА И МИКРОРЕОКРЕНА (НА ПРИМЕРЕ РОДНИКОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)
И.О. Камаев	126	СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦИЙ <i>Pterostichus</i> <i>oblongopunctatus</i> F. (COLEOPTERA, CARABIDAE) НЕКОТОРЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ
И.А. Каргапольцева	129	ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА МАКРОЗООБЕНТОС НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. БЕРЕЗОВКА (Г. ВОТКИНСК)
Э.М. Каримуллина, Е.В. Антонова	131	СКРИНИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ЗОНЕ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА
И.О. Кармазина	136	ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ПРЯМОКРЫЛЫХ (INSECTA: ORTHOPTERA) ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ НА ПРИМЕРЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Е.А. Китова	138	ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТРАВЕ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>Origanum vulgare</i> L.) В УСЛОВИЯХ УДМУРТИИ
Н.А. Колесниченко	140	АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО УРАЛА
И.П. Колотова	141	ПЛОТНОСТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ В ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА
А.С. Константинова	146	ВЛИЯНИЕ МЕДИ И ЦИНКА НА КАТАЛАЗНУЮ И ИНВЕРТАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ
И.В. Корниенко, В.Н. Лойко	147	ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ОХОТНИЧЬЕ-ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ И НА ЕЕ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ
Т.С. Костромина	148	СООТНОШЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ ПЕРЕПОНЧАТОКРЫЛЫХ (HYMENOPTERA PARASITICA), ЛЕТАЮЩИХ НА СВЕТ
Ю.В. Крашанинина, М.В. Чибиряк	149	АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ НАСЕЛЕНИЯ ГРЫЗУНОВ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ СРЕДЫ

В.В. КУКАРСКИХ, Л.И. АГАФОНОВ	154	ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ С КЛИМАТОМ
А.Я. КУНГУРЦЕВ	162	ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ НА ПРИМЕРЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ПРЫГОВСКОЕ ГОРОДИЩЕ (КУРГАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)
Р.Н. ЛАИШЕВЦЕВ	164	СОСТОЯНИЕ СОСНЫ (<i>Pinus sylvestris</i>) В ЛЕСОПАРКАХ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
С.А. ЛЕСИНА	165	СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ И ЭКОЛОГИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ <i>Cypripedium calceolus</i> L. НА ТЕРРИТОРИИ ИЛЬМЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА
М.Г. МАЛЁВА, Е.М. ИВАНОВА, А.А. ЕРМОШИН	166	РАЗВИТИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ РЕАКЦИЙ у <i>Elodea canadensis</i> МІСНХ. ПРИ ВОЗРАСТАНИИ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАДМИЯ И НИКЕЛЯ В СРЕДЕ
А.В. МАНОВ	167	СОСТАВ И СТРУКТУРА ПРИТУНДРОВЫХ ЕЛЬНИКОВ БАССЕЙНА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ПЕЧОРА
А.В. МАТКОВСКИЙ	169	МАТЕРИАЛЫ ПО ЭКОЛОГИИ АМФИБИЙ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ПРИРОДНЫЙ ПАРК «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»)

Л.В. МЕЛЕХИНА, М.С. ШИЛО	170	ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЧКАХ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ, ОБИТАЮЩЕЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА
М.В. Модоров	176	АНАЛИЗ АЛЛОЗИМНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ В ПОПУЛЯЦИЯХ МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО УРАЛА
А.А. Монтиле, И.А. Юсупов	185	ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛОДНЯКОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>Pinus sylvestris</i> L.)
П.Т. Орехов	189	ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ БИОЦЕНОЗОВ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ, НАРУШЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
Е.Л. Немченко	194	ГЕНОТИПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>Pinus sylvestris</i> L.) В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И КАЗАХСТАНЕ
А.В. Нестерков	197	СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ СООБЩЕСТВ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ- ХОРТОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
М.С. Новикова	201	ФОРМИРОВАНИЕ ТРАВЯНО- КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА СОСНОВЫХ ЛЕСОВ В ХОДЕ ПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ

