

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КОМИТЕТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА «ГОРОД ЙОШКАР-ОЛА»
ФГБУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАПОВЕДНИК «БОЛЬШАЯ КОКШАГА»
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «МАРИЙ ЧОДРА»



Десятилетие биоразнообразия
Организации Объединенных Наций

ПРИНЦИПЫ И СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

МАТЕРИАЛЫ
VII Международной научной конференции
18–22 марта 2019 года

Йошкар-Ола
2019

ББК 28.0:20.1
УДК 57:502.172
П 75

Ответственные редакторы:

Г. О. Османова, д-р биол. наук, профессор Марийского государственного университета;
Л. А. Животовский, д-р биол. наук, профессор, зав. лабораторией Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, заслуженный деятель науки РФ

Рецензент

А. В. Исаев, канд. с.-х. наук, зам. директора по научной работе Государственного природного заповедника «Большая Кокшага», доцент Марийского государственного университета

Редакционная коллегия:

Е. А. Алябышева, канд. биол. наук; **Е. С. Закамская**, канд. биол. наук;
С. В. Козырева, зав. музеем; **Е. А. Скочилова**, канд. биол. наук

*Утверждено ученым советом
Марийского государственного университета*

*Печатается при поддержке ФГБУ «Российский фонд фундаментальных исследований»
(грант № 19-04-20010)*

Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы VII Международной научной конференции / Мар. гос. ун-т; отв. ред.: Г. О. Османова, Л. А. Животовский. — Йошкар-Ола: ООО «Вертола», 2019. — 363 с.

ISBN 978-5-907066-29-8

В материалах конференции представлены результаты и обсуждены ключевые вопросы, инициированные в тематических программах Сторон Конвенции о биологическом разнообразии: таксономического, ценогического и популяционного разнообразия; механизмы адаптации популяций к среде обитания и их генетические основы; мониторинг природных и городских экосистем; проблема биологических инвазий; экономические, социальные и правовые аспекты сохранения и использования биоразнообразия; методы и методология экологического образования и просвещения. Все поднятые вопросы направлены на поиск путей охраны и восстановления природного биологического разнообразия и будут способствовать устойчивому использованию его компонентов.

Для экологов, биологов, специалистов в области охраны природы и рационального природопользования, а также преподавателей, аспирантов и студентов (бакалавров и магистрантов) биологических и экологических специальностей вузов и других научных и образовательных учреждений.

ББК 28.0:20.1
УДК 57:502.172

ISBN 978-5-907066-29-8

© ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», 2019

Предисловие

Биоразнообразие — одна из тем, которая держит весь мир в напряжении. Жизнь возникла по крайней мере 3,5 миллиарда лет назад, и вместе с расцветом жизненных форм и увеличением разнообразия время от времени случались массовые вымирания видов и множество мелкомасштабных их исчезновений. Но если в большей части эволюционной истории Жизни на Земле эти вымирания были вызваны природными катастрофами и эволюцией жизненных форм, то с голоцена на арену истории вышла новая геологическая сила — Человечество. С ростом технического могущества и расширением ареала человека уменьшались доступные пространства для других видов — развитие человечества вело и ведет к непрерывному вымиранию видов. Именно поэтому ученые, общественность и правительства многих стран озаботились сохранением биоразнообразия.

Научные знания — это основа для понимания того, что такое биологическое разнообразие, как его оценивать и как его сохранять. Но мы многого еще не знаем — даже описали всего 10–15 % существующих ныне видов, а может и того меньше, если включить все микроорганизмы. Поэтому важно изучать как сугубо теоретические проблемы биоразнообразия, чтобы понять как оно устроено и как эволюционирует, так и решать чисто практические задачи сохранения конкретных видов, а также воспитывать поколения в духе уважения к миру окружающих нас живых существ.

Именно этому посвящена конференция. Она проходит в завершении десятилетия биоразнообразия под эгидой Организации Объединенных Наций (2011–2020 годы).

Конференция поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. В ее организации приняли участие ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», ФГБУ «Государственный заповедник «Большая Кокшага» и Национальный парк «Марий Чодра».

Авторами статей, представленных в сборнике, являются исследователи из более чем 123 учебных, научных и природоохранных учреждений России, дальнего и ближнего зарубежья.

Материалы сборника структурированы в 7 разделов, соответствующих названиям секций:

- Таксономическое, ценоотическое и популяционное разнообразие.
- Биологические инвазии чужеродных видов.
- Мониторинг природных и урбанизированных экосистем.
- Механизмы адаптации организмов к среде обитания.
- Генетические основы биоразнообразия.
- Сохранение и использование биоразнообразия: экономические, социальные и правовые аспекты.
- Экологическое образование и просвещение.

В отдельный раздел вынесены статьи, представленные в пленарных докладах.

Для публикации в сборнике подано 156 докладов от 321 чел., из них 40 участников — представители дальнего (Великобритании, Германии, Канады, Китая, Новой Зеландии, США, Швейцарии) и ближнего зарубежья (Азербайджанской Республики, Республики Беларусь, Республики Таджикистан, Украины). Остальные участники, подтвердившие свое участие в мероприятии, представляют разные субъекты Российской Федерации — 3 города федерального значения (Москва, Санкт-Петербург, Севастополь), 12 республик, 20 областей, 5 краев, 2 автономных округа.

Содержание представленных к публикации материалов одобрено программным комитетом конференции и редакционной коллегией сборника. В ходе редактирования устранены технические погрешности, не изменяющие сущности текстов. Ответственность за содержание статей несут их авторы.

Оргкомитет конференции благодарит ректора Марийского государственного университета доктора экономических наук М. Н. Швецова за помощь в организации и проведении конференции. За научное и техническое редактирование материалов сборника выражаем признательность Е. А. Алябышевой, Е. С. Закамской, С. В. Козыревой, Е. А. Скочиловой, О. А. Ягдаровой. Мы благодарим также всех, кто трудился над изданием материалов конференции.

23 февраля 2019 г.

**Г. О. Османова
Л. А. Животовский**

ИНВАЗИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ И БИОТИЧЕСКАЯ ГОМОГЕНИЗАЦИЯ

Ю. Ю. Дзегбуадзе

Институт проблем экологии и эволюции им. П. Н. Северцова РАН, Москва, Россия

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

dgebuadze@sevin.ru

Наблюдаемые во всех без исключения частях Земного шара глобальные изменения, вызванные как естественными процессами (прежде всего климатическими), так и человеческой деятельностью оказывают существенное воздействие на биоразнообразие.

Эти процессы значительно увеличивают риск снижения численности или даже исчезновения популяций аборигенных видов и инвазий чужеродных видов. Если говорить об инвазиях чужеродных видов, то с одной стороны они увеличивают региональное биоразнообразие, а с другой приводят к гомогенизации флор и фаун. Последнее явление приводит к увеличению сходства между биотами («биотической гомогенизации», согласно Мак Кинни и Локвуду [McKinney, Lokwood, 1999]. Биотическая гомогенизация отмечена для многих групп живых организмов. В частности, это последствие инвазионного процесса неоднократно отмечалось для рыб и других гидробионтов [Leprieur et al., 2008; Villéger et al., 2011; Burman et al., 2012].

Яркими примерами, демонстрирующими влияние инвазий чужеродных видов на биоразнообразие экосистем, являются экосистемы бассейнов крупных рек нашей страны. При этом изменение уровня биоразнообразия и биотической гомогенизации последние 50–60 лет наблюдаются как в пределах отдельных бассейнов, так и при крупномасштабном (межбассейновом) сопоставлении. Существенную роль в этих процессах играют антропогенные факторы. Первостепенными из них являются искусственное развитие гидрографической сети, соединившее исторически разделенные водные бассейны, и зарегулирование стока — создание водохранилищ. Водохранилища, хотя и являются результатом деятельности человека, обладают многими свойствами естественных водоемов. В связи с этим, учитывая сроки их формирования, у исследователей появляется уникальная возможность проследить формирование и развитие экосистем озерного типа за сравнительно короткое время. Важными аспектами такого преобразования речных систем в озерные являются существенные гидрологические (скорость течения, прозрачность, глубины, температурный режим) и гидрохимические (минерализация) изменения. С экологической точки зрения важно появление новых местообитаний (литорали и пелагиали) и экотонных (устьевых участков притоков). Сочетание новых абиотических факторов и исходная речная фауна и флора часто создают некоторые ограничения в формировании морфоэкологических комплексов (планктона, бентоса, нектона) и экосистем водохранилищ. В частности, нектон (рыбная часть сообщества) водохранилищ часто бывает обедненным из-за отсутствия пелагических форм рыб в исходной ихтиофауне реки [Fernando, Holchick, 1982]. С другой стороны, после формирования водохранилищ многие виды рыб получили дополнительные площади для нерестилищ и местообитаний для молоди.

Для оценок риска успешности инвазий необходимо установить наличие транзитных путей, определенных способов (векторов) переноса, возможность адаптации вида-вселенца к новым условиям, оценить степень «давления» рекрутов (численности постоянно вселяющихся особей) вселенца и уязвимость экосистемы-реципиента [Panov et al., 2007]. Самое сложное в процедуре оценки риска инвазий является последнее — оценка уязвимости экосистемы. Наблюдения свидетельствуют о том, что уязвимость экосистемы определяется в первую очередь ее состоянием и, что чужеродные виды рыб успешнее всего осваивают неустойчивые, нарушенные человеком экосистемы. В бассейне Волги в настоящее время более 32 % видов ихтиофауны составляют виды-вселенцы, в бассейне Дона — более 24 %, в бассейне Оби — около 29 %, Енисея — около 18 %, бассейне Амура — около 5 %. При этом большая часть вселенцев населяет именно неустойчивые, сравнительно быстро меняющиеся экосистемы водохранилищ.

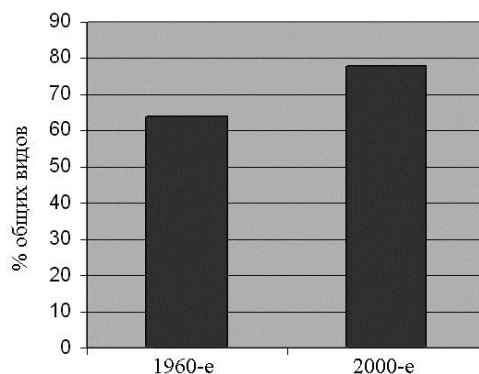
В бассейне Волги в настоящее время наибольшее число видов вселенцев обнаружено в относительно молодых водохранилищах: Горьковском, Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском. Несмотря на некоторое снижение ряда форм антропогенного воздействия на водные экосистемы (в частности, эвтрофирования, химического загрязнения) с начала XXI века наблюдается ускорение инвазионного процесса в бассейне ряда европейских [Слынько и др., 2010] и сибирских [Попов, 2009] рек. Интенсифицируется и процесс гомогенизации рыбного населения, как в пределах этих бассейнов, так и между ними.

Примером роста гомогенизации может служить изменение ихтиофауны низовьев Волги (см. рис.).

Последствиями гомогенизации может являться потеря устойчивости экосистем к любым природным и антропогенным воздействиям. В ряде случаев вселение чужеродных видов рыб оказывает обратное гомогенизации влияние на разнообразие, выражающееся в увеличении различий сравниваемых водоемов по составу ихтиофауны. Причинами этого могут быть инвазии организмов из отдаленных регионов, что чаще всего наблюдается при преднамеренной или случайной интродукции.

Дальнейшие исследования динамики биоразнообразия экосистем должны показать насколько гомогенизация или дифференциация биот, влияют на структуру и функции экосистем в целом, а также на уязвимость их к всевозможным воздействиям, включая новые инвазии чужеродных видов.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России».



Изменение доли (%) общих видов рыб в ихтиофауне Волгоградского водохранилища и низовьев р. Волги в связи с инвазиями чужеродных видов

Литература

- Слынько Ю. В., Дгебуадзе Ю. Ю., Новицкий П. А. и др. 2010. Инвазии чужеродных рыб в бассейнах крупнейших рек понто-каспийского бассейна: состав, векторы, инвазионные пути и темпы // Российский журнал биологических инвазий. № 4. С. 74–89.
- Попов П. А. 2009. Видовой состав и характер распространения рыб на территории Сибири // Вопр. ихтиологии. Т. 49, № 4. С. 451–463.
- Burman S. G., Aronson R. B., van Woesik R. 2012. Biotic homogenization of coral assemblages along the Florida reef tract // Marine Ecology Progress Series. Vol. 467. P. 89–96.
- Fernando C. H., Holchick J. 1982. The nature of fish communities: a factor influencing the fishery potential and yield of tropical lakes and reservoirs // Hidrobiologia. Vol. 97. P. 127–140.
- Leprieur F., Beauchard O., Hugueny B. et al. 2008. Null model of biotic homogenization: a test with the European fresh water fish fauna // Diversity and Distributions. Vol. 14. P. 291–300.
- McKinney M. L., Lockwood J. L. 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction // Trends in Ecology and Evolution. Vol. 14. P. 450–453.
- Panov V. E., Dgebuadze Yu. Yu., Shiganova T. A. et al. 2007. A risk assessment of biological invasions in the inland waterways of Europe: the Northern invasion corridor case study // Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats (F. Gherari ed.). Springer: 639–656.
- Villéger S., Blanchet S., Beauchard O. et al. 2011. Homogenization patterns of the world's fresh water fish faunas // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 108 (44). P. 18003–18008.

ЭКСПРЕССНАЯ ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ ПРИРОСТОВ ОТДЕЛЬНЫХ МОНОПОДИАЛЬНЫХ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ

В. А. Драгавцев

Агрофизический институт, Санкт-Петербург, Россия, dravial@mail.ru

«Главные проблемы биологии связаны с системами и их организацией во времени и пространстве.»

(Винер Н. Кибернетика // Вестник АН СССР. 1964. № 7. С. 16)

XXI век многие биологи называют веком эпигенетики. «Даже самая отличная генетика может вовсе не реализоваться, если эпигенетика будет неблагоприятной. По образному выражению П. и Д. Медаваров (нобелиаты, В. Д.) — генетика предполагает, а эпигенетика располагает» [Ванюшин, 2004]. В конце XX века генетикам были известны такие эпигенетические механизмы как метилирование ДНК и ацетилирование гистонов, приводящие к эпигенетическому (без изменения структуры и порядка генов) наследованию свойств, возникших при воздействии внешних факторов — феномен генотрофов [Dugrant, 1962], феномен никотинотрофов [Богданова, Махмудова, 2012]. Были известны и другие эпигенетические феномены: материнские эффекты при реципрокных скрещиваниях, дифференциальная активность генов в онтогенезе [Корочкин, 2002], длительные модификации [Драгавцев, Сахаров, 1972], генетическая ассимиляция [Уолдингтон, 1964], миксоплоидия [Юданова, 2004], парамутации [Шабанов, 2006], родительский импринтинг, эпигенетическая детерминация пола, инактивация X-хромосомы [Голубовский, 2000], прионы [Инге-Вечтомов, 2000], «сигнальная наследственность» [Любашев, 1967]. В 2004 г. были открыты эпигенетические механизмы яровизации [Bastow, Mylue, Lister et al., 2004; Sung, Amasino, 2004] в 2012 г. — эпигенетические механизмы моногамии степных полевок [Химия верности, 2013].

В 1984 г. группой сибирских исследователей был обнаружен новый эпигенетический феномен — смена спектра и числа продуктов генов, детерминирующих один и тот же количественный признак, при смене лимитирующего фактора внешней среды [Драгавцев, Литун, Шкель и др., 1984; Драгавцев, Цильке, Рейтер

и др., 1984]. В период 1984–2014 на основе тщательного изучения этого феномена была создана и развита теория эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП), из которой вышли 24 новых селекционно важных следствия [Драгавцев, 1998; 2008; 2012; Кочерина., Драгавцев, 2008; Чесноков, Почепня, Бёрнер и др., 2008]. Кроме того, были созданы 9 мощных «ноу-хау», позволяющих в разы повысить скорость и эффективность селекционного процесса [Драгавцев, 2013].

Главный вывод ТЭГОКП: при смене фактора внешней среды, лимитирующего рост и развитие растения, меняются спектр и число продуктов генов, детерминирующих один и тот же количественный признак (КП). Показано, что признаки «интенсивность транспирации» и «интенсивность фотосинтеза» в течение суток детерминируются поочередно двумя и тремя разными спектрами продуктов генов соответственно [Драгавцев, 2005].

Кэксер Г. (1963) в докладе на симпозиуме в Бристольском университете в 1959 г. подчеркнул: «Я, конечно, знаю, что вся генетика основана на предположении о высокой точности и воспроизводимости действия генов. Такое ложное предположение могло возникнуть из-за того, что нет никаких доказательств, подтверждающих, что в генетических экспериментах измеряется именно первичное действие генов... Результаты развития могут определяться не генами, а кинетической структурой системы» (С. 61). И далее: «В процессе индивидуального развития (а свойства продуктивности не наследуются, а развиваются в онтогенезе, ВД) гены следует рассматривать не как диктаторов, а скорее как государственных служащих, выполняющих свою работу в рамках определенных традиций» (С. 63).

ТЭГОКП подтвердила позицию Г. Кэксера. Клетку растения можно, образно говоря, сравнить с осажденной крепостью, в которой работают бригады скромных оружейных мастеров (генов). Одна бригада делает винтовки, другая — пулеметы, третья пушки, четвертая — пули и снаряды. Но какие продукты этих оружейников будут применены при обороне крепости — это определяет противник (конкретный лим-фактор среды). Если на крепость наступает пехота — стреляют винтовки, если конница — пулеметы, если танки — то пушки. Блоки генов (бригады оружейников) — это не генералы, отдающие жесткие приказы о том, какой величины должен быть признак продуктивности, а скромные мастера, делающие свой оружейный продукт, который либо «выходит» на борьбу с противником (лим-фактором среды), либо — нет. Это определяется только спецификой противника, т. е. спецификой лим-фактора внешней среды.

Главные следствия из ТЭГОКП: возникли гипотезы о механизмах многих феноменов и появились методы прогнозирования многих параметров популяций, которые ранее, на базе традиционной геноцентрической парадигмы наследования и развития, в принципе невозможно было прогнозировать.

Рассмотрим природу феномена «взаимодействие генотип-среда» (ВГС). Это явление обнаруживается только на совокупности генотипов. Если у нас один генотип, то мы можем описывать только феномен его модификации в разных средах (природа модификаций до сих пор неясна). ВГС — это смена рангов генотипов по продуктивности в наборе генотипов в разных средах. Если ранги сортов по продуктивности сохранились в разных средах, значит ВГС равно нулю. Если ранги сменились, то чем меньше коэффициент ранговой корреляции, рассчитанный по парам продуктивности каждого сорта, тем сильнее эффект ВГС.

Традиционная (менделевская), биометрическая и молекулярная ветви генетики никогда не имели и сейчас не имеют ни одной гипотезы о механизмах ВГС. С позиций ТЭГОКП механизм ВГС — это смена спектров продуктов генов, детерминирующих признак, при смене лим-фактора внешней среды. Пусть мы имеем четыре сорта пшеницы — два были созданы в Саратове на фоне засухи, два в Швеции на фоне холода. При выращивании этих сортов в Саратове саратовские сорта выйдут на первое место по продуктивности, шведы «просядут». Но в Тюмени (холодный климат) шведы выйдут на первое место, а саратовские резко снизят продуктивность. То есть, если мы знаем адаптивные свойства сортов (для этого достаточно грубо знать лим-факторы той зоны, где эти сорта создавались), то легко (пока на качественном уровне) можно прогнозировать возникновение феномена ВГС для любой зоны, где мы хотим высеять наш набор сортов, надо только знать типичную динамику лим-факторов в этой зоне. За 15 лет наших опытов с пшеницей мы сделали десятки таких прогнозов и ни разу не ошиблись.

ТЭГОКП расшифровала природу трансгрессий и создала научные методы подбора родительских пар для гибридизации для любых сред, установила механизм экологически зависимого гетерозиса, объяснила причины смены знаков и величин генотипических корреляций в разных средах и создала методы прогноза корреляций от среды к среде. Установила природу сдвигов доминирования количественных признаков от среды к среде, природу гомеостаза продуктивности (пластичности сорта). Создала методы управления амплитудой генотипической изменчивости КП и числом генов, «выходящих» на КП своими продуктами.

ТЭГОКП показала, что эколого-генетическая природа (экологическая генетика — это часть эпигенетики) сложного экономически важного КП не может быть описана языками менделевской, биометрической и молекулярной ветвей генетики. Только язык ТЭГОКП строго описывает поведение сложных КП в разных средах в процессах эволюции и селекции [Драгавцев, 2012].

Элементы ТЭГОКП включены в Международную энциклопедию «Basic Life Science», New York – Boston – London, а общая суть теории опубликована в «Голковом словаре по общей и молекулярной биологии, общей и прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике», 2008. Т. 2. С. 308 [Драгавцев, 2008].

Рассмотрим с позиций вытекающей из ТЭГОКП гипотезы о природе феномена ВГС (смена спектров продуктов генов под тем же признаком при смене лим-фактора среды) — общеизвестное явление изменчивости по годам линейных приростов (между мутовками) у любого хвойного дерева. В пределах ствола приросты варьируют по длине от года к году. Однако и между деревьями в дикой популяции приросты за один и тот же год также варьируют достаточно сильно. Очевидно, что изменчивость длин приростов по длине ствола определяется различием лет — холодный год, теплый год, влажный год, сухой год и т. д. А вот различие в приростах между деревьями в один и тот же год, с позиций ТЭГОКП должно определяться наследственными системами адаптивности каждого дерева, напр. засухоустойчивостью в сухой год или холодостойкостью в холодный год. Если два дерева имеют одинаковую наследственную засухоустойчивость, то приросты у них в сухой год должны быть одинаковыми. Если деревья отличаются по наследственным системам засухоустойчивости — их линейные приросты в сухой год будут разными.

Хвойные растения не имеют интеркалярных (вставочных) меристем, которые типичны, например, для злаков, поэтому величина каждого годичного прироста (в длину или в толщину) фиксируется навсегда и не меняется за всю долгую жизнь дерева. Тогда, утверждает ТЭГОКП, если особь дала в холодный год длинный линейный прирост, это значит, она несет генетические системы хорошей холодостойкости, продукты которых в холодный год вышли на прирост и увеличили его. Если другая особь в засушливый год дала большой линейный прирост, то она обладает хорошими генетическими системами засухоустойчивости.

Для идентификации генетически отличающихся деревьев по генетико-физиологическим системам (ГФС) адаптивности достаточно в ряду лет (10, 20 и более) найти по метеоданным, например, самый сухой и самый холодный годы. Затем приехать в лес, отсчитать от самого верхнего прироста последнего года нужное число приростов до прироста самого сухого года, и найти деревья, у которых прирост в высоту оказался самым большим. Это — засухоустойчивые генотипы. Этот же алгоритм позволяет найти самые холодостойкие деревья (конечно, работу надо вести при однородной полноте насаждения).

Этот подход был опубликован нами в 1998 г. [Драгавцев, 1998]. Проверить его справедливость позволили привитые клоновые плантации сосны обыкновенной, созданные под руководством проф. В. В. Тараканова в Алтайском крае [Зацепина, Экарт, Тараканов и др., 2014]. Черенки, срезанные с одного дерева, прививали на семенные подвои (несколько десятков подвоев в ряду). Каждый ряд — это отдельный клон, в котором все привои имеют идентичные генотипы. Сейчас этим клоновым плантациям более 30 лет. Следовало ожидать (исходя из ТЭГОКП), что линейные приросты любого года будут внутри каждого клона иметь минимальную дисперсию, поскольку внутри клона нет генетической изменчивости. А в естественной популяции дисперсия должна быть существенно выше (фенотипическая дисперсия в популяции — это сумма генотипической и экологической дисперсий, в клоне — только экологическая компонента). Усредненные внутриклоновые дисперсии линейных приростов одного года оказались в 4 раза меньше, чем дисперсии приростов одного года в естественной популяции (F — критерий Фишера = 2,4 для 1 % уровня значимости). Разница между дисперсиями приростов в клонах и в популяции говорит о том, что линейные приросты внутри каждого дерева генетически различны (в сухой год прирост определяется ГФС засухоустойчивости, в холодный — ГФС холодостойкости). Если у одного дерева «хорошие» ГФС засухоустойчивости, но «плохие» ГФС холодостойкости, а у другого наоборот, то в сухой год прирост будет больше у первого дерева, а в холодный — у второго. Эти «блуждания» систем адаптивности от года к году, вероятнее всего не наследуются, но (с позиций ТЭГОКП) все приросты по оси ствола генетически различны, т. е. они определяются разными спектрами и числами продуктов генов в зависимости от смены лим-факторов от года к году.

Важно отметить, что такой метод «генетической инвентаризации» индивидуальных деревьев в естественных популяциях должен быть очень чувствительным, поскольку открытый Н. В. Тимофеевым-Ресовским и Р. Р. Ромпе «Принцип усилителя в биологии» (1959) утверждает, что малейшие генетические преимущества в скорости роста каждой отдельной клетки накапливаются в сумме десятков тысяч клеточных делений в линейном приросте между мутовками, поэтому малейшие генетические различия в адаптивных ГФС между деревьями выразятся в сильном различии длин линейных приростов на фоне лим-факторов «засуха», «холод» (или других).

Литература

- Богданова Е. Д., Махмудова К. Х. 2012. Эпигенетика мягкой пшеницы. Алматы. 106 с. Ванюшин Б. Ф. 2004. Материализация эпигенетики, или небольшие изменения с большими последствиями // Химия и жизнь — XXI век. № 2. С. 32–37. Голубовский М. Д. 2000. Век генетики: эволюция идей и понятий. СПб.: Borey Art. 262 с. Драгавцев В. А. 1998. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. СПб.: Изд-во ВИР. 52 с. Драгавцев В. А. 2005. Новый метод генетического анализа полигенных количественных признаков растений // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб.: Изд-во ВИР. С. 20–35. Драгавцев В. А. 2008. Теория эколого-генетической организации количественных признаков // Толковый словарь по общей и молекулярной биологии, общей и прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике. М.: Академкнига; Медкнига. Т. 2. С. 308. Драгавцев В. А. 2012. Уроки эволюции генетики растений // Биосфера (СПб.). Т. 4, № 3. С. 251–262. Драгавцев В. А. 2013. Как помочь накормить человечество // Биосфера (СПб.). Т. 5, № 3. С. 279–290. Драгавцев В. А., Литун П. П., Шкель Н. М. и др. 1984. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Доклады АН СССР. Т. 274, № 3. С. 720–723. Драгавцев В. А., Сахаров В. И. 1972. К методике статистического анализа длительных модификаций в растительных популяциях // Журнал общей биологии. № 6. С. 733–739. Драгавцев В. А., Цильке Р. А.,

- Рейтер Б. Г. и др. 1984. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 230 с. Зацепина К. Г., Экарт А. К., Тараканов В. В. и др. 2014. Генетическая изменчивость клоновых и естественных популяций сосны обыкновенной в Алтайском крае // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: сб. матер. Всерос. науч. конф. посвящ. 70-летию Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Красноярск: Институт леса СО РАН. С. 544–547. Инге-Вечтомов С. Г. 2000. Прионы дрожжей и центральная догма молекулярной биологии // Вестник РАН. Т. 70, № 4. С. 299–306. Корочкин Л. И. 2002. Биология индивидуального развития. М.: Изд-во МГУ. 264 с. Кочерина Н. В., Драгавцев В. А. 2008. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. СПб.: Дон Боско. 86 с. Кэксер Г. 1963. Кинетические модели развития и наследственности // Моделирование в биологии. М.: ИЛ. С. 42–64. Лобашиев М. Е. 1967. Генетика. Изд. 2-е. Л.: Изд-во ЛГУ. 752 с. Тимофеев-Ресовский Н. В., Ромпе Р. Р. 1959. О статистичности и принципе усилителя в биологии // Проблемы кибернетики. Т. 2. С. 213–228. Уоддингтон К. Х. 1964. Морфогенез и генетика. М.: Мир. 308 с. Химия верности. 2013 // Газета «Поиск». № 24, 14 июня. С. 23. Чесноков Ю. В., Почепня Н. В., Бёрнер А. и др. 2008. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и картирование локусов, определяющих агрономически важные признаки у мягкой пшеницы // Доклады РАН. Т. 418. № 5. С. 1–4. Шабанов Д. 2006. Парамутациями не ограничимся // Компьютерра. № 23, 22 июня. Юданова С. С. 2004. Миксоплоидия клеточных популяций сахарной свеклы и ее связь с репродуктивными признаками: дис. ... канд. биол. наук. СПб.: ВИР. 126 с. Bastow R., Mylue J. S., Lister C. et al. 2004. Vernalization requires epigenetic silencing of FLC by histone methylation // Nature. Vol. 427. P. 164–167. Durrant A. 1962. The environmental induction of heritable change in Linum // Heredity. Vol. 17, № 1. P. 27–61. Sung S., Amasino R. M. 2004. Vernalization and epigenetics: how plants remember winter // Current Opinion in Plant Biology. Vol. 7, № 1. P. 4–10.

ЭПИГЕНЕТИКА И НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИОБРЕТЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

Ю. Е. Дуброва

Кафедра генетики и биологии генома, Университет г. Лестер, Лестер, Великобритания, yed2@leicester.ac.uk

В работах, опубликованных за последние годы, было показано, что воздействие ряда средовых факторов приводит не только к изменениям фенотипа в поколении родителей, но и к сходным изменениям среди их потомков [Danchin et al., 2011]. Иными словами, речь может идти о частичном возрождении гипотезы Ламарка о наследования приобретенных признаков. Моя лаборатория на протяжении последних 18 лет занимается изучением феномена трансгенерационной нестабильности у потомков родителей, подвергавшихся воздействию мутагенов, которая проявляется в повышенной частоте возникновения мутаций у них. Ниже приведены основные результаты наших работ.

1. Частота возникновения мутаций в половых клетках необлученных потомков облученных самцов мышей существенно превышает таковую у потомков контрольных родителей [Dubrova et al., 2000; Barber et al., 2002]. При этом повышенная частота возникновения мутаций наблюдается не только у потомком первого (F_1), но второго поколения (F_2) облученных самцов мышей, принадлежащих к трем различным инбредным линиям (рис. а). В наших дальнейших работах мы показали, что повышенная частота возникновения мутаций наблюдается не только в половых клетках, но и соматических тканях потомков облученных самцов [Baber et al., 2006]. Иными словами, трансгенерационная нестабильность генома не является тканеспецифичным феноменом, и, скорее всего, повышенная частота возникновения мутаций должна наблюдаться во всех тканях потомков облученных самцов мышей.

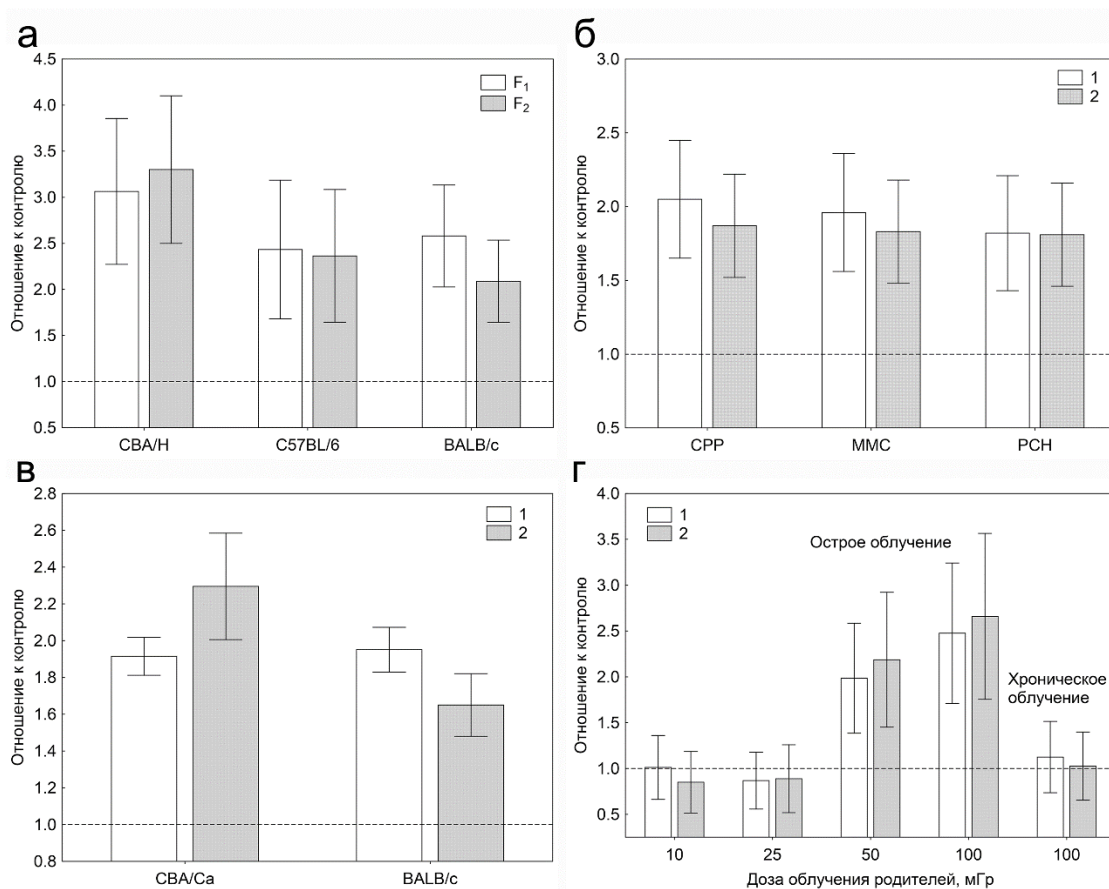
2. Феномен трансгенерационной нестабильности проявляется и среди потомков самцов, подвергавшихся воздействию химического мутагена этилнитрозомочевины [Dubrova et al., 2008] и трех антираковых препаратов [Glen, Dubrova, 2012; рис. б]. Иными словами, воздействие широкого класса мутагенов на самцов мышей приводит к дестабилизации генома их потомков.

3. Анализ потомков облученных родителей показал, что у них наблюдается двукратное увеличение спонтанного уровня одно-, так и двунитевых разрывов ДНК [Barber et al., 2006; рис. в]. Иными словами, нестабильность генома, наблюдаемая среди потомков облученных родителей, связана с наличием в их клетках целого комплекса повреждений ДНК. Однако, согласно результатам этой работы, эффективность систем репарации ДНК у потомков облученных самцов не отличается от таковой у контрольных животных. Проведенный нами анализ экспрессии генов у потомков, облученных самцов мышей выявил у них нарушения активности генов, кодирующих белки циркадных ритмов — циклических колебаний биологических процессов [Gomes et al., 2015]. Подобная разбалансировка циркадных ритмов может оказать влияние на ряд процессов клеточного гомеостаза, что, в свою очередь, может привести к нарушениям функционирования систем поддержания стабильности генома.

4. Согласно результатам двух наших работ, облучение самок мышей не приводит к дестабилизации генома их потомков [Baber et al., 2009; Abouzeid Ali et al., 2012]. В настоящее время подобную однонаправленность эффектов родительского облучения, когда только облучение приводит к дестабилизации генома их потомков, трудно объяснить. По всей вероятности, она может быть обусловлена как принципиальными различиями в биологии формирования женских и мужских гамет у млекопитающих, так и различиями в деметилировании мужского и женского пронуклеусов, происходящие сразу после оплодотворения.

5. Полученные данные, свидетельствующие о дестабилизации генома потомков самцов мышей, подвергавшихся воздействию мутагенов, позволяют предполагать, что аналогичный феномен может существовать и у человека. Если это так, то нестабильность генома, выявляемая в половых клетках потомков

облученных родителей, должна привести к увеличению мутационной компоненты генетического груза. Однако, поскольку результаты проведенных недавних исследований нестабильности генома у детей-потомков облученных родителей являются крайне противоречивыми, в настоящее время данная гипотеза не имеет экспериментального подтверждения. В нашей работе на мышах была предпринята попытка промоделировать эффекты различных доз облучения на проявление нестабильности генома у потомков, облученных самцов [Mughal et al., 2012]. Проведенный анализ показал, что высоко дозовое острое облучение самцов ($\geq 0,5$ Гр) приводит к дестабилизации генома их потомков, тогда как острое облучение более низкими дозами, равно как хроническое облучение относительно высокой дозой в 1 Гр, не нарушает стабильность генома потомков (рис. г). Поскольку у человека случаи высоко дозового облучения встречаются крайне редко, и хроническое низко-дозовое облучение является основным источником радиационной опасности для человека, то, согласно результатам нашего исследования, феномен радиационно-индуцированной трансгенерационной дестабилизации может являться крайне редким явлением. С другой стороны, упомянутые выше данные нашей работы, посвященной анализу трансгенерационных эффектов у потомков самцов мышей, подвергавшихся воздействию антираковых препаратов [Glen, Dubrova, 2012], позволяют предполагать, что трансгенерационная дестабилизация генома может быть выявлена у потомков родителей, проходивших курс лечения этими препаратами. Следует отметить, что в нашем исследовании использовались дозы антираковых препаратов, близкие к таковым во многих в клинике.



Трансгенерационная нестабильность у потомков мышей, родители которых подвергались воздействию мутагенов:

а – частоты возникновения мутаций в двух поколениях потомков облученных самцов трех инбредных линий [данные из Barber et al., 2002]; б – частоты мутаций в сперме (1) и клетках костного мозга (2) у потомков первого поколения самцов мышей, подвергавшихся воздействию антираковых препаратов циклофосфида (СРР), митомицина С (ММС) и прокарбазина (РСН) [данные из Glen, Dubrova, 2012]; в – частоты спонтанных одно- (1) и двуниевых (2) разрывов ДНК в соматических тканях потомков первого поколения облученных самцов мышей [данные из Barber et al., 2006]; г – влияние дозы родительского облучения на частоты мутаций в сперме (1) и клетках мозга (2) у потомков первого поколения облученных самцов мышей линии BALB/c [данные из Mughal et al., 2012]

В заключении следует отметить, что результаты наших работ в определенной степени свидетельствуют о наследовании приобретенных признаков. Речь идет об обнаруженном в 80-е годы феномене радиационно-индуцированной нестабильности генома, когда повышенная скорость мутаций наблюдается не только в непосредственно облученных клетках, но и на протяжении значительного времени среди их необлученных потомков [Morgan, 2003]. В данном случае облучение или воздействие химических мутаге-

нов должно приводить к дестабилизации геномов половых и соматических клеток родителей. Согласно нашим данным, подобный нестабильный фенотип проявляется у потомков облученных/подверженных воздействию химических мутагенов родителей. В настоящее время механизмы наследования фенотипа нестабильности остаются неизвестными. Тем не менее полученные результаты можно объяснить лишь с позиций эпигенетики. Представляется вероятным, что в сперму самцов, подвергавшихся воздействию радиации или химических мутагенов, могут проникать короткие РНК (siRNA, miRNA, smRNA и др.), синтезированные в соматических тканях. Перенос даже единичных молекул коротких РНК сперматозоидом в оплодотворенную яйцеклетку может привести к долгосрочным изменениям в экспрессии многих генов, что, в свою очередь, может привести к дестабилизации генома потомков. Дальнейшие исследования должны внести ясность в этот вопрос.

Работа выполнялась при финансовой поддержке фондов Cancer Research UK (C23612/A9483), The Commission of the European Communities (FP6-036465), Wellcome Trust (091106/Z/10/Z, 067880/Z/02/Z).

Литература

Abouzeid Ali H. E., Barber R. C., Dubrova Y. E. 2012. The effects of maternal irradiation during adulthood on mutation induction and transgenerational instability in mice // *Mutation Research*. Vol. 732. P. 21–25. Barber R. C., Hardwick R. J., Shanks M. E. et al. 2009. The effects of *in utero* irradiation on mutation induction and transgenerational instability in mice // *Mutation Research*. Vol. 664. P. 6–12. Barber R. C., Hickenbotham P., Hatch T. et al. 2006. Radiation-induced transgenerational alterations in genome stability and DNA damage // *Oncogene*. Vol. 25. P. 7336–7342. Barber R., Plumb M. A., Boulton E. et al. 2002. Elevated mutation rates in the germline of first- and second-generation offspring of irradiated male mice // *Proceeding of the National Academy of Sciences of USA*. Vol. 99. P. 6877–6882. Danchin E., Charmantier A., Champagne F. A. et al. 2011. Beyond DNA: integrative inclusive inheritance into extended theory of evolution // *Nature Reviews Genetics*. Vol. 12. P. 475–486. Dubrova Y. E., Hickenbotham P., Glen C. D. et al. 2008. Paternal exposure to ethylnitrosourea results in transgenerational genomic instability in mice // *Environmental and Molecular Mutagenesis*. Vol. 49. P. 308–311. Dubrova Y. E., Plumb M., Gutierrez B. et al. 2000. Transgenerational mutation by radiation // *Nature*. Vol. 405. P. 37. Glen C. D., Dubrova Y. E. 2012. Exposure to anticancer drugs can result in transgenerational genomic instability in mice // *Proceeding of the National Academy of Sciences of USA*. Vol. 109. P. 2984–2988. Gomes A. M. G. F., Barber R. C., Dubrova Y. E. 2015. Paternal irradiation perturbs the expression of circadian genes in offspring // *Mutation Research*. Vol. 775. P. 33–37. Morgan W. F. 2003. Non-targeted and delayed effects of exposure to ionizing radiation: I. Radiation-induced genomic instability and bystander effects *in vitro* // *Radiation Research*. Vol. 159. P. 567–580. Mughal S. K., Myazin A. E., Zhavoronkov L. P. et al. 2012. The dose and dose-rate effects of paternal irradiation on transgenerational instability in mice. A radiotherapy connection // *PLoS ONE*. Vol. 7. P. 41300.

ЭКОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ВИДА

Л. А. Животовский¹, Г. О. Османова²

¹ Институт общей генетики РАН, Москва, Россия, levazh@gmail.com

² Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, gyosmanova@yandex.ru

Введение. Согласно Э. Майру (1968, с. 290–320), популяционная структура вида организована в виде географических клин, изолятов, зон интерградации популяций, возможные пути становления которых подробно обсуждались с позиций основных микроэволюционных факторов [Шварц, 1967; Тимофеев-Ресовский и др., 1973; Lewontin, 1974; Алтухов, 1983; Яблоков, 1987 и многие другие]. Но хотя в теоретическом плане пути становления популяционной структуры вида давно представляются понятными, в практическом плане ни направление, ни интенсивность микроэволюционных факторов для конкретного вида в конкретных природных условиях невозможно выявить и количественно оценить. Поэтому выделение популяционных группировок до сих пор является непростой задачей.

Основные факторы и процессы становления отдельной популяции и популяционной структуры вида в целом — это 1) условия среды обитания, которые задают направление адаптивных фенотипических изменений; 2) преобразования популяционной изменчивости по генам, которые контролируют морфологические, физиологические и поведенческие признаки, обеспечивающие соответствующие адаптации [Moritz, 2002; Waples, 2006]. Поэтому выделение крупных видовых единиц должно бы, методологически, основываться на данных обо всем спектре наследуемых признаков, обусловивших адаптацию популяций данного вида к условиям своей среды обитания. Однако на сегодня такие данные недостижимы, ибо мало что известно о генетике адаптаций даже для хорошо изученных модельных видов.

Использование полиморфных генетических маркеров (однонуклеотидных полиморфизмов — SNPs, микросателлитов и др.) позволяет выделять различающиеся сегменты вида, длительно изолированные друг от друга. Однако их изменчивость в подавляющем большинстве случаев является селективно нейтральной или близкой к тому. Поэтому «сходство» или «несходство» популяций по таким маркерам можно интерпретировать в основном только с позиций истории популяций, и лишь изредка с позиций адаптивности. Вместе с тем, если популяции адаптированы к своим условиям среды, то процессы отбора могут достаточно быстро привести к различию популяций по адаптивным генным профилям. Проблема лишь в том, что в подавляющем большинстве случаев у нас нет в руках адаптивных ДНК-маркеров, которые позволили бы надежно дифференцировать внутривидовые группировки. Поэтому для выделения популяционных комплексов следует не только исследовать их по имеющимся ДНК-маркерам, но и обра-

таться к тем факторам, которые приводят к адаптивным различиям популяций — т. е. к условиям среды обитания.

Экогеографические единицы. Для таких ситуаций нами было предложено использовать в качестве крупных блоков видовой структуры *экогеографические единицы* (ЭГЕ, или EGU — ecoreographic unit), выделяемые для данного вида по доступной информации о градиентах среды обитания и миграционных особенностях (генных потоках), а затем тестируемые на генетическое сходство с помощью ДНК-маркеров:

Экогеографическая единица данного вида — это группа соседних популяций, схожих друг с другом по маркерам среды и связанных миграционными обменов в ряду поколений [Zhivotovsky et al., 2015; Животовский, 2016; 2017].

Каждую ЭГЕ можно рассматривать как единицу запаса, единицу воспроизводства, промысла, охраны. Выделяются ЭГЕ по маркерам среды и ДНК-маркерам.

Маркеры среды: физико-химические характеристики условий местообитания вида, биота, параметры воспроизводства популяций, морфофизиологические и поведенческие признаки, численность, индуцированная средой экспрессия генов, миграционные отношения между популяциями, и пр.

ДНК-маркеры популяции (определяются последовательностями ДНК): делеции и вставки, однонуклеотидные замены, микросателлиты, переменные нуклеотидные последовательности, аллозимные полиморфизмы, и пр.

Методология выделения экогеографических единиц. Выделение и тестирование экогеографических единиц представляют собой двуступенчатую процедуру:

1. Подразделить вид (и ареал вида) на экогеографические единицы по *маркерам среды* (география + экология вида).

2. Оценить межпопуляционные различия по *ДНК-маркерам* внутри и между ЭГЕ для уточнения их границ.

Обсудим первую ступень процедуры — выделение ЭГЕ. Согласно данной методологии, следует разбить ареал вида на географические провинции по маркерам местообитания, важным для изучаемого вида. Например, для пресноводных рыб и других гидробионтов, репродукция которых проходит в реках и озерах, экогеографические единицы можно выделять по бассейнам стока рек, гидробиологическим особенностям, ихтиофауне, теплообеспеченности, приуроченности данного вида к тем или иным местообитаниям, миграциям, и пр. (рис. 1).

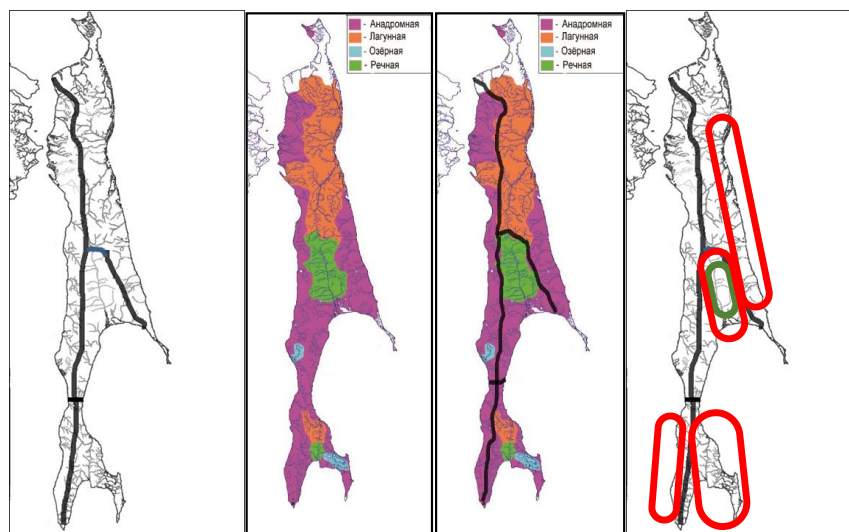


Рис. 1. Выделение экогеографических единиц у сахалинского тайменя и кеты о. Сахалин

Другой пример: растения. Оценка местообитаний растений на исследуемой части ареала вида можно проводить инструментальными методами — например, определить кислотность, солевой режим, влажность почвы, и пр. Для оценки богатства и структуры почв можно привлекать известные описательные данные по типам почв. Важными для оценки местообитаний и выделения экогеографических единиц являются данные по типу растительности, гидрологии, особенностям климата, ботанико-географическому районированию, рельефу и пр. [Заугольнова, 1999; Злобин, 2009; Марков, 2012; Миркин, Наумова, 1998 и др.]. Источниками информации для них являются соответствующие тематические географические карты с использованием ГИС-технологий для анализа. С целью более детальной оценки характеристик местообитаний можно привлекать геоботанические описания — например, с использованием экологических шкал Д. Н. Цыганова (1983). Говоря о межпопуляционных генных потоках, являющихся фактором генетического сближения популяций, важно иметь оценки дальности распространения пыльцы и диаспор (семян,

плодов, спор и др.). При этом следует иметь в виду, что межпопуляционные обмены могут происходить не обязательно за одно поколение, а произойти пошагово — за ряд поколений. Поэтому для приблизительной оценки дальности генного потока можно условно выбрать величину кратную дальности разноса семян и пыльцы. В оценке генного потока у растений очень важна роль почвенных банков семян, которые в этом смысле являются своего рода перевалочными пунктами передачи генетической информации между географически отдаленными популяциями; к сожалению, в силу трудоемкости исследования информация о размерах и реализации почвенного банка семян весьма скудна. Тем не менее, использование доступной информации позволяет выделять группировки растений, в т. ч. в практических целях — например, для решения природоохранных задач (рис. 2) [Животовский, Османова, 2018].

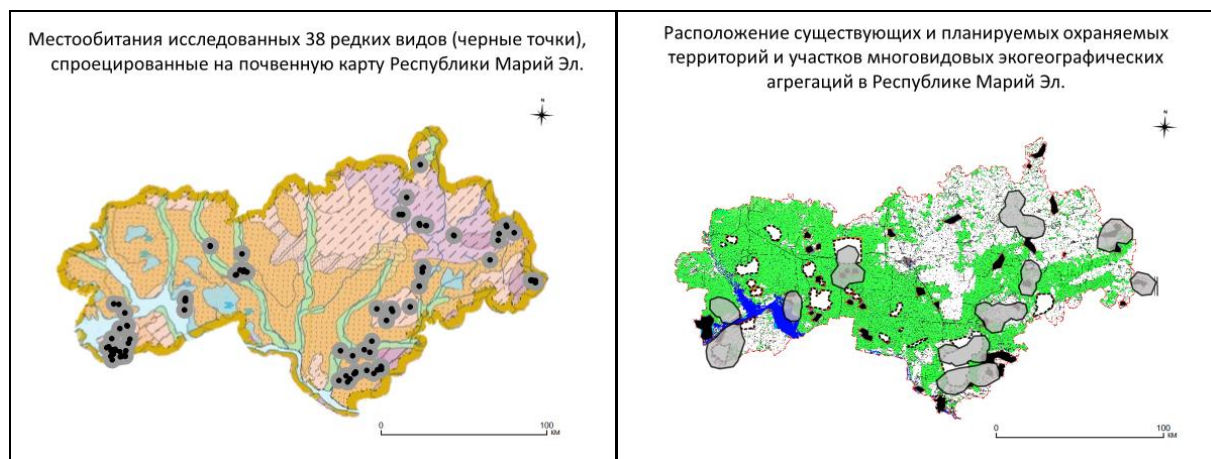


Рис. 2. Выделение ЭГЕ и групп редких видов растений

Заключение. Выделенные экогеографические единицы обязательно следует тестировать доступными ДНК-маркерами с целью надежного установления их количества и границ на данной части ареала вида. Популяционная структура вида может быть представлена в следующем виде, где указаны два базовых уровня иерархических уровня: экогеографические единицы и составляющие их популяции.



Рис. 3. Базовые уровни иерархической структуры вида

Конечно, представление вида как иерархически организованной структуры может включать гораздо больше уровней (дополнительно к указанным — еще региональные группировки, экологические формы и пр.), которые могут занимать любые позиции в представленной иерархии. Однако эти два базовых уровня (ЭГЕ и популяции) — необходимые элементы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-016-00033, гостемы «Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природохозяйственной деятельности (Эколого-генетическая структура вида)» и Программы фундаментальных исследований президиума РАН № 41 «Биоразнообразии природных систем и биологические ресурсы России» (ГЗ «АААА-А18-118111590073-3»).

Литература

Алтухов Ю. П. 1983. Генетические процессы в популяциях. М.: Наука. 280 с. Животовский Л. А. 2016. Популяционная структура вида: Эко-географические единицы и генетическая дифференциация популяций // Биология моря. Т. 42. С. 323–333. Животовский Л. А. 2017. Две ветви исследований популяционной структуры вида — экологическая и генетическая: история, проблемы, решения // Генетика. Т. 53. С. 1244–1253. Животовский Л. А., Османова Г. О. 2018. Эколого-географический подход к выявлению популяционной структуры вида у растений // Труды конф. «Экология и география растений и растительных сообществ». Екатеринбург. С. 282–285. Заугольнова Л. Б. 1999. Иерархический подход к анализу лесной растительности малого речного бассейна (на примере

Приокско-Террасного заповедника) // Бот. журн. Т. 84, № 8. С. 42–56. *Злобин Ю. А.* 2009. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. Сумы: Университетская книга. 263 с. *Майр Э.* 1968. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир. 597 с. *Марков М. В.* 2012. Популяционная биология растений. М.: Т-во науч. изд. КМК. 387 с. *Миркин Б. М., Наумова Л. Г.* 1998. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем. 413 с. *Тимофеев-Ресовский Н. В., Яблоков А. В., Глотов Н. В.* 1973. Очерк учения о популяции. М.: Наука. 277 с. *Цыганов Д. Н.* 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 197 с. *Шварц С. С.* 1967. Популяционная структура вида // Зоол. журнал. Т. 46. С. 1456–1469. *Яблоков А. В.* 1987. Популяционная биология. М.: Высш. шк. 132 с. *Lewontin R. C.* 1974. The genetic basis of evolutionary change. N. Y.: Columbia University Press (перевод: Р. Левонтин 1978. Генетические основы эволюции. М.: Мир. 351 с.). *Moritz C.* 2002. Strategies to protect biological diversity and the evolutionary processes that sustain it // *Systematic Biol.* Vol. 51. P. 238–254. *Waples R. S.* 2006. Distinct population segments // *The Endangered Species Act at Thirty. Vol. 2: Conserving biodiversity in human-dominated landscapes.* Washington, D. C.: Island Press. P. 127–149. *Zhivotovsky L. A., Yurchenko A. A., Nikitin V. D. et al.* 2015. Ecogeographic units, population hierarchy, and a two-level conservation strategy with reference to a critically endangered salmonid, Sakhalin taimen *Parahuchoperryi* // *Conservation Genetics.* Vol. 16. P. 431–441.

ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ: РАЗНЫЕ УЧАСТКИ ГЕНОМА, РАЗНЫЕ МЕТОДЫ

Е. З. Кочиева

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
ekochieva@yandex.ru

В настоящее время для оценки биоразнообразия растений, а также решения таких вопросов как таксономическая идентификация растительных образцов, определение межвидовых и межродовых филогенетических отношений, динамика видообразования, структура популяций в дополнении к классическим фенотипическим методам достаточно широко используются методы молекулярного анализа генома растений и молекулярные ДНК-маркеры. Свойства, желательные для идеальных молекулярных ДНК-маркеров, включают высокополиморфную природу, кодоминантное наследование (определение гомозиготных и гетерозиготных состояний диплоидных организмов), селективная нейтральность, доступность, простота и скорость анализа, высокая воспроизводимость. Молекулярный инструментарий включает простые и высоко эффективные методы для определения как известных, так и неизвестных таксонов растений. Использование молекулярных методов, таких как штрих-кодирование ДНК, случайная амплифицированная полиморфная ДНК (RAPD), полиморфизм длин амплифицированных фрагментов (AFLP), анализ полиморфизма генных семейств (DDP-profiling) микросателлитный анализ и однонуклеотидный полиморфизм (SNP) позволило ответить на многие эволюционные и таксономические вопросы, решение которых ранее было невозможно при использовании только фенотипических методов. Каждая из молекулярных методик имеет свои преимущества, недостатки и области применения. Методы различаются по своей разрешающей способности для выявления генетических различий, типу данных, которые они генерируют, и их применимости к конкретным таксономическим уровням.

В докладе будет представлено основное описание различных молекулярных методов анализа генома растений и возможности их применения для решения конкретных задач исследования и сохранения растительных ресурсов.

POPULATION GENOMICS OF CONIFERS AND STUDY OF ADAPTIVE VARIATION TO PRESERVE BIODIVERSITY

K. V. Krutovsky^{1,2,3,4}, M. Lu^{4,5}, C. A. Loopstra⁴

¹Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, Germany

²Laboratory of Population Genetics, Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

⁴Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, College Station, USA

⁵Department of Biological Sciences, University of Calgary, Calgary, Canada

kkrutovsky@gmail.com

Genome-wide association study of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). One of the main tasks of population genetics is the study of adaptive genetic and epigenetic variation. The task is particularly relevant due to rapid climate change and the accelerating loss of biodiversity. The question arises whether adaptive variation in populations is sufficient to counter these adverse processes and what measures need to be taken to help them survive. Modern methods of DNA sequencing and population genomics allow us to study adaptive variation at the genome-wide level. One of the main methods of searching for adaptive variation is the search for associations between genetic variation and variation of adaptive traits, such as resistance to stressful environmental factors and diseases, growth rate, phenological traits, etc. at the genome-wide level. Recent data obtained by the author together with his colleagues in studies of loblolly pine [Lu et al., 2017; 2018; 2019] and mountain hemlock [John-

son et al., 2017 a, b, c] can serve as an example of the study of the genome-wide variation, including adaptive one. Genotyping of loblolly pine populations was performed by targeted DNA sequencing of samples enriched for coding regions of the genome [Lu et al., 2016]. Approximately 400 trees were genotyped for 2.8 million single nucleotide polymorphism (SNP) markers. The variation some of these markers was correlated with the variation of different adaptive and breeding traits [Lu et al., 2017], with gene expression [Lu et al., 2018], and with variation of environmental factors, such as temperature, humidity, aridity, etc. [Lu et al., 2019]. Important genes have been identified, the variation of which is associated with adaptive phenotypes and environmental factors. A total of 36 SNP-trait associations were found for specific leaf area (5 SNPs), branch angle (2), crown width (3), stem diameter (4), total height (9), carbon isotope discrimination (4), nitrogen concentration (2), and pitch canker resistance traits (7) [Lu et al., 2017]. Eleven SNP-SNP interactions were found to be associated with branch angle (1 SNP-SNP interaction), crown width (2), total height (2), carbon isotope discrimination (2), nitrogen concentration (1), and pitch canker resistance (3). Non-additive effects imposed by dominance and epistasis account for a large fraction of the genetic variance for the quantitative traits. Genes that contain the identified SNPs have a wide spectrum of functions. Individual heterozygosity positively correlated with water use efficiency and nitrogen concentration.

Gene transcripts and metabolites are important regulatory intermediates that link genetic variations to higher-order complex traits such as wood development and drought response. A few prior studies have associated intermediate phenotypes including mRNA expression and metabolite levels with a limited number of molecular markers, but the identification of genetic variations that regulate intermediate phenotypes needs further investigation. We identified 1,841 SNPs associated with 191 gene expression mRNA phenotypes and 524 SNPs associated with 53 metabolite level phenotypes using 2.8 million exome-derived SNPs [Lu et al., 2018]. The identified SNPs reside in genes with a wide variety of functions. We further integrated the identified SNPs and the associated expressed genes and metabolites into networks. We described the SNP-SNP interactions that significantly impacted the gene transcript abundance and metabolite level in the networks. Key loci and genes in the wood development and drought response networks were identified and analyzed.

Climate change may affect the productivity and range of loblolly pine. Nevertheless, we have insufficient knowledge of the adaptive potential and the genetics underlying the adaptability of loblolly pine to the environmental factors [Lu et al., 2018]. To address this, we tested the association of 2.8 million whole exome-based SNPs with climate and geographic variables, including temperature, precipitation, latitude, longitude and elevation data. Using an integrative landscape genomics approach by combining multiple environmental association and outlier detection analyses, we identified 611 SNPs associated with 56 climate and geographic variables. Longitude, maximum temperature of the warm months and monthly precipitation associated with most SNPs, indicating their importance and complexity in shaping the genetic variation in loblolly pine. Functions of candidate genes related to terpenoid synthesis, pathogen defense, transcription factors and abiotic stress response. We provided evidence that environment-associated SNPs also composed the genetic structure of adaptive phenotypic traits including height, diameter, metabolite levels and expression of genes.

In conclusion, multiple effects identified in these loblolly pine studies influence the performance of loblolly pines, provide resources for understanding the genetic control of complex traits, and have potential value for assessing with breeding through marker assisted selection and genomic selection. These studies provide new candidate genes for research on the genetic basis of gene expression and metabolism linked to wood development and drought response in loblolly pine and highlights the efficiency of using association-mapping-based networks to discover candidate genes with important roles in complex biological processes. Our studies promote understanding of the genetic basis of local adaptation in loblolly pine, and provides promising tools for selecting genotypes adapted to local environments in a changing climate.

Landscape genomic insights into the historic migration of mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*) in response to Holocene climate change. Untangling alternative historic dispersal pathways in long-lived tree species is critical to better understand how temperate tree species may respond to climatic change. However, disentangling these alternative pathways is often difficult. Emerging genomic technologies and landscape genetics techniques improve our ability to assess these pathways in natural systems. We address the question to what degree have microrefugial patches and long-distance dispersal been responsible for the colonization of mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*) on the Alaskan Kenai Peninsula [Johnson et al., 2017a]. We used double-digest restriction-associated DNA sequencing (ddRADseq) to identify genetic variants across eight mountain hemlock sample sites on the Kenai Peninsula, Alaska. We assessed genetic diversity and linkage disequilibrium using landscape and population genetics approaches. Alternative historic dispersal pathways were assessed using discriminant analysis of principle components and electrical circuit theory. A combination of decreasing diversity, high gene flow, and landscape connectivity indicates that mountain hemlock colonization on the Kenai Peninsula is the result of long-distance dispersal. We found that contemporary climate best explained gene flow patterns and that isolation by resistance was a better model explaining genetic variation than isolation by distance. Our findings support the conclusion that mountain hemlock colonization is the result of several long-distance dispersal events following Pleistocene glaciation. The high dispersal capability suggests that mountain hemlock may be able to respond to future climate change and expand its range as new habitat opens along its northern distribution.

Seed dispersal at alpine treeline: an assessment of seed movement within the mountain hemlock alpine treeline ecotone. Alpine treelines are expected to advance to higher elevations in conjunction with global warming. Nevertheless, the importance of treeline reproductive patterns and seed dispersal within the alpine treeline ecotone remains unresolved. In the study of mountain hemlock treelines on the Kenai Peninsula, Alaska [Johnson et al., 2017b] we addressed two research questions: (1) what is the primary mode of reproduction, and (2) are seeds leading to recruitment derived from within the local treeline populations or are they arriving from more distant seed sources? To answer these questions, we exhaustively sampled mountain hemlock individuals along a single mountain slope and genotyped SNPs using the ddRADseq.

First, we assessed mode of reproduction by determining the proportion of sampled individuals with identical multilocus genotypes that are the product of clonal reproduction. Second, we used a categorical parentage analysis to identify parent-offspring pairs, so that the proportion of treeline reproduction events could be spatially quantified and dispersal distance measured.

We identified sexual reproduction as the primary mode of reproduction at our study site. Seedling establishment was characterized by extensive seed immigration and gene flow into the ecotone. The average dispersal distance was 73 meters with long-distance dispersal (LDD) identified as dispersal occurring at distances greater than 450 meters.

We found that production of seeds within the alpine treeline ecotone is not necessarily a requirement for treelines to advance to higher elevations in response to climate change. The extensive seed dispersal and gene flow into the alpine treeline ecotone is likely sufficient to propel the ecotone higher under more favorable climate.

Growth and its relationship to individual genetic diversity of mountain hemlock at alpine treeline in Alaska: Combining dendrochronology and genomics. Globally, alpine treelines are characterized as temperature-limited environments with strong controls on tree growth. However, at local scales spatially heterogeneous environments generally have more variable impacts on individual patterns of tree growth. In addition to the landscape spatial heterogeneity there is local variability in individual tree genetic diversity (level of individual heterozygosity). It has been hypothesized that higher individual heterozygosity will result in more consistent patterns of growth. In this article, we combine genomics and dendrochronology to explore the relationship between individual genetic diversity and tree growth at a mountain hemlock alpine treeline on the Kenai Peninsula, Alaska, USA. We correlated average observed individual heterozygosity with average tree-ring width and variance in tree-ring width within individuals to test the hypothesis that trees with higher individual heterozygosity will also have more consistent growth patterns, suggesting that they may be more resilient to climate and environmental fluctuations at the alpine treeline. Our results showed that there was no significant relationship between tree growth and individual heterozygosity. However, there was a significant positive relationship between average tree-ring width and variance in tree-ring width implying that overall, fast growing trees in stressful environments, such as the alpine treeline, grow unstably regardless of the level of individual heterozygosity.

The loblolly pine study was funded by the Pine Integrated Network: Education, Mitigation, and Adaptation Project (PINEMAP), a Coordinated Agricultural Project funded by the USDA National Institute of Food and Agriculture (grant number 2011-68002-30185). The mountain hemlock study was supported by the National Science Foundation (grant number BCS-1333527) and a Texas A&M Institute for Genome Sciences and Society fellowship to Jeremy S. Johnson.

References

- Johnson J. S., Gaddis K. D., Cairns D. M. et al. 2017a. Landscape genomic insights into the historic migration of mountain hemlock in response to Holocene climate change // *American Journal of Botany*. Vol. 104, No. 3. P. 439–450. Johnson J. S., Gaddis K. D., Cairns D. M. et al. 2017b. Seed dispersal at alpine treeline: an assessment of seed movement within the alpine treeline ecotone // *Ecosphere*. Vol. 8, No. 1. P. e01649. Johnson J. S., Chhetri P., Krutovsky K. V. et al. 2017c. Growth and its relationship to individual genetic diversity of mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*) at alpine treeline in Alaska: combining dendrochronology and genomics // *Forests*. Vol. 8, No. 11. P. 418. Lu M., Krutovsky K. V., Nelson C. D., Koralewski T. E. et al. 2016. Exome genotyping, linkage disequilibrium and population structure in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) // *BMC Genomics*. Vol. 17. P. 730. Lu M., Krutovsky K. V., Nelson C. D. et al. 2017. Association genetics of growth and adaptive traits in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) using whole exome-discovered polymorphisms // *Tree Genetics and Genomes*. Vol. 13, No. 3. P. 57. Lu M., Seeve C. M., Loopstra C. A. et al. 2018. Exploring the genetic basis of gene transcript abundance and metabolite level in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) using association mapping and network construction // *BMC Genetics*. Vol. 19. P. 100. Lu M., Loopstra C. A., Krutovsky K. V. 2019. Detecting the genetic basis of local adaptation in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) using whole exome-wide genotyping and an integrative landscape genomics analysis approach // *Ecology and Evolution* (submitted).

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО СОХРАНЕНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В БЕЛАРУСИ

Р. В. Новицкий

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь
nramphi@mail.ru

Антропогенная трансформация природной среды — одна из острейших проблем современности. В результате многофакторного негативного влияния происходит нарушение сложившихся условий функционирования экосистем в зоне строительства и эксплуатации объектов. Любое строительство часто сопро-

вождается уничтожением естественной растительности, изменяются режимы среды в полосе отвода и на примыкающих площадях. В сочетании с техногенными нагрузками это способствует снижению устойчивости популяций живых организмов и их сообществ, утрате стабильности экосистем. Животные в значительной мере связаны с растительностью и существующими растительными сообществами и при уничтожении или трансформации страдают все компоненты, входящие в сообщество.

Животный и растительный мир испытывает существенное вредное воздействие при строительстве различных объектов. Некоторые животные могут покинуть территорию вредного воздействия, однако большинство видов характеризуются очень небольшим радиусом двигательной активности (прежде всего насекомые и почвенные беспозвоночные) и подвергаются прямому уничтожению. Многие виды животных и растений в силу особенностей своей биологии связаны с особенностями рельефа, почвенных условий, увлажнения, освещенности и при нарушении этих условий происходит трансформация или исчезновение сообществ растений и отдельных групп животных, обитающих на территории. При любом воздействии на экосистему нарушается среда обитания животных: кормовые территории, места размножения, зимовки, места переживания неблагоприятных условий и другие условия обитания. В результате зачастую сокращается численность животных, а большинство видов могут вообще исчезнуть с территории строительства и эксплуатации объектов хозяйственной деятельности.

Существенное значение в последние годы получило развитие влияние фрагментации мест обитания, связанное с существенными площадями изъятия земель для ведения хозяйственной деятельности. Это характерно для аграрных стран, ориентирующих свою экономику на получение прибыли от интенсивной эксплуатации больших площадей земель. В масштабах Европы Беларусь занимает 14 место по сельскохозяйственному освоению — 42,6 % территории (из них частные хозяйства 0,9 %, пахотные земли составляют 24,4 %, остальные земли предназначены для выпаса, сенокоса и пр.). Беларусь расположена на западной границе бореальных (таежных) лесов, и одновременно с юга примыкает зона грабово-дубово-темнохвойных лесов с переходом к лесостепи. Этими условиями и определяется способность животных и растений расселяться по территории Беларуси.

Протяженность отдельных линейных коммуникаций на 2018 год составляет:

– автодороги — около 86,9 тыс. км, из них 15,9 тыс. км — республиканского значения, 71 тыс. км — местные. Их плотность составляет 41,7 км на 100 км² территории Беларуси.

– воздушные линии электропередач — 277,103 тыс. км, из них местные распределительные сети 0,4–10 Кв — 201,632 тыс. км.

Опираясь на эту мозаику трансформирующих и фрагментирующих пространственных элементов, в том числе пространственной структуры новых объектов хозяйственной деятельности, глубокие знания биологических особенностей видов и структуры естественных экосистем, и разрабатываются природоохранные мероприятия для различного рода объектов. Большинство таких объектов хозяйственной деятельности можно разделить на 2 основные категории: локальные объекты (сельхозпроизводители, объекты добычи полезных ископаемых, промышленные предприятия, населенные пункты, фермы, рыбоводы, электростанции, аэропорты и пр.) и линейные объекты (автодороги, железные дороги, воздушные линии электропередач, газопроводы, продуктопроводы, нефтепроводы, объекты обеспечения безопасности границ и пр.). Локальные объекты, как правило связаны с изъятием территорий из биологического оборота, и в зависимости от размера могут выполнять в том числе и роль фрагментации угодий (формируют изоляционные барьеры для распространения животных и растений). Линейные объекты хозяйственной деятельности (часто их называют элементами инфраструктуры) с точки зрения влияния на экосистемы, условно, можно разделить на 2 категории: формирование экотонов в сплошных массивах лесов и поймах рек (просеки для воздушных линий электропередач и обслуживания подземных трубопроводов и кабелей), а также активная фрагментация (авто- и железные дороги). Наибольший негативный эффект для животного и растительного мира наблюдается для наземных объектов.

Используемые в Беларуси технологии и приемы минимизации влияния хозяйственной деятельности на флору и фауну формируются, опираясь на следующие принципы:

– сокращение сроков негативного воздействия объекта в процессе строительства и эксплуатации (использование подземных технологий размещения коммуникаций, ускорение сроков рекультивации и восстановления функциональности экосистем и пр.);

– увеличение проницаемости объектов хозяйственной деятельности для процессов расселения и распространения животных и растений;

– предотвращение фрагментации угодий путем формирования специальных планировочных и инженерных решений при проектировании и строительстве инфраструктуры;

– сокращение расстояния между популяциями для обеспечения расселения и распространения;

– создание искусственных мест размножения, нереста, гнездовых и зимовки;

– транслокация (пересадка) значимой части популяций животных или растений в специально созданные или подходящие места обитания или произрастания;

– временное и территориальное регулирование изъятия объектов животного и растительного мира из природной среды;

- экономическое стимулирование субъектов хозяйственной деятельности по сохранению биоразнообразия;
- использование долгосрочного стратегического планирования для реализации градостроительных проектов.

Беларусь за последние десятилетия, основываясь на научном и международном опыте сохранения природы достигла значимых результатов по сохранению биоразнообразия и восстановлению трансформированных экосистем путем применения активных и консервативных мер охраны.

Только за последнее время повторно заболочены 51,5 тыс. га деградированных торфяников, в 2015 году принята Стратегия сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2015 г. № 1111) и до 2030 года планируется восстановить еще не менее 75 тыс. га. Это позволяет существенно сократить выбросы парниковых газов, снизить пожароопасность, сократить площади земель не пригодных для ведения сельского хозяйства, восстановить потенциал территорий для сохранения биологического разнообразия, утраченного в результате торфоразработок.

Утрату компонентов биологического разнообразия в результате строительства промышленных объектов, как правило практически невозможно избежать. Тем не менее, в последние годы начал наращаться опыт и в данной сфере. Один из позитивных примеров — деревообрабатывающий завод «Кроноспан-OSB» (СЭЗ, г. Могилев) на своей и прилегающих территориях взял на себя обязательства по сохранению популяций земноводных, птиц, насекомых опылителей, восстановлению живого напочвенного покрова, восстановлению лесных насаждений. Комплекс мероприятий реализовывался на протяжении 4 лет. Подавляющее же большинство промышленных предприятий, не имея потенциала для сохранения биоразнообразия не вкладывают свою долю в сохранение экосистем, что отражается на бессрочном изъятии экосистем или их компонентов.

На популяции животных существенно влияет на растительность изменение непосредственно природной среды, связанное со строительством. Строительство крупных объектов (промышленных предприятий и узлов, автодорог, железнодорожных магистралей, жилых зданий и других поверхностных сооружений) сопровождается уничтожением естественной растительности территорий их размещения, порой особо ценных фитоценозов или популяций охраняемых видов растений и животных.

Изменяются экологические режимы в полосе отвода и на примыкающих площадях. Имеют место случаи подтопления или затопления из-за просчетов в строительстве водопропускных сооружений.

Значительный вред экосистемам наносят земляные работы, после которых остаются участки обнаженной почвы, служащие плацдармом проникновения в сообщество новых видов, а также нарушение естественного гидрологического режима, нередко приводящее к распаду или сильному ослаблению древостоев. Нельзя не учитывать захламление обочин бытовым мусором, занос вдоль трассы сорных видов, сосредоточение вдоль новой опушки синантропных и опушечных видов растений, что в значительной степени приводит к вульгаризации сообществ.

После строительства вблизи лесных массивов проявляется воздействие опушечного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режимы температуры, увлажнения и ветровой, и которое быстро снижается от опушки в глубину массива. Благодаря этому под пологом леса проникают светолюбивые виды, сорняки, представители луговой и степной флоры. В сочетании с серьезными рекреационными нагрузками (выбитость, развитие дорожно-тропиночной сети, стихийные кострища, замусоренность и пр.) в результате эксплуатации объектов строительства это способствует снижению устойчивости популяций отдельных видов растений и их сообществ, а в конечном итоге — утрате стабильности экосистем. Повреждение фитоценоза в целом является результатом интеграции повреждений различных видов во всех ярусах лесного фитоценоза и нарушения межвидовых взаимодействий растений.

Кроме того, некоторые участки лесные насаждения вблизи крупных туристических комплексов, баз отдыха и т. п. подвергаются хроническому влиянию деятельностью человека, направленной на благоустройство таких территории. Здесь наблюдается, как изменение ландшафта, так и планировка и выравнивание территорий, удаление опада из-под полога древостоя (хвоя, листья, ветки, шишки, кора) и лесной подстилки, а также подсев трав. Такая деятельность сказывается на кислотности почвы, а в итоге негативно отражается на корневых системах деревьев и их росте. Влияние таких мероприятий не вызывает резкой деградации древостоев. Более быстрые и заметные изменения у деревьев вызывают проведение разных видов земляных и строительных работ, связанных с благоустройством территории. При их проведении происходит повреждение корневых систем деревьев или засыпка стволов выше корневой шейки, которые, на определенном этапе вызывают изменения в росте деревьев необратимого характера и гибель ослабленных деревьев.

Поэтому представляется особенно важным минимизировать такие воздействия при строительных работах, через организацию авторского надзора в сфере выполнения природоохранных мероприятий. Это позволяет своевременно диагностировать состояние лесного сообщества, определяя, от какого вида воздействия оно в большей степени страдает, какой нежелательный фактор необходимо устранить или ограничить по силе. Чувствительность, к какому-либо фактору у разных видов неодинакова.

Значительное количество факторов, определяющих степень воздействия на биологическое разнообразие, как компонент окружающей среды учитываются при проектировании и строительстве. Часть данных факторов нормируются в соответствии с законодательством, отдельных негативных эффектов можно избежать путем проработки природоохранных мероприятий. В частности, такими факторами являются:

- изъятие земель в постоянное (бессрочное) пользование с последующим удалением напочвенного покрова, естественной древесно-кустарниковой растительности и связанных с ними животными для строительства поверхностных объектов;
- уничтожение или трансформация естественной растительности и биотопов, приводящее к исчезновению редких и охраняемых видов растений и животных;
- нарушение естественного состояния грунта и рельефа (выползаживание, снятие плодородного слоя почвы, формирование искусственных барьеров из грунта и пр.);
- изменение режимов окружающей среды в полосе земельного отвода под строящиеся объекты и на примыкающих площадях;
- нарушение непрерывности природной среды через формирование непреодолимых или ограничивающих распространение препятствиями (заборы, автодороги с высокой интенсивностью движения, промышленные зоны и узлы и пр.);
- загрязнение поверхностных и грунтовых вод при строительстве.
- техногенное загрязнение окружающей среды выбросами от передвижных источников загрязнения;
- несоблюдение требований строительства, захламленность прилегающих территорий строительным и другим мусором;
- рекреационная активность.

В процессе строительства и эксплуатации объектов наблюдается определенный прессинг на существующие и сложившиеся природно-территориальные комплексы. Существенно влияет на биологическое разнообразие изменение непосредственно природной среды, связанное со строительством. Одним из факторов, оказывающих отрицательное влияние, является непосредственное отчуждение земель под строительство. Строительство нередко сопровождается уничтожением естественной растительности данных территорий, порой особо ценных фитоценозов или популяций охраняемых видов растений и животных, нарушением путей миграции. Изменяются экологические режимы в полосе отвода и на примыкающих площадях. Существенный вред экосистемам наносят земляные работы, после которых остаются участки обнаженной почвы, служащие плацдармом проникновения в сообщество новых, порой вредоносных чужеродных (инвазионных) видов, а также нарушение естественного гидрологического режима, нередко приводящее к распаду или сильному ослаблению фитоценозов. Нельзя не учитывать захламление прилегающих территорий бытовым мусором, занос вдоль трассы сорных видов, сосредоточение вдоль новой опушки деятельности синантропных и опущенных видов растений. За новыми растениями в биоценоз проникают новые виды животных, особенно насекомые-фитофаги, некоторые из которых являются серьезными вредителями древесных растений и сельскохозяйственных культур.

После строительства трасс коммуникаций через лесные массивы проявляется воздействие опушечного эффекта, при котором увеличивается освещенность, изменяются режимы температуры, увлажнение снижается от опушки в глубину массива. Повреждение фитоценоза в целом является результатом интеграции повреждений различных видов во всех ярусах лесного фитоценоза и нарушения межвидовых взаимодействий, как растений, так и животных. В примыкающих к площадкам строительства лесах, в связи с изменением режима освещенности, наиболее существенно перестраиваются нижние ярусы лесных сообществ. Изменение структуры фитоценоза неизбежно влечет изменение структуры сообщества животных. Такие изменения могут иметь самую различную направленность и запустить сукцессионные процессы, нежелательные на данной территории и нарушающие сложившийся природный баланс.

В Беларуси используемыми законодательно-определяемыми механизмы для принятия решений о реализации хозяйственной деятельности и наложения ограничений являются:

- Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС);
- Стратегическая экологическая оценка (СЭО);
- Экономическая оценка за нанесение ущерба животному миру;
- Экономическая оценка ущерба за нанесение ущерба лесным насаждениям;
- Компенсационные посадки (используются на землях населенных пунктов);
- Стоимостная оценка экосистемных услуг (используется при полном изъятии территории);
- Оценка рисков.

Территориальные ограничения хозяйственной деятельности на основе информационных ресурсов на территории Беларуси:

- Национальная схема ООПТ;
- Схема миграционных коридоров наземных позвоночных и водоплавающих птиц (утверждена Коллегией Минприроды 05.09.2016);
- Экологическая сеть (Указ Президента № 108 от 13 марта 2018 г.);

- Ограничения в соответствии с Кодексами о земле, воде, лесе;
- Национальная система мониторинга окружающей среды
- Передача под охрану землепользователям мест обитания (произрастания) видов КК, включенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Перспективные механизмы для интеграции в нормативно-правовое регулирование Беларуси:

- Механизмы формирования региональных и национальных политик использования экосистемных услуг (последовательно готовится в рамках деятельности МПБЭУ ООН — IPBES/UN);
- Экосистемный банкинг
- Авторский надзор за реализуемыми объектами хозяйственной деятельности на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации.

Основной проблемой на современном этапе функционирования экосистем наряду с глобальной (изменение климата) — изъятие экосистем из естественного биологического оборота и существенная фрагментация угодий. Для отдельных видов животных и растений антропогенная деятельность служит основой для увеличения численности, для подавляющего большинства — сокращение ареалов распространения и численности, фрагментация угодий и изоляционные процессы, смещение миграционных коридоров. Анализируя структуру использования земель на территории Беларуси около 5 116,7 тыс. га изъяты из естественного биологического оборота для размещения тех или иных объектов, а также ведения интенсивного сельского хозяйства (около 27,9 % территории, в том числе 3,2 % территории под частные подворья). Остальные земли частично или полностью вовлечены в биологический оборот.

На основании анализа фактов ДТП с участием копытных за 10 лет (2001–2010) выявлено более 100 проблемных участков автодорог, рекомендуемых в последствии для устройства специальных конструкций по обеспечению свободного прохода зверей над или под автодорогой. В настоящее время существует 6 специальных проходов под автодорогой для копытных и 13 участков для земноводных оборудовано специальными бетонными конструкциями под автодорогами.

Используемые в практике природоохранные мероприятия на территории Беларуси направлены на сохранение экосистем, локальных популяций, мест размножения, зимовки, нагула, а также направлены на предотвращение фрагментации угодий и формированию препятствий для миграций и расселения животных и растений. Для субъектов хозяйственной деятельности в процессе проработки проектной документации предусматриваются природоохранные мероприятия, альтернативное размещение объектов потенциального влияния, либо отказ от реализации деятельности (в случае необходимости сохранения высоко ценных угодий или невозможности избежать негативных последствий при использовании существующих технологических решений). Прием альтернативного размещения или корректировки позиции широко используется при проектировании линейных коммуникаций (автодороги и воздушные линии электропередач) и отдельных локальных объектов (туристические объекты). В последние годы для размещения крупных промышленных предприятий используются свободные экономические зоны или наращиваются существующие промышленные узлы, что в целом сокращает изъятие площадей естественных экосистем из биологического оборота, как это было ранее.

Таким образом, на текущем этапе экономического развития Беларуси поведены существенные изменения законодательства для учета интересов сохранения биологического и экосистемного разнообразия для обеспечения качества жизни. Тем не менее существуют и некоторые проблемы, связанные с необходимостью развития дополнительных механизмов нормативно-правового регулирования и дальнейшей интеграции наилучших технологий и методов для обеспечения больших гарантий выполнения требований законодательства.

СУЩНОСТЬ, ОЦЕНКА, ОХРАНА И УПРАВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИМ РАЗНООБРАЗИЕМ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Г. С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия, *genarozenberg@yandex.ru*

В 2013 г. исполнилось 100 лет со дня образования в Великобритании первого в мире (а потому, — старейшего) Британского экологического общества (British Ecological Society [BES]). Отмечая юбилей BES, «англоговорящие» экологи сформулировали свои 100 основных вопросов, на которые должна дать ответы экология XXI века [Sutherland et al., 2013; Розенберг, Гелашвили, 2013]. Структура сообществ, дифференциация видов в пространстве и во времени, экологическое разнообразие — это основные, взаимосвязанные проявления организации видов в сообществах — всегда были в центре внимания экологов. В частности, очень точно заметил А. Ф. Алимов (1993, с. 653): «разнообразие — это свойство, связанное с самой сущностью организации экосистем». Среди этих «Ста вопросов современной экологии» (в контексте данной работы) назову:

43. Как влияет пространственная и временная гетерогенность среды на разнообразие различных масштабов?

44. Как потеря вида влияет на риск вымирания оставшихся видов?

45. Какова относительная важность стохастических и детерминированных процессов в контроле разнообразия сообществ, и как она варьирует в экосистемах различных типов?

46. Как можно механистически предсказать, сколько видов могут сосуществовать на данной площади?

47. В какой степени локальная видовая структура и разнообразие контролируются ограничением пространением и региональным пулом видов?

50. Насколько адекватны правила формирования сообществ в мире биологических инвазий?

55. Насколько важны редкие виды для функционирования экологических сообществ?

56. Какова обратная связь между разнообразием и диверсификацией (diversification)?

82. На фоне быстрых изменений среды что определяет, будут ли виды адаптироваться, менять ареалы или вымирать?

83. Что определяет скорость, с которой распределения видов реагируют на изменение климата?

Таким образом, проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия и в XXI в. будут одними из приоритетных, как в экологической науке, так и в практике природоохранного дела. Поэтому можно согласиться с У. Сазерлендом с коллегами, которые так завершают свою оригинальную и интересную статью [Sutherland et al., 2013, p. 66]: «Мы не претендуем на категоричность этого списка, но надеемся, что он будет стимулировать обсуждение и новые захватывающие исследования».

Интенсивное разрушение природных экосистем, происходящее на наших глазах, делает снижение биологического разнообразия одной из важнейших современных проблем взаимодействия в системе «Природа — Человек». В июне 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро (Бразилия) на Конференции ООН по окружающей среде и развитию наравне с «Повесткой дня на XXI век» (программой перехода к устойчивому развитию), была принята Конвенция по сохранению биологического разнообразия. В 1994 г. в России были начаты работы в рамках Государственной научно-технической программы «Биологическое разнообразие», а в 1995 г. эта Конвенция была ратифицирована Государственной Думой РФ. В 2006 г. Генеральная Ассамблея ООН провозгласила 2010 г. Международным годом биоразнообразия (International Year of Biodiversity). После конференции ООН по проблемам биоразнообразия (18–29 октября 2010 г. в Нагое [префектура Аичи, Япония; Nagoya, Aichi]) 2011–2020 гг. были объявлены десятилетием биологического разнообразия, направленным на реализацию «Айчи-плана сохранения биоразнообразия» [Quick Guides..., 2013], состоящего из 20 пунктов, объединенных в 5 стратегических целей (направлений):

1) ведение борьбы с основными причинами утраты биоразнообразия (обеспечить осведомленность исполнительной власти и населения о ценностной стоимости биоразнообразия, включить эту стоимость в национальные и местные стратегии устойчивого развития, свести к минимуму или предотвратить воздействия, наносящие вред биоразнообразию);

2) сокращение прямых нагрузок на биоразнообразие и стимулирование устойчивого использования биоресурсов (к 2020 г. как минимум в 2 раза сократить деградацию и темпы утраты естественных мест обитания растений и животных, экологизировать рыбный промысел, довести загрязнение окружающей среды до уровней, которые не влияют на уменьшение биоразнообразия, вести регуляцию проникновения чужеродных видов в естественные экосистемы);

3) улучшение состояния биоразнообразия путем охраны экосистем, отдельных видов и генетического разнообразия (к 2020 г. сохранять за счет эффективного управления как минимум 17 % районов суши и внутренних вод и 10 % прибрежных и морских районов, предотвратить исчезновение уже известных угрожаемых видов с сохранением их охраняемого статуса);

4) увеличение выгоды для населения от биоразнообразия и экосистемных услуг (восстановить и охранять экосистемы, оказывающие важнейшие услуги, включая услуги, связанные с водой, и содействующие охране здоровья);

5) повышение эффективности охраны биоразнообразия за счет научных исследований, образования и мобилизации финансовых ресурсов из всех источников.

Интерес к проблеме оценки и сохранения биологического (экологического) разнообразия определяется целым рядом причин и функций биоразнообразия (научный [академический], экономический [и, соответственно, политический] интересы, продукционная, средообразующая, информационная, духовно-эстетическая и др. функции) [Павлов и др., 2009]. Основные факторы, влияющие на биоразнообразие и точность его учета (на примере растительных сообществ [Наумова, 1995]), представлены в таблице.

Сообщества различаются по числу и «значимости» (предпочтительнее измерять значимость продукцией видов — количеством сухого органического вещества, произведенного на единицу площади или объема в единицу времени) входящих в них видов. Р. Уиттекер (1980) предложил различать следующие *типы разнообразия*:

- **альфа-разнообразие** (разнообразие внутри сообщества, разнообразие «в узком смысле» — *видовое богатство*, измеряемое числом видов на единицу площади или объема, и соотношение количественных

показателей участия видов в сложении сообщества, измеряемое *выравненностью видов* [англ. *evenness of equitability*];

- **бета-разнообразие** (разнообразие между сообществами, показатель степени дифференцированности распределения видов или скорости изменения видового состава, видовой структуры вдоль градиентов среды; может быть измерено *числом синтаксонов одного ранга* [субассоциации, ассоциации и пр.] или величиной *полусмена* [англ. *half change*, HC] — отрезка градиента среды, вдоль которого меняется половина видового состава сообщества; полная смена видового состава соответствует 2HC);

- **гамма-разнообразие** (разнообразие ландшафтов, разнообразие «в широком смысле» — объединение альфа- и бета-разнообразия; простейшим показателем будет *конкретная флора, список видов в пределах ландшафта*).