Е.А. Новых, О.А. Алешина	204	СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР СРЕДНЕЙ ЛЕСОСТЕПИ В ГРАДИЕНТЕ СОЛЕННОСТИ
Е.С. Нохрина, Л.В. Черная, Л.А. Ковальчук	208	ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПИЯВОК В ОЗЕРАХ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА
Д.В. Нуртдинова	209	НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ КРотовых ходов
Ю.В. Паланто, К.В. Погребная, Е.В. Голованова	213	ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ
Н.Г. Паутова	216	ЧАСТОТЫ ФЕНОВ НАДКРЫЛИЙ И ПЕРЕДНЕСПИНКИ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА (<i>Leptinotarsa desemlineata</i> Say) ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
Н.А. Пахарукова	217	ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОТОЛЕРАНТНЫХ И УМЕРЕННО ТЕРМОФИЛЬНЫХ МЕТАНОТРОФОВ
И.А. Пеканова	218	НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ОС-ПОЛИСТОВ (HYMENOPTERA, VESPIDAE) В КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ
Б.С. Плотников	222	БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИКСОМИЦЕТОВ В ЗОНЕ

		ДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА
Л.В. Пожидаева	236	СООБЩЕСТВА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗАПАДНОГО АЛТАЯ
М.А. Полежаева, В.Л. Семерилов	238	ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТВЕННИЦ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ
В.Е. Поляков	248	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ГНЕЗД ТРАВНИКА И ПОРУЧЕЙНИКА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАУРАЛЬЯ
А.С. Попов, Д.Ю. Голиков, Ю.В. Шалаумова	251	ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СТРЕССОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ — ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ
И.Г. Пронина	253	БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЖУКОВ ЛИСТОЕДОВ (COLEOPTERA, CHRY SOMELIDAE) ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
С.Б. Ракитин	255	МУТАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС В ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ
Е.А. Раков	262	ЦЕНОПОПУЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЩУЧКИ ДЕРНИСТОЙ И БЕСКИЛЬНИЦЫ ГАУПТА — ХАРАКТЕРНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СУКЦЕССИОННЫХ СТАДИЙ

А.В. Рогачева, В.В. Кобылянский	263	СОДЕРЖАНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 БЕНТОСНЫМИ ОРГАНИЗМАМИ В РАЙОНАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В КАРСКОМ МОРЕ
Т.А. Рупышева	272	СОСТАВ И СТРУКТУРА ФАУНЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ШИШИМ II НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ
А.В. Рыбкин, А.С. Ширпужева	274	ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ, ЗАНИМАЮЩИХ ИСКУССТВЕННЫЕ ГНЕЗДОВЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕРМИ
Д.С. Рыбьянец, В.С. Крыщенко	276	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ НИЖНЕГО ДОНА
Н.О. Садыкова	277	ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ВЕКОВОЙ И МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ СООБЩЕСТВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО УРАЛА)
Р.М. Салимов	283	ОКРАСОЧНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ СИНАНТРОПНЫХ СИЗЫХ ГОЛУБЕЙ УРАЛА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
В.В. Сапронов	293	МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ ЧЕРНОГО БЕРЕЗОВОГО ТРУБКОВЕРТА <i>Deporaus betulae</i> L.

О.А. Тимохина (Северюхина), Т.Ю. Митина	295	СОСТОЯНИЕ ПЫЛЬЦЫ КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ
Е.А. Силс	296	ПОПУЛЯЦИОННАЯ СПЕЦИФИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ (<i>Rana temporaria</i> L.) В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ
И.М. Слуту	299	МАТЕРИАЛЫ ПО ЭКОЛОГИИ ЛЕСНЫХ ПОЛЕВОК (<i>Clethrionomys</i>) ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»
О.Е. Сушенцов	301	ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РОДА <i>Pulsatilla</i> УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА
Т.А. Творожникова	304	МОРФО-АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И РОСТ МИКОРИЗЫ ЕЛИ СИБИРСКОЙ
А.А. Теплых	308	РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЕВИЩ <i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf ПО СТВОЛУ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ В УСЛОВИЯХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА
М.Ю. Тимофеева	311	ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КУМЬЯРСКИХ ОЗЕР — ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ
Е.А. Тишкина	314	ПАРАМЕТРЫ ХВОИ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО В ОЦЕНКЕ ЕГО