Основные факторы, влияющие на точность учета биологического разнообразия растительных сообществ

Факторы	Изменение разнообразия и точности его учета
Время проведения описания (сезон)	Неоднозначно (эффект сменодоминантности)
Возраст сообщества	Тенденция роста с возрастом
Модель «карусели»	Растет при наличии внутриценотической циклической динамики
Флора	Растет с богатством флоры
Тип растительности	Растет от арктических пустынь к тропическим равнинам
Характер местообитания	Растет с благоприятством местообитаний
Спектр эколого-ценотических стратегий	Уменьшается при наличии виолентов
Ценотические отношения	Увеличивается с ростом конкуренции
Режим нарушений	Повышается при умеренном режиме нарушений
Размер пробной площади (S)	Растет с ростом S
Форма пробной площади	Не зависит (точность несколько выше на круглых и прямоугольных площадках)
Расположение описаний в пространстве	Точность выше при случайном расположении
Цели исследования и теоретическая «установка», которой придерживается исследователь	Неоднозначный характер зависимости

Кроме того, Р. Уиттекер различал две *формы разнообразия* — *инвентаризационное* (оценка разнообразия экосистемы разного масштаба [сообщество, ландшафт, биом] как единого целого) и *дифференцирующее* (оценка разнообразия между экосистемами). Ю. И. Чернов (1991) дополнил эти типы разнообразия: *дельта-разнообразие* (географическая дифференциация, изменение вдоль климатических градиентов или между географическими территориями) и *эпсилон-разнообразие* (для биома, крупной географической территории, включающей различные ландшафты).

Существуют многочисленные модели (индексы) разнообразия [Песенко, 1982, Миркин и др., 1989; Шитиков и др., 2005], которые представляют собой различные формализации, связывающие число видов и число особей в сообществах. Наиболее распространенными являются: индекс Шеннона (K. Shannon; ED_1 [Розенберг, 2010]), индекс Фишера – Корбета – Вилямса (R. Fischer, A. Corbet, C. Williams; ED_2), показатель Симпсона (E. Simpson; у Р. Маргалефа – Гайни – Симпсона; C. Gini; ED_3), индекс Макинтоша (R. McIntosh; ED_4), индекс Бриллюэна – Маргалефа (E. Brillouin, R. Margalef; ED_5), индекс Глизона (H. Gleason; ED_6), индекс Животовского (ED_7) и, наконец, семейство средних степенных Хилла (M. Hill):

$$ED_8(a) = \left[\frac{S}{\sum_{i=1}^S p_i^a} \right]^{1/(1-a)},$$

где $p_i = n_i / N$; S — число видов в сообществе, $N = \sum n_i$ — общее число особей, n_i — число особей вида i , упорядоченных в последовательность от менее к более значимым видам в сообществе (предпочтительнее измерять значимость продукцией видов, однако возможна оценка и по проективному покрытию или по встречаемости). В последнем случае при разных значениях параметра a , можно получить целый спектр индексов разнообразия. Так, $ED_8(0) = S$, $ED_8(1/2) = f(ED_7)$, $ED_8(1) = f(ED_1)$ — экспоненциальный индекс Шеннона, $ED_8(2) = 1 / ED_3$.

Управление биоразнообразием имеет следующие цели [Кавтарадзе и др., 2002]:

- планирование и координация усилий по сохранению биоразнообразия;
- охрана и восстановление экосистемного, видового и генетического разнообразия (при этом используются все стратегии сохранения биоразнообразия: *in situ*, *in vivo*, *in vitro*, *in silico* и *ex situ* [Розенберг, 2015];

- устойчивое использование биоразнообразия в рамках уже имеющихся систем управления, таких как лесоводство, рыболовство, животноводство и земледелие;
- оптимизация распределения выгоды от сохранения биоразнообразия посредством различных социальных и экономических инструментов;
- создание правовой основы для деятельности по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия;
- наконец, создание партнерства путем вовлечения в совместную деятельность государственных, общественных и коммерческих организаций, местного населения и всей общественности в целях интегрировать в планы и схемы социально-экономического развития природоохранные мероприятия в региональном масштабе.

«Предположим, что можно было бы сохранить разнообразие природы, основываясь на всех трех мотивах: потому, что это справедливое соотношение между человеком и другими живыми созданиями, потому, что это позволяет сделать жизнь более интересной, и потому, что это способствует экологической устойчивости... Это была бы четвертая точка зрения — попытка согласовать позиции, бывшие до сих пор противоположными... Это означало бы поиски некоего мудрого принципа сосуществования между человеком и природой, даже если речь пойдет об изменившемся человеке и видоизмененной природе. Это я и имею в виду под "охраной природы"» [Элтон, 1960, с. 191]. Похоже, что именно о таком подходе идет речь в предложениях Д. С. Павлова с соавторами (2009, с. 46), когда они обсуждают положение экологоцентрической концепции природопользования как основы устойчивого развития территорий, в которой вторым пунктом записано: «Биологическое разнообразие является основой устойчивого и эффективного функционирования биологических систем жизнеобеспечения на планете».

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы по теме «Экологические закономерности структурно-функциональной организации, ресурсного потенциала и устойчивого функционирования экосистем Волжского бассейна», № АААА-А17-117112040039-7.

Литература

- Алимов А. Ф. 1993. Разнообразие в сообществах животных и его сохранение // Успехи биол. наук. Т. 113, № 6. С. 652–658. Кавтарадзе Д. Н., Овсянников А. А., Олескин А. В., Перелет Р. А., Боголюбов С. А., Борейко В. Е. Социально-экономические и правовые основы сохранения биоразнообразия. М.: Изд-во Науч. и учеб.-метод. центра, 2002. 420 с. Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. 1989. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука. 223 с. Наумова Л. Г. 1995. Основы фитоценологии. Уфа: Башк. пед. ин-т. 238 с. Павлов Д. С., Стриганова Б. Р., Букварева Е. Н. 2009. Сохранение биологического разнообразия и его функций как условие устойчивого развития. Экологоцентрическая концепция природопользования // Сохранение биологического разнообразия как условие устойчивого развития. М.: Ин-т устойчивого развития / Центр экол. политики России. С. 5–69. Песенко Ю. А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 287 с. Розенберг Г. С. 2010. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер... // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюл. Т. 19, № 2. С. 4–25. Розенберг Г. С. 2015. *In vivo – in vitro – in silico* в экологии // Биосфера. Т. 7, № 3. С. 155–162. Розенберг Г. С., Гелаивили Д. Б. 2013. 100 основных экологических проблем: взгляд из Великобритании // Биосфера. Т. 5, № 4. С. 375–384. Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс. 328 с. Чернов Ю. И. 1991. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи соврем. биол. Т. 111, вып. 4. С. 499–507. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. 2005. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2 кн. М.: Наука. Кн. 1. 281 с.; Кн. 2. 337 с. Элтон Ч. 1960. Экология насекомых животных и растений. М.: Ин. лит-ра. 230 с. *Quick Guides to the Aichi Biodiversity Targets*. Version 2. February 2013. Montreal (Quebec, Canada): Secretariat of the Convention on Biological Diversity; UNEP. 42 p. Sutherland W. J., Freckleton R. P., Godfray H. Ch. J., Beissinger S. R., Benton T., Cameron D. D., Carmel Y., Coomes D. A., Coulson T., Emmerson M. C., Hails R. S., Hays G. C., Hodgson D. J., Hutchings M. J., Johnson D., Jones J. P. G., Keeling M. J., Kokko H., Kunin W. E., Lambin X., Lewis O. T., Malhi Y., Mieszkowska N., Milner-Gulland E. J., Norris K., Phillimore A. B., Purves D. W., Reid J. M., Reuman D. C., Thompson K., Travis J. M. J., Turnbull L. A., Wardle D. A., Wiegand T. 2013. Identification of 100 fundamental ecological questions // J. Ecol. Vol. 101, No. 1. P. 58–67.

РАЗНООБРАЗИЕ ДИКИХ КОПЫТНЫХ ПО СЕЛЕКТИВНО-НЕЙТРАЛЬНЫМ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЗНАЧИМЫМ МОЛЕКУЛЯРНЫМ МАРКЕРАМ

М. В. Холодова, Н. В. Кашинина, П. А. Сорокин

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия, mvkholod@mail.ru

В настоящее время для решения теоретических и практических задач зоологии широко применяются методы анализа ДНК. Использование образцов разного происхождения и различной степени сохранности, в том числе собранных в полевых условиях неинвазивными методами, а также из музейных коллекций, позволяет исследовать скрытые характеристики популяций диких животных, выявить важнейшие события в эволюционной истории видов и популяций [Avisе, 2000]. Данные по полиморфизму молекулярных маркеров применяются для изучения генетического разнообразия — характеристики, в значительной степени обуславливающей потенциальную жизнеспособность и широту адаптивных возможностей популяций и видов [Luikart et al., 1998; Willi et al., 2006; Allendorf, Luikart, 2007]. Наиболее часто для оценки генетического разнообразия копытных используют селективно нейтральные молекулярные маркеры: фрагменты митохондриальной ДНК (мтДНК), преимущественно наиболее изменчивую ее часть — контрольный регион (D-петлю), и микросателлиты ядерной ДНК. В целом их изменчивость достаточно хорошо характе-

ризует общий уровень разнообразия и внутривидовую структуру, дает материал для реконструкции демографических событий, происходящих в разные периоды существования видов и популяций. При этом существенное значение имеет соотношение уровней изменчивости по маркерам, имеющим разную скорость мутирования. Оно может существенно различаться в зависимости от эволюционной истории популяций и видов. Особое место занимают исследования полиморфизма функционально значимых молекулярных маркеров — генов и генных комплексов, обуславливающих адаптивные возможности видов, популяций и особей. В этом отношении следует отметить исследования главного комплекса гистосовместимости (ГКГ, major histocompatibility complex, МНС). ГКГ — семейство генов, играющее ключевую роль в формировании иммунного ответа организма позвоночных животных. Изучение полиморфизма ГКГ имеет большое значение для оценки адаптационных возможностей видов, в первую очередь в отношении устойчивости к различным инфекциям и паразитарным инвазиям [Sommer, 2005]. Вопрос о соотношении уровня изменчивости молекулярных маркеров различного типа до сих пор остается одним из наиболее сложных в популяционной генетике. С одной стороны прохождение популяций животных через демографическое «бутылочное горлышко» сопровождается неминуемым снижением генетического разнообразия, с другой — в системе селективно значимых генов разнообразие может поддерживаться механизмами отбора, относительно независимыми от изменений численности, а динамика изменения их разнообразия может существенно отличаться от таковой, полученной для селективно нейтральных маркеров. Проводимые в этом направлении исследования диких животных приводят к разным результатам. В некоторых случаях, как, например, с островной лисицей (*Urocyon littoralis dickeyi*) о. Сан-Николаас (Калифорния), мономорфизм нейтральных маркеров которой сопровождался высокой изменчивостью генов ГКГ [Aguilar et al., 2004]. Другие примеры показывают, что при прохождении в прошлом через существенные и длительные бутылочные горлышки популяции теряют изменчивость как по селективно нейтральным, так и по функционально значимым маркерам. В качестве примеров можно привести шпицбергенского северного оленя (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) и карибу Пири (*R. t. pearyi*), ряда популяций европейского и американского лося [Cote et al., 2002; Taylor et al., 2012; Mikko, Andersson, 1995]. К сожалению, таких исследований до сих пор немного. Поэтому нами начато изучение характера изменения разнообразия различных молекулярных маркеров в изолированной популяции сайгака (*Saiga tatarica tatarica*) Северо-Западного Прикаспия (восточные районы Республики Калмыкия и юго-западные районы Астраханской области), численность которой с конца 20 в. снизилась более чем в 40 раз и приблизилась к крайне низкому уровню. Результаты оценки генетического разнообразия контрольного региона мтДНК показали, что, несмотря на недавнее резкое снижение численности, в популяции сохраняется достаточно высокий для копытных уровень гаплотипического (H) и нуклеотидного (π) разнообразия: 0,97 и 0,029, соответственно. Высокое разнообразие выявлено и по аллелям гена DRB3 ГКГ. При этом уровень гетерозиготности, оцененный по восьми микросателлитным локусам, оказался сравнительно низким для диких парнокопытных ($H_e = 0,496$), а коэффициент инбридинга — относительно высоким ($F_{is} = 164$). Различия в уровне изменчивости, полученной для разных маркеров очевидно обусловлены своеобразием демографической истории и условий существования данной популяции. Низкая гетерозиготности и повышенная величина F_{is} могут быть результатом не только многократного снижения численности, но и критического уменьшения доли взрослых самцов из-за избирательной незаконной их добычи для получения рогов, используемых в традиционной китайской медицине. Ранее было показано, что резкое уменьшение доли взрослых самцов в популяции сайгаков Северо-Западного Прикаспия в конце 20-го — начале 21-го в., привело к катастрофическому росту яловости самок [Milner-Gulland et al., 2003]. Снижение численности, нарушение полового состава, уменьшение репродуктивного потенциала самок могли стать причиной увеличения коэффициента инбридинга в популяции. Подверженность популяции сайгака разнообразным инфекционным заболеваниям и паразитарным инвазиям на протяжении жизненной истории могла стать основным механизмом поддержания разнообразия генного комплекса ГКГ, отвечающего за иммунные реакции организма.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-04-01351.

Литература

- Aguilar A, Roemer G, Debenham S, Binns M, Garcelon D., Wayne R. K. 2004. High MHC diversity maintained by balancing selection in an otherwise genetically monomorphic mammal // Proc. Nat. Acad. of Sci. USA. Vol. 101. P. 3490–3494. Allendorf F. W., Luikart G. Conservation and the genetics of populations. 2007. BLACKWELL PUBLISHING. Oxford, UK. 642 p. Avise J. C. 2000. Phylogeography: the history and formation of species. Cambridge; London: Harvard Univ. Press. 447 p. Cote S. D., Dallas J. F., Marshall F., Irvine R. J., Langvatn R., Albon S. D. 2002. Microsatellite DNA evidence for genetic drift and philopatry in Svalbard reindeer // Mol. Ecol. Vol. 11. P. 1923–1930. Luikart G., Sherwin W. B., Steele B. M., Allendorf F. W. 1998. Usefulness of molecular markers for detecting population bottlenecks via monitoring genetic change // Mol. Ecol. Vol. 7. P. 963–974. Mikko S., Andersson L. 1995. Low major histocompatibility complex class II diversity in European and North American moose // Proc. Natl. Acad. of Sci. USA. Vol. 92, № 10. P. 4259–63. Milner-Gulland E. J., Bukreeva O. M., Coulson T., Lushekina A. A., Kholodova M. V., Bekenov A. B., Grachev. 2003. I. A. Reproductive collapse in saiga antelope harems // Nature. Vol. 422. P. 135. Sommer S. 2005. The importance of immune gene variability (MHC) in evolutionary ecology and conservation // Frontiers in Zoology. Vol. 2. 16. doi:10.1186/1742-9994-2-16. Taylor S. S., Jenkins D. A., Arcese P. 2012. Loss of Mhc and Neutral Variation in Peary Caribou: Genetic Drift Is Not Mitigated by Balancing Selection or Exacerbated by Mhc Allele Distributions // PLoS ONE. Vol. 7, No. 5. P. e36748. doi:10.1371/journal.pone.0036748. Willi Y., Van Buskirk J., Hoffmann A. A. 2006. Limits to the adaptive potential of small populations // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. Vol. 37. P. 433–458.

ГЕНОМНЫЕ СЛЕДЫ ОТБОРА И ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА РОССИЙСКИХ ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

А. А. Юрченко

Университет Глазго, Глазго, Великобритания
Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия
andreyurch@gmail.com

Разведение молочных и мясных пород крупного рогатого скота представляет собой один из важнейших секторов сельскохозяйственного комплекса России. Торговые связи, искусственный и естественный отбор сформировали ряд пород адаптированных к местным условиям широких российских пространств. В то же время, достаточно мало известно о генетической истории формирования современных пород крупного рогатого скота и его генофонде. Для исследования этого важного вопроса мы генотипировали с помощью чипов 274 особи представляющих 18 российских пород и сравнили их с мировым генофондом крупного рогатого скота из предыдущих исследований (135 пород).

Наши результаты демонстрируют общее происхождение и близкое родство большинства российских пород с европейскими породами за исключением нескольких пород, которые происходят от азиатской генетической ветви *Bos taurus taurus*. Якутская порода, принадлежащая к азиатским породам, демонстрировала наиболее высокий уровень геномной дивергенции от других мировых пород скота происходящих от подвида *Bos taurus taurus*. Анализ гаплотипического разнообразия показал что российские породы могут быть подразделены на четыре основных группы отражающих их генетическое происхождение.

Анализ геномных следов искусственного отбора с использованием различных статистик и их совокупности позволил выявить уникальные регионы в геномах российских пород предположительно связанные с адаптацией к суровым зимним условиям (гены *AQP5*, *RAD50*, *RETREG1*). Также, были идентифицированы важные регионы под отбором, связанные с молочной продуктивностью (*DGAT1*, *ABCG2*), ростом (*XKR4*) и размножением (*CSF2*).

Полученные данные позволят приоритизировать охрану генофонда российских пород крупного рогатого скота и разработать новые селекционные методы учитывающие уникальные генетические особенности местных пород.

Работа поддержана грантом РФФ 16-14-0090.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАСТЕНИЙ ДЕРБЕНТСКОГО РАЙОНА ДАГЕСТАНА

М. А. Абакарова

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия, muslimat68@mail.ru

Многообразная флора Дагестана несет в себе огромные богатства. Более богата видовым разнообразием и эндемиками и реликтами расчлененная горная часть. Однако, и равнинная часть, протянувшаяся полой вдоль Каспийского моря, представлена богатым растительным покровом.

Дикорастущие растения с давних пор используются человеком как пищевые, декоративные, дубильные, прядильные, медоносные. Растения также являются неисчерпаемым источником для получения разнообразных лекарственных веществ. Из них получают около 40 % всех лекарственно-терапевтических препаратов, применяемых сейчас в медицине. Лекарства, приготовленные из растений — настои, отвары, порошки и др. часто оказывают более сильный лечебный эффект, чем выделенные из них чистые вещества. Причина — вместе с главным действующим веществом свой лечебный эффект оказывают содержащиеся в растении сопутствующие вещества (эфирные масла, фитонциды, витамины, дубильные вещества и другие). Но богатая естественная флора и разнообразная растительность приморской низменности постоянно подвергается воздействию человека вследствие расширения культурных площадей, особенно под виноградники. Это сокращает естественные угодья, нарушает сложившуюся природную экосистему, обедняет видовой состав и заменяет сорной растительностью.

Поэтому природная растительность заслуживает разнообразного тщательного изучения не только в целях сохранения, но и в целях рационального использования. Основной целью нашей работы явилось распределения по группам использования и определения человеком используемых частей лекарственных растений Дербентского района

Анализ собранных нами в Дербентском районе растений позволил распределить их по следующим группам: пищевые, кормовые, лекарственные, ядовитые, медоносные, технические, декоративные (табл. 1).

Таблица 1

Распределение растений по группам использования

Использование	Количество видов	% от общего количества видов
Пищевые	17,0	14,3
Сорные	50	17,4
Кормовые	32	11,1
Лекарственные	61	21,2
Ядовитые	17	6,0
Декоративные	20	7,0
Медоносные	60	21,0
Технические	6	2,0
Всего	287	100

Доминирующей оказалась группа лекарственных растений (61). Примерно такое же распространение и видовое разнообразие имеют медоносные растения (21 %). Сорные растения в большинстве являются также и лекарственными, и медоносными. Из собранных нами растений в меньшем количестве встречаются технические (красильные, для производства волокна и др.) и декоративные (чаще интродуцированные).

Лекарственные растения составляют чрезвычайно важную по своему социальному значению часть биологических ресурсов нашей республики. Примерно 40 % общего числа лекарств, разрешенных для медицинского использования, составляют препараты растительного происхождения [Синадский, 1989]. Сырьем для изготовления почти половины этих препаратов служат дикорастущие растения. Они не могут быть заменены продуктами химического синтеза. Среди сборов, проведенных нами в Дербентском районе — 61 вид — лекарственные растения. Сведения о лекарственных растениях были почерпнуты нами из многих источников [Алексеев, 1971; 1993; Амилаханова, Дударь, 1990; Александров, 1966; Беляев и др., 1992; Гусейнов, 2015; Лавренова, Онипко, 2004; Носаль, Носаль, 1991; Пастушенков и др., 1990; Флоря, 1975; Хархарова, 1981].

Из травянистых растений наиболее выражены, что составляет 28 видов (46 %). К ним относятся такие лекарственные растения как зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), марена грузинская

(*Rubia iberica* Fisch. Ex. DC.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F. H. Wigg.) и др. Двулетников меньше (11 видов, 18 %). Они являются связывающим звеном между многолетниками и однолетниками. К ним относятся подмаренник (*Galium* L.), душица (*Origanum* L.), донник (*Melilotus* Mill.) и др. Однолетников еще меньше, среди отобранных нами лекарственных растений это мак самосейка (*Papaver rhoeas* L.), яснотка белая (*Lamium album* L.).

Изученная лекарственная флора Дербентского района нами распределена на 7 фитоценологических групп (табл. 2).

Таблица 2

Фитоценологические группы лекарственных растений Дербентского района

№ п/п	Фитоценологическая группа	Количество видов	% от общего количества видов
1	Степно-луговая	14	23
2	Древесно-кустарниковая	11	18
3	Сады	9	15
4	Сорная	14	23
5	Сырые места	6	10
6	Посевы	5	8
7	Нагорно-ксерофитная	2	3
8	Всего	61	100

Фитоценологический состав у них очень пестрый. Доминирующими группами среди собранных лекарственных растений являются степно-луговая и сорная. Среди них встречаются алтей лекарственный (*Althaea officinalis* L.), белена черная (*Hyoscyamus niger* L.), бессмертник песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench), дурман обыкновенный (*Datura stramonium* L.), земляника зеленая (*Fragaria viridis* (Duchesne) Weston) и другие. Они имеют в своем составе по 10 видов растений (по 23 %). За ними следует древесно-кустарниковая группа с 11 видами (18 %) дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), липа кавказская (*Tilia caucasica* Rupr.), шиповник (*Rosa* L.), ежевика сизая (*Rubus caesius* L.) и др. Группы растений, собранные с посевов и сырых мест, примерно одинаковы (10 и 8 %). Это лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta* (L.) Raesch.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), физалис обыкновенный (*Physalis alkekengi* L.), чистотел большой (*Chelidonium majus* L.) и др. Незначительная группа нагорно-ксерофитная, собранных с сухих склонов (2 вида 3 %), это тимьян (*Thymus* L.) и полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.).

Гомеоморфная структура вида отражает характер адаптации растений к внешним экологическим условиям, к факторам среды обитания. Распределение лекарственных растений по жизненным формам показало следующую картину (табл. 3).

Таблица 3

Жизненные формы изучаемой флоры

Жизненные формы	Количество видов	% от количества видов
Древесные		
Деревья	6	10
Кустарники	8	13
Полукустарники	2	3
Травянистые		
Многолетники	28	46
Двулетники	11	18
Однолетники	6	10
Всего	61	100

Древесных растений всего 16 видов (26 %). Среди них акация белая, дуб черешчатый, липа кавказская, сосна и др. К кустарниковым относятся гранат, айва, малина, ежевика и др. Они составляют 13 %. Полукустарников мало — полынь горькая, тимьян пастуший.

Лекарственный эффект растений определяют различными методами. Один из них метод сита — проверке подвергают все растения подряд, растущие в определенном регионе. Отбирают те, в которых содержатся лекарственные вещества. В некоторых случаях изучают растения, но веществ, ответственных за фармакологическую активность, не находят, хотя имеет совершенно четкий лечебный эффект. Этому подтверждение — исследование корней стальника полевого (*Ononis arvensis* L.) и левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides* (Willd) Iljin), листья шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) и почечного

чая (*Orthosiphon stamineus* Benth.). Ни одно из химических веществ, содержащихся в корнях валерианы лекарственной (*Valeriana officinalis* L.), не оказывает успокаивающего действия, каким обладает настойка из ее корней. Более сильным оказывается эффект веществ, заключенный в растении в целом.

Веками из уст в уста передавались рецепты настоев и отваров, порошков и примочек, которые обычно готовили люди из трав, что росли в регионе. Знали они, когда и как собирать растения, где их разыскивать. Иногда ярко выраженный терапевтический эффект имеют не все части растения, а строго определенные. Поэтому для каждого вида растений разработаны правила, где указаны не только сроки сбора, но и органы, оказывающие наилучшее действие при лечении. Анализ собранных нами лекарственных растений по этому принципу отобран в таблице 4.

Таблица 4

Лекарственное сырье

№ п/п	Название собираемого сырья	Количество видов	% от общего количества видов
1	Почки	1	1,4
2	Кора	3	4
3	Листья	16	22
4	Цветки и соцветия	11	15
5	Трава	16	22
6	Плоды и семена	15	21
7	Корни и корневища	11	15
	Итого	71	100

Из таблицы видно, что наиболее употребляемым сырьем являются надземные вегетативные органы (трава и листья по 22 %). Очень часто используются плоды и семена (21 %), а также корни и корневища, цветки и соцветия (по 15 %). Наименее употребляемыми являются кора и почки растений (4 и 1,4 % соответственно). Необходимо отметить, что у многих растений терапевтическим эффектом обладают несколько органов. У цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) — трава и корень, у тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) — трава и цветки, у бузины черной (*Sambucus nigra* L.) — цветки и плоды и т. д. Из этого следует, что терапевтический эффект одного растения является лекарством от нескольких болезней.

Выводы: Половину всех растений, произрастающих в окрестностях города и в районе, составляют лекарственные, среди них преобладают травянистые растения, а именно многолетники. К основным типам сырья, обладающим лечебным эффектом, относятся трава, плоды с семенами, цветки и корни. Менее всего используются кора и почки. Вследствие этого лекарственные растения на человеческий организм оказывают поливалентное действие.

Литература

- Александров Б. А. 1966. Копилка витаминов. М.: Просвещение 112 с. Алексеев Б. Д. 1971. Лекарственные растения Дагестана. Махачкала: Дагучпедгиз. 140 с. Алексеев Б. Д., Расулов М. М. 1993. Заготовка и охрана лекарственных растений Махачкала. 83 с. Амилаханова С. А., Дударь Ю. А. 1990. Твое здоровье в твоём саду. Нальчик: Эльбрус. 187 с. Беляев А. А., Виноградов В. М., Мартынов В. К. 1992. Домашний травник. СПб.: Интмед. 447 с. Гусейнов Ш. А. 2015. Энциклопедия лекарственных растений Дагестана. Махачкала: Лотос. 606 с. Лавренова Г. В., Оширко В. Д. 2004. Тысяча золотых рецептов народной медицины. СПб.: Нева. С. 314. Носаль М. А., Носаль И. М. 1991. Лекарственные растения в народной медицине. М.: СП Внешбиберика. 253 с. Пастушенков Л. В., Пастушенков А. Л., Пастушенков В. Л. 1990. Лекарственные растения. Использование в народной медицине и в быту. Л.: Лениздат. 384 с. Синадский Ю. В. 1989. Целебное лукошко. М.: Педагогика. 144 с. Флоря В. 1975. Лекарственные растения. Кишинев: Карта Молдовеняскэ. 334 с. Хархарова С. Г. 1981. Лекарственные растения Дагестана и их рациональное применение. Махачкала: Дагкнигоиздат. 88 с.

БИОЛОГИЯ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ИНВАЗИОННОГО ВИДА *SOLIDAGO CANADENSIS* L. В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Л. М. Абрамова, Д. Р. Рогожникова

Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН, Уфа, Россия, abramova.lm@mail.ru

Инвазии чужеродных видов — общемировая экологическая проблема. Распространение некоторых чужеродных видов небезосновательно считается опасным не только для природы, но и для экономики. «Пришельцы» стремительно захватывают огромные территории, поскольку на новом месте практически не встречают естественных врагов. Они угнетают и даже полностью вытесняют аборигенные виды растений, негативно влияя на сложившиеся экосистемы [Richardson, Pyšek, 2012]. Одними из важных факторов, способствующих успеху инвазий инородных растений, являются антропогенные нарушения природных экосистем и ландшафтов. Установлено, что способность природных сообществ противостоять внедрению

чужеродных видов напрямую зависит от уровня антропогенной нарушенности окружающего ландшафта: чем значительнее нарушения, тем выше риск инвазий [Гусев, 2012; Abramova, 2012].

Одним из агрессивных чужеродных видов, усиливающих экспансию на всей территории европейской России, является *Solidago canadensis* L. (золотарник канадский), включенный в «Черную книгу Средней России» (2010) и «черный список» Республики Башкортостан [Абрамова, Голованов, 2016]. Естественный ареал вида расположен в Северной Америке. Золотарник интродуцирован в Европу в XVII в., в качестве дичающего растения стал отмечаться в XIX в., а в России — в первой половине XX в. [Виноградова и др., 2010].

Золотарник канадский — многолетнее корневищное травянистое растение высотой 50–200 см. Стебли прямостоячие, опушенные. Листья очередные. Цветки желтые, собраны в метельчатое соцветие. Плоды — цилиндрические семянки. Цветет в июле–сентябре, семянки созревают в августе — октябре.

Типичные местообитания вида — обочины автомобильных и железных дорог, заброшенные поля, опушки лесов, берега водоемов. *S. canadensis* образует густые заросли с плотностью более 300 побегов на 1 м². *S. canadensis*, возможно, служит возбудителем аллергических заболеваний (сенной лихорадки), плохо поедается домашними животными, предполагается, что корни золотарника вырабатывают вещества, которые подавляют рост других растений [Виноградова и др. 2010; Skorka et al., 2010].

В 2016–2018 г. нами был обследован Стерлитамакский, Уфимский, Бирский, Краснокамский и Янаульский районы РБ с целью выявления очагов инвазии и изучения биологии агрессивного неофита *S. canadensis*. Изучение биоморфологических параметров вида проводилось согласно методу В. Н. Голубева (1962) на 25 среднегенеративных особях. Наблюдения и измерения проводились в фазе цветения, цветения, при этом учитывались следующие параметры: высота стебля, см — h; диаметр стебля, см — d; число листьев на 1 побеге, шт. — Nl; длина листа, см — LL; ширина листа, см — SL; длина соцветия, см — Li; ширина соцветия, см — Si; число цветков в 1 соцветии, шт. — Nfl; длина цветка, см — Lfl; ширина цветка, см — Sfl. При анализе количественных показателей высчитывали среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m), коэффициент вариации CV (%) [Зайцев, 1984; Лакин, 1980]. Статистическая обработка полученных данных выполнена в программе MS Excel 2010. Уровень варьирования различных признаков растений исчислялся в процентах [Зайцев, 1984]. Статистическая обработка материала проводилась с помощью программных пакетов Microsoft Excel 2003 с использованием стандартных показателей. При статистическом анализе количественных показателей рассчитывали средние арифметические значения, среднеквадратичное отклонение σ , коэффициенты вариации.

Для изучения демографической структуры и плотности популяций в 9 локалитетах вида закладывалось по 25 пробных площадок размером в 1 м². При определении онтогенетической структуры популяций использовались ранее опубликованные сведения по онтогенезу вида [Цицилин, Пешанская, 2010] и общепринятые критерии [Уранов, 1975, Смирнова и др., 1976; Жукова, 1995; Готов, 1998], на основании полученных данных построены онтогенетические спектры популяций. Для оценки состояния популяций был применен критерий «дельта-омега» [Животовский, 2001].

Исследования выявили, что золотарник канадский довольно широко распространен в исследуемых районах. Краткая характеристика изученных популяций *S. canadensis* представлена в таблице 1. Плотность побегов составляет от 27,0 ± 3,16 до 188,8 ± 24,74 шт./м². Биомасса вида при этом может достигать 924,0–3 870,4 г/м².

Таблица 1

Некоторые характеристики изученных популяций *Solidago canadensis*

№ ЦП	Местообитание	Плотность, побегов/м ²	Надземная биомасса на 1 м ² , г	Надземная биомасса сопутствующих видов на 1 м ² , г
1	г. Салават, 400 м юго-восточнее от перекрестка ул. Зеленая и трассы 80К-027	116,4 ± 9,07	1580,0 ± 135,35	626,0 ± 60,37
2	г. Салават, 1007 м юго-западнее от перекрестка Салават — Стерлитамак — Ишимбай	188,8 ± 24,74	3870,4 ± 414,03	332,0 ± 93,15
3	г. Салават, 300 м южнее кладбища № 3 г. Салават	136,8 ± 29,16	1882,0 ± 333,75	194,0 ± 40,23
4	г. Уфа, д. Федоровка, обочина дороги	78,8 ± 8,26	1186,0 ± 126,04	200,0 ± 21,71
5	г. Уфа, д. Базилевка, обочина дороги	48,0 ± 5,29	1447,5 ± 222,9	235,0 ± 23,22
6	г. Уфа, д. Базилевка, обочина дороги	82,2 ± 11,63	1177,8 ± 119,93	166,7 ± 23,09
7	г. Уфа, д. Тимашево, обочина дороги	81,2 ± 12,07	1394,0 ± 221,87	182,0 ± 38,92
8	г. Уфа, обочина дороги у нефтеперерабатывающего завода	89,2 ± 7,96	924,0 ± 84,53	236,0 ± 45,49
9	г. Бирск кол. сад Прогресс	44,1 ± 7,68	1130,0 ± 190,61	160,0 ± 19,72
10	д. Зубовка, сад уч., обочина дороги	57,7 ± 5,05	1121,0 ± 127,59	57,0 ± 20,69
11	с. Карманово, сад уч. Родничёк	28,3 ± 4,55	962,5 ± 74,20	449,2 ± 72,81
12	д. Староуразаево, сад уч., обочина дороги	27,0 ± 3,16	2860,0 ± 384,19	212,5 ± 44,07

Согласно данным таблицы 2, средние морфометрические параметры растений *S. canadensis* следующие: средняя высота побега 123,7 см (в отдельных популяциях варьирует от 59,1 до 179,2 см). Число листьев на побеге варьирует от 66,7 шт. до 181,8 шт. Длина листа от 7,1 см до 12,4 см, ширина листа от 1,1 см до 1,9 см. Длина соцветия в популяциях варьирует от 21,2 до 43,6 см, а ширина соцветия от 7,4 до 21,2 см. Количество цветов достигает 4 и более тыс. шт. на 1 генеративный побег. Коэффициенты вариации, за небольшим исключением — в пределах нормы реакции вида.

Таблица 2

Изменчивость морфометрических признаков в популяциях *Solidago canadensis*

		h	d	Nl	LL	SL	Li	Si	Nfl	Lfl	Sfl
1	M ± m	126,2 ± 2,12	0,5 ± 0,01	94,3 ± 1,41	7,1 ± 0,11	1,1 ± 0,03	23,7 ± 0,76	15,7 ± 1,12	956,1 ± 26,75	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,01
	Cv, %	8,4	14,8	7,5	8	15,6	16	35,7	14	12,5	13,3
2	M ± m	128,1 ± 3,24	0,5 ± 0,01	104,3 ± 3,95	9,9 ± 0,29	1,2 ± 0,03	23,0 ± 0,49	8,3 ± 0,20	803,8 ± 18,52	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,00
	Cv, %	12,7	10,2	18,9	14,7	12,8	10,7	12,2	11,5	9	9,8
3	M ± m	109,4 ± 3,79	0,5 ± 0,01	103,7 ± 4,48	8,4 ± 0,17	1,1 ± 0,02	25,4 ± 0,97	8,2 ± 0,27	1184,0 ± 63,77	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,00
	Cv, %	17,3	11,4	21,6	10	11	19,1	16,6	26,9	11	9,8
4	M ± m	108,0 ± 1,97	0,5 ± 0,01	88,6 ± 2,15	9,5 ± 0,21	1,3 ± 0,06	21,8 ± 0,76	9,4 ± 0,27	897,8 ± 52,03	0,5 ± 0,00	0,2 ± 0,01
	Cv, %	9,1	16	12,2	11,3	24,4	17,4	14,3	29	0	10,4
5	M ± m	135,1 ± 4,84	0,5 ± 0,01	181,8 ± 11,13	10,7 ± 0,14	1,4 ± 0,04	35,3 ± 1,96	9,6 ± 0,29	1227,4 ± 46,53	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,01
	Cv, %	17,9		30,6	6,4	15	27,8	15,3	19	7	13,3
6	M ± m	103,3 ± 3,71	0,5 ± 0,01	103,8 ± 4,04	9,4 ± 0,27	1,6 ± 0,07	21,2 ± 0,92	7,4 ± 0,30	855,8 ± 40,21	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,01
	Cv, %	18	14,2	19,4	14,5	22,9	21,7	20,1	23,5	11,6	15,6
7	M ± m	120,3 ± 3,96	0,5 ± 0,01	161,8 ± 6,56	8,0 ± 0,13	1,3 ± 0,01	43,6 ± 10,38	9,9 ± 0,14	1320,3 ± 73,76	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,01
	Cv, %	16,1	13,3	20,3	8,3	5,6	118,9	6,9	27,9	10	13,3
8	M ± m	136,8 ± 3,42	0,4 ± 0,02	99,0 ± 3,14	8,1 ± 0,19	1,1 ± 0,04	21,6 ± 1,54	15,4 ± 1,16	1113,9 ± 106,15	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,00
	Cv, %	12,5	17,2	15,9	11,5	15,9	35,8	37,5	47,6	10,6	0
9	M ± m	145,6 ± 2,37	0,5 ± 0,01	66,7 ± 1,08	9,8 ± 0,13	1,5 ± 0,02	32,5 ± 0,54	21,2 ± 0,69	4443,9 ± 91,19	0,5 ± 0,01	0,3 ± 0,01
	Cv, %	8,1	6,8	8,1	6,8	7,7	8,3	16,2	10,3	12,9	22,6
10	M ± m	126,1 ± 3,29	0,5 ± 0,03	95,2 ± 4,38	9,4 ± 0,51	1,6 ± 0,05	29,7 ± 2,33	16,8 ± 1,03	3918,2 ± 437,48	0,4 ± 0,01	0,21 ± 0,01
	Cv, %	13,0	24,9	23,0	27,0	17,3	39,2	30,7	55,8	8,7	13,3
11	M ± m	128,5 ± 3,16	0,6 ± 0,02	85,9 ± 2,81	12,2 ± 0,30	1,9 ± 0,07	37,3 ± 1,92	16,6 ± 0,84	2533,2 ± 358,44	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,01
	Cv, %	12,3	20,0	16,3	12,4	19,0	25,7	25,3	70,7	11,9	23,7
12	M ± m	116,9 ± 2,94	0,5 ± 0,03	98,4 ± 5,24	12,4 ± 0,42	1,9 ± 0,06	28,5 ± 1,6	19,2 ± 0,93	3013,2 ± 342,69	0,5 ± 0,01	0,2 ± 0,01
	Cv, %	12,6	30,0	26,6	17,0	16,3	28,0	24,1	56,9	0,0	19,5

Примечание. Полужирным шрифтом выделены максимальные, а курсивом — минимальные значения.

Возрастной состав и демографические показатели для 9 исследованных популяций представлены в таблице 3. Оценка возрастности Δ (дельта) и эффективности ω (омега) показала, что популяции 1, 7 и 8 — молодые (преобладают особи виргинильного периода, 10 — зреющая (виргинильный период — 43,2 % и генеративный период 54,9 %) и пять популяций зрелые, в них максимально представлены генеративные растения.

Индекс восстановления в 4-х популяциях высокий (0,77–1,66), эти популяции устойчивы и особи пре-генеративного периода могут заместить особи генеративного периода. В 5-ти популяциях индексы восстановления снижаются (0,04–0,37), что говорит о меньшей устойчивости данных популяций. Индекс старения во всех популяциях близок или равен нулю.

В целом отмечено широкое распространение *S. canadensis* в Предуралье Республики Башкортостан, от южных районов до северо-запада, занятие видом доминирующих позиций в фитоценозах (высокая плотность побегов и биомасса вида) и устойчивость ценопопуляций вида, выражающаяся как в продолжительном генеративном периоде, так и в хорошем восстановлении популяций за счет семенного размножения, в случае нарушения популяций или других неблагоприятных условий.

Распределение особей по онтогенетическим состояниям и демографические показатели
состояния популяций *Solidago canadensis*

Показатели	Популяции								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Онтогенетическое состояние, %									
p	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
j	16,7	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	25,9	5,3	2,5
im	19,3	0,9	8,2	6,8	0,0	0,0	27,2	20,2	6,9
v	25,4	15,0	17,8	17,0	3,6	11,5	9,3	18,1	33,8
g1	10,8	13,1	17,8	21,6	29,1	20,7	8,0	23,4	12,7
g2	22,9	66,4	52,1	47,7	67,3	59,8	29,0	29,8	37,3
g3	4,4	4,7	4,1	3,4	0,0	8,0	0,6	3,2	4,9
ss	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
ss	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Период									
Виргинильный	61,4	15,9	26,0	27,3	3,6	11,5	62,3	43,6	43,2
Генеративный	38,0	84,1	74,0	72,7	96,4	88,5	37,7	56,4	54,9
Сенильный	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
Демографические показатели									
Δ	0,22	0,42	0,36	0,38	0,44	0,43	0,20	0,27	0,32
ω	0,50	0,87	0,78	0,74	0,90	0,87	0,46	0,62	0,68
Тип ЦП	молодая	зрелая	зрелая	зрелая	зрелая	зрелая	молодая	молодая	зреющая
I _в	1,61	0,19	0,35	0,35	0,04	0,13	1,66	0,77	0,77
I _{ст}	0,01	0,00	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-04-00371 и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН.

Литература

- Абрамова Л. М. 2014. Новые данные по биологическим инвазиям чужеродных видов в Республике Башкортостан // Вестник АН РБ. Т. 19, № 4. С. 16–27. Абрамова Л. М., Голованов Я. М. 2016. Инвазивные растения Республики Башкортостан: «черный список», библиография // Известия Уфимского научного центра РАН. № 2. С. 54–61. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС. 512 с. Глотов Н. В. 1998. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. Ч. 1. С. 146–149. Голубев В. Н. 1962. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи // Тр. Центральночерноземного заповедника им. В. В. Алехина. Вып. 7. 602 с. Животовский Л. А. 2001. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. № 1. С. 3–7. Жукова Л. А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар». 224 с. Зайцев Г. Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 424 с. Лакин Г. Ф. 1980. Биометрия. М.: Высш. шк. 293 с. Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Ермакова И. М. и др. 1976. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука. 217 с. Уранов А. А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. № 2. С. 7–34. Цицилин А. Н., Пешанская Е. В. 2010. Онтогез *Solidago canadensis* L. при интродукции в условиях Ставропольской возвышенности // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. № 9. С. 65–71. Abramova L. M. 2012. Expansion of Invasive Alien Plant Species in the Republic of Bashkortostan, the South Urals: Analysis of Causes and Ecological Consequences // Russian Journal of Ecology. Vol. 43, № 5. P. 352–357. Richardson D. M., Pyšek P. 2012. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns // New Phytologist. Vol. 196. P. 383–396. Skorka P., Lenda M., Tryjanowski P. 2010. Invasive alien goldenrods negatively affect grassland bird communities in Eastern Europe // Biological Conservation. Vol. 143. P. 856–861.

НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВИДА *ZIZIPHORA SUFFRUTICOSA* PAZIJET VVED. В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

С. С. Абров¹, К. А. Бобкалонов¹, И. Г. Креницын^{1,2}, Ш. М. Мубалиева¹

¹ Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан

² Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Синецина, Кологрив, Россия

На территории Республики Таджикистан произрастает 5 видов рода *Ziziphora* L. [Флора..., 1986; Хисориев и др., 2016] — *Ziziphora pamiroalaica*, *Z. interrupta*, *Z. brevicalyx*, *Z. suffruticosa*, *Z. tenuior* [Хисориев и др., 2016]. Установление географического распространения редких, охраняемых и хозяйственно-значимых видов необходимо для определения их природоохранного статуса и разработки мероприятий по сохранению природных популяций вида.

Гербарные сборы расширяют представление о распространении биологических видов. В ходе инвентаризации Гербарного фонда Института физиологии, ботаники и генетики растений Академии наук Республики Таджикистан (далее — Гербарий) установлено, что в нем хранится более 200 гербарных образцов различных представителей рода *Ziziphora* L. Однако анализ коллекции показал, что в ней нет ни одного гербарного образца вида *Ziziphora suffruticosa* Pazijet Vved. (зизифора полукустарниковая).

Гербарные образцы зизифоры полукустарниковой в Гербарии не представлены, однако, в литературных сводках приводятся из 2-х местообитаний: первое — отрог Кураминского хребта Кон-Сайе собраны Н. В. Лысовой и Г. Т. Сидоренко, а второе — склоны гор хребта Могол-Тау на высоте 800–900 м над ур. моря коллекторы Э. Маркова, Л. И. Медведева и Кузьмина, и определены Т. Ф. Кочкарёвой в 1986 году [Флора..., 1986]. Однако точные данные о местонахождениях этого вида не указаны.

В ходе экспедиционных исследований Северного Таджикистана, нами обнаружены новые местонахождения вида *Ziziphora suffruticosa* Pazijet Vved. в Кураминском и Моголтавском флористических районах. Ранее находок этого вида в указанных флористических районах не зафиксировано.

1. Могол-Тау: Пояс шибляка с единичными экземплярами *Celtis caucasica* Willd., *Rosa platyacantha* Schrenk. и *R. maracandica* Bunge., за последние 50 лет под воздействием антропогенной нагрузки от шибляка почти ничего не осталось, ассоциация (пояс) крупнотравных полусаванн, формация зизифора, северо-восточный склон ущелья Музбек высота 750 м над ур. моря 40°19'53,3604 с. ш. 69°35'13,02792 в. д. Общее проективное покрытие (далее — ОПП) — 10 % каменисто-щебнистый склон, проективное покрытие вида (далее — ППВ) — 3 %, средняя высота травостоя — 1–1,5 м, ярусность слабо выражена, в первом ярусе отмечены — *Ferula mogoltavica* Lipsky, *F. conocaula* Korov., *F. samarcandica* Korov., *Prangos fedtschenkoi* (Regel et Schmalh.) Korov. Второй ярус — 50–80 см, доминируют виды — *Artemisia rhodantha* Rupr., *A. vachanica* Krasch. ex Poljak., *A. namanganica* Poljak., *A. ferganensis* Krasch. ex Poljak., *A. porrecta* Krasch. ex Poljak., *A. scoparia* Waldst. et Kit. Третий ярус — 20–50 см, представлены *Ziziphora clenopodioides* Juz., *Peganum harmala* L. 13.07.2018.

2. Могол-Тау: Пояс шибляка с единичными экземплярами *Rosa maracandica* Bunge. Ассоциация (пояс) крупнотравных полусаванн формация зизифора, северо-восточный склон ущелья Чашмаи Арзанак (Сурфа) высота 800 м над ур. моря. В данном сообществе ОПП — 10 % каменисто-щебнистый склон, ППВ — 2 %, средняя высота травостоя — 0,3–1,5 м, ярусность слабо выражена, в растительной группировке преобладает (*Ferula* sp., *Prangos fedtschenkoi* (Regelet Schmalh.) Korov., *Artemisia rhodantha* Rupr., *A. namanganica* Poljak., *A. ferganensis* Krasch. ex Poljak., *Ziziphora clenopodioides* Juz., *Peganum harmala* L.). 05.07.2017.

3. Могол-Тау: Пояс шибляка (*Celtis caucasica* Willd., *Rosa platyacantha* Schrenk. и *R. maracandica* Bunge.). Пояс крупнотравных полусаванн, формация зизифора, северо-западный склон ущелья Барс высота 750 м над ур. моря 40°19'53,3604" с. ш. 69°35'13,02792" в. д. ОПП — 10 % каменисто-щебнистый склон, ППВ — 3 % средняя высота травостоя — 1–1,5 м, ярусность слабо выражена (*Ferula mogoltavica* Lipsky., *F. samarcandica* Korov., *Prangos fedtschenkoi* (Regelet Schmalh.) Korov. Второй ярус — 50–80 см (*Artemisia rhodantha* Rupr., *A. vachanica* Krasch. ex Poljak., *A. namanganica* Poljak., *A. ferganensis* Krasch. ex Poljak., *A. porrecta* Krasch. ex Poljak., *A. scoparia* Waldst. et Kit.). Третий ярус — 20–50 см *Ziziphora clenopodioides* Juz., *Peganum harmala* L.). 13.07.2018.

4. Курама. Сайхун. Недалеко от цементного завода (Гайурцемент) по берегам сухих рек и склонам гор на каменисто-щебнистых склонов. Пояс шибляка, ассоциация поллычников, формация зизифора, северо-западный склон, высота 866 м над ур. моря 40°30'52,263" с. ш. 69°38'25,95912" в. д. ОПП — 15 %, каменисто-щебнистый склон, ППВ — 3 % средняя высота травостоя — 60–80 см, ярусность слабо выражена (*Artemisia rhodantha* Rupr., *A. vachanica* Krasch. ex Poljak., *A. namanganica* Poljak., *A. ferganensis* Krasch. ex Poljak., *A. porrecta* Krasch. ex Poljak., *A. scoparia* Waldst. et Kit.). Третий ярус — 20–50 см, *Ziziphora clenopodioides* Juz., *Peganum harmala* L.

5. Курама. 15 км выше города Табашар, высота над ур. моря — 1 200 м 40°34'36,91344" с. ш. 69°38'28,81824" в. д. Пояс термофильных арчевников на осыпных и каменисто-щебнистых склонах (*Juniperus seravschanica* Kom., *Capparis spinosa* L., *Eremurus* sp., *Cozinia* sp., *Peganum harmala* L.).

6. Курама. Ниже города Истиклола, напротив старого кладбища, высота над ур. моря — 1 080 м, пояс шибляка (*Celtis caucasica* Willd., *Rosa platyacantha* Schrenk. и *R. maracandica* Bunge.). Пояс крупнотравных полусаванн, формация зизифора, севера-западный склон ушелья.

Тип растительности: полыньники с фрагментом шибляка *Eranthis longistipitata* Regel in Bull. Soc. Nat. Mosc., *Clematis songarica* Bunge Del. Sem. Horti bot. Dorpat, *Ranunculus rubrocalyx* Regel ex Kot., *Adonis aestivalis* L. Sp. pi. ed., *Berberis nummularia* Bunge, *Fumaria vaillantii* Loisel., *Cotoneaster suavis* Pojark., *Crataegus turkestanica* Pojark, *Rosa beggeriana* Schrenk in Fisch., *R. nanothamnus* Bouleng., *R. fedtschenkoana* Regel., *R. maracandica* Bunge in Mem., *Amigdalus bucharica* Korsh.

Таким образом, в Гербарии хранятся гербарные экземпляры представителей рода *Ziziphora* L., собранные в период с 1924 по 1986 гг., дающие представление о распространении рода на территории республики. Образцы *Ziziphora suffruticosa* Pazijet Vved. в коллекции отсутствовали. Нами в ходе полевых исследований выявлены новые местообитания вида, отмечены их GPS координаты, уточнены высоты произрастания, описаны ассоциации, собран гербарий и исследована структура популяций. Собранные гербарные образцы переданы в фонды Института ботаники, физиологии и генетики растений АН РТ.

Литература

Флора Таджикской ССР. 1986. Т. VII. Л.: Наука. С. 264–272. Хисориев Х. Х., Черемушкина В. А., Бобокалонов К. А., Сабоев С. С. 2016. Распространение видов рода зизифора (*Ziziphora*) в Таджикистане // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. № 3 (194). С. 7–12.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗООБЕНТОСА ОЗЕРА ЕЛАН ЕР

П. В. Бедова, Ю. С. Лежнина

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, bedova@marsu.ru

В настоящее время в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на водоемы необходимо постоянно оценивать степень загрязнения водных объектов, неперенным условием при этом следует считать гидробиологические исследования на всех трофических уровнях. Организмы бентоса — это одна из наиболее важных в экологическом отношении групп пресноводных беспозвоночных, являющаяся как ценным кормовым объектом рыб, так и индикатором различных типов загрязнений [Рябинкин и др., 2000].

У основания карстового пояса, оконтуривающего с севера уступ Сотнурской возвышенности находится самая большая группа карстовых озер в Республике Марий Эл. С востока на запад только наиболее известных насчитывается 12 озер, площадь которых от 0,2 (Морской Глаз) до 9,5 га (Пыжан ер). Относительно крупные озера имеют продолговатую форму и образованы путем обводнения двух или трех карстовых воронок (Елан ер, Пыжан ер, Шемьер). Остальные же мелкие озера имеют овальную или круглую форму [Озера..., 1976].

Некоторые озера были изучены ранее [Бедова, Тимофеева, 2010; Тимофеева и др., 2010; Тимофеева и др., 2010; Торбеева и др., 2010]. Так выяснено, что всего в изученных карстовых озерах Сотнурской возвышенности обитает 138 видов макрозообентоса. В озере Морской глаз, площадью — 0,2 га, выявлено 35 таксонов. В озере Пыжан ер, площадью — 9,5 га, выявлено 55 таксонов. В озере Шукшиер, площадью — 0,1 га, выявлено 22 таксона. В озере Покиер, площадью — 0,1 га, выявлено 34 таксона. В озере У-ер, площадью — 0,2 га, выявлено 26 таксонов. В озере Килоер, площадью — 0,4 га, выявлено 26 таксонов. В озере Шемьер, площадью — 6,5 га, выявлено 36 таксонов. В озере Изьер, площадью — 0,9 га, выявлено 24 таксона. В озере Мочалаер, площадью — 0,2 га, выявлено 8 таксонов. В озере Большой Чылдыбиер, площадью — 0,25 га, выявлено 29 таксонов. В озере Малый Чылдыбиер, площадью — 0,05 га, выявлено 15 таксонов.

В связи с перспективой создания на территории Волжского района государственного природного заказника республиканского значения Республики Марий Эл «Сотнурская возвышенность», необходимо провести лимнологические исследования всех наиболее крупных озер. Озеро Елан ер одно из крупных озер, совершенно не изучено, неизвестна даже площадь и глубина.

В связи с этим, целью работы является изучение таксономического состава и эколого-географической характеристики зообентоса озера Елан ер. Для выполнения работы поставлены следующие задачи: изучить видовой состав и частоту встречаемости макрозообентоса озера Елан ер; изучить трофическую структуру зообентоценоза исследуемого озера; рассмотреть экотопическую структуру зообентоса озера Елан ер; выявить зоогеографические особенности бентофауны озера Елан ер.

Работа выполнена в рамках проведения мероприятий по созданию государственного природного заказника республиканского значения Республики Марий Эл «Сотнурская возвышенность».

Озеро Елан ер находится в двух км от юго-западного края деревни Чодраяр, имеет продолговатую овальную форму, длиной — 800–900 метров, а в ширину — 200–250 метров. Озеро лежит в котловине, с юга оно имеет крутой берег — его окаймляет гора Елан-курук, поросшая высоким лесом, а с севера около

озера большая поляна. Глубина озера ранее не была изучена. По нашим данным максимальная глубина составляет 14,0 м, средняя глубина составляет 6,7 м. Озеро имеет подземное и родниковое питание. Восточный берег заболочен, здесь заросли камыша и рогоза, а с запада озеро зарастает сплавиной.

Сбор гидробиологического материала на озере Елан ер проведен в летний период 2018 года по стандартным методикам на 7 станциях [Методические рекомендации..., 1984].

В результате проведенных исследований в пробах макрозообентоса озера Елан ер было обнаружено 52 таксона, которые относятся к 3 типам и 7 классам. По количеству видов в озере Елан ер доминируют насекомые, они составляют 48 %. Наиболее многочисленный отряд этого класса — Стрекозы *Odonata*, который составляет 15,4 % от общего количества видов (табл.). Интересным, редко встречающимся в гидробиологических пробах, представителем данного отряда является Лютка обыкновенная *Lestes sponsa* [Hausermann, 1823], являющаяся хищником и населяющая берега стоячих водоемов с густой береговой растительностью.

Самым малочисленным отрядом в классе *Insecta* является отряд Подёнки *Ephemeroptera*, который составляет 1,9 % от общего количества видов.

Также 11,4 % в классе *Insecta* составляет отряд Полужесткокрылые *Heteroptera* и включает в себя 6 видов. Охраняемым видом для республики из этого отряда является Ранатра палочковидная *Ranatra linearis* (Linne, 1758), имеет длинную дыхательную трубку и живет в стоячих водах. Ее встречаемость составила 28,6 %.

Класс *Gastropoda* в озере Елан ер включает 15 видов, что составляет 29 % от общего количества видов (табл.). Среди класса Брюхоногие моллюски *Gastropoda* наибольшей встречаемостью обладает вид Капушка завернутая *Anisus vortex* (Linne, 1758), встречаемость которой составляет 85,7 %. Интересным видом данного класса является Чашечка озерная *Acroloxus lacustris* (Linne, 1758), которая населяет Европу и Западную Сибирь, распространена практически по всей территории России, но в нашей республике встречается довольно редко.

Помимо классов Насекомые и Брюхоногие моллюски в озере Елан ер встречаются еще 5 классов, которые составляют 23 % от общего состава макрозообентоса и включают в себя 12 видов (табл.). Таким образом, таксономический состав макрозообентоса озера Елан ер очень разнообразен.

Доля отдельных групп макрозообентоса озера Елан ер в общем видовом составе на период исследований

Таксон	Количество видов	% от общего списка видов
Класс <i>Oligocheta</i>	2	3,8
Класс <i>Hirudinea</i>	3	5,8
Класс <i>Crustacea</i>	1	1,9
Класс <i>Arachnidae</i>	4	7,7
Класс <i>Bivalvia</i>	2	3,8
Класс <i>Gastropoda</i>	15	29,0
Класс <i>Insecta</i> 48 %		
Отряд <i>Coleoptera</i>	5	9,6
Отряд <i>Ephemeroptera</i>	1	1,9
Отряд <i>Heteroptera</i>	6	11,5
Отряд <i>Odonata</i>	8	15,4
Отряд <i>Diptera</i>	5	9,6

Важной характеристикой сообщества является встречаемость видов, которая указывает на схожесть или различие условий обитания, а также широкую экологическую приспособляемость организма. При обработке материала не отмечены виды, которые бы имели 100 % встречаемость. Наибольшая встречаемость отмечена для мелкой гастроподы *A. vortex* (85,7 %). Также высокая встречаемость характерна для водяного клеща из класса Паукообразные — вида Клещ географический *Hydrachna geographica* (Muller, 1775), которая составила 57,1 %.

Трофическая структура зообентоса является чувствительным показателем состояния водных экосистем и качества воды. При использовании трофической структуры зообентоса учитывают способ питания, и преобладающий состав потребляемой пищи. В озере Елан ер выявлено 9 групп бентосных животных, отличающихся по спектру питания: зоофаги, фитофаги, детритозоофаги, зоофитофаги, зоодетритофаги, фитозоофаги, фитодетритофаги, детритофитофаги, детритофаги.

Зоофаги (хищники), наиболее хорошо представленная группа, составляет 31 % (16 видов) от общего числа донных беспозвоночных озера Елан ер и включает представителей классов: *Hirudinea*, *Insecta* и *Arachnidae*. Представители класса Пиявки *Erpobdella octoculata* (Linne, 1758) и *Glossiphonia complanata* (Linne, 1758) питаются личинками насекомых, в особенности комаров-хирономид и мелкими червями.

Личинка стрекозы *L. sponsa* питается дафниями, личинками комаров, водных жуков, подёнок. Личинка стрекозы коромысло большое *Aeschna grandis* (Linne, 1758) питается личинками насекомых большого размера, но при отсутствии излюбленной пищи употребляет моллюсков и нападает на крупных ручейников. Личинка стрекозы стрелки *Ichnura elegans* (Van der Linder, 1823) питается дафниями. Представители отряда Клопы *Notonecta glauca* (Linne, 1758), *Ilyocoris cimicoides* (Linne, 1758), *Nepa cinerea* (Linne, 1758), *Plea minutissima* (Fieber, 1817), *R. linearis* нападают на рыбок, головастиков, личинок насекомых, дафний и мелких гребляков. Представителем отряда Жуки является *Cybister latermarginalis* (De Geer, 1758), который питается личинками насекомых, ракообразными, мальками рыб. Представители класса Паукообразные *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1757), *Dolomedes fimbriatus* (Clerck, 1757), *H. geographica* нападают на водяных осликов, личинок насекомых, головастиков и мальков рыб [Монаков, 1998]. Доля остальных трофических групп составляла от 4 до 15 %.

При изучении экопической структуры, в сообществе зообентоса озера Елан ер выявлено 7 групп животных, обитающих на определенных субстратах: псаммопелофилы, фитофилы, пелофитофилы, фитопелофилы, пелопсаммофилы, эвриэдафилы, пелофилы.

Самой многочисленной группой являются фитофилы, которые предпочитают заросли высшей водной растительности и составляют 31 % от общего видового состава донных беспозвоночных озера Елан ер. К фитофилам относятся представитель класса *Hirudinea* улитковая пиявка *G. complanata*. Представители класса Насекомые личинки стрекоз *I. elegans*, *L. sponsa*, *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840); водные клопы *N. glauca*, *I. cimicoides*, *P. minutissima*, *R. linearis*; личинка жука *C. latermarginalis*. Представители класса Паукообразные паук *D. fimbriatus* и водные клещи рода *Eylais*. Представители гастропод *A. vortex*, *Physa fontinalis* (Linne, 1758), *Lymnaea stagnalis* (Linne, 1758), *Cincinna depressa* (Pfeiffer, 1828).

Также в сообществе большую долю занимают фитопелофилы — 25 %, которые населяют заросли высшей водной растительности и илистый субстрат. Представители остальных экопических групп составляли от 2 до 15 %.

В макрозообентоценозе озера Елан ер можно выделить следующие ареалы слагающих его видов: европейские — 31 %, европейско-западносибирские — 27 %, европейско-сибирские — 9 %, европейско-азиатские — 23 %, палеарктические — 10 %.

Для озера Елан ер наиболее характерны широко распространенные европейские виды из классов *Oligocheta*, *Crustacea*, некоторые таксоны из классов *Insecta*, *Arachnidae*, *Bivalvia* и *Gastropoda*. По всей территории Европы распространены такие виды как малощетинковые черви родов *Limnodrilus* и *Stylaria*; ракообразное *Asellus aquaticus* (Linne, 1758); личинки стрекоз *A. grandis*, *Cordulia aeneaturfosa* (Forster, 1902); полужесткокрылые *I. cimicoides*, *P. minutissima*; двукрылые *Glyptotendipes gripekoveni* (Kieffer, 1913), *Chaoborus* sp., *Odontomyia* sp., *Chironomus* sp.; паук *D. fimbriatus*; моллюски *Valvata planorbulina* (Paladilche, 1867), *Sphaerium nitidum* (Clessin in Westerlund, 1876), *Sphaerium corneum* (Linne, 1758).

Центр распространения видов *D. fimbriatus*, *A. aquaticus*, *I. cimicoides* находится в Южной Европе. Виды *G. gripekoveni*, *C. aeneaturfosa*, расширили свои ареалы вплоть до Дальнего Востока.

Брюхоногие моллюски *Planorbis carinatus* (Muller, 1774), *A. vortex*, *P. fontinalis* распространились в Европе, в том числе Западной Сибири, не охватывая юг Европы. Клоп *P. minutissima* распространен на юге европейской части России включая Западную Сибирь до Алтая. Европейские виды, входящие в класс Двустворчатые моллюски *S. nitidum*, *S. corneum* распространены на востоке до бассейна Енисея включительно.

Менее представлены в озере Елан ер виды с европейско-западносибирским ареалом. *R. linearis* распространена в Европе, Закавказье, Передней и Средней Азии, на юге Западной Сибири. Брюхоногие моллюски *P. fontinalis*, *Lymnaea auricularia* (Linne, 1758), *Planorbis planorbis* (Linne, 1758) распространены в западной половине Европейско-Сибирской области до реки Оби. *H. geographica* и клещи рода *Eylais* также населяют Европу, Азию, территорию Западной Сибири.

В Европейско-азиатскую группу вошли 12 видов фауны озера Елан ер. Большинство видов *Cloeon dip-terum* (Linne, 1758), *I. elegans*, *E. octoculata*, *G. complanata*, *L. sponsa*, *L. caudalis* распространены по всей Европейской части и на территории Северной Азии. Жук плавунец *Hyphydrus ovatus* (Linne, 1761) обитает на территории Евразии.

Европейско-сибирская группа включает в себя 5 видов фауны озера Елан ер и является одной из самых незначительных по обилию видов. Сюда отнесены виды стрекоз *Ephiteca bimaculata* (Linne, 1758), *Or-thetrum cancellatum* (Linne, 1758); гастроподы *Anisus contortus* (Linne, 1758) и *Planorbis planorbis* (Linne, 1758), большая ложноконская пиявка *Haemopsis sanguisuga* (Linne, 1758), распространенные в центральной и северной части Европы, в Сибири.

Низкое обилие в озере характерно также и для палеарктических видов. Так к этой группе относятся стрекоза *Sympetrum vulgatum* (Linne, 1758), водные клопы *N. glauca*, *Nepa cinerea* (Linne, 1758), клоп рода *Sigara* и брюхоногий моллюск *L. stagnalis*. К этой группе отнесены виды с наиболее широкими ареалами, охватывающими Европу, Азию к северу от Гималаев, а также Северную Африку до южного края пустыни Сахара.

Таким образом, в результате изучения таксономического состава макрозообентоса озера Елан ер, его трофической, экотопической структуры и зоогеографических особенностей, можно сделать следующие выводы:

1. В озере Елан ер выявлено довольно богатое видовое разнообразие донных беспозвоночных. В составе зообентоса озера было зафиксировано 52 вида, относящихся к 7 классам. Наибольшее видовое разнообразие характерно для класса *Insecta* (48 %). Среди этого класса доминируют представители отрядов *Odonata* и *Heteroptera*. Доминантами по встречаемости в озере Елан ер являются *Anisus vortex* — 85,7 %, *Hydrachna geographica* — 57,1 %.

2. Макрозообентос озера имеет довольно сложную трофическую (9 групп) структуру. По спектрам питания доминируют зоофаги — 31 %, фитозоофаги — 15 %, детритофитофаги — 13 %.

3. По приуроченности к грунтам выделено 7 групп. Доминируют фитофилы — 31 %, а также фитопедофилы — 25 %. Пелопсаммофилы и пелофилы составляют наименьшую долю по 2 %.

4. По зоогеографическому районированию основу фауны макрозообентоса озера Елан ер составляют виды с европейским ареалом (16 видов или 31 %). Европейско-западносибирские составляют 27 %, европейско-сибирские — 9 %, европейско-азиатские — 23 % и палеарктические — 10 %.

Литература

Бедова П. В., Тимофеева М. Ю. 2010. Особенности организации зообентосных сообществ некоторых озер бассейна реки Илеть // Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: материалы Всерос. конф. Йошкар-Ола. С. 35–39. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зообентос и его продукция* / А. А. Салазкин, А. Ф. Алимов, Н. Н. Финогенова. Л.: ГосНИОРХ. 1984. 52 с. *Монаков А. В.* 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: МАКС Пресс. 321 с. *Озера Среднего Поволжья.* 1976. Л.: Наука. 236 с. *Рябинкин А. В., Полякова Т. Н., Кухарев В. И.* 2000. Макрозообентос. Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории Заонежского полуострова и северного Приладожья. Петрозаводск. С. 184–188. *Тимофеева М. Ю., Торбеева А. В., Бедова П. В., Усков С. В.* 2010. Структура макрозообентоса некоторых озер Сотнурской возвышенности как индикатор качества природных вод // *Материалы докладов научно-практической конференции гидробиологов, посвященной памяти профессора Х. М. Курбангалиевой.* Казань. С. 72–73. *Тимофеева М. Ю., Торбеева А. В., Ожиганова О. С., Бедова П. В.* 2010. Состояние бентоценозов некоторых озер Сотнурской возвышенности Республики Марий Эл // *Регионы в условиях неустойчивого развития: материалы Международной науч.-практ. конф.* Кострома. Т. 2. С. 484–489. *Торбеева А. В., Тимофеева М. Ю., Бедова П. В., Сорокина Е. А.* 2010. Первичные данные о макрозообентосе озера Пыжан-ер // *Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: материалы Всерос. конф. Йошкар-Ола.* С. 225–228.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *QUERCUS ROBUR* L. И *ABIES SIBIRICA* LEDEB. В ПОЙМЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ

М. В. Бекмансуров

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, m.mahach@fmail.ru

Территория исследования (Республики Марий Эл) расположена в мегаэктоне — на границе Бореальной и Среднеевропейской флористических областей голарктики, а также Европейской и Западносибирской провинций Евросибирской флористической области [Абрамов, 2001]. Здесь пересекаются ареалы видов бореальных и неморальных, европейских и сибирских видов растений. Так по территории Республики Марий Эл проходят юго-западная граница естественного ареала пихтарников и северная граница водораздельных дубрав. В поймах рек исследованной территории формируются благоприятные условия, обеспечивающие совместное произрастание видов деревьев различных эколого-ценотических групп: неморального дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и бореальной пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.).

Цель работы: охарактеризовать онтогенетическую структуру ценопопуляций и пихты сибирской на территории лесопарка «Дубовая роща» в окрестностях г. Йошкар-Олы.

На исследованной территории дуб встречается в древостое и подлеске различных насаждений (дубняки, осинники, липняки и пихтарники). Установлено, что в лесных сообществах все исследованные ценопопуляции (ЦП) дуба черешчатого характеризуются сходными спектрами и отличаются друг от друга лишь численностью особей их жизненностью. Все ценопопуляции нормальные, полночленные (рис. 1). Онтогенетические спектры двухвершинные с максимумами на иматурных и генеративных особях. Повсюду отмечается уменьшение численности растений виргинильного состояния по сравнению с иматурным. Это объясняется

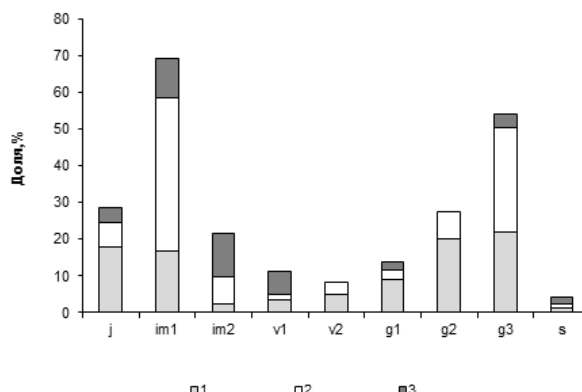


Рис. 1. Виталитетно-онтогенетический спектр ценопопуляций дуба черешчатого. Жизненность: 1 — нормальная; 2 — пониженная; 3 — низкая

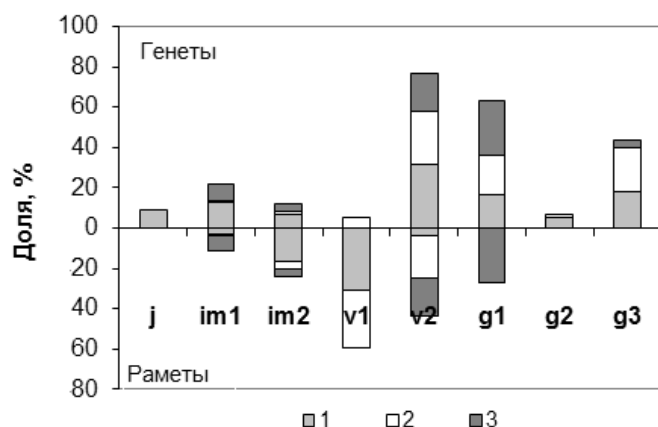


Рис. 2. Виталитетно-онтогенетический спектр ценопопуляции пихты сибирской

полуоткрытых пространствах, граничащих с лесными массивами с участием данного вида. В Дубовой роще — это лесные опушки, поляны, луга сенокосного и пастбищного использования. Ценопопуляции дуба здесь инвазионные, неполночленные, без взрослых растений. Спектр имеет максимум на иматурных особях первой подгруппы.

В ходе онтогенеза и здесь происходит снижение численности и ухудшение жизненного состояния особей. Здесь подрост страдает от морозов и повреждается скотом.

В целом анализ структуры ЦП дуба черешчатого на исследованной территории свидетельствует об их неустойчивости. Несмотря на то, что в лесных сообществах ценопопуляции нормальные и полночленные, в настоящее время происходит их старение вследствие гибели подростка, который не способен выйти в ярус древостоя и заменить генеративную фракцию, в которой доминируют особи старого генеративного состояния.

Ценопопуляция пихты в лесопарке молодая, нормальная, полночленная (рис. 2). Пихта способна размножаться не только семенами, но и вегетативным путем, поэтому в ее онтогенезе можно выделить ряд семенного и ряд вегетативного возобновления.

Спектр для генет правосторонний, одновершинный, в котором максимум приходится на виргинильные особи второй подгруппы. Доля иматурных особей подгруппы (im₂) и v₁ мала. Многие растения характеризуются нормальной жизненностью, что свидетельствует о благоприятных условиях для существования данной ЦП.

Угнетение подростка семенного происхождения приводит к тому, что пихта переходит к вегетативному размножению. Спектр для рамет неполночленный одновершинный, максимум приходится на виргинильные особи первой подгруппы. Однако жизненность рамет резко снижается с переходом во взрослое состояние. Как отмечают многие исследователи, пихта вегетативного происхождения рано поражается грибными заболеваниями, сопровождающимися гнилями, и погибает. Это объясняет отсутствие в составе ЦП вегетативного происхождения особей g₂ и g₃ состояний.

Среди абиотических факторов лимитирующими распространение пихты сибирской выделяются увлажнение и трофность почв. Все исследованные сообщества характеризуются узким диапазоном экологических параметров, выявленных с использованием диапазонных шкал Д. Н. Цыганова (1983). Это объясняется их расположением в одном элементе ландшафта — пойме реки Малая Кокшага. Почвы повсюду слабокислые (pH = 5,5–6,5) с влажно-лесолуговым слабопеременным увлажнением, довольно богатые элементами минерального питания, в том числе и азотом. Участки совместного произрастания двух исследуемых видов являются краткочленными и заливаются не ежегодно. Все это обеспечивает возможность совместного существования дуба черешчатого и пихты сибирской.

Литература

- Абрамов Н. В. 2001. Флора Республики Марий Эл: Инвентаризация, районирование охрана и проблемы рационального использования ее ресурсов: дис. в виде научного доклада ... д-ра биол. наук. Пермь. 60 с. Евстигнеев О. И., Почтаева М. В., Желонкин С. Е. 1993. Популяционная организация и антропогенные преобразования пойменной дубравы реки Большая Кокшага // Булл. МОИП. Отд. биол. Т. 98. С. 80–87. Полевщиков А. В. 1998. Возрастная структура лесообразователей в пойме реки Б. Кокшага // Экология и генетика популяций. Йошкар-Ола: Периодика. С. 288–290.

увеличением требовательности подростка дуба к условиям освещения по мере взросления. В липняках, характеризующихся высокой степенью сомкнутости крон и густым подлеском, виргинильные особи единичны.

Выпадение из возрастного спектра ЦП *Q. robur* виргинильного состояния отмечено также А. В. Полевщиковым (2001) на исследованных им участках поймы реки Большая Кокшага на территории одноименного заповедника. В то же время в пойменных сообществах заповедника существуют участки с полночленными ценопопуляциями с высокой долей виргинилов [Евстигнеев и др., 1993].

Известно, что успешное возобновление дуба черешчатого возможно на открытых и

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФЛОРЫ СЕВЕРО-ПРИДАРВАЗСКОГО ПОДРАЙОНА ГИССАРО-ДАРВАЗСКОГО ФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЙОНА ТАДЖИКИСТАНА

М. Т. Бобоев¹, К. А. Бобокалонов², С. Б. Ёкубов¹, И. Г. Креницын^{2,3}, Ш. Дж. Куллаев¹

¹ Хатлонский научный центр АН Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан

² Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан

³ Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, Кологрив, Россия

Биоразнообразие на всех уровнях организации живого — одна из наиболее животрепещущих тем современности. Таксономическое разнообразие является основой жизни на Земле. Однако, в последние десятилетия наблюдается его стремительное снижение. Причиной этого является ухудшение экологической обстановки на планете, глобальное изменение климата, истощение природных ресурсов, экологические катастрофы, индустриальная деятельность человека и бурный рост человечества, что разрушает природные местообитания организмов. Ряд ценных видов растений стали редкими, а некоторые находятся на грани исчезновения. При исчезновении любого таксона, мы не только теряем компонент мировой флоры, но и потенциально ценный генетический ресурс, позволяющий улучшить сельско-хозяйственные культуры, либо являющийся продуцентом биологически активных соединений. Необходимо отметить, что роль особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в сохранении растительного мира очень велика. Охрана и устойчивое управление растительными ресурсами требует постоянного мониторинга. Особую значимость представляет оценка состояния популяций редких видов растений на территории ООПТ для разработки долгосрочных мер по их охране и прогнозированию сукцессионных процессов в сообществах, особенно горных.

Таксономический анализ занимает центральное место в комплексном анализе флоры. В ходе флористических исследований Северо-Придарвазского подрайона Гиссаро-Дарвазского флористического района выявлено — 2391 вида сосудистых растений, относящихся к 705 родам и 105 семействам. Этот показатель составляет 52,98 % флоры Таджикистана (4 513 видов [По данным: Флоры Таджикской ССР, 1957–1991]). В связи со значимостью для сохранения биоразнообразия ООПТ различного уровня, нами особое внимание было уделено комплексному заказнику «Чильдухтарон».

В настоящее время общая площадь ООПТ Таджикистана занимает 3,1 млн га, что составляет 22 % территории республики. Комплексный заказник «Чильдухтарон» был основан в 1970 г. Он расположен на хребте Хазратишох, на высотах 1 200–2 600 м над ур. моря, между рекой Яхсу и ее левым притоком Оби-Сурхв Гиссаро-Дарвазском флористическом районе, Северо-Придарвазском флористическом подрайоне (рис. 1). Площадь заказника составляет 14 500 га [Курбонова и др., 2011]. В резервате охраняются 3 типа экосистем и ландшафтно-геологический памятник — массив Чильдухтарон.

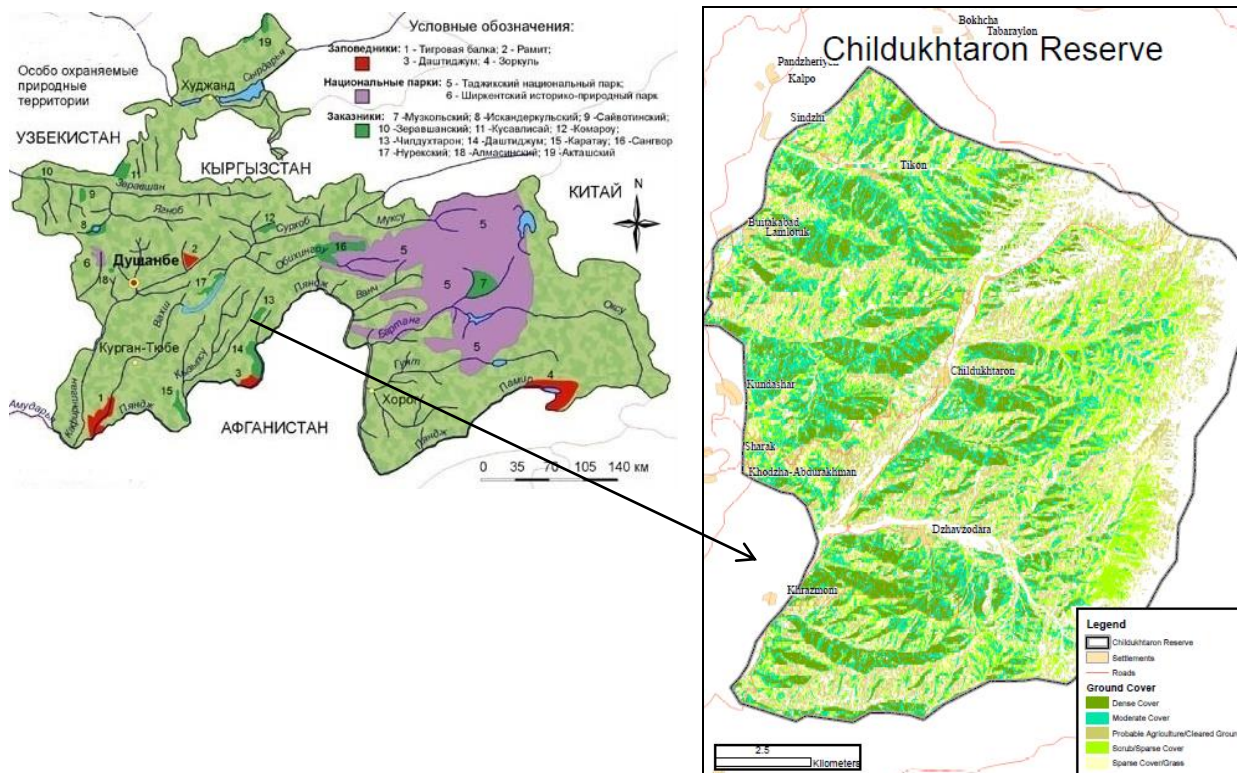


Рис. 1. Карта-схема расположения заказника Чильдухтарон

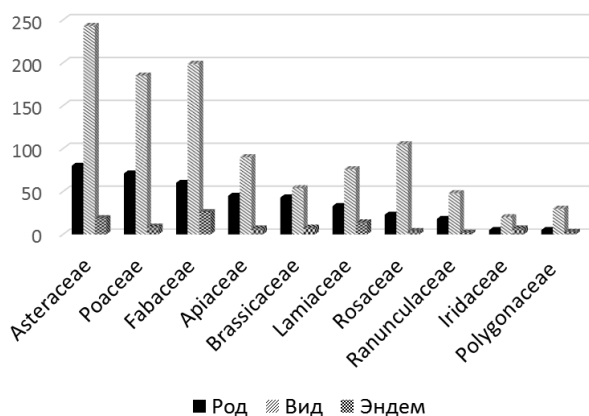


Рис. 2. Соотношение ведущих семейств сосудистых растений во флоре Северо-Придарвазского флористического подрайона

злаками еще более подчеркивает значение автохтонных элементов во флоре Западного Гиссаро-Дарваза. Это достигается за счет высокого уровня эндемизма в родах *Astragalus* L., *Hedysarum* L., *Poa* L. и др. Это подтверждает тот факт, что район исследований относится к памироалайским центрам видообразования в пределах этих родов.

В составе флоры Чильдухтарона выявлено 635 видов, относящихся к 250 родам и 86 семействам. Этот показатель составляет 13,98 % флоры Таджикистана [Флора Таджикской ССР, 1957–1991].

В группу ведущих семейств входит 10 семейств, имеющих в своем составе более 15 видов. В этих семействах сконцентрированы 272 вида (42,83 %). Наиболее богаты видами семейства Asteraceae (39 видов — 6,14 %), Fabaceae (36 — 5,66 %), Poaceae (35 — 4,88 %), Lamiaceae (34 — 5,35 %), Rosaceae (33 — 5,19 %), Apiaceae (28 — 4,40 %), Brassicaceae (19 — 2,99 %), Polygonaceae (17 — 2,67 %), Ranunculaceae (16 — 2,51 %) и Iridaceae (15 — 2,36 %) (рис. 3).

Такая последовательность считается одним из характерных признаков флор Горносреднеазиатской провинции. Первая тройка последовательности ведущих семейств отражает древнесредиземноморские черты флоры. Ведущее положение бобовых по сравнению со злаками еще более подчеркивает значение автохтонных элементов во флоре Западного Гиссаро-Дарваза. Это достигается за счет высокого уровня эндемизма в родах *Astragalus* L., *Hedysarum* L. и др. Это подтверждает факт, что район исследования относится к памироалайским центрам видообразования в пределах этих родов.

Эндемичная фракция флоры заказника «Чильдухтарон» включает 56 видов, а всего . По систематическому составу эндемиков ведущими являются семейства Fabaceae (7 эндемичных видов), Asteraceae (6) и Lamiaceae (5). Остальные семейства Iridaceae, Brassicaceae, Rosaceae и Apiaceae и др. содержат от 1 до 3 видов. Таксономический анализ эндемизма свидетельствует о том, что из 882 эндемиков флоры Таджикистана — 56 видов (6,35 %) встречается в районе исследования.

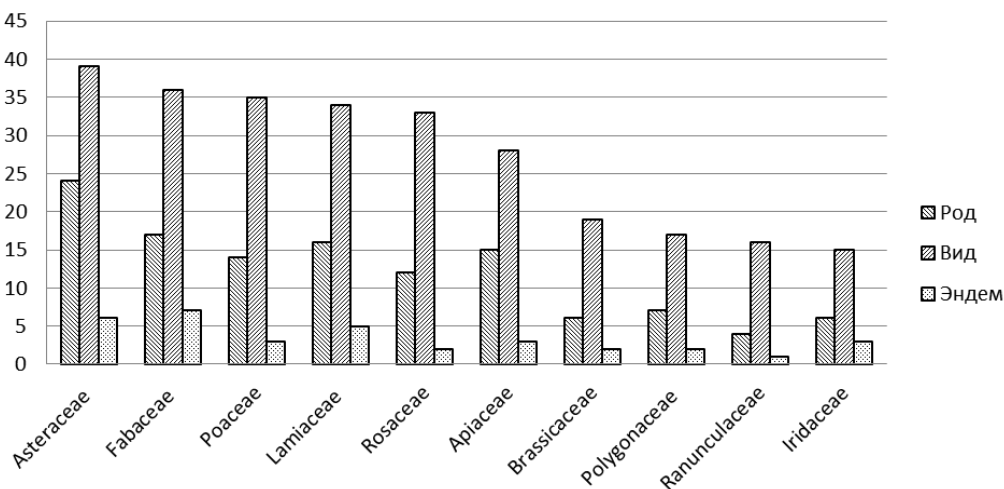


Рис. 3. Соотношение ведущих семейств сосудистых растений заказника Чильдухтарон

В группу ведущих семейств входит 10 семейств, имеющих в своем составе свыше 30 видов. В них сконцентрирован 1 061 вид, что составляет 44,37 % региональной флоры. Наиболее богаты видами семейства Asteraceae (243 видов — 10,16 %), Fabaceae (199 — 8,32 %), Poaceae (185 — 7,73 %), Rosaceae (105 — 4,39 %), Brassicaceae (54 — 2,25 %), Lamiaceae (76 — 3,17 %), Apiaceae (90 — 3,76 %), Ranunculaceae (48 — 2,10 %) и др. (рис. 2). Такая последовательность считается одним из характерных признаков флор Горносреднеазиатской провинции. Первая тройка последовательности (*As-Fa-Po*) ведущих семейств отражает древнесредиземноморские черты флоры. Ведущее положение бобовых по сравнению со

Флора эндемиков Гиссаро-Дарвазского флористического района включает 116 видов. По систематическому составу среди них ведущими являются семейства Fabaceae (26 видов), Asteraceae (19 видов). Семейства Lamiaceae (14 видов), Iridaceae, Brassicaceae, Apiaceae (по 7 видов), Rosaceae и Alliaceae (по 4 вида). На родовом уровне лидируют *Astragalus*, *Cousinia*, *Poa* по 4–5 эндемичных видов. *Ranunculus*, *Ferula*, *Allium*, *Iris*, *Taraxacum*, *Rosa*, *Potentilla* имеют по 2–3 эндемика. Таксономический анализ эндемизма свидетельствует о том, что из 650 эндемиков Таджикистана — 116 видов (17,80 %) встречается в Северо-Придарвазском подрайоне Гиссаро-Дарвазского флористического района. Это является самым высоким показателем по всему Таджикистану.

В заказнике «Чильдухтаронский» произрастает 50 видов редких и исчезающих сосудистых растений, которые известны из ограниченного числа местообитаний. В Красную книгу Республики Таджикистан (2017) и Красную книгу древесных растений Средней Азии (2009) вошли 22 вида: *Allium rosenbachianum*, *A. stipitatum*, *A. suworowii*, *Bunium persicum*, *Berberis heteropoda*, *Ostrowskia magnifica*, *Crocus korolkowii*, *Iris darvasica*, *Fritillaria duardii*, *Tulipa praestans*, *Eremurus aitchisonii*, *Paeonia intermedia*, *Anemone bucharica*, *Amygdalus vavilovii*, *Amygdalus bucharica*, *Malus sieversii*, *Rhus coriaria*, *Fraxinus sogdiana*, *Juglans regia*, *Juniperus seravshanica*, *Cercis griffithii*, *Sorbus turkestanica*.

Заключение. 1. Флора сосудистых растений Северо-Придарвазского флористического подрайона насчитывает 2 391 вид, а Чильдухтарона — 635 видов. Исследуемая флора является типичной Памиро-Алайской флорой, основу которой составляют виды Древнесредиземноморского генезиса.

2. В результате проведенного анализа выявлено, что Чильдухтарон является связующим промежуточным звеном между типичными Западно-Гиссаро-Дарвазскими и ксероморфными Юго-Восточно-Гиссаро-Дарвазскими флорами. Он характеризуется сильно развитым поясом термофильных арчевников, поясами чернолесья, шибляка, а также высоким таксономическим и фитоценотическим разнообразием галофильных элементов в нижних высотных поясах.

3. Анализ эндемичных видов Заказника позволяет признать район исследования в качестве одной из ключевых ботанических территорий Средней Азии. Наличие 22 видов, занесенных в Красную книгу Республики Таджикистан и Средней Азии, и 56 эндемиков — являются существенными факторами такого определения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Международной организации «Фауна и Флора Интернешнл».

Литература

Красная книга Республика Таджикистан. 2017. 2-е изд. Душанбе: Ганч. 592 с. Красная книга древесных растений Средней Азии. 2009. Fauna & Flora International. 28 с. Курбонова Ш. М., Устьян И. П., Муратов Р., Сатторов Р. 2011. Особо охраняемые природные территории Республики Таджикистан. Душанбе. 86 с. Флора Таджикской ССР 1957–1991 / под ред. П. Н. Овчинникова. Л.: Наука. Т. 1–10.