		ИЗМЕНЧИВОСТИ В ЛОКАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ НА ЮЖНОМ И СРЕДНЕМ УРАЛЕ
О.В. Толкачев	314	СООБЩЕСТВА ЗЕМЛЕРОЕК УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ
А.Б. Трубянов	321	ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ
С.Р. Тукманова	328	НЕКОТОРЫЕ СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
О.Н. Туманов	329	ВЛИЯНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОБРА НА ЗООБЕНТОС СИСТЕМЫ РЕКИ СУМКИ (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)
М.А. Федякина, Е.М. Первушина, Н.В. Николаева	333	ИЗУЧЕНИЕ ПИТАНИЯ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ МЕТОДОМ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО КОРМА В НЕВОЛЕ
И.В. Фролов	337	РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ ПО ПОРОДАМ ДЕРЕВЬЕВ БАШКИРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА
О.Н. Фрунзе, С.Н. Алакина, Е.А. Глумова	340	К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТОВ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ (<i>Apis mellifera</i> L.)
С.Р. Хабирова	341	ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ МЫШЕЙ <i>Mus musculus</i> И <i>Apodemus agrarius</i> Г. ТЮМЕНИ И Г. СУРГУТА

М.И. Хамидуллина	343	ОСОБЕННОСТИ ВСПЫШКИ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА ЗАУРАЛЬСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ
Д.А. Хасанова, Е.М. Искаев	346	ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i> НА МИКРОМОРФОЛОГИЮ КИШЕЧНИКА ЛИЧИНОК МОШЕК <i>Boophtora erythrocephala</i> (DE GEER, 1776)
С.Н. Чельцов	349	К ОПТИМИЗАЦИИ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ АРКТИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ: НОВЫЙ СПОСОБ ОТЛОВА ЛЮРИКОВ, АПРОБИРОВАННЫЙ НА О. МЕДВЕЖИЙ (НОРВЕГИЯ)
П.И. Чертыковцев	350	БИОЛОГИЯ ЧИРА РЕКИ ТАЭ
Н.В. Чукина, А.П. Борисов	355	ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРОФИТОВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ
Р.Р. Шамгунова	359	ЭКОЛОГИЯ РЕПТИЛИЙ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»)
Н.В. Шаталин, Т.М. Стрельская	360	АНАЛИЗ СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА ПРИ ЛАБОРАТОРНОМ ВЫРАЩИВАНИИ И В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е.А. Шемякина	364	ПОГЛОЩЕНИЕ СВИНЦА И НИКЕЛЯ РАСТЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА
А.С. Ширпужева	365	НАСЕЛЕНИЕ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ПАУКОВ (ARACHNIDA, ARANEI) СУКЦЕССИОННЫХ БЕРЕЗНЯКОВ ТРОИЦКОГО ЗАКАЗНИКА
Е.Л. Ширяева, М.Н. Ранюк	366	КРАНИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИКОЙ И ДОМСТИЦИРОВАННОЙ ПОПУЛЯЦИЙ ПЕСЦА <i>Alopex lagopus</i> L.
А.О. Шкурихин, Т.С. Ослина, Е.Ю. Захарова	368	АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ КРЫЛЬЕВ <i>Pieris napi</i> L. И <i>P. rapae</i> L. (LEPIDOPTERA: PIERIDAE) НА СРЕДНЕМ И ЮЖНОМ УРАЛЕ
А.С. Юрко	372	ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА КРОВИ И АКТИВНОСТЬ МИЕЛОПЕРОКСИДАЗЫ В НЕЙТРОФИЛАХ СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА
Е.А. Юшкова	376	ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ, ПЛОДОВИТОСТИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ <i>Drosophila melanogaster</i> В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ
Е.В. Яковлева, Д.Н. Габов	378	ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ТРАДЕСКАНЦИЕЙ (КЛОН 02)

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Э К О Л О Г И Я:
ОТ АРКТИКИ ДО АНТАРКТИКИ**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Редакторы:

Д.В. ВЕСЁЛИН,
Е.В. АНГЕНОВА,
И.А. КШНЯСЕВ

Компьютерная верстка,
оформление обложки

С.С. ТРОФИМОВА

ЛР № 071852 от 30.04.99 г.

Подписано в печать 29.10.2007 г.

Формат 60х84 ^{1/16}.

Бумага писчая.

Гарнитура Times.

Печать офсетная.

Печатных листов 24,75.

Тираж 300 экз.

Заказ №

АО «Полиграфист»,

г. Екатеринбург.

Издательство «Академкнига»

620034, Екатеринбург, ул. Толедова, 43а.