РЕДКИЕ ВИДЫ ФЛОРЫ ЗАКАЗНИКА «ЗАТЕИХИНСКИЙ» ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Борисова, А. А. Курганов

Ивановский государственный университет, Иваново, Россия, floraea@mail.ru

Природный заказник «Затеихинский» — самая крупная ООПТ Ивановской области. Он расположен в восточной части области, в Лухском и Пучежском муниципальных районах. Он был создан как охотничий в 1968 г. (Решение исполкома Ивановского областного Совета депутатов трудящихся от 23.12.1968 г. № 719).

Периодически с конца 1980 гг. в различных частях заказника проводились флористические исследования, в 2015–2016 гг. была изучена флора в окрестностях с. Зарайское [Курганов и др., 2017]. В июне-августе 2018 г. обследовалась вся территория заказника с целью уточнения границ и выделения наиболее ценных в природном отношении участков. Флористически были изучены различные типы лесов, лугов, болот, сообществ по берегам р. Добрица, Ячменка, Мазница, Полнатка, залежей, а также антропогенных экотопов. В процессе работы собирался гербарий, составлялись флористические списки фитоценозов, составлен полный аннотированный конспект. Гербарные сборы, документирующие находки, переданы в гербарии им. Д. П. Сырейщикова (MW) и лаборатории мониторинга фиторазнообразия ИЭВБ РАН (PVB).

В результате исследований к 2018 г. во флоре заказника было обнаружено 426 видов сосудистых растений из 5 отделов, 6 классов, 75 семейств и 251 родов. Основные пропорции флоры представлены в таблице, они типичны для бореальных областей.

Основные параметры флоры заказника «Затеихинский»

Отделы	Число видов	Число родов	Число семейств
Папоротниковидные — <i>Polypodiophyta</i>	8	6	5
Хвощевидные — <i>Equisetophyta</i>	4	1	1
Плауновидные — <i>Lycopodiophyta</i>	2	1	1
Голосеменные — <i>Gymnospermae</i>	3	3	2
Покрытосеменные — <i>Angiospermae</i>	409	240	66
Класс однодольные — <i>Monocotyledones</i>	85	44	11
Класс двудольные — <i>Dicotyledones</i>	324	196	55

В число ведущих семейств флоры ООПТ входят сложноцветные (Compositae), представленные 49 видами, злаки (Gramineae) — 40 видами, бобовые (Leguminosae) — 26 видами, розоцветные (Rosaceae) — 25 видами и гвоздичные (Caryophyllaceae) — 20 видами. На их долю приходится 38 % всего видового разнообразия. Из других семейств разнообразием отличаются осоковые (Cyperaceae) и ивовые (Salicaceae), представленные 19 видами каждый, а также семейство норичниковые (Scrophulariaceae) — 16 видов.

Наибольший интерес представляют редкие виды растений, поэтому ниже приводим их список с краткими комментариями. Виды, включенные в региональную Красную книгу (2010), отмечены знаком «*», в скобках цифрами указана категория статуса редкости.

Фегоптерис связывающий — *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt, формирует небольшие группы в еловых и елово-сосновых лесах с развитым моховым покровом.

Страусник обыкновенный — *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro, встречается группами изредка в сырых понижениях и в зарослях кустарников по р. Ячменка.

Плаун булавовидный — *Lycopodium clavatum* L., спорадически встречается группами в хвойных зеленомоховых лесах, редко формирует крупные заросли.

Плаун годичный — *Lycopodium annotinum* L., отмечен в еловых и елово-березовых лесах в западной части заказника.

Мятлик расставленный — *Poa remota* Forsell., редко встречается в переходной зоне Марищинского болота.

Осока влагалищная — *Carex vaginata* Taush., группами встречается на опушках сосново-березовых лесов (д. Борисово), часто растет в переходной зоне болота Марищенское.

Осока шаровидная — *Carex globularis* L., группами встречается в переходной зоне Марищинского болота.

*Осока прямоколосая — *Carex atherodes* Spreng. (3), встречается группами в переходной части болота Марищенское.

*Пушица стройная — *Eriophorum gracile* Koch (3), небольшая плотная группа плодоносящих особей была найдена в центральной части болота Марищенское, по краю мочажины с водой, среди сфагновых мхов.

Ситник скученный — *Juncus conglomeratus* L., небольшие группы обнаружены на придорожных луговинах в окрестностях д. Затеиха.

*Гудайера ползучая — *Goodyera repens* (L.) R. Br. (2), в западной части заказника (в окрестностях д. Слинково), в сосняке сфагново-зеленомоховом с участием ели обнаружена небольшая популяция из нескольких групп экземпляров в фазе конца цветения-начала плодоношения.

Дремлик широколистный — *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, одиночные растения отмечены на краю смешанного леса по обочине дороги в окрестностях с. Зарайское.

Пальчатокоренник Фукса — *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo, встречается в придорожных луговинах и канавах, реже в лесах и на опушках.

Пальчатокоренник мясо-красный — *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo, группа особей найдена в центральной части болота Марищенское, несколько экземпляров обнаружено в сырой канаве по обочине дороги у д. Затеиха.

Любка двулистная — *Platanthera bifolia* Rich., одиночными экземплярами встречается в смешанных лесах, на лугах формирует небольшие группы.

Тайник яйцевидный — *Listera ovata* (L.) R. Br., встречается очень редко, найден по краю смешанного леса, в понижении вдоль грунтовой дороги близ с. Зарайское

Ива розмаринолистная — *Salix rosmarinifolia* L., обнаружена в пойме р. Мазница в окрестностях д. Быково, д. Блиниха.

Ива шерстистопобеговая — *Salix dasyclados* Wimm., одиночно и группами встречается в зарослях кустарников по берегам р. Ячменка.

Ива филиколистная — *Salix phylicifolia* L., часто растет в сырых понижениях и по краям травяных болот в поймах небольших ручьев, в низинных участках Марищинского болота формирует крупные группы.

Гвоздика пышная — *Dianthus superbus* L., большая популяция отмечена по краю смешанного сосново-березового леса в окрестностях с. Зарайское.

Звездчатка длиннолистная — *Stellaria longifolia* Muehl. ex Willd., растет группами в сыроватых лесах с участием ели, а также вдоль дорог и на просеках.

Ветреница дубравная — *Anemone nemorosa* L., обычна в лесах и на опушках во всех частях заказника, нередко формирует крупные заросли.

Ветреница лютиковая — *Anemone ranunculoides* L., отмечена в лесах и на опушках в окрестностях с. Зарайское.

Купальница европейская — *Trollius europaeus* L., приурочена к заболоченным лугам, лесным опушкам.

*Княженика, или малина арктическая — *Rubus arcticus* L. (2), крупная популяция вида, состоящая из нескольких групп, найдена в переходной части Марищинского болота, в еловых и елово-березовых лесах.

*Резуха повислая — *Arabis pendula* L. (3), вид был собран в окрестностях д. Лужинки по склону оврага в 1980 г. М. Шиловым. В результате исследований в 2018 г. повторить находку не удалось.

*Молочай Бородина — *Euphorbia borodinii* Sambuk (2), небольшая группа была найдена в 2016 г. на залежи в окрестностях с. Зарайское.

*Фиалка Селькирка — *Viola selkirkii* Pursh ex Goldie (3), встречается небольшими (реже крупными) рассеянными группами в сосново-елово-березовых лесах, ценопопуляции большей частью разреженные, но стабильные и полночленные.

Гирча тминолистная — *Selinum carvifolia* (L.) L., формирует группы на опушках сырых лесов, реже встречается на лугах вдоль дорог.

Дягиль лекарственный — *Angelica archangelica* L., крупная популяция отмечена у д. Поселихино по ручью и в понижениях по обочинам шоссе дороги.

*Зимолюбка зонтичная — *Chimaphila umbellata* (L.) Barton (3), встречается очень редко, небольшая группа из нескольких генеративных и вегетативных побегов найдена в ельнике кислично-зеленомоховом в окрестностях с. Зарайское.

*Одноцветка крупноцветковая — *Moneses uniflora* (L.) A. Gray (3), отмечена небольшая группа в переходной части болота Марищинского, чаще в приствольных кругах средневозрастных сосен, среди сплошного покрова сфагновых мхов, рядом с *Carex cinerea*, *C. nigra*, *Rubus arcticus*, *Viola palustre*.

Золототысячник обыкновенный — *Centaurium erythraea* Rafin, встречается небольшими группами по краям елового леса, вдоль противопожарного рва близ д. Федотово.

*Горечавка легочная — *Gentiana pneumonanthe* L. (3), отмечалась на лугах в Пучежской части заказника, в 2018 г., повторить находку не удалось.

Подмаренник трехцветковый — *Galium triflorum* Michx., одиночно и небольшими группами растет в еловых и елово-сосновых лесах.

Линнея северная — *Linnaea borealis* L., группами встречается в различных частях заказника, в еловых, сосновых и сосново-березовых зеленомохово-разнотравных лесах.

Адокса мускусная — *Adoxa moschatellina* L., небольшие популяции отмечены в смешанных и мелколиственных лесах в окрестностях с. Зарайское, у д. Клоны.

На территории заказника расположены многие населенные пункты — села, деревни и урочища, поэтому в их окрестностях встречаются различные антропогенные экотопы: много залежей, зарастающих молодыми лесами, сельскохозяйственных земель, сорно-рудеральных местообитаний, дорог. Поэтому во флоре отмечено более 60 адвентивных видов. В лесах встречаются *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Aronia mitschurinii* A. K. Skvortsov & Maitul., *Malus domestica* Borkh., *Prunus spinosa* L., *Sambucus racemosa* L. и др. По залежам и вдоль дорог распространяются *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl, *Festuca arundinacea* Schreb., *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Phalacrolooma septentrionale* (Fernald & Wiegand) Tzvelev, *Solidago canadensis* L. и др. По берегам водоемов, в оврагах часто отмечаются группы кипреев (*Epilobium adenocaulon* Hausskn., *E. Pseudorubescens* A. Suvortz), *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Bidens frondosa* L. и др. Эти виды относятся к инвазионным для Верхневолжского региона [Тремасова и др., 2013].

Среди редких заносных растений в заказнике на придорожной луговине у д. Хахалиха были найдены группы *Lathyrus tuberosus* L. — вида, который известен только из нескольких пунктов Ивановской области [Борисова, 2007], а также небольшая популяция *Chaerophyllum aureum* L., который впервые обнаружен в области в 2016 г. [Борисова и др., 2017].

Таким образом, флора заказника «Затеихинский» богата и разнообразна, в ее составе отмечены более 30 редких видов растений флоры Ивановской области, среди которых 10 видов включено в региональную Красную книгу (2010), 28 видов относится к редким растениям флоры Ивановской области, которые занесены в Дополнительный список сосудистых растений, нуждающихся в постоянном контроле [приложение к Красной книге Ивановской области].

На территории заказника рекомендовано выделить 2 участка-резервата, которые отличаются высоким биологическим разнообразием и участием редких видов. Это болото Марищинское, расположенное в долине р. Добрица, в 2 км восточнее д. Марищи. Площадь этого участка составляет 24,5 га. Здесь отмечен

131 вид сосудистых растений из 5 отделов, 6 классов, 50 семейств и 96 родов, в том числе популяции более 10 редких видов растений.

Второй резерват — овраг Лужинский, который находится в 0,5 км восточнее д. Лужинки. Данная территория представляет значительный геологический и ботанический интерес, отличаясь уникальностью ландшафта и специфичными растительными сообществами. Небольшая речка Зубиха (левый приток Полнатки) с быстрым течением, чистой, прозрачной водой и многочисленными родниками размывает материнские породы, образуя глубокий длинный овраг. Во флоре данного участка отмечено более 80 видов сосудистых растений из 4 отделов, 5 классов, 34 семейств и 50 родов. Площадь данного участка составляет 5,6 га. Эта территория интересна и в историческом аспекте, у Лужинского оврага в 1612 г. проходили бойцы ополчения Минина и Пожарского, о чем свидетельствует специально установленный знак.

Утверждение положения о государственном природном заказнике «Затеихинский» с определенными границами и режима охраны позволяют сохранить биологическое разнообразие и обеспечить условия для восстановления коренных лесов Пучежского и Лухского районов. Особая охрана участков-резерватов со своеобразными ландшафтами обеспечит сохранение местообитаний редких видов растений и животных. За состоянием популяций обнаруженных редких видов растений, а также динамикой расселения инвазивных видов в заказнике необходимо организовать мониторинг.

Литература

- Борисова Е. А. 2007. Адвентивная флора Ивановской области. Иваново: Иван. гос. ун-т. 188 с. Борисова Е. А., Курганов А. А., Шилов М. П. 2017. Находки новых и редких видов сосудистых растений в Ивановской области // Бот. журн. Т. 102, № 11. С. 1563–1570. Красная книга Ивановской области. 2010. Т. 2: Растения и грибы / Е. А. Борисова, М. А. Голубева, М. П. Шилов и др.; под ред. В. А. Исаева. Иваново: ИПК ПресСто. 192 с. Курганов А. А., Степанова П. Г., Кузнецова Ю. В. 2017. Характеристика флоры заказника «Затеихинский» // Борисовский сборник. Вып. 8 / отв. ред. В. В. Возилов. Иваново: Изд. дом «Референт». С. 285–289. Трмасова Н. А., Борисова Е. А., Борисова М. А. 2013. Сравнительный анализ инвазивных компонентов флор пяти областей Верхневолжского региона // Ярославский педагогический вестник. Т. 3, № 4. С. 171–177.

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ *IRIS SIBIRICA* L.

НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. КИРОВА

Ю. О. Бушуева¹, Н. Ю. Егорова², Т. Л. Егوشي^{1,2}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров, Россия,

² Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова, Киров, Россия, etl@inbox.ru

Одной из основных задач сохранения биоразнообразия является инвентаризация и мониторинг состояния популяций редких и нуждающихся в охране видов растений. В связи с этим, целью настоящей работы явилось изучение фитоценотической приуроченности и некоторых демографических параметров популяций редкого и нуждающегося на территории Кировской области в постоянном контроле и наблюдении вида — *Iris sibirica* L. [Красная книга..., 2014].

Ирис сибирский — *Iris sibirica* L. (семейство *Iridaceae* Juss.) — многолетнее корневищное растение, образующее плотную дерновину, введен в культуру [Декоративные травянистые растения..., 1977]. Вид используется в народной медицине и ароматерапии [Дикорастущие полезные растения..., 2001; Базарнова и др., 2016].

Фитоценотическая приуроченность и некоторые демографические параметры популяций *I. sibirica* изучались в ходе комплексного флористического обследования ООПТ правобережной поймы р. Вятка в окрестностях г. Кирова: «Озеро Черное у дер. Малая Субботиха», «Озеро Черное у пос. Коминтерновский», «Озеро Холуново», «Озеро Кривуль», «Заречный парк» [Бушуева и др., 2016; Егорова и др., 2016; Бушуева и др., 2017; Егорова и др., 2018]. Для оценки фитоценотической приуроченности ценопопуляций исследуемого вида использовались традиционные геоботанические методы [Миркин, Наумова, 1998; Методы изучения..., 2002], геоботанические описания сообществ выполнялись на площадках 100 м². Названия растений приведены по С. К. Черепанову (1995).

На территории ООПТ «Заречный парк» *I. sibirica* обнаружен в составе пойменного заливного высоко-травно-злакового лугового сообщества, в формировании которого принимают участие такие виды как *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Lathyrus pratensis* L., *Vicia cracca* L., *V. sepium* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Sonchus arvensis* L., *Agrostis gigantea* Roth, *Sedum acre* L., *Angelica archangelica* L., *Veronica spicata* L., *Plantago major* L., *Trifolium repens* L., *T. medium* L., *Taraxacum officinale* F. H. Wigg., *Dactylis glomerata* L., *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Alopecurus pratensis* L., *Achillea millefolium* L., *Galium boreale* L., *G. alium mollugo* L., *Sonchus arvensis* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Scleranthus annuus* L., *Senecio jacobaea* L., *Coccyganthe flos-cuculi* (L.) Fourr., *Allium angulosum* L., *Potentilla goldbachii* Rupr., *P. argentea* L., *Carex vulpina* L., *C. aquatilis* Wahlenb. Численность популяции *I. sibirica* составила 335 особей.

ООПТ «Озеро Холуново» и «Озеро Черное у пос. Коминтерновский» характеризуются значительным зарастанием пойменных луговых сообществ кустарниковой растительностью. Единичные экземпляры вида (менее 10) были зафиксированы на границе между дубово-липовым насаждением по берегу озер Холуново и Черное и пойменным разнотравно-злаковым луговым фитоценозом. Совместно с исследуемым видом отмечено произрастание следующих видов: *Rosa majalis* Herzm., *Sorbus aucuparia* L., *Malus domestica* Borkh., *Phleum pratense* L., *Bromopsis inermis*, *Prunella vulgaris* L., *Vicia sepium*, *V. cracca*, *Galium mollugo*, *G. boreale*, *Equisetum arvense* L., *Stellaria graminea* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Leucanthemum vulgare*, *Trifolium medium*, *T. repens*, *Alopecurus pratensis*, *Achillea millefolium*, *Sonchus arvensis*, *Hypericum maculatum* Crantz., *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, *Lathyrus pratensis*, *Plantago major*, *Taraxacum officinale*, *Ranunculus acris* L., *Dactylis glomerata*, *Lysimachia vulgaris* L., *Carex acuta* L., *Adenophora lilifolia* (L.) A. DC., *Tanacetum vulgare* L., *Agrostis gigantea*, *Brachypodium pinnatum* (L.) see Palisot, *Sedum acre*, *Angelica archangelica*, *Veronica spicata*.

Достаточно многочисленный популяционный локус *I. sibirica* (193 особи) исследован на территории ООПТ «Озеро Кривуль» в пойменном веяниково-разнотравном луговом сообществе. В состав рассматриваемого фитоценоза входят такие виды как *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Centaurea phrygia* L., *Lysimachia nummularia* L., *Veronica spicata*, *Dianthus superbis* L., *D. deltoides* L., *Geranium pratense* L., *Vicia cracca*, *Lythrum salicaria* L., *Dactylis glomerata*, *Angelica archangelica*, *Solidago virgaurea* L., *Trifolium pratense* L., *T. medium*, *Bromopsis inermis*, *Urtica dioica* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Tussilago farfara* L., *Poa pratensis* L., *Leucanthemum vulgare*, *Galium boreale*, *Carex vulpina*, *Prunella vulgaris*, *Phleum pratense*, *Achillea millefolium*, *Rumex acetosa* L.

Таким образом, проведенное исследование позволило установить следующее: *I. sibirica* образует многочисленные популяционные локусы в условиях пойменных луговых сообществ — 200 и более особей при отсутствии зарастания видами древесно-кустарниковой растительности и сохранении сенокосения. На территории ООПТ «Озеро Холуново» и «Озеро Черное у пос. Коминтерновский» наблюдается повсеместное распространение по заливным лугам кустарников, что, вероятно, способствовало смещению произрастания исследуемого вида в экотонную зону и формированию здесь малочисленных локусов. В связи с этим, в качестве лимитирующего фактора для *I. sibirica* можно выделить смену типа землепользования: отсутствие сенокосения и прекращение использования сельскохозяйственными предприятиями пойменных луговых сообществ в кормопроизводстве.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0766-2014-0002 «Разработка системы мониторинга биологических ресурсов охотничьего хозяйства для совершенствования методов их сохранения и рационального использования» (этап 18.1; пункт Программы ФНИ 18) Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства.

Литература

- Базарнова Н. Г., Ильичёва Т. Н., Тихомирова Л. И., Синицына А. А. 2016. Скрининг химического состава и биологической активности *Iris sibirica* L. сорт Cambridge // Химия растительного сырья. № 3. С. 49–57. Бушуева Ю. О., Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. 2016. Материалы к флоре сосудистых растений правобережной поймы реки Вятка на примере ООПТ «Озеро Чёрное у д. Малая Субботиха» // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) (г. Тобольск, 10–11 ноября 2016 г.). Тобольск: ООО Принт-Экспресс. С. 34–37. Бушуева Ю. О., Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. 2017. Сообщество макрофитов ООПТ «Озеро Черное у дер. Малая Субботиха» // Материалы XIV международной студенческой научной конференции: сборник научных трудов. Часть 1. Агрономические, биологические, ветеринарные науки. С. 108. Декоративные травянистые растения для открытого грунта СССР. 1977. М.: Наука. Т. 1. 330 с. Дикорастущие полезные растения России. 2001. СПб.: Изд-во СПХФА. 664 с. Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л., Сулейманова В. Н. 2016. Некоторые особенности флоры бассейна реки Вятка на примере ООПТ «Озеро Черное» // Вестник Пермского Университета. Серия Биология. Вып. 3. С. 205–209. Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н., Егошина Т. Л. 2018. Растительный покров особо охраняемых природных территорий поймы реки Вятка // Самарский научный вестник. Т. 7. № 2. С. 31–36. Красная книга Кировской области. 2014. Киров. 336 с. Методы изучения лесных сообществ. 2002. СПб. 240 с. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. 1998. Наука о растительности (история и состояние основных концепций). Уфа. 413 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОРЫ ЭКОТОННОЙ ПОЛОСЫ ПОБЕРЕЖИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Н. А. Волкова, Н. М. Новикова

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, natalyvolkova@gmail.com

Натурные данные получены в период полевых работ авторов в 2004–2013 гг. на побережьях Краснодарского, Цимлянского, Пролетарского и Веселовского водохранилищ на юге европейской части России. Учитывая расположение исследованных искусственных водоемов в разных подзонах степной зоны, выявленные особенности флоры побережий можно рассматривать как эколого-географические (зонально-региональные).

Современная флора побережий Краснодарского, Цимлянского, Веселовского и Пролетарского водохранилищ, находящаяся в зоне их прямого (заливания) и косвенного (подтопление) влияния, включает 253 вида. Наиболее многочисленными являются семейства *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Chenopodiaceae*,

Lamiaceae, включающие 131 вид или 67,6 % флористического списка. Пять ведущих родов *Artemisia*, *Plantago*, *Polygonum*, *Galium*, *Chenopodium* включают 29 видов или 17 % флористического списка.

Исходя из представленности лидирующих семейств, рассматриваемая флора побережий водохранилищ имеет общие черты с флорами дельт рек степной зоны (Волги, Дона, Кубани) и зональной флорой. Эти семейства являются типичными для Древнего Средиземноморья. На первое место, как правило, во всех флорах (и на каждом рассмотренном водохранилище в т. ч.) выходит семейство *Asteraceae*. Особенно, рассматриваемой флоры побережий искусственных водоемов является высокое видовое богатство семейства *Chenopodiaceae*, что связано с засолением поверхностных и подземных вод, почв и общей ксерофитизацией флор на юге степной области, усиливающейся в результате антропогенного воздействия.

Сходство видового состава растительности водохранилищ между собой довольно низкое и изменяется от 20 до 40 %. Наиболее близки по флоре друг другу Веселовское и Пролетарское водохранилища. Флора побережий Краснодарского водохранилища наиболее сильно отличается от других.

В биоморфологическом спектре рассматриваемой флоры преобладают травянистые многолетники (136 видов, табл. 1), количество древесных и кустарниковых видов относительно невелико (10 и 5 видов соответственно). Представленность видов разных жизненных форм на побережье водохранилищ также отражает сочетание зональных и биотопических условий побережий искусственных водоемов: количество древесных видов сокращается к югу, а кустарники в зоне влияния на Веселовском и Пролетарском водохранилищах не отмечены, а на Краснодарском водохранилище отсутствуют полукустарнички, характерные для прочих водохранилищ. Среди многолетних трав существенная доля принадлежит корневищным и стержнекорневым видам, что свойственно растениям луговых ценозов. Однолетние виды, как правило, представлены сорными растениями. Их большее разнообразие отмечено на Цимлянском и Веселовском водохранилищах и свидетельствуют о синантропизации.

Таблица 1

Биоморфологическая структура флоры побережий водоемов

Характеристика	Общая	Водохранилище, количество видов/процент от общего числа			
		Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Древесные виды	10/4	6/8	8/5	4/4	1/1
Кустарники	6/29	5/7	4/3	Нет	Нет
Полукустарнички	7/328	нет	3/2	3/3	6/6
Многолетние травянистые	136/54	45/59	77/52	58/53	66/64
Двулетние	23/9	3/4	9/6	13/12	12/12
Однолетние	70/28	16/21	46/31	31/28	18/17
Лианы	1/0	1/1	нет	нет	нет

Экологическая структура флоры. Экологические типы видов растений, в первую очередь, рассмотрены по отношению к увлажнению, являющемуся основным дифференцирующим фактором (табл. 2) на побережьях субаридного региона. Доминирующие мезофитная (189 видов) и ксерофитная (34) группы отражают зональные особенности флоры побережий искусственных водоемов. Гигрофиты представлены небольшим числом видов (22), гелофитов соответственно меньше 5 видов. Галофиты — характерная экологическая группа растений для аридных районов. Близкое залегание к поверхности грунтовых вод на побережьях и засоление почв определяют их присутствие в заметном количестве. В большинстве своем это — представители семейства *Chenopodiaceae*. Соответственно, их меньше всего на Краснодарском водохранилище (4 вида) и более всего (14) — на Пролетарском.

Таблица 2

Экологическая структура флоры побережий водоемов

Характеристика	Общая	Водохранилище, количество видов, % от общего числа			
		Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Гелофиты	5/2	3/4	0	2/2	0
Гигрофиты	25/10	20/26	9/6	3/3	4/4
Мезофиты	189/75	49/64	120/82	89/82	76/74
Ксерофиты	34/13	4/5	18/12	15/14	23/22
Галофиты	22/9	4/5	11/7	9/8	14/14

Эколого-фитоценотическая структура отражает формирование и развитие флоры в связи с ландшафтно-экологической структурой побережий. Анализ эколого-фитоценологических особенностей флоры позволяет выделить шесть фитоценогрупп: степную, лесную, луговую, сорную, прибрежную и водную (табл. 3).

Степная фитоценогруппа представлена 113 (45 %) видами и содержит 4 фитоценоэлемента, среди которых собственно степной, и три переходных — лесостепной, лугово-степной и пустынно-степной. Степной фитоценоэлемент представлен 46 (18 %) видами и занимает доминирующее положение. Наиболее часто среди видов, относящихся к этому фитоценоэлементу встречаются *Salvianatans* L., *Galatellavillosa* (L.) Reischenb. Лугово-степной фитоценоэлемент представлен 41 (16 %) видом и занимает содоминирующее положение. Наиболее часто среди видов, относящихся к этому фитоценоэлементу встречаются *Bromopsis inermis* (Leys) Holub., *Poa angustifolia* L., *Phleum phleoides* (L.) Karst.

Таблица 3

Эколого-фитоценотическая структура флоры побережий водоемов

Фитоценогруппы	Общая	Водохранилище, число видов и % от суммы видов			
		Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Степная	113/45	21/28	60/41	55/50	60/58
Лесная	8/3	4/5	4/3	4/4	2/2
Луговая	52/21	15/20	34/23	19/17	16/16
Сорная	37/15	7/9	26/18	21/19	14/16
Прибрежная	40/16	27/36	23/16	9/8	11/11
Водная	3/1	2/3	0	1/	0

Лесная фитоценогруппа малочисленна и представлена одним ценоэлементом, в который входят древесные и многолетние травянистые виды, такие, как *Melica nutans* L., *Rubus caesius* L., *Verbascum thapsus* L.

Луговая фитоценогруппа по числу составляющих ее видов в половину меньше степной. Она представлена 52 видами (21 %).

Сорная фитоценоценогруппа представлена относительно небольшим числом — 37 (15 %) видов. Она имеет два фитоценоэлемента: сорный и сорно-рудеральный. Растения этой группы заселяют нарушенные участки, с образованием однодоминантных сообществ. Но возможен и другой вариант: в годы с отклонением условий водного режима от среднесезонных они могут заселяться и в ненарушенное растительное сообщество с умеренной нагрузкой, и аспектироваться в течение года или двух. Среди этих видов наиболее характерны *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Xanthium strumarium* L., а также адвентивные виды, такие, как *Lactuca serriola* L., *Hordeum vulgare* L., *Acroptilon repens* (L.) DC. Сюда мы относим, согласно определению, данному в монографии А. Я. Григорьевской и др. (2004, с. 26), «...гетерогенную по происхождению и гетерохронную по времени проникновения группу видов в составе региональной флоры, которая формируется в результате трансконтинентальных, трансзональных и межзональных миграций, осуществляющихся благодаря прямому или косвенному воздействию человека». Большую опасность среди них представляют аллергенные растения. Наиболее часто встречается *Ambrosia artemisiifolia* L. Эти виды расселяются с помощью воды по побережьям водоемов, а на освобождающихся после сработки водохранилища участках суши, лишенных растительности могут образовывать практически одновидовые заросли на десятках и сотнях квадратных километров, как это отмечается на южном побережье Краснодарского водохранилища. В списке флоры побережий числится 16 (6 %) адвентивных растений.

Повышенный процент адвентизации флоры побережий водохранилищ указывает на ее молодой возраст, продолжающийся процесс ее формирования и сильную деградацию биотопов. Прибрежная и водная фитоценогруппы играют важную роль в сложении растительного покрова прибрежной и водной полосы водоемов. Наиболее часто встречаются: *Agrostis stolonifera* L., *A. tenuis* Sibth., *Phalaroides arundinaceae* (L.) Raush., *Trifolium pretense* L. и многие другие.

Несмотря на большую гетерогенность флоры побережий, она по своей структуре в главных чертах близка зональной, но несет черты большей гидро- и галофильности.

Литература

Григорьевская А. Я., Стародубцева Е. А., Хлызова Н. Ю., Агафонов В. А. 2004. Адвентивная флора Воронежской области. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та. 320 с.

БИОТОПИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ ОСТРОВА ВАЛААМ

Б. Г. Гаериллов, Е. С. Посохова

Московский государственный институт международных отношений (университет)
Министерства иностранных дел Российской Федерации, Москва, Россия
perkabg1@gmail.com

В настоящее время активно используется, так называемый метод локальных фаун, позволяющий постепенно накапливать данные о видовом составе отдельных групп организмов в различных районах. В дальнейшем, информация, полученная в подобных исследованиях, может быть использована при составлении обзорных работ по более крупным регионам и при сравнении биоразнообразия различных территорий.

В этом ключе исследование таких регионов северной части России, как Республика Карелия и Мурманская область, является интересным, в связи с недостатком данных, по сравнению с приграничной Финляндией. Острова Валаамского архипелага вызывают интерес, как в связи с их географической изолированностью, так и в связи с относительно южным расположением.

Состав фауны булавоусых чешуекрылых Валаама является относительно исследованным. Работа В. В. Горбача 2011 года достаточно полно иллюстрирует фауну дневных бабочек на момент исследования. В ней представлено 28 видов из шести семейств [Горбач, 2011]. Тем не менее, в связи с тем, что исследования проводились авторами в конце июля, часть видов, фенологически более ранних, могла быть упущена автором. Поэтому дальнейшее изучение фауны острова является актуальным.

Полевые исследования проводились в рамках прохождения практики от Московского государственного института международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации (МГИМО (У) МИД России) в составе экспедиции Клуба юных зоологов (КЮЗ) СПб ГУП «Зоопарк» на остров Валаам с 4 по 10 июля 2018 года.

Исследования проводились маршрутным методом, учитывались все встреченные по пути виды булавоусых чешуекрылых; по возможности проводилась прижизненная фотофиксация отдельных экземпляров. Была обследована центральная, северная, западная и южная часть острова. Далее нами было выделено четыре основных типа биотопов: сухие ягельники в прибрежной зоне и на редирах в сосняках, разнотравные сухие луга центральной части острова, увлажненные луга, редины и поляны в ельниках. Незначительная часть центра острова занята агроценозами, представленными картофельными и горчичными полями, сенокосами.

Наиболее типичными биотопами острова являлись ягельники, распространенные вдоль большей части побережья архипелага, а также на редирах и полянах в сосняках. Они занимают участки с тонким слоем почвы, где деревья либо отсутствуют, либо произрастают в незначительном количестве и представлены, как правило, сосной обыкновенной. В нижнем ярусе растительность представлена, в основном, различными вересковыми (вереск обыкновенный — *Calluna vulgaris* (L.) Hull, толокнянка обыкновенная — *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., брусника обыкновенная — *Vaccinium vitis-idaea* L., черника миртолистная — *Vaccinium myrtillus* L.), тимьяном (*Thymus* L.) и злаковыми.

Сходными по составу фауны были и сухие луга в центральной части острова. Ключевым отличием был увеличенный слой почвы, дающий возможность произрастать более разнообразному набору растительности, в том числе купене (*Polygonatum* Mill.), герани (*Geranium* L.), некоторым орхидным.

Влажные луга были исследованы в центральной части острова, вблизи оз. Лещевое, а также вблизи его проток к озеру Сисьярви. Здесь произрастает значительный по высоте злаково-осоковый травостой, с примесью таволги (*Filipendula* Mill.). Нередка герань.

Крайне обеднен видовой состав булавоусых чешуекрылых разреженных участков елового леса, в нижних ярусах которого, вследствие сниженной инсоляции, преобладают сциофиты, такие как кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.) и страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.).

Список видов, обнаруженных в каждом из вышеперечисленных биотопов, представлен в таблице.

Основные типы исследуемых биотопов: 1. Ягельники в прибрежной полосе и в сосняках. 2. Сухие, закрытые от ветров, луга. 3. Влажные луга. 4. Редины в еловом лесу. 5. Сельскохозяйственные угодья.

Частота обнаружения вида: + единично; ++ часто; +++ массово.

Семь видов зафиксировано нами для фауны острова впервые: *Carterocephalus palaemon*, *Leptidea sinapis*, *Antrocharis cardamines*, *Polyommatus amandus*, *Limnitis populi*, *Brenthis ino*, *Pararge aegeria* [Горбач, 2011]. Далее приводится дополнительная информация по каждому из них.

C. palaemon отмечен в одном экземпляре, кормящимся на цветах вдоль дороги, проходящей вблизи залива Дивная бухта.

Единственная самка *A. cardamines*, вылетевшая, по всей видимости, не менее недели назад, была отмечена 7 июля во время обследования того же биотопа, что и у предыдущего вида.

Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых

Вид	1	2	3	4	5
<i>Pyrgus alveus</i> (Hubner, 1803)	++	–	–	–	–
<i>Ochlodes sylvanus</i> (Esper, 1778)	++	++	–	–	–
<i>Carterocephalus palaemon</i> (Pallas, 1771)	–	+	–	–	–
<i>Leptidea</i> (Billberg, 1820) sp.	–	+	–	+	–
<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1758)	–	+	–	–	–
<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	++
<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	+++
<i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus, 1761)	+	–	–	–	–
<i>Plebejus optilete</i> (Knoch, 1781)	++	++	–	–	+
<i>Plebejus idas</i> (Linnaeus, 1761)	+++	+++	–	–	–
<i>Aricia artaxerxes</i> (Fabricius, 1793)	++	+++	++	–	–
<i>Cyaniris semiargus</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	–	–	–
<i>Polyommatus amandus</i> (Schneider, 1792)	+	+	–	–	–
<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)	+	–	–	–	–
<i>Limenitis populi</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	–	–	–
<i>Brenthis ino</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	++	–	–
<i>Boloria selene</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	++	++	+	–	–
<i>Fabriciana niobe</i> (Linnaeus, 1758)	++	–	–	–	–
<i>Speyeria aglaja</i> (Linnaeus, 1758)	+	++	+	–	–
<i>Melitaea athalia</i> (Rottemburg, 1775)	++	++	–	–	–
<i>Aphantopus hyperantus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	–	–	–
<i>Coenonympha pamphilus</i> (Linnaeus, 1758)	++	+	–	–	–
<i>Coenonympha glycerion</i> (Borkhausen, 1788)	+	–	–	–	–
<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	++	–
<i>Lasiommata maera</i> (Linnaeus, 1758)	++	+++	++	–	–

P. amandus достаточно широко распространенный на Валааме вид. Нами отмечен в различных местах района Чёрный нос, в центральной части острова, вблизи поселка, на различных сухих лугах. Встречается не единично.

L. populi зафиксирован в единичном экземпляре, сидящим на камне на берегу залива Золотая бухта. Сообщается также о наблюдении этой крупной нимфалиды в районе Тростяной бухты в 2013 году.

B. ino — обитатель влажных лугов с присутствием таволги в центральной части острова. Нами обнаружена небольшая популяция на поле у поворота к Владимирскому мосту.

Наиболее интересной представляется находка *P. aegeria*, вида, находящегося в Южной Карелии на северной границе своего распространения [Львовский, Моргун, 2007]. Нередко встречается на редицах в еловых лесах северной части острова. Нами достоверно зафиксирован в районе г. Чёрный Нос и вдоль тропы в направлении золотой бухты. Бабочки плавно перелетают в нижнем ярусе леса, присаживаются на кустарники. В этих станциях встречаются совместно лишь с беляночками (*Leptidea* sp.). Различие двух видов-двойников этого рода в полевых условиях представляется нам невозможным, в связи с отсутствием надежных внешних определительных признаков.

Во время проведения исследований также зафиксировано 3 вида, внесенных в Красную Книгу Республики Карелия: *Pyrgus alveus*, *Lycaena phlaeas*, *Fabriciana niobe*. Все три бабочки встречены нами в сухих ягельниках восточного побережья острова. При этом, *L. phlaeas* зафиксирован лишь в единичном экземпляре, в районе Мельничной бухты.

Таким образом, суммарное количество видов, зафиксированных когда-либо на Валаамском архипелаге, составляет 38. Тем не менее, дальнейшее изучение его представляется интересным, в связи с тем, что значительное количество островов архипелага не было покрыто исследованиями. Присутствие кормовых растений редких южнокарельских голубянок оставляет надежду на дальнейшее обнаружение небольших популяций в будущем.

Автор искренне благодарит руководство КЮЗ Ленинградского зоопарка и лично Е. В. Агафонову за оказанную возможность принять участие в данной экспедиции и всех членов кружка за помощь в проведении наблюдений. Также благодарность выражается Д. В. Моргуну за неоценимую помощь в подготовке к экспедиции, обработке материала и оперативную информационную поддержку. Благодарность коллективу кафедры международных комплексных проблем природопользования и экологии ФПЭК МГИМО.

Литература

Горбач В. В. 2011. К фауне булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) Карелии. Karelia ladogensis: Валаам // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 2 (115). С. 11–13. Горбач В. В. 2016. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Papilionoidea) Карельского региона: I. Аннотированный список Hesperidae, Papilionidae, Pieridae и Lycaenidae // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 4 (157). Горбач В. В. 2016. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Papilionoidea) Карельского региона: II. Аннотированный список Nymphalidae // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 6 (159). С. 57–62. Львовский А. Л., Морзун Д. В. 2007. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М. 443 с. Артемьев А. В. и др. 2007. Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия 3. 368 с.

ВИДОВОЙ СОСТАВ CARABIDAE В НАСАЖДЕНИЯХ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

Т. С. Герасимова, Н. В. Турмухаметова

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, tanyapan95@gmail.ru

Структурные особенности древесных растений разных онтогенетических состояний обуславливают определенное пространственное и временное распределение разных групп организмов-консортов. Семейство Carabidae (жуки) одно из самых многочисленных по количеству видов в отряде Coleoptera. Велика и значима роль жуков: являясь активными составляющими мезофауны, они сдерживают размножение многих видов насекомых-фитофагов и почвенных беспозвоночных [Матвеев, Матвеев, 2006; Анциферов, Полежаева, 2014; Дорогова, Турмухаметова, 2014].

Целью работы является изучение фаунистического состава жуков в лесных и городских насаждениях липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)

Материал был собран в 2016 году в насаждениях *Quercus robur* имматурного (im) и средневозрастного генеративного (g₂) онтогенетических состояний и *Tilia cordata* виргинильного (v) и g₂ состояний. Участок № 1 находится в окрестности дер. Энермучаш Сернурского района Республики Марий Эл, участок № 2 расположен в зоне слабого загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами г. Йошкар-Олы, участок № 3 — в зоне среднего загрязнения среды. На последнем участке материал собирался только со средневозрастных генеративных особей *Tilia cordata*. При сборе насекомых использовались стандартные методы: стряхивание, кошение энтомологическим сачком, захват отдельных особей при визуальном осмотре деревьев, использование стволовых и почвенных ловушек в пристволовой части дерева [Суриков, 2004]. При распределении видов Carabidae по экологическим и географическим группам использовали монографию В. А. Матвеева (2006).

В результате проведенного исследования было обнаружено 114 видов насекомых в насаждениях *Quercus robur* и 97 видов в насаждениях *Tilia cordata*, относящихся к 10 отрядам. Во вторые концентры консорций *Q. robur* и *T. cordata* входят 53 и 35 представителя хищных насекомых, питающихся фитофагами. Из них к семейству Carabidae относятся 16 и 9 хищных видов, соответственно [Пантелеева, Турмухаметова, 2017; Герасимова, Турмухаметова, 2018]. Взрослые жуки большинства видов хищных жуков живут на почве или в его верхних слоях, а некоторые из них приспособлены к лазанию по деревьям. Питаются насекомыми и их личинками [Шарова, 1981].

Обнаруженные Carabidae представлены родами *Pterostichus*, *Poecilus*, *Carabus*, *Ophonus*, *Harpalus*, *Amarra*, *Lebia*, *Cicindela*. По относительному баллу обилия [Песенко, 1982] и численности доминирующее положение занимали представители рода *Pterostichus*. Преобладал вид *Pterostichus melanarius* Illiger. Встречались также единичные и редкие виды такие как: *Cicindela germanica* L., *Carabus arvensis* L., *Ophonus pubescens* Müll. Видовое разнообразие Carabidae выше в условиях лесного фитоценоза Сернурского района. На территории городских экотопов разнообразие видов жуков уменьшается в 2–3 раза. Известно, что герпетобионты чаще чувствительны к изменениям параметров среды обитания [Шиленков, 1982].

В изученных липовых насаждениях большинство видов жуков (66,7%) по биотопической характеристике можно отнести относятся к лесным видам. Также имеются единичные представители луговых, луго-полевых групп. По жизненной форме преобладают подстильно-почвенные зоофаги (44,5%), 33,3% составляют эпигеобионты ходячие, 22,2% — геохортобионты гарпалоидные. По зоогеографической характеристике на долю транспалеарктических полизональных и транспалеарктических неморальных видов приходится по 33,3% видов жуков. Остальные виды относятся к группам западно-палеарктической и европейской.

В ценопопуляциях дуба черешчатого преобладали лесные виды жуков: их оказалось 43,75%. Также встречались представители луго-полевой, луго-полевой, луго-болотной, луговой и луго-степной групп. По жизненной форме доминирующее положение занимают подстильно-почвенные виды (37,5%). Кроме того, встречались эпигеобионты ходячие, геохортобионты гарпалоидные, хортобионты листовые. По зоогеографической характеристике доминировали транспалеарктические полизональные виды жуков (31,25%). Остальные виды относятся к группам транспалеарктической неморальной, европейской, западно-палеарктической, европейско-сибирской, европейско-средиземноморской.

В период наблюдений на территории Сернурского района республики было зафиксировано 604 особи жужелиц. Наибольшая уловистость Carabidae (241,8 экз./100 лов.-сут.) наблюдалась в биотопе произрастания *im* деревьев дуба черешчатого. Наибольшая динамическая плотность здесь отмечалась в начале августа и составляла 96,2 экз./100 лов.-сут. с доминированием *Pterostichus*. В биотопе, где растут *g2* деревья *Quercus robur*, было зафиксировано наименьшее число жужелиц (117 особей). Их динамическая плотность была низкой и составила всего 152,1 экз./100 лов.-суток. Преобладал также *Pterostichus*, где его численность особей изменялась от 3,9 до 50,7 экз. на 100 лов.-суток. Уловистость жужелиц местообитаний, где встречаются *v* и *g2* деревья *T. cordata*, составляла 198,9 экз./100 лов.-сут. и 239,2 экз./100 лов.-суток, соответственно. Различия динамической плотности в разные сроки выемки были значительными, в конце июля — в начале августа уловистость оказалась более высокой (332, 8 экз./100 лов.-сут.) по сравнению с другими сборами. Наблюдалась зависимость уловистости насекомых в разные сроки сбора материала от воздействия абиотических факторов. Снижение динамической плотности наблюдается к началу сентября (22,1 экз./100 лов.-сут.). Это может быть связано с завершением цикла развития и подготовкой насекомых к зимовке [Герасимова, Турмухаметова, 2018].

Таким образом, видовой состав Carabidae разнообразнее в насаждениях *Quercus robur*. Отмечено уменьшение видового разнообразия жужелиц в условиях городских экотопов.

Литература

- Анциферов А. Л., Полежаева А. Ю. 2014. Структура населения почвенных жесткокрылых (Coleoptera) в поймах рек Костромской области // Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. № 3. С. 31–33. Герасимова Т. С., Турмухаметова Н. В. 2018. Видовой состав энтомофагов в консорциях липы сердцевидной и дуба черешчатого // Современные проблемы медицины и естественных наук: сборник статей Всероссийской научной конференции / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. Вып. 7. С. 219–222. Дорогова Ю. А., Турмухаметова Н. В. 2014. Характеристика экологических условий местообитаний и консорций *Tilia cordata* Mill. // Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. № 7. С. 75–79. Матвеев В. А., Матвеев И. В. 2006. Фауна и экология жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Республики Марий Эл: монография / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. 104 с. Пантелева Т. С., Турмухаметова Н. В. 2017. Особенности энтомоконсорций некоторых лиственных деревьев // Современные проблемы медицины и естественных наук: сборник статей Всероссийской научной конференции. Вып. 6. Йошкар-Ола, 24–28 апреля 2017 г. Йошкар-Ола: ООО ИПФ «СТРИНГ». С. 143–145. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 1982. 287 с. Цуриков М. Н. 2004. Гуманные методы исследования беспозвоночных // Запов. справа в Україні. Т. 9, вып. 2. С. 52–57. Шарова И. Х. 1981. Жизненные формы жужелиц. М.: Наука. 293 с. Шилленков В. Г. Методы изучения фауны и экологии жесткокрылых на примере жужелиц (Coleoptera, Carabidae). Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 1982. 32 с.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОЙ МАКРОФАУНЫ НА РЕЧНЫХ ОСТРОВАХ

Т. А. Гордиенко, Р. А. Суходольская, Д. Н. Вавилов

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук, Казань, Россия, ra5suh@rambler.ru

Заполнение в 1957 году Куйбышевского водохранилища вызвало затопление огромных массивов поймы и низких надпойменных террас. Лишь отдельные, наиболее высокие участки суши сохранились в виде островов. Основные нынешние черты острова приобрели в более ранние, предшествовавшие затоплению этапы своего развития, находясь в составе днища долины реки Волги. Учитывая высокую биологическую активность бывшей поймы, а также небольшие расстояния как между самими островами, так и материком, формирование комплекса населяющих их организмов будет иметь некоторые особенности, характерные только для островных территорий водохранилища. Особенности животного и растительного мира островов зависят от способа образования островных территорий. По способу образования острова подразделяются на два типа. К первому типу относятся острова, которые ранее являлись частью материковой суши. В момент своего образования данные острова были заселены живыми организмами. Ко второму типу относятся острова, не имевшие в прошлом связи с материковой сушей. Их образование происходило за счет материковой деятельности, поднятия дна мирового океана и т. п. Формирование животного и растительного мира на них происходило за счет видов — иммигрантов. На островах материкового происхождения наблюдается обеднение видового разнообразия сформировавшегося ранее комплекса видов. На островных территориях второго типа формирование биоты зависит как от расстояния, так и от способности к расселению видов животных и растений. При исследовании комплекса беспозвоночных, населяющих острова необходимо также учитывать распространение и приуроченность к определенным местам обитания. Кроме того, виды, обладающие пониженными миграционными способностями, могут выступать в роли критических звеньев при решении задач, связанных с сохранением определенных типов биоценозов. При использовании беспозвоночных почвенного и напочвенного ярусов для зоодиагностических исследований наиболее предпочтительным является комплекс герпетобионтов. Он может быть учтен без нарушения естественного сложения исследуемого участка и не уступает комплексу геобионтов по диагностической сущности.

Целью настоящей работы была оценка структуры сообществ почвообитающих беспозвоночных (герпетофауны) на островах Казанского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища (55° с. ш. 49° в. д.). Работа проводилась в вегетационный сезон 2018 года. Было обследовано 53 острова. Герпетобионтов отлавливали стандартно ловушками Барбера, которые экспонировались 5 суток. Собранные материалы определяли в лаборатории до группового уровня. Статистическая обработка материала проведена в ПП Excel и Statistica.

Численность герпетобионтов на обследованных островах очень изменчива и может отличаться в разы (рис. 1).

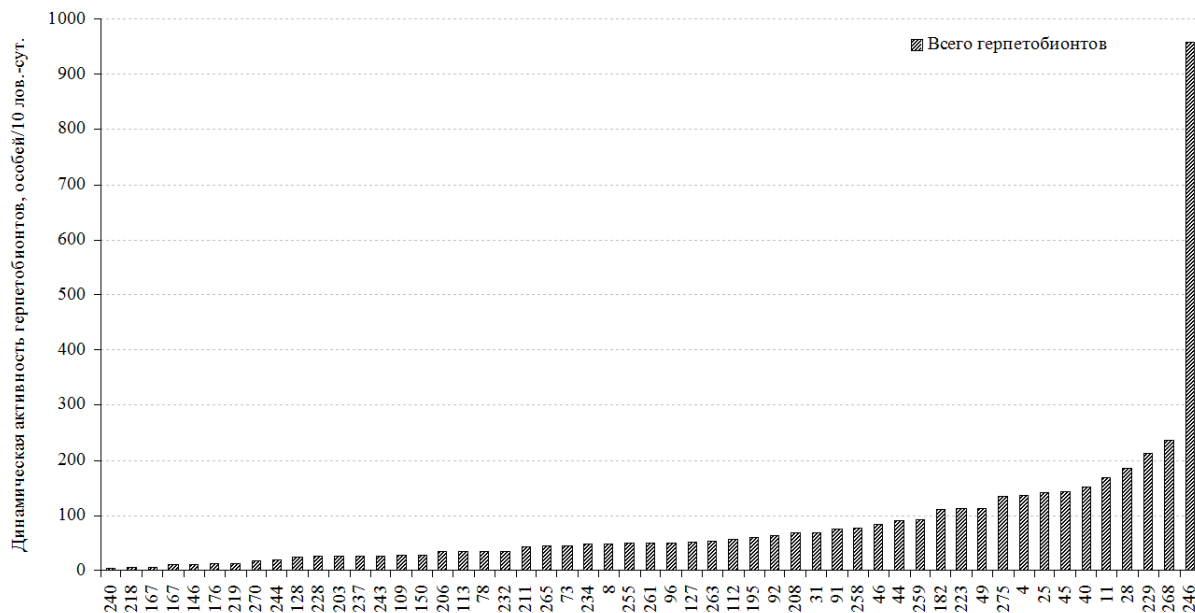


Рис. 1. Численность герпетобионтов на обследованных островах (по абсциссе дана нумерация островов)

В целом по всем обследованным островам материал по групповому составу определился следующим образом (рис. 2).

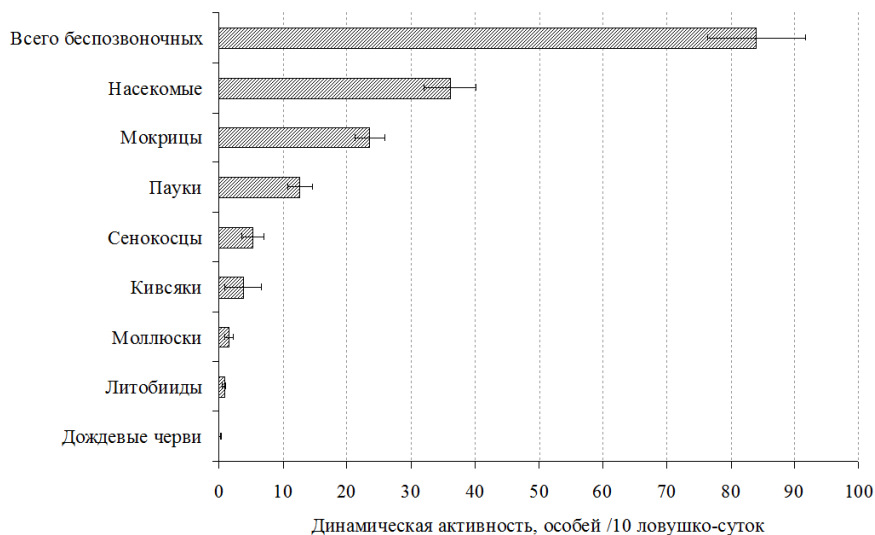


Рис. 2. Групповой состав герпетобионтов на исследованных островах

В трофической структуре преобладают хищники (рис. 3).

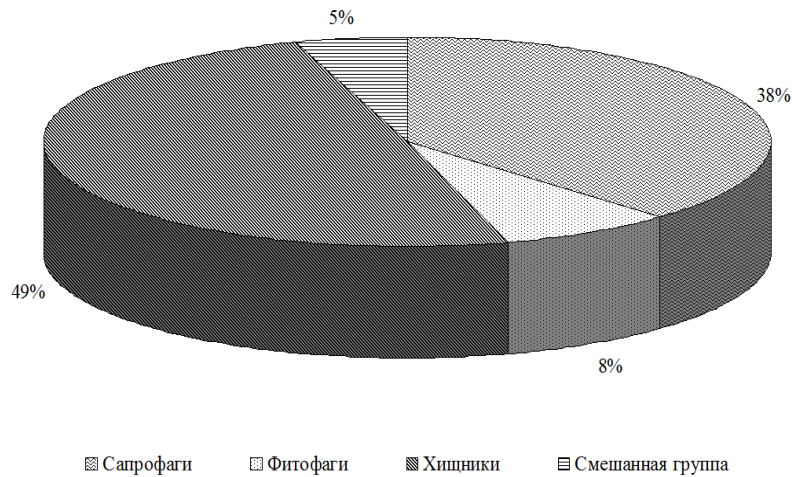


Рис. 3. Трофическая структура герпетобия исследованных островов

Мы выбрали три острова, наиболее отличающиеся по растительности, и провели дискриминантный анализ по группам герпетобионтов. На острове 246 учеты проводили в тополельнике, на 258 — дубовой гриве, 240 — на песчаной косе, заросшей ивняком и облепихой. Результаты показали, что структура сообществ герпетобионтов различается на всех трех островах с высокой степенью значимости (Wilks' Lambda: 0,0079299 approx. $F(20,32) = 16,36742$ $p < 0,0000$) (рис. 4).

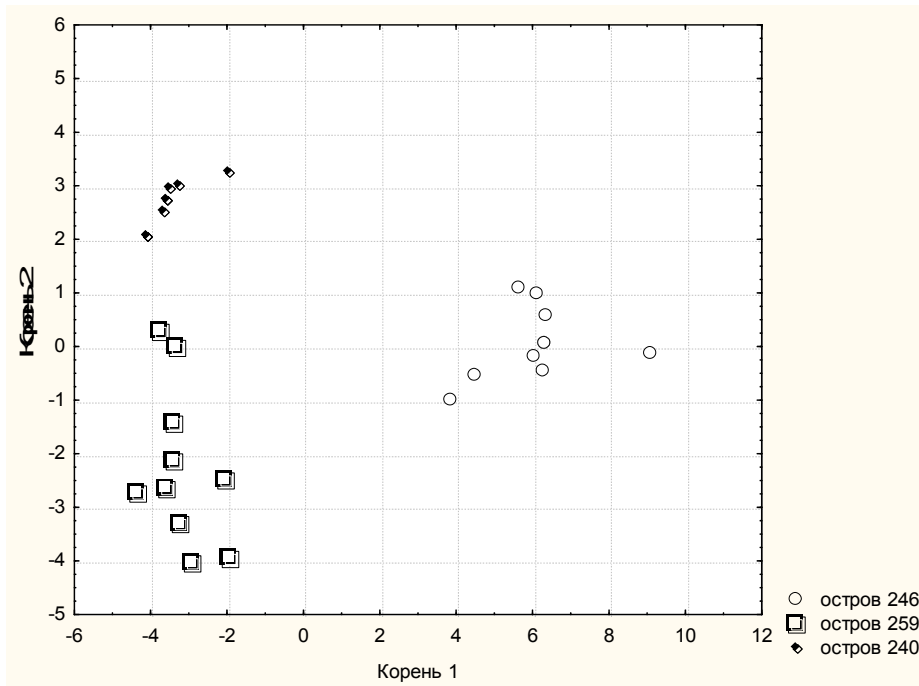


Рис. 4. Положение сообществ герпетобионтов в плоскости двух дискриминантных осей

Полученные результаты позволяют предположить, что структура сообществ герпетобионтов на островах очень своеобразна. Это может иметь несколько объяснений. Исследованные нами острова в большинстве своем материкового происхождения. Однако со времени их образования прошел длительный период времени (более 50 лет). За это время на каждом острове, на наш взгляд, сформировался уникальный тип сообществ герпетобионтов за счет действия как абиотических факторов (площадь острова, поемность), так и факторов биотической природы (растительность, дрейф генов, конкуренция и т. д.). Следует отметить, что работы по оценке биоты островов, образовавшихся после образования Куйбышевского водохранилища, были проведены достаточно давно и посвящались, в основном, растительности и рыбам [Голубева и др., 1990; Закономерности..., 1971; Продуктивность островных..., 1984]. Изучение почвенной фауны островов состоялось в ходе комплексной экспедиции, проведенной в 80-х гг. прошлого века [Экологиче-

ские системы..., 2002]. Представленное сообщение позволит провести сравнительный анализ изменчивости структуры герпетофауны островов за сорокалетний период.

Литература

Голубева И. Д., Папченков В. Г., Шпак Т. Л. 1990. Растительность островов и мелководий Куйбышевского водохранилища. Казань. 81 с. *Закономерности формирования кормовой базы и ихтиофауны Куйбышевского водохранилища 1971* / под ред. В. А. Лукина. Казань. 167 с. *Продуктивность островных и прибрежно-мелководных экосистем Куйбышевского водохранилища 1984* / под ред. Ю. Е. Егорова. Казань. 195 с. *Экологические системы островов Куйбышевского водохранилища. Казанский район переменного подпора*. 2002. Казань: Фэн. 360 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ЦЕНОТИПОВ РАСТЕНИЙ ЗАЛИДОВСКИХ ЛУГОВ РЕКИ УГРЫ В ХОДЕ МОНИТОРИНГА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОДСТОЖИЙ

И. М. Ермакова, Н. С. Сугоркина

Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия, *geranium.08@mail.ru*

Залидовские луга в Дворцовском расширении реки Угры в Калужской области на территории Национального парка «Угра», образованного в 1997 г., мы изучали с 1965 г., почти пол века [Ермакова, Сугоркина, 2016; 2017].

Целью данной статьи стало описание изменения состава ценоципов растений на подстожьях в ходе их восстановления, в сравнении с составом растений смежных участков. Сукцессионные изменения наблюдались при установке стогов на несколько месяцев. После их снятия формировались подстожья, на которых отмечалось отмирание до 50 % видов. Демутация растительности подстожий подразделена нами на 4 периода и длится 4–28 лет. Среди видов природных сообществ отмечены выпадающие при стоговании, переносящие его с ухудшением или улучшением состояния. Часть видов временно прекращала вегетацию, а затем ценопопуляции (ЦП) возобновлялись. Некоторые виды хорошо возобновлялись на освобожденных местах, ЦП некоторых видов и возобновлялись, и хорошо отрастали [Ермакова, Сугоркина, 1993; 2016; 2017].

Раменский Л. Г. (1938) выделил 3 типа растений природных лугов (ценоципы): виоленты (силовики), пациенты (выносливцы), эксплеренты (выполняющие). Виолентность связана с развитой системой листьев и корней, их расположением, обеспечивающим наиболее полное использование ресурсов. Пациентность — способность растений довольствоваться ограниченным количеством ресурсов, а также использовать труднодоступные для других растений ресурсы и быть устойчивыми при экстремальных условиях среды. Эксплерентность — способность занимать места, освобождающиеся в результате нарушения фитоценозов, за счет жизнеспособных семян в почве, быстрого поступления семян извне, эффективного вегетативного размножения.

Работнов Т. А. (1978) разграничил два подхода к выделению фитоценоципов: 1) на основании положения конкретных ценоципических популяций в конкретных фитоценозах и 2) ценообразующая способность вида в целом. При этом он подчеркнул, что все три ценоципа выделяются только у доминантов — видов, способных господствовать в луговых фитоценозах.

Все другие растения, неспособные доминировать — аддиторы (ассектаторы), их большинство. Несмотря на относительно небольшое участие отдельных ассектаторов в сложении сообществ, их суммарная продуктивность во многих фитоценозах значительна. Доминирование видов в фитоценозах «обеспечивается или их виолентностью — способностью наиболее полно использовать подходящие для них условия произрастания, или пациентностью — высокой устойчивостью к неблагоприятной среде, а также эксплерентностью — возможностью быстро реагировать на снижение интенсивности конкурентных отношений. Виолентность, пациентность, эксплерентность — очень важные свойства растений, от которых зависит устойчивость растительного покрова и более полное использование растениями среды [Работнов, 1978]. Большинство растений природных лугов не способны доминировать, но их суммарная продуктивность во многих фитоценозах значительна, на наших лугах 30–70 % [Ермакова, Сугоркина, 2018].

Спектры ценоципов мы сравнили для 10 пар подстожий и 9 смежных участков в годы, пока подстожье выделялось. С 1986–1988 гг. по 1991 г. каждый поставленный стог на лугах хозяйства «Правда» (200 га) получал свой номер и был отмечен на карте. Его основание обмерялось, все последующие годы на его месте проводили описание растительности, пока подстожье можно было найти.

Мы выбрали 10 подстожий, где стога были поставлены однажды, до них и на их подстожья новых стогов не поставили. Их начали описывать на следующий год (1-й период демутации), в крайнем случае на 2-й (2-й период демутации). На этих подстожьях прослежены по годам, периодам демутации и периодам мониторинга изменения состава ценоципов для встреченных видов. Выбранные для мониторинга подстожья расположены в центральной части поймы по 5 на лугах высокого и среднего высотного уровня. На смежных участках высокого уровня ассектаторов было больше, а содоминантов меньше, чем на участках

среднего уровня. Пациентов было больше на смежных участках среднего уровня [Ермакова, Сугоркина, 2018а]. На подстожьях высокого уровня виолентов и пациентов было больше, а эксплерентов меньше, чем на подстожьях среднего уровня.

Самыми распространенными виолентами были сверби́га восточная (*Bunias orientalis*) на 8-ми подстожьях и 8-ми смежных участках и герань луговая (*Geranium pratense*) на 6-ти подстожьях и 6-ти смежных участках (табл. 1). На 3-х подстожьях роль виолента выполнял лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), на 2-х — костёр безостый (*Bromopsis inermis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*). На 4-х смежных участках виолентом был мятлик узколистный (*Poa angustifolia*), на одном — овсяница луговая (*Festuca pratensis*). Список пациентов состоит из 17-ти видов на подстожьях и 23-х видов на смежных участках. Наиболее распространенным пациентом оказалась *Festuca pratensis* — на 10-ти подстожьях и 9-ти смежных участках, тимофеевка луговая (*Phleum pratense*) — на 9-ти подстожьях и 5-ти смежных участках, *Dactylis glomerata* на 6-ти и 8-ми смежных участках. Только на одном подстожье в этой роли были *Bunias orientalis*, молочай полумохнатый (*Euphorbia semivillosa*); на одном смежном участке — звездчатка злаковидная (*Stellaria graminea*), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*); на 2–3 смежных участках — овсяница красная (*Festuca rubra*), подмаренник северный (*G. boreale*), мятлики луговой и обыкновенный (*Poa pratensis* и *P. trivialis*), щавель конский (*Rumex confertus*), кровохлёбка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*). На 1–5-ти подстожьях и смежных участках в роли пациентов были *Bromopsis inermis*, подмаренник мягкий и настоящий (*Galium mollugo* и *G. verum*), будра плющевидная (*Glechoma hederacea*), борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum*), чай луговой (*Lysimachia nummularia*), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*).

Самым длинным был список эксплерентов на подстожьях — 24 вида, на смежных участках — 16. На 9 из 10 подстожий эксплерентами были мятлик обыкновенный и одуванчик лекарственный; на 6-ти — пырей ползучий, будра плющевидная; на 5-ти — купырь лесной, чертополох курчавый (*Carduus crispus*), на 4-х — костёр безостый, борщевик сибирский, мятлик узколистный; на 3-х — сверби́га восточная, вероника дубравная; на 2-х — бутень клубненосный (*Chaerophyllum prescottii*), лютик золотистый (*Ranunculus auricomus*), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), на одном — полевица гигантская (*Agrostis gigantea*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), лисохвост луговой, ежа сборная, чай луговой, мятлик болотный (*Poa palustris*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*), звездчатка злаковидная, горошек заборный (*Vicia sepium*).

На 4-х из 9-ти смежных участков в роли эксплорента выступал одуванчик лекарственный, на 3-х — пырей ползучий, подмаренник настоящий, будра плющевидная, мятлик обыкновенный, погребок малый (*Rhinanthus minor*); на 2-х — костёр безостый; на 1-ом — сверби́га, овсяница луговая, герань луговая, борщевик сибирский, лютики золотистый и ползучий, щавель конский, горошек мышиный (*Vicia cracca*).

Проведен анализ участков и определен набор видов, ЦП которых проявили себя как виоленты, пациенты и эксплеренты (табл. 1). Меньше всего было виолентов, эсплерентов больше всего на подстожьях, пациентов — на смежных участках. Наиболее часто виолентами были сверби́га восточная и герань, пациентами — овсяница луговая, тимофеевка луговая, ежа сборная — чаще на смежных участках, а лисохвост луговой — чаще на подстожьях; эксплерентами на подстожьях — мятлик обыкновенный, одуванчик лекарственный и пырей ползучий, на смежных участках в 50 % одуванчик лекарственный, в 30 % подмаренник настоящий, будра плющевидная, пырей ползучий и погребок малый.

Многие виды выступали в роли разных ценотипов на разных участках, во всех побывали лисохвост, костер, сверби́га, ежа.

После снятия стога растительность подстожья разрежена, есть голые пятна, общее покрытие и высота травостоя низкие, число ярусов меньше, чем на смежном участке. До 50 % видов исчезло, остальные находятся в ослабленном состоянии, не цветут. В 1-й год цветут единичные растения. К концу 1-го года, появляется возобновление, на 2-й год покрытие резко возрастает, травостой становится выше, цветут растения выживших видов (1–2-й периоды демутиации). На 3-й и последующие 3–4 года (3-й период демутиации) зацветают растения внедрившихся видов, подстожья выделяются высотой и яркой окраской травостоя. В 4-ом периоде уменьшаются высота и покрытие травостоя. Внедрившиеся эксплеренты постепенно уступают место обычным растениям луга, которые выжили, восстановились или внедрились вновь. Подстожье постепенно сливается с окружающим травостоем.



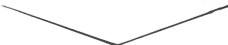
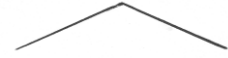



Анализ спектров ценотипов на 10-ти подстожьях по годам и периодам демутиации показал, что нет единой картины изменений. Выделены типы реакций растительности подстожий по периодам демутиации для каждого ценотипа (табл. 2). Для ассектаторов оказалось наиболее характерным снижение числа видов от 1-го к 4-му периоду и снижение в начале с возрастанием к 3–4-му периодам (вместе 60 % случаев). Число виолентов чаще уменьшается (40 + 10 + 20 % в 3–4-м периоде), чем возрастает. Число пациентов на 50 % подстожий возрастает от начала к 4-му периоду и еще на 30 % к 3–4-му периоду. Число эксплерентов на 30 % подстожий уменьшается, а еще на 40 % к концу восстановительного процесса. Это те самые виды — эксплеренты, которые внедрились на освободившиеся места, а теперь уступают место, переходя в разряд ассектаторов или совсем выпадая из травостоя. И только на 20-ти % подстожий число эксплерентов все время возрастало.

Встречаемость видов в %, отнесенных к разным ценотипам,
на 10-ти подстожьях (п) и 9-ти смежных участках (с)

Виды / Цено типы	Виоленты (1)		Пациенты (2)		Эксплеренты (3)	
	п	с	п	с	п	с
Участки мониторинга						
<i>Achillea millefolium</i> L.					10	
<i>Agrostis gigantea</i> Roth					10	
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	30		60	33,3	10	
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.			30	11,1	50	
<i>Bromopsis inermis</i> (Leys.) Holub	20	11,1	20	44,4	40	22,2
<i>Bunias orientalis</i> L.	80	88,9	10		30	11,1
<i>Carduus crispus</i> L.					50	
<i>Chaerophyllum prescottii</i> DC.					20	
<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bess.					20	
<i>Dactylis glomerata</i> L.	20		60	88,9	10	
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski			10	11,1	80	33,3
<i>Euphorbia semivillosa</i> Prokh.			10			
<i>Festuca pratensis</i> Huds.		11,1	100	100		11,1
<i>Festuca rubra</i> L.				33,3		
<i>Galium boreale</i> L.				33,3		
<i>Galium mollugo</i> L.			20	11,1		
<i>Galium verum</i> L.				22,2		33,3
<i>Geranium pratense</i> L.	60	66,7	40	22,2		11,1
<i>Glechoma hederacea</i> L.			10	22,2	60	33,3
<i>Heracleum sibiricum</i> L.			50	33,3	40	11,1
<i>Lysimachia nummularia</i> L.			10	55,6	10	
<i>Phleum pratense</i> L.			90	55,6	20	
<i>Poa angustifolia</i> L.		44,4	20	44,4	40	22,2
<i>Poa palustris</i> L.					10	
<i>Poa pratensis</i> L.			20	22,2		
<i>Poa trivialis</i> L.				22,2	90	33,3
<i>Ranunculus auricomus</i> L.					20	11,1
<i>Ranunculus repens</i> L.					10	11,1
<i>Rhinanthus minor</i> L.						33,3
<i>Rumex confertus</i> Willd.			30	22,2		11,1
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.				22,2		
<i>Stellaria graminea</i> L.				11,1	10	
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.				33,3	90	44,4
<i>Veronica chamaedrys</i> L.				11,1	30	
<i>Vicia cracca</i> L.						11,1
<i>Vicia sepium</i> L.					10	
Число видов	5	5	17	23	24	16

Таким образом, сукцессионные нарушения луговых сообществ при оставлении стогов на длительный срок приводят к отличию динамики растительности подстожий и смежных участков по спектру цено-типов, составу и количеству ЦП видов, относящихся к различным ценотипам. Выделены типы реакций рас-тительности подстожий по периодам демутации для каждого цено типа.

Типы реакций растений разных цено типов по периодам дему тации на подсто жьях

Типы реакций / Цено типы	Номера подсто жий				%			
	8	1	2	3	8	1	2	3
	77	52, 50	4, 3, 172 173, 77	1, 3	10	20	50	20
	1, 2, 3	1, 2, 77, 3	1	52, 77, 21	30	40	10	30
	52, 172, 173		52, 2, 50	4	30	0	30	10
	4, 50	172, 173		2, 50, 172, 173	20	20	0	40
	21				10	0	0	0
		4			0	10	0	0
		21	21		0	10	10	0

Цено типы : 1, 2, 3 см. табл. 1; 8 — ассектаторы.

РФФИ и администрации Калужской области 2002 г. № 01-04-96006; РФФИ и администрации Калужской области 2003 г. № 03-04-96314; РФФИ и администрации Калужской области 2006 г. № 06-04-96302.

Литература

Ермакова И. М., Сугоркина Н. С. 1993. Сукцессионные процессы на пойменных лугах при стоговании // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 98, вып. 5. С. 88–99. *Ермакова И. М., Сугоркина Н. С.* Мониторинг растительности Залидовских лугов Калужской области: монография: в 4 ч. М.: МПГУ, 2016. Ч. 1. 252 с.; Ч. 2. 252 с.; Ч. 3. 240 с.; 2017. Ч. 4. 276 с. *Ермакова И. М., Сугоркина Н. С.* 2018. Цено типы растений Залидовских лугов Калужской области. «Природа и история Поугорья». IX научно-практическая конференция. Калуга. С. 31–33. *Ермакова И. М., Сугоркина Н. С.* 2018а. Динамика спектров цено типов растений Залидовских лугов реки Угры в ходе дему тационных процессов Систематические и флористические исследования Северной Евразии // Материалы II международной конференции (к 90-летию со дня рождения проф. А. Г. Еленевского). М.: МПГУ. Т. 1. С. 202–205. *Работнов Т. А.* 1978. Фитоценология. М.: МГУ. 384 с. *Раменский Л. Г.* 1938. Введение в комплексное геоботаническое исследование земель. М.: МГУ. 620 с.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ И СТРУКТУРНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТРАВЯНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ЛЕСОПАРКОВ Г. ЙОШКАР-ОЛЫ

Л. А. Заболотских, М. В. Бекмансуров

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, *lyba19953@mail.ru*

Луговые сообщества играют большую роль в хозяйственной деятельности, используются под сенокос, выпас рогатого скота, сбор ягод, сбор растений в декоративных или лекарственных целях. При этом хозяйственное использование способствует сохранению лугов и предотвращает их зарастание древесными видами. В лесной зоне луговые фитоценозы занимают незначительную часть растительного покрова, но имеют большое значение в сохранении флористического разнообразия сосудистых растений.

Цель нашей работы — изучить флористический состав, оценить таксономическое и структурное разнообразие исследованных луговых фитоценозов поймы р. Малая Кокшага в пределах лесопарков «Дубовая роща» и «Сосновая роща». Оба лесопарка расположены в черте г. Йошкар-Олы: первый — выше города по течению реки и находится в окружении агроландшафтов, второй — ниже, к нему примыкает массив пригородных лесов. Рядом с Сосновой рощей располагается жилой массив, и этот лесопарк испытывает значительно большую рекреационную нагрузку, чем Дубовая роща.

Исследование проводили в июле 2018 года. В работе использованы метод геоботанических описаний и методы оценки биоразнообразия. Инвентаризационное разнообразие отдельных сообществ (альфа-разнообразие) выражали через видовое богатство (общее число видов в сообществе) и видовую насыщенность (среднее число видов на единицу площади). Структурное разнообразие оценивали по спектрам эколого-ценогических групп сосудистых растений (ЭЦГ). Для оценки дифференцирующего разнообразия использовали качественные и количественные коэффициенты Серенсена [Мегарран, 1992; Оценка и сохранение..., 2000; Восточно-Европейские..., 2004].

Для оценки параметров биоразнообразия выполнены геоботанические описания на пробных площадях, заложенных в луговых фитоценозах лесопарков. Размер пробных площадей (ПП) составлял 400 м². На каждой ПП регулярным способом закладывали по 20 учетных площадок размером 1 м². Характеристики

экологических параметров местообитаний получены фитоиндикационным методом с использованием экологических шкал Д. Н. Цыганова [Цыганов, 1983] и Л. Г. Раменского [Экологическая оценка..., 1956].

Ниже приводятся краткие описания луговых фитоценозов, названия которых даны с использованием доминантного подхода.

Луг Дубовой рощи — *Calamagrostis epigeios-Geranium pratense*. Доминант первого яруса травостоя — вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth). Во втором ярусе преобладает герань луговая (*Geranium pratense* L.). Содоминантами здесь являются василек луговой (*Centaurea jacea* L.), клевер средний (*Trifolium medium* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.).

Луг Сосновой рощи — *Centaurea jacea-Fragaria viridis*. В верхнем ярусе травостоя преобладает василек луговой, в нижнем — земляника зеленая (*Fragaria viridis* (Duchesne) Weston). Также с довольно высоким обилием здесь встречаются тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.) и пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.).

На исследованных лугах произрастают 72 вида сосудистых растений, относящихся к 55 родам из 22 семейств (табл. 1). Тройку лидирующих семейств составляют мятликовые (Poaceae), розовые (Rosaceae), астровые (Asteraceae). Довольно большим количеством видов представлены семейства бобовые (Fabaceae) и лютиковые (Ranunculaceae).

Таблица 1

Флористический состав исследованных лугов

Научное название растений	Обилие по Браун-Бланке		Научное название растений	Обилие по Браун-Бланке	
	Дубовая роща	Сосновая роща		Дубовая роща	Сосновая роща
<i>Achillea millefolium</i> L.	1	1	<i>Leontodon hispidus</i> L.	+	
<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	+	+	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	г	
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.		г	<i>Lycopus europaeus</i> L.	г	
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	+	+	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	+	+
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	+	г	<i>Melilotus albus</i> Medikus		+
<i>Amoria montana</i> (L.) Sojak		+	<i>Phleum pratense</i> L.	г	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	+		<i>Plantago lanceolata</i> L.	г	г
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.)	+	+	<i>Poa pratensis</i> L.	+	+
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	4	2	<i>Potentilla argentea</i> L.		+
<i>Campanula glomerata</i> L.		+	<i>Potentilla goldbachii</i> Rupr.		г
<i>Carex acuta</i> L.	г		<i>Potentilla heptaphylla</i> L.	+	+
<i>Carex muricata</i> L.	1	1	<i>Prunella vulgaris</i> L.	г	
<i>Carex pallescens</i> L.	+		<i>Ranunculus acris</i> L.	г	г
<i>Centaurea jacea</i> L.	1	2	<i>Ranunculus auricomus</i> L.		г
<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	+		<i>Ranunculus cassubicus</i> L.		г
<i>Cichorium intybus</i> L.		г	<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	г	
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1		<i>Rosa majalis</i> Herm.		г
<i>Convolvulus arvensis</i> L.		+	<i>Rumex acetosa</i> L.	г	+
<i>Dactylis glomerata</i> L.	+	+	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	+	
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.		г	<i>Scrophularia nodosa</i> L.	г	
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski		г	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevir.	г	+
<i>Equisetum arvense</i> L.	г		<i>Stellaria graminea</i> L.	г	г
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	+	+	<i>Tanacetum vulgare</i> L.		2
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	г	+	<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg.	+	+
<i>Festuca rubra</i> L.	+	1	<i>Thalictrum minus</i> L.	г	
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	г		<i>Thalictrum simplex</i> L.		+
<i>Fragaria viridis</i> (Duchesne) Weston	1	2	<i>Trifolium medium</i> L.	1	
<i>Galium mollugo</i> L.	1	1	<i>Trifolium pratense</i> L.		1
<i>Galium rubioides</i> L.	+	+	<i>Trollius europaeus</i> L.	г	+
<i>Geranium pratense</i> L.	2	1	<i>Urtica dioica</i> L.	+	
<i>Geum urbanum</i> L.	+	г	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	1	+
<i>Glechoma hederacea</i> L.	+	+	<i>Veronica longifolia</i> L.		г
<i>Hypericum maculatum</i> Crantz	+	+	<i>Vicia cracca</i> L.	г	+
<i>Inula salicina</i> L.		+	<i>Vicia sepium</i> L.		+
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	г	+	<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb.	г	
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	+		<i>Viola canina</i> L.	г	г

Из таблицы 1 видно, что на обоих лугах преобладает *Calamagrostis epigeios*, однако, в Дубовой роще его обилие в 2 раза выше, чем в Сосновой роще. Также здесь выше обилие таких видов растений как *Cirsium arvense*, *Geranium pratense*, *Trifolium medium*, *Veronica chamaedrys*. В Сосновой роще выше обилие у *Centaurea jacea*, *Festuca rubra*, *Fragaria viridis*, *Tanacetum vulgare*, *Trifolium pratense*.

В каждом из исследованных фитоценозов произрастает по 53 вида сосудистых растений. Незначительно различалась и видовая насыщенность: в Сосновой роще 16,3 вида на 1 м², в Дубовой роще — 15,2. При этом флористический состав сравниваемых лугов достаточно обособлен. Величина качественного коэффициента сходства Серенсена составляет 0,64, а количественного — 0,51.

Исследованные сообщества образуют виды, относящиеся к 10 эколого-ценотическим группам сосудистых растений (табл. 2), среди которых абсолютным доминантом является виды свежих лугов (MFr). За ними следуют опушечные виды (ExEd), что обусловлено расположением данных лугов в окружении лесных фитоценозов.

Таблица 2

Спектр эколого-ценотических групп сосудистых растений исследуемых лугов

Фитоценозы	Шкалы									
	Al*	BrH	ExEd	Kov	MDr	MFr	Nm	Nt	Pn	Wt
Луг Дубовая роща	1	1	8	2	1	32	2	4	1	1
Луг Сосновая роща	1		9	3	2	30	3	2	2	1

Примечание. * ЭЦГ: MFr — свежелуговая; MDr — сухолуговая; ExEd — неморально опушечная; Nt — нитрофильная; Nm — неморальная; Al — аллювиальная; Pn — боровая; Kov — луговостепная; BrH — бореально опушечная высокотравная; Wt — прибрежно-водная.

Результаты обработки флористических списков геоботанических описаний по шкалам Д. Н. Цыганова и Л. Г. Раменского приведены в табл. 3. Почвы обоих лугов слабокислые, характеризуются сухолесолуговым слабопеременным увлажнением, довольно богатые элементами минерального питания (за исключением азота). Шкала пастбищной дигрессии показала слабое влияние выпаса (сенокосную стадию) в Дубовой роще и умеренное влияние выпаса (полупастбищную стадию) в Сосновой роще. Следует отметить, что в настоящее время лишь в Дубовой роще осуществляется выпас мелкого рогатого скота, сенокосение осуществляется не регулярно. Очевидно, что более высокая степень «пастбищной дигрессии» на лугу Сосновой рощи обусловлена наибольшей рекреационной нагрузкой.

Таблица 3

Характеристика исследуемых луговых сообществ по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова и Л. Г. Раменского

Фитоценозы	Шкалы						
	Hd*	Tr	Nt	Rc	fH	PD	A
Луг Дубовая роща	11,96	7,51	5,94	6,97	5,96	4,38	2,00
Луг Сосновая роща	11,68	7,78	5,81	7,45	6,15	3,50	2,00

Примечание. * Шкалы: Hd — увлажнения почв; Tr — солевого режима; Nt — богатства почв азотом; Rc — кислотности почв; fH — переменности увлажнения; PD — пастбищной дигрессии; A — аллювиальности.

Таким образом, несмотря на схожесть экологических параметров исследованных лугов, наблюдаемые различия в их флористическом составе и обилии видов связаны с антропогенными факторами, такими как рекреационная нагрузка, регулярность сенокосения и выпаса.

Литература

Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир. 184 с. Оценка и сохранения биоразнообразия лесного покрова в заповедниках европейской России. 2000. М.: Научный мир. 196 с. Восточноевропейские леса: История в голоцене и современность. 2004. В 2 кн. Кн. 1 / отв. ред. О. В. Смирнова. М.: Наука. 479 с. Цыганов Д. Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. 197 с. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. 1956 / Л. Г. Раменский, И. А. Паценкин, О. Н. Чижиков и др. М.: Сельхозгиз. 472 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ РАСТЕНИЙ ПРИ ЗАРАСТАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ

Е. С. Закамская

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, *zakamskay@mail.ru*

В настоящее время, по ряду причин, сельскохозяйственные земли выводятся из севооборота. Согласно нормативным документам, «земельный участок, который ранее использовался под пашню и более 1 года... не используется под посевы сельскохозяйственных культур и не подготовлен под пар», относится к залежам. Согласно Государственного доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 году площадь залежных земель в России составляет 4923,6 тыс. га [Государственный..., 2017]. По данным ряда авторов этот показатель гораздо больше, площадь заброшенных не возделываемых участков варьирует от 13 до 48 млн га [Орлова, 2015; Китов и др., 2016].

Для выполнения работы мы использовали метод закладки пробных площадей. Исследования проводились в июле 2007, 2008 гг. в Медведевском районе Республики Марий Эл на территории садового товарищества «Маяк». Ранее на территории, которая в дальнейшем была отведена под садоводческое товарищество, произрастал елово-березовый с липой лес. После вырубки и раскорчевки леса почва возделывалась под посадку картофеля в течение 10–15 лет. Для изучения демутиационных процессов, происходящих на залежных землях были выбраны рядом расположенные участки размером 400 м², которые не возделывались в течение 1 года, 2, 3 лет. В ходе работ на пробных площадях определялось флористическое разнообразие. Жизненные формы растений определялись по классификации И. Г. Серебрякова (1962), которая «отражает экологическое соответствие тех или иных форм условиям среды» [Тиходеева, Лебедева, 2015].

Если рассматривать изменения, которые происходят на заброшенных пашнях, то в разных географических зонах происходящие в этих экосистемах будут иметь сходные черты, а именно: преобладание на начальных этапах рудеральной растительности и последовательная смена жизненных форм — однолетние и двулетние растения → стержнекорневых многолетников → корневищные → рыхлодерновинные злаки [Чибрик, Елькин, 1991]. В наших исследованиях было установлено, что через год после прекращения использования пашни встречаются растения, относящиеся к 7 различным жизненным формам (табл.). Чаще всего встречаются (имеют большое обилие и встречаемость) растения, относящиеся к стержнекорневым однолетникам и малолетникам. Их доля составляет 35,3 %. Большой процент от всех видов приходится на стержнекорневые корнеотпрысковые поликарпики — 23,5 %. Меньше всего кистекокорневых короткорневищных поликарпиков — 5,9 %. Если посмотреть на соотношение однолетних и многолетних растений, то оно составляет 6:11. Это возможно, связано с тем, что исследования проводились не в первый год прекращения использования пашни, а на следующий. И часть однолетних растений была вытеснена более конкурентоспособными видами.

На залежах через два года после использования увеличивается число ценопопуляций, входящих в состав сообщества, но число жизненных форм почти не меняется. Нами определены растения, относящиеся к 9 жизненным формам (табл.).

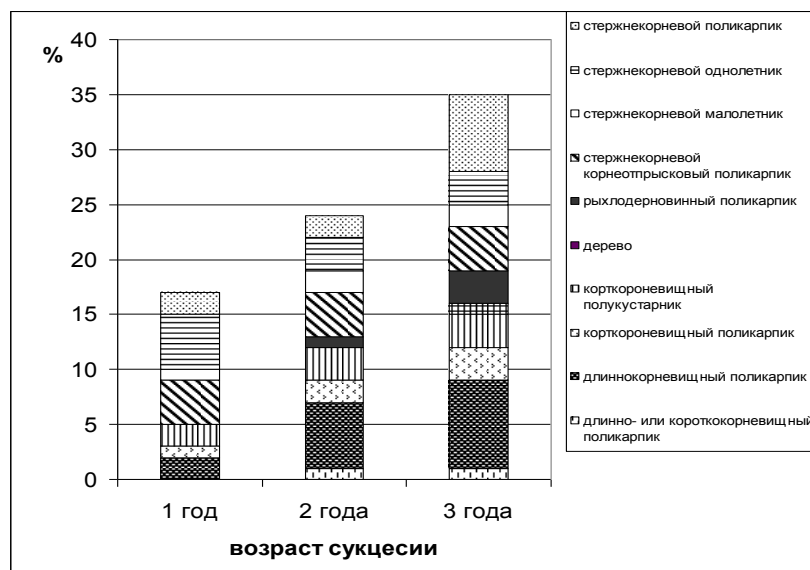
Анализ биоморфного состава данного сообщества показал, что, по сравнению с предыдущим ценозом, уменьшается доля однолетних и малолетних растений с 35 до 20 %. Максимальное обилие и встречаемость имеют длиннокорневищные и стержнекорневые корнеотпрысковые поликарпики (их доля соответственно 24 и 16 %).

При дальнейшем развитии сукцессионного процесса значительных изменений в количестве жизненных форм не происходит. Появляются деревья (береза повислая), которые имеют семенное происхождение. Увеличивается обилие и встречаемость рыхлодерновинных злаков. Тем не менее, больше всего видов растений, входящих в состав данного сообщества являются длиннокорневищными поликарпиками и стержнекорневыми поликарпиками (25 и 22 % соответственно). Доля однолетних и малолетних растений продолжает сокращаться и составляет 15 %.

Анализ жизненных форм растений, входящих в состав фитоценозов, находящихся на разных сроках восстановительных процессов позволяет нам заключить следующее: в ходе сукцессии увеличивается разнообразие биоморф с 8 на залежи 1 года до 11 на залежи 3 лет, изменяется доля растений, относящихся к той или иной жизненной форме. В ходе сукцессии уменьшается доля однолетних и малолетних растений и увеличивается длиннокорневищных, стержнекорневых, а затем и рыхлодерновинных видов (рис.) что подтверждает данные, полученные в ряде других исследований [Горчаковский, 1979; Панкратова, Ганнибал, 2009; Параневич, Кирик, 2017].

Биоморфный состав залежей

Вид	Жизненная форма по И. Г. Серебрякову (1962)	Проект. покр., %		
		1 год	2 года	3 года
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	одностовольное или многоствольное порослеобразующее дерево			<1
Бодяк полевой <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop	стержнекорневой корнеотпрысковый поликарпик	20		10
Валериана лекарственная <i>Valeriana officinalis</i> L.	корtkорневищный кистеко­рневой поликарпик			<1
Вейник наземный <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	рыхлодерновинный поликарпик		10	30
Горец птичий <i>Polygonum aviculare</i> L.	стержнекорневой однолетник	1		
Горошек лесной <i>Vicia sylvatica</i> L	стержнекорневой поликарпик		1	1
Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	стержнекорневой поликарпик		1	1
Ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i> L.	рыхлодерновинный поликарпик			20
Кипрей волосистый <i>Epilobium hirsutum</i> L.	стержнекорневой корнеотпрысковый поликарпик	5		
Кипрей узколистый <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	длиннокорневищный поликарпик		60	20
Клевер золотистый <i>Trifolium aurea</i> (Pollich) Greene	стержнекорневой малолетник		5	<1
Клевер луговой <i>Trifolium pratense</i> L.	стержнекорневой поликарпик	1	5	5
Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	длиннокорневищный поликарпик		5	5
Латук татарский <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C. A. Mey.	стержнекорневой корнеотпрысковый поликарпик		5	
Льнянка обыкновенная <i>Linaria vulgaris</i> Mill	стержнекорневой корнеотпрысковый поликарпик	1		1
Марь белая <i>Chenopodium album</i> L.	стержнекорневой однолетник	50	20	10
Мать-и-мачеха <i>Tussilago farfara</i> L.	длиннокорневищный поликарпик		1	5
Мелко­лепестник канадский <i>Erigeron canadensis</i> L.	стержнекорневой однолетник	10	1	1
Мятлик луговой <i>Poa pratensis</i> L.	длиннокорневищный поликарпик			5
Одуванчик лекарственный <i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg	стержнекорневой корнеотпрысковый поликарпик		1	1
Осот полевой <i>Sonchus arvensis</i> L.	стержнекорневой корнеотпрысковый поликарпик	10	10	10
Пижма обыкновенная <i>Tanacetum vulgare</i> L.	корtkорневищный полукустарник		10	15
Пикульник красивый <i>Galeopsis speciosa</i> Mill.	стержнекорневой однолетник	1		
Подорожник большой <i>Plantago major</i> L	корtkорневищный кистеко­рневой поликарпик	1	5	1
Полевица тонкая <i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	рыхлодерновинный поликарпик			15
Полынь горькая <i>Artemisia absinthium</i> L.	корtkорневищный полукустарник	1	10	5
Полынь обыкновенная <i>Artemisia vulgaris</i> L.	корtkорневищный полукустарник	20	1	10
Ромашка непахучая <i>Matricaria inodora</i> L.	стержнекорневой однолетник	1	1	10
Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria</i> L.	длиннокорневищный поликарпик	1	1	<1
Сушеница лесная <i>Gnaphalium sylvaticum</i> L.	корtkорневищный поликарпик		1	<1
Тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i> L.	длинно- или коротко­корневищный поликарпик		5	5
Хвощ луговой <i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	длиннокорневищный поликарпик		1	1
Чина луговая <i>Lathyrus pratensis</i> L	длиннокорневищный поликарпик	1	1	10
Чистотел большой <i>Chelidonium majus</i> L.	стержнекорневой малолетник	7	1	1
Щавель конский <i>Rumex confertus</i> Willd.	стержнекорневой поликарпик	1		<1
Яснотка крапчатая <i>Lamium maculatum</i> (L.) L.	длиннокорневищный поликарпик			<1



Биоморфный состав залежей

Литература

- Горчаковский П. Л. 1979. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли // Бот. журн. Т. 64, № 12. С. 1697–1714. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 2016 год. 2017. М. С. 34. Китов М. В., Григорьева О. И., Цапков А. Н. 2016 О результатах оценки площади залежных земель в Белгородской области // Степной бюллетень. № 46. С. 29–35. Орлова О. И. 2015. Борьба за землю: восстановление залежных земель // КНЖ. № 2 (11). С. 130–133. Панкратова Л. А., Ганнибал Б. К. 2009. Восстановительные сукцессии травяных сообществ в ландшафтах южной лесостепи (Воронежская область, музей-заповедник «Дивногорье») // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. № 2. С. 92–95. Парахневич Т. М., Кирик А. И. 2017. Структура и динамика растительного покрова на разновозрастных залежах // Вестник ОрелГАУ. № 4 (67). С. 43–50. Себрежиков И. Г. 1962. Экологическая морфология растений. М.: Высш. шк. 378 с. Чибрик Т. С., Елькин Ю. А. 1991. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация). Свердловск: Изд-во Уральского ун-та. 220 с. Тиходева М. Ю., Лебедева В. Х. 2015. Практическая геоботаника (анализ состава растительных сообществ): учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 166 с.

ПРИРОДА БИОЛОГИЧЕСКОГО ТАКСОНА В РАМКАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЯХ

Р. М. Зелеев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, zeleewy@rambler.ru

Понятие «биологический таксон» — одно из ключевых в науке о биологическом разнообразии, но стоящий за ним биологический смысл до сих пор остается недостаточно ясным, что делает таксономические построения в значительной степени умозрительными и субъективными. В обширной литературе, связанной с рассмотрением природы биологического таксона [Васильев, Васильева, 2009; Васильева, 2002, 2007; Воронцов, 2004; Гриценко и др., 1983; Завадский, 1968; Захаров, 2005; Любарский, 2011; Любищев, 1982; Майр, 1974; Мейен, 1978; Павлинов, 2009; Павлов, 2000; Поздняков, 2009; Расницын, 1990, 1992; Симпсон, 1948; Старобогатов, 1985; Чайковский, 2008; Черных, 1986; Шаталкин, 1996 и мн. др.], представлен предельно широкий спектр мнений по этому вопросу. В частности, нет единства во взглядах даже на сам факт и возможность вариантов реальности биологического таксона. На практике он чаще всего воспринимается как данность, а его ранг носит конвенциональный характер [Михайлов, 1995; Чайковский, 2008].

Нами [Зелеев, 2012; 2015] предпринята попытка рассмотрения природы биологического таксона, принимаемого за особый вариант биосистем, на основании представлений о функциональных модулях, что позволяет связать биологический таксон с другими вариантами биосистем и рационализировать представления об их взаимных переходах. Биосистема нами понимается как уровень организации системы, на котором интегрируют и определяют ее специфику факторы, создающие и поддерживающие биогенный круговорот (БиК) вещества (остальные проявления биосистемы являются производными от БиК). Этот уровень организации представляет собой результат усложнения предшествующих по сложности, физико-химических систем (предположительный вариант биопоэза на Земле), но он также может быть получен деградацией более сложных социальных систем, когда связи элементов определяют закономерности биологической, а не социальной природы. В качестве вариантов биосистем, наряду с биологическим таксоном, можно выделить следующие: *организм* — наиболее интегрированный и дискретный, и поэтому очевидный вариант биосистемы; *популяция*, возникающая при взаимодействии генетически родственных

организмов; *экосистема*, формирующаяся при взаимодействии неродственных организмов в конкретных абиотических условиях. Еще один вариант биосистемы — *Биосфера* — является результатом интеграции всех актуальных форм организмов, популяций и экосистем. В совокупности всех свойств она несводима к трем упомянутым вариантам биосистем.

Природа и взаимные переходы биосистем удовлетворительно могут быть описаны в рамках представлений о трех функциональных модулях — исторически складывающихся комплексах структур и функций, выполняющих, соответственно, метаболические, репродуктивные и локомоторные функции. Исходным для биосистемы является метаболический модуль. Он дает саму возможность существования биосистемы в непрерывном потоке вещества и энергии — БиК, и включает, наряду с трофикой, все проявления биосистемы, непосредственно направленные на поддержание БиК: экскреция, газообмен, запасание и мобилизация питательных веществ, а также механизмы их регуляции во времени — биоритмы, анабиоз, фотопериодизм и т. п. Деятельность этого модуля провоцирует возникновение двух других модулей, в итоге повышающих его надежность.

В благоприятных условиях среды (при избытке ресурсов) термодинамически выгоден и поэтому детерминирован размерный рост организма, что с некоторых критических величин делает организм несоответствующим окружающим условиям в силу известного масштабного эффекта. В исходное адаптированное состояние биосистема (например, организм) может вернуться делением пополам (его механизмы для разных вариантов и уровней организации биосистем, как правило, различны). Следовательно, стремление биосистем стабилизировать метаболическую функцию при избытке ресурсов приводит к формированию дополнительной серии адаптаций, объединяемую понятием *репродуктивный модуль*. Его элементы: митоз-мейоз, размножение бесполое или половое, гермафродитизм и раздельнополость, разные формы участия в уходе за потомством и др., представимы как крайние точки отдельных рефренов [Мейен, 1978], а вместе формируют единый и нелинейный рефрен, сопоставимый по сложности с метаболическим модулем.

При ухудшении условий среды организм переходит к анабиозу (проявления метаболического модуля), или формирует *локомоторный модуль*, позволяющий сменить неподходящую и метаболически-отработанную среду — либо ее фильтрацией, либо собственной подвижностью. Этот модуль, в явном виде свойственный лишь подвижным животным, кроме опорно-двигательной системы, включает нервную систему и органы чувств. Перемещение биосистемы вдоль оси локомоторного модуля отражает процесс ее морфофункционального усложнения в целом. Три упомянутых функциональных модуля — необходимое и достаточное условие выполнения всех жизненно необходимых отправлений биосистемы, а все ее известные функции могут быть сведены к какому-либо модулю.

Взаимные переходы биосистем удобно иллюстрировать в рамках представлений о функциональных модулях — на примере организма. Его поведение в условиях избытка ресурсов, как известно, включает максимальную реализацию его репродуктивного потенциала, так что численность данного типа организмов растет в геометрической прогрессии (приводя к уменьшению имевшегося избытка ресурсов и новому равновесию в ценозе). С достижением некоторой пороговой в данных условиях величины, совокупность организмов неизбежно порождает специфическую систему отношений между ними. Благодаря этому повышается суммарная эффективность использования имеющегося ресурса, а вся сумма родственных организмов воспринимается как иной вариант биосистемы — популяция. Далее она способна интегрироваться еще больше, перерастая в сверхорганизм, а его элементами становятся прежние особи. Моделью этого процесса, может быть возникновение многоклеточного организма из первоначально недифференцированной колонии отдельных клеток. Указанный процесс протекает благодаря участию репродуктивного модуля.

Метаболический модуль трансформирует организм иначе: он приводит к образованию ценозов, являющихся ведущей структурой экосистемы. Это возможно благодаря разнообразным взаимодействиям неродственных организмов, причем тем вероятнее, чем менее организмы функционально сходны между собой. Это делает их БиК более полным, а итогом интеграции организмов по оси метаболического модуля является симбиотический сверхорганизм. Оба указанных модуля, в процессе формирования организма более высокого структурно-размерного ранга, «включают» третий — локомоторный модуль, как указывалось ранее, служащий для преодоления неблагоприятных условий. Он отражает общий уровень сложности возникающего организма. Если проявления этого модуля (в более благоприятных условиях) не столь заметны, из первичного взаимодействия неродственных организмов симбиотический сверхорганизм не возникает, и первичный ценоз лишь расширяет границы, превращаясь в экосистему более крупного ранга (путь, ведущий к интегральной Биосфере как варианту биосистемы). Аналогичным образом, популяция, в благоприятных условиях не превращающаяся в сверхорганизм, а лишь пространственно расширяется и перерастает в систему взаимодействующих популяций, становясь минимальным биологическим таксоном — видом, способным по мере старения далее повышать свой таксономический ранг. Таким образом, биологический таксон, как вариант биосистем, связан с остальными вариантами через репродуктивный модуль [Зелеев, 2015], поскольку популяция, продукт взаимодействия генетически близких организмов, является еще и минимальной воспроизводящей частью вида.

Особенность биологического таксона как биосистемы, в отличие от организма, популяции и экосистемы — в том, что его системообразующие факторы метаболической (ценотической) природы, связаны не с актуальной, а с прошедшей ситуацией, с эпохой становления данного таксона как биосистемы с присущим ему синдромом признаков, отражающим специфику среды, к которой адаптировался данный таксон. Поэтому анализ специфики синдрома его признаков может быть инструментом реконструкции особенностей условий эпохи, в которой данный таксон возник. Биологический таксон, сохраняя типологическое сходство с другими вариантами биосистем (организм, популяция, экосистема, биосфера), обладает и сходной судьбой, проходя определенные стадии своего становления как системы, развития и последующего «старения» и распада, что проявляется в специфике его таксономической структуры [Черных, 1986], как отражения его возрастных и палеоэкологических особенностей.

Изучение биосистем, как частного случая систем вообще, предполагает выделение таких понятий, как «компонент», «элемент» и «подсистема». Принципиальные различия между ними в литературе не всегда должным образом выражены или отсутствуют вовсе [Алексеев, Панин, 2005; Берталанфи, 1969; Заварзин, 2009 и др.]. Но особенности генезиса и функционирования биосистем позволяют сделать эти различия более значимыми и принципиальными. Элемент, как и подсистема — это часть системы, но в отличие от нее, он участвует в генезисе системы, хотя может существовать и независимо, как система более низкого ранга. Иначе говоря, система состоит из элементов, образующих ее в ходе интеграции, а подсистемы формируются в ходе, прежде всего, дифференциации — изначально сходных (при данном способе рассмотрения) элементов. Понятие «компонент», как семантически нейтральное, удобно использовать в случаях, когда нет уверенности, к какой из ранее упомянутых категорий данный объект можно отнести. Кроме того, использование понятия «подсистема» для вторично формируемых структур в пределах биосистемы (например, системы органов и тканей внутри организма) делает допустимым рассмотрение категории «надсистема», к которой можно отнести такие варианты биосистем как популяция и экосистема, также функционально вторичные и поэтому, как ранее упомянуто, менее интегрированные в сравнении с организмом. В таком случае, в биологическом таксоне также можно выделить подобные категории. Подсистемами в рамках таксона будут вторично возникающие варианты, вроде рас в пределах вида, а надсистемами — структуры, возникающие при ценотическом взаимодействии близкородственных таксонов, например, рода и другие, более высокие таксономические ранги [Черных, 1986]. Вся совокупность этих вторичных процессов в таксоне отражается в его структуре, образуя ее специфические в каждом случае варианты, которые также могут быть инструментом реконструкции филогенеза таксона и сопутствующих ему условий среды.

В связи с предполагаемой природой ранга биологического таксона, важно подчеркнуть очевидную зависимость, способную помочь лучше понять эту проблему: по мере возрастания ранга таксона закономерно снижается размерность формы его системы. Если для родо-видового урона свойственна форма многомерной матрицы с множеством проявлений гомологических рядов, то уровню отрядов и классов больше соответствует привычная иерархия, являющаяся результатом снижения размерности (вырождение) параметрической системы, а рангу классов и типов — линейная форма системы, размерность которой равна единице [Любищев, 1982]. В случае последующего «обнуления» размерности системы реликтового (как правило, уже монотипического) таксона, мы фактически имеем дело с его вымиранием, аналогичным гибели особи [Зелеев, 2012; 2015]. Таким образом, по аналогии с организмом, также склонным к старению и неизбежной гибели, можно связать рост ранга таксона, сопровождающийся возрастанием корреляции его признаков и снижением размерности описывающей системы — с возрастными изменениями, которые, в том числе, и в силу различий в складывающихся внешних обстоятельствах, могут существенно отличаться у разных таксонов. Поэтому, как и у организмов, у биологических таксонов разница между их абсолютным и биологическим возрастом может быть весьма существенной.

Изоморфизм основных свойств разных вариантов биосистем позволяет предположить возможность путей усложнения биологического таксона по аналогии с организмом. Так, согласно сложившимся сегодня представлениям о путях усложнения организмов [Иванов, 1968; Маргелис, 1993], выделяют варианты возникновения многоклеточности благодаря репродуктивному модулю — в результате незавершенного размножения (через состояние колонии), или из родственных, но одиночных клеток после их свободноживущего состояния, а также через метаболический модуль с образованием симбиотического организма. Оба варианта приобретения сложности могут также быть обратимыми, порождая вторично одноклеточные формы, известные среди ряда ныне описанных форм простейших. Кроме того, нельзя исключать возможность варианта усложнения организма благодаря вмешательству локомоторного модуля без участия репродуктивного и метаболического модулей (модель — идея целлюляризации по Хаджи). Все это разнообразие трансформаций организма, по-видимому, может быть применимо и к биологическому таксону, как варианту биосистемы. Такой подход может быть важным для выявления еще неизвестных или иначе сегодня понимаемых вариантов биологического таксона, но он требует тщательного анализа имеющихся данных и верификации получаемых выводов.

Предположительно, природа биологического таксона и его ранга связана в большей степени со свойствами времени, а не пространства, как у других рассмотренных вариантов биосистем. Ныне в Биосфере,

по-видимому, отсутствуют силы, интегрирующие объекты, объединяемые нами в один таксон определенного ранга, но можно предположить, что таковыми были когда-то системные взаимодействия, аналогичные тем, что интегрируют сегодняшние популяции в реальных ценогических связях. В отличие от остальных вариантов биосистем (назовем их «актуальными» вариантами), биологический таксон формально не соответствует указанному ранее основному критерию биосистем — наличию специфического БиК, интегрирующего биосистему в структуру Биосферы. Но наличие очевидной и специфической структуры, характерной для каждого валидного биологического таксона является отражением существовавших когда-то круговоротов, породивших таксоны соответствующего ранга. Известно достаточно выраженное разнообразие качественных состояний таксонов: «хорошие», переходные, становящиеся, распадающиеся, *incertae sedis*, и т. д. [Васильева, 2002; Павлинов, 2009; Расницын, 1992; Старобогатов, 1985; Черных, 1986 и др.], что предполагает специфические для каждого из таких состояний особенности внутренней структуры, ключевые свойства, историю становления и закономерности дальнейших трансформаций. По-видимому, возможны и другие состояния таксонов, например, до- или вневидовые формы жизни, но их выявление и исследование невозможно без решения концептуальных вопросов о природе биологического таксона, чему способствует предлагаемый нами подход.

Литература

- Алексеев П. В., Панин А. В. 2005. Философия: учеб. 3-е изд. М.: Проспект. 608 с. Берталанфи Л. 1969. Общая теория систем: критический обзор. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс. 520 с. Васильев А. Г., Васильева И. А. 2009. Гомологическая изменчивость морфологических структур и эпигенетическая дивергенция таксонов: основы популяционной мерономии. М.: КМК. 511 с. Васильева Л. Н. 2002. Кризис проблемы вида: причины и следствия // Эволюционная биология. Томск. Т. 2. С. 31–50. Васильева Л. Н. 2007. Иерархия Линнея и «экстенциональное мышление» // Сборник трудов Зоологического музея МГУ (Линнеевский сборник). М.: Изд-во МГУ. Т. 48. С. 183–212. Воронцов Н. Н. 2004. Развитие эволюционных идей в биологии. М.: КМК. 266 с. Гриценко В. В., Креславский А. Г., Михеев А. В., Северцов А. С., Соломатин В. М. 1983. Концепции вида и симпатрическое видообразование. М.: Изд-во МГУ. 193 с. Завадский К. М. 1968. Вид и видообразование. Л.: Наука. 404 с. Заварзин Г. А. 2009. Противоречивость осознания природы естествоиспытателем // Философия науки. Вып. 14: Онтология науки. М.: ИФ РАН. С. 25–42. Захаров Б. П. 2005. Трансформационная типологическая систематика. М.: КМК. 164 с. Зелеев Р. М. 2012. Вариант биологической аксиоматики и его возможности в описании биоразнообразия // Ученые записки Казанского университета. Т. 154. Сер. Естественные науки. Кн. 2. С. 8–25. Зелеев Р. М. 2015. Параметрическая систематика и природа биологического таксона // Современные проблемы эволюции и экологии: сборник материалов международной конференции. XXIX Люблинские чтения. Ульяновск: УлГПУ. С. 27–34. Иванов А. В. 1968. Происхождение многоклеточных животных. Л.: Наука. 288 с. Любарский Г. Ю. 2011. Рамочная концепция для теории биологического разнообразия // Зоологические исследования. № 10. М.: Изд-во МГУ. С. 5–44. Любичев А. А. 1982. Проблемы формы систематики и эволюции организмов: сборник статей. М.: Наука. 278 с. Майр Э. 1974. Популяции, виды и эволюция. М.: Мир. 462 с. Маргелис Л. 1983. Роль симбиоза в эволюции клетки. М.: Мир. 352 с. Мейен С. В. 1978. Основные аспекты типологии организмов // Журн. общей биологии. Т. 39, № 4. С. 495–508. Михайлов К. Г. 1995. Типология и практическая систематика // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Вторые Люблинские чтения. Тольятти: Интер-Волга. С. 40–46. Павлинов И. Я. 2009. Проблема вида в биологии — еще один взгляд // Тр. ЗИН РАН. Приложение № 1. С. 250–271. Павлов В. Я. 2000. Периодическая система членистых. М.: ВНИРО. 186 с. Поздняков А. А. 2009. О целостности высших таксонов // Современные проблемы эволюции: сборник докладов. XXIII Люблинские чтения. Ульяновск: УлГПУ. С. 58–67. Расницын А. П. 1990. Проблема ранга в таксономии // Систематика и филогения беспозвоночных. Критерии выделения высших таксонов. М.: Наука. С. 5–10. Расницын А. П. 1992. Принципы номенклатуры и природа таксона // Журн. общей биологии. Т. 53, № 3. С. 307–313. Симпсон Д. Г. 1948. Темпы и формы эволюции. М.: Изд-во иностр. лит. 348 с. Старобогатов Я. И. 1985. Проблема видообразования. М.: ВИНТИ. 92 с. Чайковский Ю. В. 2008. Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни. М.: КМК. 726 с. Черных В. В. 1986. Проблема целостности высших таксонов. М.: Наука. 144 с. Шаталкин А. И. 1996. Категория «царства» в системе организмов // Успехи современной биологии. Т. 116, вып. 1. С. 5–19.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРУ И ПОДГОТОВКЕ ДАННЫХ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ МОДЕЛИ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА CAMPUS-S

Е. В. Зубкова, П. В. Фролов, С. С. Быховец

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия
elenazubkova2011@yandex.ru

Компьютерная программа CAMPUS-S (Cellular Automata Model of Plants' United Spread) предназначена для моделирования динамики разрастания и расселения растений травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ) [Комаров и др., 2015; Фролов и др., 2015; Зубкова и др., 2016]. В модели используется представление ценопопуляции (ЦП) растений в виде множества особей, различающихся по онтогенетическим состояниям. Такой подход к описанию онтогенезов предложен Т. А. Работновым (1950) и подробно разработан А. А. Урановым с коллективом соавторов [Уранов, 1975; Ценопопуляции растений..., 1976; 1988 и др.]. Растение в каждом из состояний обладает своими размерными (диаметр парциального куста, длина корневищ), количественными (число главных и боковых побегов) и временными параметрами (длительность онтогенетического состояния).

Модель CAMPUS-S состоит из двух блоков — подмодели структуры популяций (ЦП) растений ТКЯ и подмодели расчета динамики биофильных элементов (углерода и азота) в растениях ТКЯ и почве. Подмодель структуры популяций растений ТКЯ помимо основного блока моделирования состоит из конструктора онтогенеза растений, блока ввода данных онтогенетического развития, блока ввода данных популяционного развития и блока учета факторов среды обитания. Этот блок является общим для подмодели структуры популяций и подмодели динамики углерода и азота в растениях ТКЯ и в почве.

Программа предназначена для:

- Моделирования онтогенезов растений разных жизненных форм.
- Исследований взаимодействия между ценопопуляциями растений.
- Исследований конкурентных отношений между растениями в одном сообществе в зависимости от морфологических, временных и других поливариантностей развития.
- При использовании моделей в системе «CAMPUS-ROMUL-SCLISS-EFIMOD» можно:
- Оценивать развитие популяций при разных условиях биотической среды (почвенных и света).
- Оценивать развитие моделируемых популяций при изменении климатических условий.
- Уточнять и корректировать программы научных исследований.

Результаты, полученные при создании программы, опубликованы в статьях и материалах конференций, ссылки на них есть на сайте лаборатории (<http://www.ecomodelling.ru/models/campus>), оттуда же можно скачать программу и инструкцию по работе с ней.

Рекомендации по параметризации структурной модели были опубликованы ранее [Зубкова и др., 2017]; обсуждению методики сбора данных для оценки динамики биофильных элементов ТКЯ лесов посвящена эта публикация [CAMPUS-S инструкция..., 2017 раздел 2.1 (с. 6) и раздел 2.2 (с. 7–9)].

Определение диапазонов факторов для моделируемых растений (если вид ранее не был параметризован).

Значения границ толерантности видов по факторам влажности почв, богатства почв азотом, освещенности в балловом выражении содержатся в шкалах Д. Н. Цыганова (1983), широко используемых в экологических исследованиях [Экологические шкалы..., 2010 и др.]. Однако, соответствующих им количественных характеристик условий среды, измеренных инструментальными и химико-аналитическими методами, как правило, нет. Для получения необходимых показателей для каждого исследуемого вида и по каждому фактору (освещенность, влажность и богатство почв азотом) проводятся полевые измерения. Для этого выбираются участки занятые ценопопуляциями растения с градиентом изменения показателей по одному фактору среды, так, чтобы условия по остальным факторам значительно не различались. Далее на каждом участке закладываются временные пробные площади (ПП). Схема расположения ПП следующая: по одной в крайних условиях соответствующего градиента исследуемого фактора (например, для фактора влажности почв вершина песчаной дюны и основание дюны) и одна в условиях его «оптимума» с максимальным обилием растений. При выполнении полевых измерений учитываются погодные условия.

Измерения освещенности ТКЯ проводятся с использованием метода полусферической фотосъемки древесного полога, желательна пасмурная погода, с последующей обработкой снимков для оценки пропускания им светового потока (в %). Освещенность определяется для трех участков ЦП: в зоне с отсутствием растений, краевой зоне ЦП и зоне максимального обилия растений. Для каждого участка выполняется трехкратная повторность измерений.

Исследования влажности корнеобитаемого слоя проводятся (в сухую погоду) почвенным влагомером (нами применялся МГ-44 с 4-электродным датчиком) с предварительной градуировкой для конкретных почв, различающихся по гранулометрическому составу. Для каждой ПП выполняются измерения в 20 кратной повторности, что обусловлено большой вариативностью этого показателя. В модели данные используются в единицах объемной влажности почвы и вводятся в бланк при конструировании онтогенезов [CAMPUS-S инструкция..., 2017, с. 6].

Определение богатства почв азотом проводится методом взятия почвенных проб корнеобитаемого слоя: подстилки (средняя проба) и минеральной почвы для определения содержания биогенных элементов (С и N). Одновременно определяется мощность подстилки. Все измерения проводятся в трехкратной повторности. Богатство почв выражается через содержание общего азота и отношение C/N в подстилке и минеральной почве.

Определение параметров функции отклика интенсивности фотосинтеза на изменение температуры, влажности подстилки и содержания минерального азота.

Данные об интенсивности фотосинтеза при разных значениях факторов в пределах диапазона выживания растения: температура, влажность почвы, освещенность, при которой возможен фотосинтез, встречаются в публикациях [Mudrik et al., 2000]. При необходимости эти данные могут быть получены экспериментально с помощью приборов, позволяющих измерять интенсивность фотосинтеза в полевых условиях (например, ПАМ-флуориметр). Локально варьируя значения экологических факторов для отдельного растения и измеряя интенсивность фотосинтеза при данных условиях, можно получить информацию о характере функции отклика интенсивности фотосинтеза на отдельные факторы в пределах диапазона толерантности. Вычислив оптимальные условия для фотосинтеза данного вида растений по температуре, влажности подстилки и содержанию минерального азота, необходимо вычислить максимальную чистую первичную продукцию (NPP). Значение NPP вычисляется на основе интенсивности фотосинтеза при оптимальных значениях экологических факторов. Для получения из экспериментальных данных фотосинтетических характеристик вида, используемых в модели (P_{max} , K_m и др.), применяются методы нелинейной регрессии.

Данные о биомассе отдельных органов растений — обычно отсутствуют в публикациях и нуждаются в проведении дополнительных исследований. Для каждого онтогенетического состояния в 10–15 кратной повторности для получения средних значений собираются сведения о биомассе по органам для каждого растения (не менее 10): листья, побеги, корни, корневища (клубни, луковицы) — если есть. Собранный материал высушивается и взвешивается в абсолютно сухом состоянии. Далее эти данные используются для расчета коэффициентов функции ранговых распределений, которые необходимы для расчета продукционных характеристик модели [CAMPUS-S инструкция..., 2017, разд. 2.2].

Данные о содержании азота в органе — если данные не содержатся в публикациях, ранее собранные органы после воздушного высушивания досушиваются в сушильном шкафу (при 70 °С), измельчаются до размера 0,25 мм, после чего проводится анализ на содержания азота и углерода (на CHN-анализаторе).

Период наибольшего прироста органа — для листьев это обычно май, июнь; для плодов и семян июль, август, сентябрь; корни и корневища растут в течение сезона с температурой почвы выше 5 °С. При заполнении нужно учитывать индивидуальные особенности ЦП в конкретной местности.

Программа ориентирована на проведение исследовательских работ и может быть использована для обучения студентов, магистрантов и аспирантов в курсе популяционной экологии растений.

Работа Е. В. Зубковой и П. В. Фроловым выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-14-00362), методика подготовки данных о биомассе разных органов растений и содержании биофильных элементов в них разработана С. С. Быховцем в рамках темы госзадания № АААА-А18-118013190176-2.

Литература

Зубкова Е. В., Жукова Л. А., Фролов П. В., Шанин В. Н. 2016. Работы А. С. Комарова по клеточно-автоматному моделированию популяционно-онтогенетических процессов у растений // Компьютерные исследования и моделирование. Т. 8, № 2. С. 285–295. Зубкова Е. В., Фролов П. В., Жукова Л. А. 2017. Возможности использования компьютерных программ при обучении студентов (на примере программы CAMPUS) // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы: международная научно-практической конференция, посвященная 150-летию со дня рождения профессора Г. Ф. Морозова, Симферополь 27–30 ноября 2017 года. Симферополь. С. 331–336. Комаров А. С., Зубкова Е. В., Фролов П. В. 2015. Клеточно-автоматная модель динамики популяций и сообществ кустарничков // Сибирский лесной журнал. Вып. 3. С. 57–69. CAMPUS-S инструкция пользователя. 2017 / авт. модели: А. С. Комаров, П. В. Фролов, Е. В. Зубкова, В. Н. Шанин, С. С. Быховец. URL: <http://www.ecomodelling.ru/models/campus> (дата обращения: 19.09.2018). Работнов Т. А. 1950. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 6. С. 7–204. Уранов А. А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. № 2. С. 7–34. Ценопопуляции растений. Основные понятия и структура. 1976. М.: Наука. 216 с. Ценопопуляции растений. Очерки популяционной биологии. 1988. М.: Наука. 184 с. Цыганов Д. Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 196 с. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. 2010 / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. 368 с. Фролов П. В., Зубкова Е. В., Комаров А. С. 2015. Клеточно-автоматная модель сообщества двух видов растений разных жизненных форм // Известия академии наук. Сер. Биологическая. № 4. С. 341–349. Mudrik V. A., Stoyanov P., Ivanov B. N. 2000. Evaluation of maize productivity considering solar energy use limitation by environmental factors // Photosynthesis Res. Vol. 66. P. 177–187.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ ВИДОВ РОДА *SAMBUCUS* L., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

М. Б. Зульфугарова

Институт ботаники НАН Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика, latafat_mustafayeva@yahoo.co.uk

Виды рода *Sambucus* L. в Азербайджане произрастают в районах Большого Кавказа, Малого Кавказа, Ленкоранской области [Мехтиева, 2015]. Состояние его популяций в Азербайджане удовлетворительный. Виды рода *Sambucus* растут на низменности и в нижнем горном поясе, до 800 м над ур. моря, на опушках лесов, в аридных редколесьях, небольшими группами или образуют непроходимые заросли [Новрузов, 2010; Мустафаева, 2015].

Наши исследования, проводились во всех естественно-географических районах Азербайджана, в частности на Большом Кавказе (Губинский, Гусарский, Хачмазский, Девечинский, Шамахинский, Исмаиллинский, Огузский, Шекинский, Гахский, Загатальский, Белаканский), северо-западной части Малого Кавказа (Геранбойский, Гянджинский, Дашкесанский), Ленкоранский (Ленкоран, Астара, Масаллы).

Обследование носило в основном маршрутно-рекогносцировочный характер. На маршрутах собран материал, сырье для анализа и заложены учетные площади.

Sambucus nigra L. дерево или кустарник высотой 3–5 (7) м. Цветет в мае – июне, плодоносит в сентябре – октябре [Бейдман, 1954]. Распространен на Кавказе — Восточное, Центральное, Южное Закавказье, и Северный Иран — Талышские горы [Флора Азербайджана, 1954]. Целью нашего исследования было определение географической и ценогической приуроченности, выявление биологических особенностей данного вида, а также сбор сведений о состоянии популяций.

Материалы и методы исследования. Обследование носило в основном маршрутно-рекогносцировочный характер. На маршрутах собран материал, сырье для анализа и заложены учетные площади. Для исследования фитоценоза и экологических условий был использован метод описание растительности на пробных площадках, площадь которой составляла 100 × 10 метров. В ходе исследования было проведено

определение доминирующей растительности на различных участках, проведены измерение площади проективного покрытия и подсчет количества видов растений, оценены высота травостоя, вычислены наземная и подземная биомасса.

Для оценки степени изменчивости признаков использовали унифицированную шкалу уровней изменчивости, разработанную С. А. Мамаевым, Л. Ф. Правдиным, М. А. Щербаковым [Мамаев, 1969]. На каждом растении учитывали высоту растения, количество стволиков (многолетних ветвей), состояние, урожайность, размеры кисти, ее длину и ширину. При накладывании кисти на палетку получали ее проекцию и высчитывали площадь, среднее количество ягод в кисти и ее плотность, средний вес ягоды, ее размеры длину и диаметр, окраску. Описание определений видов проводили по Флоре Азербайджана [Флора Азербайджана, 1954] фенологические развитие растения [Бейдман, 1954], название видов, родов уточнены по Черепанову [Черепанов, 1995].

Результаты и обсуждения. Маршрутно-полевым методом определяли местопроизрастания и численность *Sambucus nigra* в окрестностях сел Шамахинского района. Определяли в генеративной стадии виталитетное состояние ценопопуляций, высоту каждого дерева, количество стволов и диаметры самого крупного ствола и генеративно-вегетативного побега, признаки листьев, плодов, косточки. Всего было изучено 14 признаков.

Наши полевые исследования показали, что на территории Большого Кавказа виды рода *Sambucus* встречаются часто, больше на полянах и опушках лесов, в основном на открытых местах низкогорий, на светлых склонах и в зарослях кустарников, в подлеске леса, но очень ограниченных количествах и угнетенном виде в горных условиях,

Первая популяция отмечена на окраине леса около села Бюк Хынышлы (40°39'0" с. ш. 48°37'0" в. д.), расположенный у подножья горы Гюлистан, по правому берегу р. Хынышлы. На состояние ценопопуляций видов сильно влияют разные антропогенные факторы. В результате вырубki, распашки, выпаса скота сохранились небольшие участки популяции. Почвы здесь серого цвета, в основном хорошо увлажненные аллювиального происхождения.

Фитоценоз представляет собой широколиственный дубово-грабовый лесной массив. В первом ярусе популяции древостоя преобладает *Quercus* L., достигает до 25 м высоты, диаметр ствола 30–40 см, средний возраст около 70 лет.

Во втором ярусе преобладает *Ulmus campestris* L. до 20 м высоты с примесью *Carpinus betulus* L., *Acer campestre* L.

В третьем ярусе выделяются растения до 6–7 м высоты — *Sambucus nigra*, *Crataegus pentagyna* Waldst. et Kit., *C. caucasica* K. Koch, *Mespilus germanica* L., *Cydonia oblonga* Mill., Из кустарников *Berberis iberica* L., *B. vulgaris* L., *Rubus caesius* L., *Rubus caucasica* L.

Неравномерно развит травяной ярус, общее проективное покрытие около 30–45 %. В видовом составе выделяются *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chenopodium album* L., *Salvia verticillata* L., *Achillea millefolium* L., *Centaurea iberica*, *Trifolium ambiguum* Bieb., *Hypericum perforatum* L., *Taxus baccata* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Piretrum cinerariaefolium* Trev., *Cirsium vulgare* Mill., *Rumex acetosella* L.

Нижний покров представлен неравномерным слоем опавших листьев. В целом особи *Sambucus nigra* находятся в удовлетворительном состоянии, растут во втором-третьем ярусе древостоя, в периоде генерации. Стареющих особей мало, семенная продуктивность средняя, подрост сеянцев наблюдается по всей площадке.

Вторая популяция расположена в зоне низменных предгорий, в окр. с. Джабаны (40°39'47" с. ш. 48°41'53" в. д.), в яблонево-грушевом лесу. Почвы лесные — бурые. Растительность представлена представителями ксерофильного редколесья с лугостепной растительностью. Фитоценоз представляет собой восстанавливающее редколесье.

Первый ярус редколесья представлен *Malus orientalis* Uglitzk до 5–6 высоты, рядом на расстоянии 1,5 м *Sambucus nigra* образует заросли, каждое растение в удовлетворительном состоянии в виде многоствольного дерева. Во втором ярусе произрастает *Prunus spinose* L., *Mespilus germanica* L., *Prunus divaricata* Ldb., *Rubus caesius* L., *Rubus caucasica* L. *Sambucus nigra* до 4–5 м высоты, растет на открытых местах.

Дана оценка внутривидовой изменчивости видам рода *Sambucus* L., произрастающие на определенных площадках Шамахинского района.

Оценка генеративного побега показала что, высокий уровень изменчивости по шкале Мамаева приходится на общее количество плодов (CV = 109,3–138,2) и число цветков на верхушечном соцветии (CV = 179,5–200,2). К концу вегетации на соцветии может оставаться 95–100 плодов.

Из признаков листа не стабильным признаком является количество зазубренности. Наименьшим количеством зазубренности листа выделяется популяция из с. Демирчи, 1500–1600 м над ур. моря, 40°50'32" с. ш. 48°33'45" в. д., наибольшим с. Гейлер, 420 м над ур. моря, 40°39'47" с. ш. 48°41'53" в. д. Возможно, что, с высотой над уровнем моря количество зазубренности уменьшается. Остальные признаки листа имеют низкий уровень изменчивости. Признаки семян при этом остается более стабильным. Популяция вида находится под влиянием разных антропогенных факторов.

Сравнительная характеристика морфологических признаков

Признаки	с. Гейлер, 420 м над ур. моря, 40°39'47" с. ш. 48°41'53" в. д.		с. Демирчи, 1500–1600 м над ур. моря, 40°50'32" с. ш. 48°33'45" в. д.		с. Авахыл, 1432 м над ур. моря, 40°47'36.05" с. ш. 48°34'40.08" в. д.	
	$x \pm S x$	CV %	$x \pm S x$	CV %	$x \pm S x$	CV %
Длина побега (см)	17,3 ± 0,11	4,9	21,2 ± 0,13	9,8	19,2 ± 0,21	12,8
Число междоузлий (шт.)	7,9 ± 0,28	14,8	6,3 ± 0,18	15,7	5,7 ± 0,25	19,8
Длина черешка (см)	1,1 ± 0,05	0,3	1,2 ± 0,04	0,2	1,2 ± 2,3	0,03
Ширина листа (см)	5,3 ± 0,1	13,2	2,5 ± 0,06	12,1	2,2 ± 0,05	11,2
Длина листа (см)	8,2 ± 0,13	6,7	6,7 ± 0,11	8,9	5,5 ± 0,13	10,4
Число цветков на верхушечном соцветии (шт.)	179,5 ± 0,27	34,0	200,2 ± 0,14	34,6	182,2 ± 0,2	35,9
Диаметр венчика	14,8 ± 1,11	35,9	15,6 ± 0,49	17,3	11,8 ± 0,72	27,3
Длина лепестка (см)	1,7 ± 0,1	7,5	2,2 ± 0,08	9,6	1,7 ± 0,07	6,9
Ширина лепестка (см)	1,8 ± 0,13	1,1	1,6 ± 0,17	1,3	1,5 ± 0,14	1,2
Общее количество плодов в соцветии (шт.)	109,3 ± 0,37	28,5	126,5 ± 0,15	23,2	138,2 ± 0,27	27,4
Длина плода (мм)	6,4 ± 0,18	5,6	6,1 ± 0,1	4,9	5,9 ± 0,11	4,0
Ширина плода (мм)	5,4 ± 0,21	7,5	5,9 ± 0,15	9,7	5,2 ± 0,14	6,6
Масса одного плода (г)	0,2 ± 0,01	2,3	0,1 ± 0,01	30,0	0,2 ± 0,07	16,2
Масса 1 семени (г)	0,013	0,2	0,02 ± 0,02	0,5	0,106 ± 0,1	3,9

Таким образом, выявлено несколько локальных популяций видов рода *Sambucus* L. на определенных площадках Шамахинского района. Проведенные исследования позволили оценить жизненное состояние в разных местах произрастания. Установлено, что численность вида в популяциях удовлетворительная.

Литература

Бейдман И. Н. 1954. Фенологические развитие растения и изменения влаги и солей в почве. Л. 120 с. Мамаев С. А. 1969. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II Амплитуда изменчивости // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФ АН СССР. Вып. 64. С. 3–38. Мехтиева Н. П. 2015. Биоразнообразие лекарственных растений флоры Азербайджана: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: [специальность] 24.17.01 Ботаника / Наiba Пирверди гызы Мехтиева; Нац. акад. наук Азербайджана, Ин-т ботаники. Баку. 44 с. Мустафаева Л. А. 2015. Биоэкологические, фитохимические особенности дикорастущих плодово-ягодных растений Большого Кавказа (в пределах Азербайджана) и их научно-обоснованное использование: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: [по специальности] 2432.01 Биологические ресурсы / Лагафат Ахад гызы Мустафаева; Нац. акад. наук Азербайджана, Ин-т ботаники. Баку. 50 с. Новрузов Э. Н. 2010. Пигменты репродуктивных органов растений и их значение. Баку: Элм. 308 с. Флора Азербайджана. 1954. В 8 т. Т. II. Баку. 580 с. Черепанов С. К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 992 с.

ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ АДОНИСА ВЕСЕННЕГО В САМАРСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ

В. Н. Ильина

Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия, 5iva@mail.ru, ilina@pgsga.ru

Адонис, или желтоцвет весенний (*Adonathe vernalis* (L.) Spach; *Adonis vernalis* L.; *Chrysocyathus vernalis* (L.) Holub; Ranunculaceae) занесен в Список видов растений Европы, находящихся под угрозой [Bilz et al., 2011]. Включен в Приложение II к Конвенции СИТЕС [Конвенция..., 1979]. Находится под охраной в Саратовской (категория 2) [Красная книга..., 2006], Ульяновской (категория 2) [Красная книга..., 2015], Оренбургской обл. (категория 2) [Постановление..., 2012]. Включен в первое издание Красной книги Самарской обл. с категорией 5/Г — условно редкий вид со стабильной численностью [Бирюкова и др., 2007], во второе издание с природоохранным статусом 5 — восстанавливающийся вид [Красная книга..., 2017].

Ареал *A. vernalis* охватывает Кавказ, Западную и Восточную Сибирь, юг Скандинавии, Атлантическую, Среднюю и Восточную Европу, Средиземноморье, приурочен к лесостепи и северным степям [Сеников, 2001]. Впервые для региона указывается К. К. Клаусом в 1852 г. [Клаус, 1852]. В Самарской обл. зарегистрирован во всех районах [Бирюкова и др., 2007; Красная книга..., 2017].

A. vernalis — многолетнее травянистое растение 10–40 см высотой. Стебли сильно ветвятся. Листья узкие, рассеченные, нижние — в виде коричневых чешуй. Цветки на концах побегов, ярко-желтые, блестя-

щие, одиночные, крупные, до 5 см в диаметре. Плод — многоорешек. Цветет в апреле-мае, опыляется насекомыми. Размножение исключительно семенное. Мезоксерофит. Гелиофит. Кальцефил. Растет на каменистых и песчаных склонах, на плакорах в степных и лугово-степных сообществах, разреженных сосновых лесах и дубравах. По предварительным данным, автором статьи указывалось, что большинство популяций многочисленны, зрелые перспективные (38 %) или неустойчивые (62 %). Плотность 2,2–6,1 особей на 1 м² [Ильина, 2007; 2015; 2017; Ильина, Саксонов, 2010].

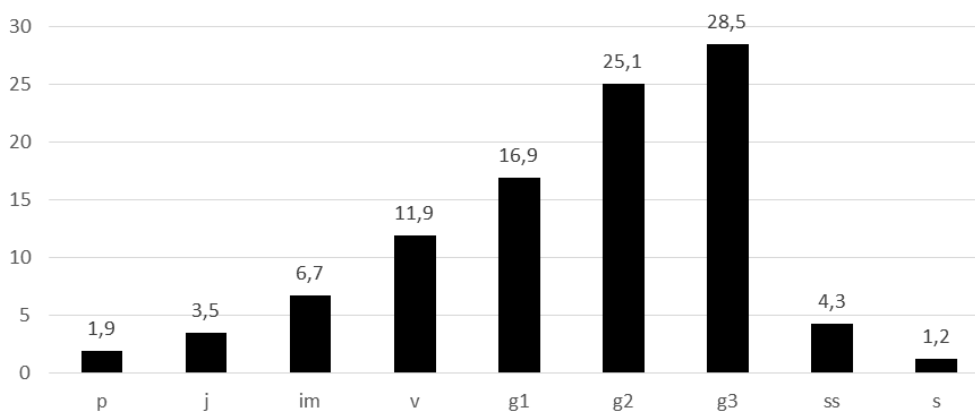
В Самарской области *A. vernalis* охраняется на территории Жигулевского заповедника, Национальном природном парке «Самарская Лука» и памятниках природы регионального значения «Муранский бор», «Гурьев овраг», «Оползневые террасы у с. Подвалья», «Левашовская лесостепь» (Шигонский р-н), «Дол Верблюдка» (Большечерниговский р-н), «Надеждинская лесостепь», «Гора Зеленая» (Елховский р-н), «Овраг Верховой», «Каменный дол» (Кинельский р-н), «Царев Курган» (Красноярский р-н), «Гора Куратас-Чагы» (Камышлинский р-н), «Гора Копейка» (Похвистневский р-н) и др.

По данным самарских исследователей, в целях сохранения ЦП *A. vernalis* в регионе, необходима организация памятников природы регионального значения в урочище «Бузбаш» (Камышлинский р-н), Узюковском бору, Сусканском заливе и его окр. (Ставропольский р-н), «Каменистая степь у с. Камышла», «Урочище Золотая гора» (Камышлинский р-н), «Степное верховье Шешмы», «Урочище Софьино», «Урочище Шешмы» у с. Старый Маклауш (Клявлинский р-н), «Водораздельные степи у с. Успенка» (Сергиевский р-н) и др.

Исследования *A. vernalis* в бассейне Средней Волги осуществляется нами после длительного перерыва (ранее исследования проводились А. П. Пошкурлат (1969; 1975а, б и др.)), что без сомнения важно для определения динамических тенденций популяций в данном фрагменте ареала.

Изучение ЦП осуществлялось с применением традиционных подходов и методов [Работнов, 1950; Уранов, 1975; Ценопопуляции..., 1976; 1977; 1988; Жукова, 1995; Глотов, 1998; Животовский, 2001; Злобин и др., 2013 и др.]. В таблице приведены демографические показатели ценопопуляций *A. vernalis*, исследованных автором в 2005–2018 гг. на территории Самарского Заволжья. Указано соотношение онтогенетических групп особей (от проростков до сенильных), растений трех онтогенетических периодов (прегенеративного, генеративного, постгенеративного), демографические параметры ЦП (индексы замещения, восстановления, старения), возрастность и эффективность ЦП, тип ЦП по критерию «дельта-омега».

Всего в природных местообитаниях на территории Самарского Заволжья изучено 50 ЦП *A. vernalis*. В базовом онтогенетическом спектре доля особей составляет: проростков — 1,9 %, ювенильных — 3,5, иматурных — 6,7 %, виргинильных — 11,9 %, молодых генеративных — 16,9 %, зрелых генеративных — 25,1 %, старых генеративных — 28,5 %, субсенильных — 4,3 %, сенильных — 1,2 % (рис.).



Базовый онтогенетический спектр ЦП *Adonis vernalis*, %

Оценивая демографические показатели (табл.), отметим, что большинство ЦП являются зрелыми нормальными. Средние показатели демографических индексов: замещения (I_z) — 0,32; восстановления (I_v) — 0,34; старения (I_{st}) — 0,06. Средняя возрастность (Δ) ЦП — 0,45, средняя эффективность (ω) — 0,69.

Изученные ЦП по критерию «дельта-омега» относятся к следующим типам (табл.): переходные — 24 (48,0 %), зрелые — 23 (46,0,2 %), молодые — 1 (2,0 %), стареющие — 2 (4,0 %).

Среди основных факторов, лимитирующих рост численности особей в популяциях региона, следует указать уничтожение типичных местообитаний (распашка, строительство летних станов и дорог), рекреацию и неконтролируемый выпас крупного рогатого скота (в большей степени вытаптывание). В меньшей степени на стабильность ЦП адониса оказывают влияние сенокосение и степные пожары.

Демографические показатели ЦП *Adonis vernalis* в Самарском Заволжье

№ п/п	p-v, %	g ₁ -g ₃ , %	ss-s, %	Iз	Iв	Iст	Δ	ω	Тип ЦП
1	34,7	63,1	2,2	0,53	0,55	0,02	0,37	0,64	переходная
2	34,3	57,3	8,4	0,52	0,60	0,09	0,37	0,61	переходная
3	23,0	70,0	7,0	0,30	0,33	0,08	0,41	0,70	зрелая
4	22,4	73,7	3,9	0,29	0,30	0,04	0,41	0,69	переходная
5	27,7	65,4	6,9	0,38	0,42	0,07	0,43	0,70	зрелая
6	17,4	79,0	3,6	0,21	0,22	0,04	0,44	0,74	зрелая
7	32,5	67,5	0,0	0,48	0,48	0	0,41	0,69	переходная
8	10,2	87,1	2,7	0,11	0,12	0,03	0,48	0,78	зрелая
9	26,3	71,6	2,1	0,36	0,37	0,02	0,44	0,72	зрелая
10	18,3	78,5	3,2	0,22	0,23	0,03	0,50	0,75	зрелая
11	23,1	73,2	3,7	0,30	0,32	0,04	0,52	0,70	зрелая
12	39,1	60,9	0	0,64	0,64	0	0,36	0,63	переходная
13	19,7	77,7	2,6	0,25	0,25	0,03	0,43	0,74	зрелая
14	27,9	70,3	1,8	0,39	0,40	0,02	0,43	0,67	переходная
15	27,0	70,3	2,7	0,37	0,38	0,03	0,42	0,67	переходная
16	15,1	78,8	6,1	0,18	0,19	0,06	0,49	0,77	зрелая
17	30,3	68,5	1,2	0,43	0,44	0,01	0,42	0,68	переходная
18	35,1	64,4	0,5	0,54	0,55	0,01	0,37	0,65	переходная
19	16,7	68,0	15,3	0,20	0,25	0,18	0,51	0,69	переходная
20	34,0	61,6	4,4	0,52	0,55	0,05	0,42	0,63	переходная
21	22,0	70,0	8,0	0,28	0,31	0,09	0,45	0,70	зрелая
22	31,5	68,5	0	0,46	0,46	0	0,36	0,69	переходная
23	21,0	79,0	0	0,27	0,27	0	0,49	0,74	зрелая
24	17,0	80,4	2,6	0,20	0,21	0,03	0,45	0,72	зрелая
25	24,7	64,5	10,8	0,33	0,38	0,12	0,50	0,67	переходная
26	25,6	72,3	2,1	0,34	0,35	0,02	0,43	0,67	переходная
27	32,0	66,6	1,4	0,47	0,48	0,01	0,40	0,65	переходная
28	16,1	78,8	5,1	0,19	0,20	0,05	0,52	0,76	зрелая
29	45,7	50,9	3,4	0,84	0,90	0,04	0,27	0,58	молодая
30	31,3	60,5	8,2	0,46	0,52	0,09	0,42	0,65	переходная
31	16,2	69,5	14,3	0,19	0,23	0,17	0,57	0,67	стареющая
32	22,4	73,7	3,9	0,29	0,30	0,04	0,47	0,73	зрелая
33	23,2	69,1	7,7	0,30	0,34	0,08	0,49	0,65	зрелая
34	25,3	74,7	0	0,34	0,34	0	0,48	0,71	зрелая
35	22,3	75,3	2,4	0,29	0,30	0,02	0,42	0,68	переходная
36	10,4	72,0	17,6	0,12	0,14	0,21	0,56	0,74	стареющая
37	24,4	70,0	5,6	0,32	0,35	0,06	0,44	0,70	зрелая
38	22,3	75,5	2,2	0,29	0,30	0,02	0,42	0,68	переходная
39	22,0	69,3	8,7	0,28	0,32	0,10	0,49	0,67	переходная
40	16,4	73,1	10,5	0,20	0,22	0,12	0,46	0,71	зрелая
41	27,3	69,4	3,3	0,38	0,39	0,03	0,41	0,72	зрелая
42	34,5	65,5	0	0,53	0,53	0	0,38	0,68	переходная
43	23,7	74,6	1,7	0,31	0,32	0,02	0,41	0,73	зрелая
44	28,9	65,5	5,6	0,41	0,44	0,06	0,42	0,64	переходная
45	16,8	71,8	11,4	0,20	0,23	0,13	0,47	0,71	зрелая
46	17,3	79,2	3,5	0,21	0,22	0,04	0,43	0,79	зрелая
47	11,2	88,8	0	0,13	0,13	0	0,48	0,78	зрелая
48	34,8	62,6	2,6	0,53	0,56	0,03	0,40	0,66	переходная
49	29,6	69,0	1,4	0,42	0,43	0,01	0,41	0,67	переходная
50	14,3	66,4	19,3	0,17	0,22	0,24	0,55	0,68	переходная
Ср. зн.	24,0	70,5	5,5	0,32	0,34	0,06	0,45	0,69	

Несмотря на охраняемый статус, популяции *A. vernalis* нередко оказываются на грани выпадения из растительных сообществ и вид требует пристального внимания и дальнейшего мониторинга. В целях сохранения вида в Самарской области необходимо соблюдение природоохранного режима на территории ООПТ, мониторинг природных популяций и поиск новых мест произрастания вида с последующим установлением охранного режима.

Литература

- Бирюкова Е. Г., Васюков В. М., Голуб В. Б., Гусева Л. В., Задульская О. А., Иванова А. В., Ильина В. Н. и др. 2007. Покрытосеменные, или Цветковые // Красная книга Самарской области. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников, и грибов / под ред. чл.-корр. РАН Г. С. Розенберга и проф. С. В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 18–283. Готов Н. В. 1998. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. Ч. 1. С. 146–149. Животовский Л. А. 2001. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. № 1. С. 3–7. Жукова Л. А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: ЛАНАР. 224 с. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. 2013. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Унив. кн. 439 с. Ильина В. Н. 2007. Биология, экология и структура популяций адонисов весеннего и волжского в бассейне Средней Волги // Экология–2007: материалы докл. междунар. молодежн. конф. (18–21 июня 2007 г.) / Ин-т экологических проблем Севера УрО РАН. Архангельск. С. 172–174. Ильина В. Н. 2015. Изменения базовых онтогенетических спектров популяций некоторых редких видов растений Самарской области при антропогенной нагрузке на местообитания // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 24, № 3. С. 144–170. Ильина В. Н. 2017. Эколого-биологические особенности некоторых редких видов растений степной флоры при выпасе и палах // Ботанический вестник Северного Кавказа. № 2. С. 12–22. Ильина В. Н., Саксонов С. В. 2010. Некоторые итоги изучения ценопопуляций адонисов весеннего и волжского (*Adonis vernalis* L. и *A. wolgensis* Stev.) в бассейне Средней Волги // Бюлл. Главного ботанического сада. Вып. 196. С. 107–116. Клаус К. 1852. Флоры местные приволжских стран. СПб. 312 с. Конвенция об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе (Заключена в г. Берне 19.09.1979). URL: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=19814 (дата обращения: 11.10.2017). Красная книга Саратовской области. 2006. Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Изд-во Торгово-пром. палаты Саратов. обл. 528 с. Красная книга Самарской области. 2017. Т. 1. Редкие виды растений и грибов. Самара. 384 с. Красная книга Ульяновской области. 2015. М.: Изд-во «Буки Веди». 550 с. Постановление Правительства Оренбургской области от 16.04.2014 № 229-п «О внесении изменений в постановление Правительства Оренбургской области от 26 января 2012 года № 67-п». Пошкурлат А. П. 1969. Семенное размножение весеннего горлицевца (*Adonis vernalis* L.) // Науч. докл. высш. школы. Биологические науки. № 2. С. 54–59. Пошкурлат А. П. 1975а. Большой жизненный цикл горлицевца весеннего // Растительные ресурсы. Т. 11. Вып. 4. С. 483–492. Пошкурлат А. П. 1975б. Урожайность семян *Adonis vernalis* L. в географическом и возрастном аспекте // Ботан. журнал. Т. 60, № 4. С. 578–582. Пошкурлат А. П. 2000. Род Горлицевец — *Adonis* L. Систематика, распространение, биология. М.: Наука. 199 с. Работнов Т. А. 1950. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 6. М.; Л. С. 77–204. Сенников А. Н. 2001. Род 31. Адонис — *Adonis* L. // Флора Восточной Европы. СПб. Т. 10. С. 179–181. Уранов А. А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. № 2. С. 7–34. Ценопопуляции растений. Основные понятия и структура. 1976. М.: Наука. 216 с. Ценопопуляции растений. Развитие и взаимоотношения. 1977. М.: Наука. 183 с. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). 1988. М.: Наука. 184 с.

О ЗНАЧЕНИИ МЕРИДИОНАЛЬНЫХ БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ РУБЕЖЕЙ В ЗАВОЛЖЬЕ

Н. Г. Кадетов

МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, biogeonk@mail.ru

Полоса широколиственно-хвойных (подтаежных) лесов на востоке Русской равнины — одна из самых дискуссионных в ботанико-географическом плане территории Европы. большей частью она расположена в Заволжье, где выделяются Заволжская песчаная равнина (Волжско-Ветлужская и Марийская низины), Заволжская рудиментарная возвышенность и Вятский увал, а также Вятско-Камском междуречье и Приуралье. Данная территория характеризуется, с одной стороны, известной сложностью физико-географических условий, связанной в том числе с сочетанием пород разного генезиса, а также разнообразными по времени возникновения и масштабам воздействия антропогенными преобразованиями растительного покрова. Кроме того, здесь проходят или границы ареалов или границы фитоценотической значимости целого ряда видов как более западного или восточного, так и более северного или южного распространения. Все эти факторы обусловили известную дискуссионность проведения на этой территории ботанико-географических — флористических и геоботанических — рубежей, а также неясность ранга той или иной границы.

Вопрос обоснования границ в Заволжье вновь встал при разработке карты «Биомы России» (2016), созданной на кафедре биогеографии Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. В основе карты лежит концепция биомного разнообразия [Walter, Breckle, 1991], предполагающий выделение биомов как базовых единиц учета и картографирования биоразнообразия. Ключевыми параметрами при определении границ биомов выступают уровни биотического (флористического и фаунистического) и биоценотического (фитоценотического и экологических подразделений животного населения) разнообразия, в связи с биоклиматическими характеристиками и ландшафтной структурой территории.

Нами был проведен анализ прохождения северной границы полосы широколиственно-хвойных лесов в Заволжье у разных авторов в схемах, охватывающих как Европейскую Россию и большие по площади тер-

ритории [Танфильев, 1902; Алёхин, 1930; Геоботаническое..., 1947; Курнаев, 1973; Растительность..., 1980; Зоны..., 1999 и др.], так и региональных [Алёхин, 1935; Аверкиев, 1954; Чистяков, Денисов, 1959; Полуяхтов, 1964; Васильева, 1979; Колчанов, Лавров, 1983; Харитонычев, 1983; Абрамов, 2000; Баканина, 2005; Фридман, 2005 и др.]. В результате сопряженного анализа схем с учетом авторских полевых материалов был предложен оптимизированный вариант прохождения этой границы [Кадетов, 2015].

Во многих работах подчеркивается прохождение в Заволжье также и меридионального рубежа. Данный рубеж был намечен еще в «Геоботаническом районировании СССР» (1947), где примерно в направлении Киров – Казань проходит граница между Восточно-Европейской и Урало-Алтайской провинциями Европейско-сибирской подобласти темнохвойных лесов Евразийской таежной области. В схеме ботанико-географического районирования, использованной в монографии «Растительность европейской части СССР» (1980) направление близкого по содержанию рубежа между Североевропейской и Урало-Западносибирской провинциями Евразийской таежной области существенно смещено к западу: от верховьев Ветлуги примерно к устью Керженца. Отметим, что ранее также западнее, но в ином направлении — от устья Унжи к устью Ветлуги — близкий рубеж между Скандинавско-Русской и Восточно-Русской лесорастительными провинциями был проведен С. Ф. Курнаевым (1973).

Близко к районированию 1947-го года, но с большей детализацией проведена граница между Североевропейской и Урало-Западносибирской таежными провинциями в работе «Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР» (1989).

На карте «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» (1999) аналогичный рубеж — граница между восточноевропейскими и приуральскими лесами в рамках подзоны подтайги — существенно детализирован по сравнению с предыдущими схемами и проведен в целом по среднему между «Геоботаническим районированием СССР» и границей, предложенной С. Ф. Курнаевым, варианту: в целом из верховий Ветлуги к устью Илети с изгибом в районе долины Усты.

Указанный рубеж прослеживается в целом ряде региональных схем ботанико-географического районирования.

Как видно, наличие самого рубежа в целом является принятым для всех схем, однако характер его прохождения и ранг самой границы в известной степени дискуссионны.

При уточнении характера прохождения и ранга данного рубежа в рамках работ по обоснованию границ на карте «Биомы России» нами был проведен анализ данных по флористическому и ценолитическому богатству Заволжья и прилегающих территорий.

В рамках выявления особенностей изменения флористического богатства был проанализирован характер распространения видов, имеющих границу ареала или сплошного распространения в Заволжье, привлечены данные о числе видов в 75 локальных флорах и построены карты, отражающие характер пространственного изменения данного показателя.

Число видов во флорах в целом имеет тенденцию к увеличению с севера — северо-востока на юг — юго-запад [Кадетов, 2012], но носит не вполне линейный характер. На карте выделяется несколько участков с повышенным флористическим богатством, наиболее значительный из которых приурочен к полосе, тянущейся от истоков р. Уста через южную часть Вятского увала к устью Камы и далее к Самарской Луке. При сопоставлении с различными биогеографическими рубежами было отмечено ее совпадение с границей между Европейской и Западносибирской флористическими провинциями [Фёдоров, 1979] и ботанико-географической границей между восточноевропейским и приуральским вариантами подтаежных лесов [Зоны..., 1999]. Ранее отмечалось совпадение этих рубежей с палеодолиной Волги [Абрамов, 2000]. В качестве вероятной причины повышенного флористического разнообразия выделенного участка рассматривается его положение в контактной полосе европейских и сибирских флор, что подтверждается анализом характера распространения видов на границе ареала. Таким образом, именно данный участок определяет общее направление вышеуказанного рубежа, а сам он, вероятно, имеет весьма высокий ранг.

Уточнение характера изменения ценолитического разнообразия проводилось для имеющих определяющее значение в данных условиях хвойных, широколиственно-хвойных и широколиственных лесов в системе эколого-морфологической классификации на основе материалов полевых исследований и литературных данных. В результате классификации было выделено 27 классов ассоциаций, относящихся к десяти растительным формациям. Установление ботанико-географических закономерностей пространственного распределения выделенных синтаксонов проводилось на основе создания обобщенной карты растительности на территорию Заволжья в $M \approx 1:1\,500\,000$ [Кадетов, 2012] и карт распространения отдельных синтаксонов на сеточной основе [Кадетов, 2014]. Анализ полученных материалов выявил существенные отличия в составе отмеченных синтаксонов и пространственной структуре территорий, расположенных к западу и к востоку от описанного рубежа. В частности, для лежащих западнее территорий наиболее характерны еловые и, частично, липово-сосновые леса при существенной роли сосновых зеленомошных, долгомошных и сфагновых, а также представленные в поймах рек широколиственные леса.

Восточнее же преобладают различные группы пихтово-еловых и липово-пихтово-еловых лесов при незначительных площадях сосновых лесов, представленных в том числе отсутствующими на западе синтаксомами; широколиственные леса представлены почти исключительно липовыми.

Приведенные выше факты позволяют рассматривать указанный меридиональный рубеж как границу самого высокого — биомного — уровня и выделить в полосе широколиственно-хвойных лесов самостоятельный Вятско-Камский биом.

Вятско-Камский биом занимает Заволжскую рудиментарную возвышенность, Вятский Увал и Вятско-Камское междуречье и характеризуется наименьшей лесистостью — 44,9 %. В его флоре заметную роль играют сибирские и уральские виды. Для биома характерно широкое распространение пихтово-еловых и липово-пихтово-еловых лесов, представленных практически всеми группами. Вместе с тем в северной части биома выделяется несколько массивов еловых лесов. По долинам Вятки и ее притоков (Воя, Кильмезь), а также в среднем течении Ветлуги представлены массивы сосновых и широколиственно-сосновых лесов. В южной части заметна роль широколиственных лесов, представленных как в долинах рек, так и на водоразделах. Однако площади их невелики.

Литература

- Абрамов Н. В. 2000. Флора Республики Марий Эл / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. 164 с. Аверкиев Д. С. 1954. История развития растительного покрова Горьковской области и ее ботанико-географическое деление // Учен. зап. Горьк. гос. ун-та. Вып. XXV. Горький. С. 119–136. Алехин В. В. 1930. Карта растительности европейской части СССР в М 1:7 000 000. Краткий пояснительный текст. Л.: Госкартогеодезия. 16 с. Алехин В. В. 1935. Объяснительная записка к геоботаническим картам (современной и восстановленной) бывшей Нижегородской губернии (в масштабе 1:500 000). Л.: Перв. Картогр ф-ка ВКТ. 68 с. Баканина Ф. М. 2005. Ландшафтные районы // Географический атлас Нижегородской области. Нижний Новгород: Верхневолжское АГП. С. 21. Биомы России. 2016. Карта М 1:7 500 000 для высших учебных заведений / под ред. Г. Н. Огуреевой. М.: ООО «Финансовый и организационный консалтинг». Васильева Д. П. 1979. Ландшафтная география Марийской АССР. Йошкар-Ола: Маркнигоиздат. 136 с. Геоботаническое районирование СССР. 1947 / под ред. Е. М. Лавренко. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 152 с. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. 1989. Л.: Наука. 64 с. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. 1999 // Карта и пояснительный текст / под ред. Г. Н. Огуреевой. М.: Экор. 64 с. Кадетов Н. Г. 2012. Разнообразие бореальных и гемибореальных лесов Заволжья и его картографирование // Изв. Самарского науч. центра РАН. Т. 14, № 1 (6). С. 1603–1606. Кадетов Н. Г. 2014. Опыт использования сеточного картографирования для оценки ценоотического разнообразия // Растительность Восточной Европы и Северной Азии: материалы Междунар. науч. конф. Брянск: ГУП «Брянское полиграфическое объединение». С. 66. Кадетов Н. Г. 2015. К вопросу о ботанико-географическом положении Нижегородского Заволжья и Керженского заповедника // Тр. ГПБЗ «Керженский». Т. 7. Нижний Новгород. С. 76–96. Колчанов В. И., Лавров Д. Д. 1983. Физико-географическое районирование Кировской области как основа рационального природопользования // Природные ресурсы и природопользование Волго-Вятского региона. Горький: ГГПИ им. М. Горького. С. 32–41. Курнаев С. Ф. 1973. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука. 202 с. Полуяхтов К. К. 1964. Геоботаническое районирование Горьковской области // Тез. докл. на межвуз. конф. по геобот. районир. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та. С. 49–52. Растительность европейской части СССР. 1980. Л.: Наука. 249 с. Танфильев Г. И. 1902. Главнейшие черты растительности России // Варминг Е. Распределение растений в зависимости от внешних условий (экологическая география растений). Приложение. СПб.: Акц. Общ. Брокгауз-Ефрон. С. 314–432. Федоров А. А. 1979. Фитоценозы европейской части СССР // Флора европейской части СССР. Т. IV. Л.: Наука. С. 10–27. Харитоньев А. Т. 1983. Физическо-географическое районирование Горьковской области как ландшафтная основа рационального природопользования // Природные ресурсы и природопользование Волго-Вятского региона. Горький: ГГПИ им. М. Горького. С. 14–32. Чистяков А. Р., Денисов А. К. 1959. Типы лесов Марийской АССР и сопредельных территорий. Йошкар-Ола: Маркнигоиздат. 76 с. Walter H., Breckle S.-W. 1991. Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. Vol. 1. Stuttgart: G. Fischer. 586 p.

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *SOLIDAGO CANADENSIS* L. НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Е. А. Колдомова¹, О. Г. Баранова²

¹Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

²Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
koldomovael@yandex.ru

Золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) — многолетнее травянистое растение, корневищный гемикриптофит из семейства — сложноцветные (Asteraceae Dumort.). Естественный ареал произрастания данного вида Северная Америка. На территории Удмуртской Республики (УР) *S. canadensis* можно встретить во вторичном ареале своего распространения в разных районах УР преимущественно в антропогенно-нарушенных местообитаниях — залежи, обочины дорог, пустыри, свалки ТБО и др. [Баранова, Пузырев, 2012; Черная книга..., 2016]. Золотарник, несмотря на свои полезные свойства, его сырье применяют в медицине, используют как декоративное, кормовое, пищевое, медоносное, дубильное и красильное растение [Растительные..., 1993; Садовский, 2004 и др.], относится к злостным чужеродным растениям. В Удмуртской Республике он отнесен группе инвазивных растений со второй категорией агрессивности (фитоценоотрансформер) [Черная книга..., 2016]. В последние годы он стал еще более активным и расселяется на новых территориях, занимая при этом значительные площади в сильно нарушенных местообитаниях, естественных ценозах, внедряясь и на особо охраняемые природные территории [Колдомова, 2017].

Цель работы — изучение состояния некоторых ценопопуляций (ЦП) *S. canadensis* на территории Удмуртской Республики.

В ходе научных исследований были использованы общепринятые геоботанические, популяционно-онтогенетические методы [Уранов, Смирнова, 1969; Уранов, 1975; Жукова, 1987 и др.]. Сбор материала осуществляли на территории г. Ижевска и Завьяловского района УР (табл. 1). Для этого методом случайных чисел закладывалось по 10 площадок размером 1×1 метр. Всего было изучено 5 ЦП *S. canadensis* в разных типах местообитаний.

Таблица 1

Местонахождение и местообитание изученных ценопопуляций *Solidago canadensis*

Номер ценопопуляции	Местоположение	Географические координаты	Местообитание
1	г. Ижевск, Учебный ботанический сад УдГУ	56°54'51"N, 53°14'57"E	Залежь
2	г. Ижевск, пос. Смирново	56°54'41"N, 53°22'44"E	Пустырь
3	1 км западнее с. Италмас, Завьяловский район	56°55'1"N, 53°27'35"E	Насыпь автомобильной дороги
4	1,6 км севернееаэропорта г. Ижевск	56°50'50"N, 53°27'26"E	Суходольный луг
5	0,8 км СНТ «Мартьяновские просторы», Завьяловский район	56°48'48"N, 53°26'21"E	Опушка смешанного леса

S. canadensis чаще всего образует монодоминантные сообщества. Обычно вместе с ним в растительных сообществах встречаются *Phleum pratense* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Cichorium intybus* L., *Trifolium medium* L. и др. В таблице 2 приведены среднеарифметические данные некоторых морфометрических показателей особей *S. canadensis* и характеристика исследованных ценопопуляций. Также, используя метод установления эколого-ценотического градиента — экотина [Ишбирдин, Ишмуратова, 2004], рассчитали индекс виталитета (IVC) и индекс размерной пластичности (ISP) для исследованных ценопопуляций. На основании данных индексов выстроили ряд ЦП по градиенту ухудшения условий роста.

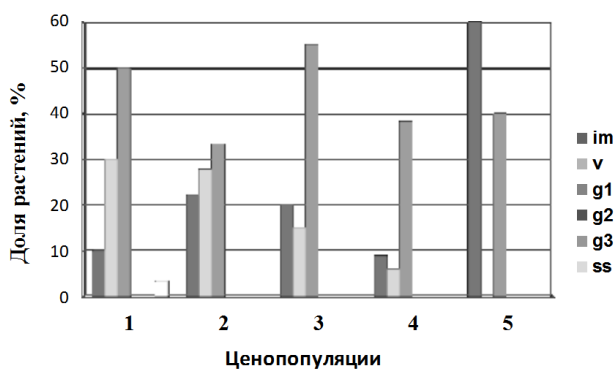
В целом, особи в исследованных ЦП развиты хорошо. Максимальная высота растений достигает $132,0 \pm 5,7$ см. Диаметр некоторых парциальных кустов может достигать 56 см. Как видно из данных представленных в таблице 1, морфологические параметры изученных особей оптимальны.

Таблица 2

Среднеарифметические данные морфометрических показателей

Параметры	Номер ценопопуляции				
	1	2	3	4	5
Плотность побегов, шт/м ²	35,2 ± 2,5	32,2 ± 3,4	46,2 ± 6,5	20,5 ± 0,9	18,2 ± 0,7
Высота побега, см	129,5 ± 1,6	104,2 ± 1,2	105,3 ± 1,7	114,2 ± 1,3	132,0 ± 5,7
Число листьев на побеге, шт	92,4 ± 1,1	43,1 ± 1,1	41,8 ± 0,8	57,8 ± 0,9	54,8 ± 0,9
Длина листа, см	8,4 ± 0,1	8,1 ± 0,1	6,9 ± 0,1	8,0 ± 0,1	7,7 ± 0,1
Ширина листа, см	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1
Длина соцветия, см	22,4 ± 1,1	12,4 ± 0,8	23,0 ± 1,4	13,8 ± 0,3	12,8 ± 0,5
IVC	1,2	0,9	1,0	1,0	0,9
ISP	1,4				
Ряд ценопопуляций по градиенту ухудшения условий	1 — 3 — 4 — 2 — 5				

Ряд ценопопуляций по убыванию значения индексов виталитета выстроился таким образом, что наилучшие условия реализации ростовых процессов наблюдаются в ценопопуляции 1, находящейся на территории Учебного ботанического сада, где растения изучены на молодой залежи. Это обусловлено особенностью натурализации *S. canadensis* во вторичном ареале его распространения, где он быстро занимает нарушенные почвы, свободные от других видов растений. Худшие условия отмечаются в ЦП 5, которая расположена на опушке смешанного леса в Завьяловском районе, имеющую высокую степень задернованности почвы.



Онтонетические спектры ЦП *Solidago canadensis* L.

Важной характеристикой возрастной структуры ценопопуляций является индекс восстановления. Это значение отношения количества растений прегенеративного периода к количеству растений генеративного периода [Жукова, Смирнова, 1988]. На рисунке отражены онтогенетические спектры исследованных ЦП *S. canadensis*. По типу онтогенетического спектра нами выделены одновершинные левосторонние (ЦП 2, 5), одновершинные центрированные (ЦП 1, 3, 4). По типу ЦП выделены как молодые (ЦП 2, 5) так и зрелые (ЦП 1, 3, 4). В ЦП 1 отмечены особи субсенильного

возрастного состояния. Старых ЦП среди обследованных выявлено не было. Возможно, это объясняется тем, что вторжение *S. canadensis* в изученные местообитания произошло не так давно.

Согласно классификации Т. А. Работнова (1992) и А. А. Уранова (1975), все исследуемые ценопопуляции *S. canadensis* являются нормальными неполночленными (табл. 3). В возрастном спектре наблюдается преобладание генеративных особей, что говорит о становлении популяции данного вида.

Индексы восстановления и замещения изменяются в исследованных ЦП почти в 10 раз — от 17,2 % в разнотравно-злаковом сообществе до 111,1 % в золотарниковом сообществе (табл. 3). В ЦП 1 отмечается максимальная плотность особей *S. canadensis* — 7,3 экземпляров на м².

Таблица 3

Некоторые популяционные характеристики исследованных ЦП *Solidago canadensis* L.

№ ЦП	Фитоценоз	Тип возрастного спектра	Тип нормальных ЦП	Доля участия фракций, %			М, экз./м ²	Индексы	
				p-v	g1-g3	s-ss		Jв, %	Jз, %
1	Разнотравно-золотарниковый	Одновершинный центрированный	Зрелая неполночленная	40,0	56,7	3,3	7,3	70,6	66,7
2	Золотарниковый	Одновершинный левосторонний	Молодая неполночленная	57,0	43,0	—	5,2	111,1	111,1
3	Золотарниково-вейниковый	Одновершинный центрированный	Зрелая неполночленная	35,0	65,0	—	3,6	53,8	53,8
4	Разнотравно-злаковый	Одновершинный центрированный	Зрелая неполночленная	14,7	85,3	—	3,0	17,2	17,2
5	Разнотравно-злаковый	Одновершинный левосторонний	Молодая неполночленная	60,0	40,0	—	1,8	150	150

Примечания: М — плотность особей на м²; Jв — индекс восстановления; Jз — индекс замещения.

Таким образом, по совокупности показателей ценопопуляции *Solidago canadensis* находятся в оптимальном состоянии. Наибольшая доля особей прегенеративного периода выявлена нами в ЦП *S. canadensis* № 2 и № 5, исследованных в Завьяловском районе. Индексы восстановления и замещения изменяются в широких пределах и зависят от эколого-фитоценологических условий. Плотность особей в разных местообитаниях изменяется от 1,8 экз./м² (ЦП 5) до 7,3 экз./м² (ЦП 1). О том, что данный вид находится в благоприятных условиях для ростовых процессов, можно судить по высокой плотности, а также по высоким показателям восстановления и замещения в исследованных нами ценопопуляциях.

Литература

- Баранова О. Г., Пузырев А. Н. 2012. Конспект флоры Удмуртской Республики. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований. 212 с. Черная книга флоры Удмуртской Республики. 2016 / О. Г. Баранова, Е. Н. Бралгина, Е. М. Колдомова и др. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований. 68 с. Жукова А. А., Смирнова О. В. 1988. Возрастная дифференциация // Ценопопуляции растений: очерки популяционной биологии. М.: Наука. С. 13–25. Жукова Л. А. 1987. Динамика популяций луговых растений // Динамика ЦП травянистых растений. Киев: Наукова Думка. С. 9–19. Ишбардин А. Р., Ишмуратова М. М. 2004. К оценке состояния и природоохранной значимости ценопопуляций редких видов // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. материалов Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола. С. 150–151. Колдомова Е. А. 2017. Некоторые особенности распространения *Solidago canadensis* L. на территории Удмуртской Республики // Изучение адвентивной и синантропной флоры России и стран ближнего зарубежья: итоги, проблемы, перспективы. М.; Ижевск. С. 69–72. Работнов Т. А. 1992. Фитоценология. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та. 350 с. Растительные ресурсы СССР. 1993. Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейство Asteraceae (Compositae) / отв. ред. П. Д. Соколов. СПб.: Наука. 352 с. Садовский А. С. 2004. Чайные суррогаты: кипрей, золотарник и компания // Химия и жизнь — XXI век. № 5. С. 60–63. Уранов А. А. 1975. Возрастной состав фитоценопопуляций как функции времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. № 2. С. 17–29. Уранов А. А., Смирнова О. В. 1969. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол. Т. 74, вып. 2. С. 119–134.

**ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС»
ИМЕНИ М. Г. СИНИЦЫНА**

И. Г. Креницын^{1,3}, А. В. Лебедев^{1,2}, С. А. Чистяков¹, А. В. Гемонов^{1,2}

¹ Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, Кологрив, Россия

² Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

³ Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан
hek@rambler.ru

В системе особо охраняемых природных территорий (ООПТ) охрана растительного мира наиболее эффективно осуществляется заповедниками, что обусловлено их особым статусом и режимом, полным запретом на территориях заповедников любой хозяйственной деятельности, не связанной с деятельностью самого заповедника. В этой связи важен показатель флористической репрезентативности заповедников. На территории ГПЗ «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына» (далее — Заповедник) из 141 вида сосудистых растений, включенных в список Красной книги Костромской области [Красная книга Костромской области, 2009], произрастает 61, которые относятся к 3 отделам, 22 семействам, 47 родам, в том числе 3 вида из Красной книги РФ [Красная книга Российской Федерации, 2008] (*Cypripedium calceolus* L., *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soo s. l., *Epipogium aphyllum* (F. Schmidt) Swartz) и 8 из Красной книги МСОП [IUCN, 2012] (табл.).

Редкие виды флоры и фауны являются хрупким компонентом биоразнообразия любой биосистемы и индикатором ее изменения [Флинт и др., 2002]. Каждый биологический вид, каждая особь выполняют определенную роль в сообществе, участвуя в обеспечении устойчивости всей биологической системы. Исчезновение любого вида неминуемо отразится на ее устойчивости. Сохранение видов и их местообитаний является глобальной природоохранной задачей жителей Земли. Международным союзом охраны природы и природных ресурсов (МСОП) и Всемирным фондом дикой природы (WWF) сформированы международные задачи перед правительствами и общественными природоохранными организациями. Регулярно издаются и уточняются Красные списки МСОП [IUCN, 2012], Красные книги государств и регионов, увеличивается количество и площади ООПТ.

Заповедник учрежден 21 января 2006 года и состоит из двух участков, расположен в Костромской области в Кологривском, Мантуровском, Нейском, Парфеньевском и Чухломском районах, в бассейнах рек Унжа и Нея, в подзонах европейской средней и южной тайги. С 2009 года носит имя своего основателя и первого директора, Максима Григорьевича Сеницына. Его общая площадь 58 939,6 гектаров. Заповедник располагается в северо-восточной части Центра Русской равнины. В формировании основных черт современного рельефа основную роль сыграли плейстоценовые оледенения. Костромское Заволжье — равнина с достаточно однородным геологическим строением и преимущественно пологохолмистым и волнистым рельефом ледникового и водноледникового происхождения. Создан в целях сохранения южно-таежных природных комплексов Русской равнины — уникальных экосистем коренных темнохвойных лесов. Территория Заповедника включает два единственных сохранившихся коренных массива южной европейской тайги, не подвергавшихся ландшафтным изменениям.

До настоящего времени на территории Заповедника инвентаризация флоры не завершена, хотя опубликовано достаточное количество работ, посвященных этой проблеме. Согласно базе данных, в Заповеднике произрастает 550 видов сосудистых растений, т. о. более 10 % его флоры занесено в Красную книгу региона и охраняется на его территории, в то же время, почти половина краснокнижного списка области, находится под надежной защитой на территории Заповедника. В Заповеднике по мере выявления местообитаний как отмеченных ранее, так и новых видов, занесенных в Красную книгу области, закладываются постоянные площадки, на которых ведется мониторинг динамических процессов в их популяциях.

Список охраняемых видов сосудистых растений в заповеднике «Кологривский лес»

№	Латинское название	Русское название	Красный список МСОП	Красная книга РФ	Красная книга Костромской области
Отдел Папоротниковые (Pteridophyta)					
Семейство Кочедыжниковые (Athyriaceae)					
1	<i>Cystopteris sudetica</i> A. Brown & Milde	Пузырник судетский	–	–	4
2	<i>Diplazium sibiricum</i> (Turcz. ex G. Kunze) Kurata	Диплазиум сибирский	–	–	1
Семейство Ужовниковые (Ophioglossaceae)					
3	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	Гроздовник полулунный	–	–	3

№	Латинское название	Русское название	Красный список МСОП	Красная книга РФ	Красная книга Костромской области
4	<i>Botrychium multifidum</i> (S. G. Gmel.) Rupr.	Гроздовник многораздельный	–	–	3
5	<i>Botrychium virginianum</i> (L.) Sw.	Гроздовник виргинский	–	–	1
6	<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.	Ужовник обыкновенный	–	–	4
Отдел Плауновидные (Lycopodiophyta)					
Семейство Плауновые (Lycopodiaceae)					
7	<i>Huperzia selago</i> (L.) Bernh. Ex Schrank et Mart.	Баранец обыкновенный	–	–	3
8	<i>Lycopodiella inundata</i> (L.) Holub	Плаунок топяной	LC	–	3
Отдел Цветковые (Magnoliophyta)					
Семейство Рдестовые (Potamogetonaceae)					
9	<i>Potamogeton obtusifolius</i> Mert. et W. D. J. Koch	Рдест туполистный	LC	–	3
10	<i>Potamogeton praelongus</i> Wulf.	Рдест длиннейший	–	–	3
Семейство Злаки (Gramineae)					
11	<i>Agrostis clavata</i> Trin.	Полевица булавовидная	LC	–	3
12	<i>Cinna latifolia</i> (Trev.) Griseb.	Цинна широколистная	–	–	3
13	<i>Festuca altissima</i> All.	Овсяница высочайшая	–	–	4
14	<i>Glyceria lithuanica</i> (Gorski) Gorski	Манник литовский	–	–	3
15	<i>Glyceria nemoralis</i> (Uechtr.) Uechtr. Et Koern.	Манник дубравный	–	–	4
16	<i>Schizachne callosa</i> (Turcz. ex Griseb.) Ohwi	Схизахна мозолистая	–	–	4
17	<i>Scolochloa festucacea</i> (Willd.) Link	Тростянка овсянницеvidная	–	–	3
Семейство Осоковые (Cyperaceae)					
18	<i>Carex atherodes</i> Spreng.	Осока прямоколосая	LC	–	3
19	<i>Carex capillaris</i> L.	Осока волосовидная	–	–	1
20	<i>Carex chordorrhiza</i> Ehrh.	Осока плетевидная	–	–	3
21	<i>Carex loliacea</i> L.	Осока плевельная	–	–	3
22	<i>Carex panicea</i> L.	Осока просяная	–	–	4
23	<i>Carex paupercula</i> Michx.	Осока заливная	–	–	3
24	<i>Carex rhynchophysa</i> C. A. Mey.	Осока вздутоносая	–	–	4
25	<i>Carex riparia</i> Curt.	Осока береговая	LC	–	3
26	<i>Eriophorum latifolium</i> Hoppe	Пушица широколистная	–	–	4
Семейство Лилейные (Liliaceae)					
27	<i>Allium angulosum</i> L.	Лук угловатый	–	–	3
28	<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All	Купена многоцветковая	–	–	3
Семейство Орхидные (Orchidaceae)					
29	<i>Corallorhiza trifida</i> Chatel	Ладьян трехраздельный	–	–	3
30	<i>Cypripedium calceolus</i> L.	Башмачок настоящий	LC	3	3
31	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soo	Пальчатокоренник пятнистый	–	–	3
32	<i>Dactylorhiza traunsteineri</i> (Saut.) Soo	Пальчатокоренник Траунштейнера	–	3	3
33	<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	Дремлик болотный	LC	–	3
34	<i>Epipogium aphyllum</i> (F. Schmidt) Swartz	Надбородник безлистный	–	2	3
35	<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br.	Гудайера ползучая	–	–	3
36	<i>Listera ovata</i> (L.) R. Br.	Тайник яйцевидный	–	–	3
37	<i>Malaxis monophyllos</i> (L.) Sw.	Мякотница однолистная	–	–	3
38	<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich.	Гнездовка настоящая	LC	–	3
Семейство Грушанковые (Rutolaceae)					
39	<i>Moneses uniflora</i> (L.) A. Gray	Одноцветка одноцветковая	–	–	3

№	Латинское название	Русское название	Красный список МСОП	Красная книга РФ	Красная книга Костромской области
Семейство Ивовые (Salicaceae)					
40	<i>Salix lapponum</i> L.	Ива лопарская	–	–	3
41	<i>Salix myrtilloides</i> L.	Ива черниковидная	–	–	3
Семейство Кувшинковые (Nymphaeaceae)					
42	<i>Nuphar pumila</i> (Timm) DC.	Кубышка малая	–	–	3
Семейство Лютиковые (Ranunculaceae)					
43	<i>Actaea erythrocarpa</i> Fisch.	Воронец красноплодный	–	–	3
44	<i>Atragene sibirica</i> L.	Княжик сибирский	–	–	3
45	<i>Hepatica nobili</i> Mill.	Печеночница благородная	–	–	2
46	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	Прострел раскрытый	–	–	3
47	<i>Ranunculus propinquus</i> C. A. Mey.	Лютик близкий	–	–	3
48	<i>Delphinium elatum</i> L.	Живокость высокая	–	–	3
Семейство Дымянковые (Fumariaceae)					
49	<i>Corydalis intermedia</i> (L.) Merat	Хохлатка промежуточная	–	–	3
Семейство Розоцветные (Rosaceae)					
50	<i>Rubus humulifolius</i> C. A. Mey.	Малина хмелелистная	–	–	3
Семейство Бобовые (Leguminosae)					
51	<i>Lathyrus pisiformis</i> L.	Чина гороховидная	–	–	4
Семейство Водяниковые (Empetraceae)					
52	<i>Empetrum nigrum</i> L.	Водяника черная	–	–	2
Семейство Фиалковые (Violaceae)					
53	<i>Viola collina</i> Bess.	Фиалка холмовая	–	–	3
Семейство Зонтичные (Umbelliferae)					
54	<i>Cenolophium denudatum</i> (Hornem.) Tutin	Пусторебришник обнаженный	–	–	2
Семейство Ластовневые (Asclepiadaceae)					
55	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i> Medik	Ластовень лекарственный	–	–	3
Семейство Пузырчатковые (Lentibulariaceae)					
56	<i>Utricularia minor</i> L.	Пузырчатка малая	–	–	3
Семейство Мареновые (Rubiaceae)					
57	<i>Galium intermedium</i> Schult.	Подмаренник промежуточный	–	–	3
Семейство Сложноцветные (Compositae)					
58	<i>Crepis sibirica</i> L.	Скерда сибирская	–	–	3
59	<i>Syneilesis hastata</i> L.	Какалия копьевидная	–	–	3
60	<i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass.	Бузульник сибирский	–	–	3
61	<i>Senecio fluviatilis</i> Wallr.	Крестовник приречный	–	–	4

Примечание: LC — вызывающие наименьшие опасения, 1 — находящиеся под угрозой исчезновения виды, 2 — сокращающиеся в численности виды, 3 — редкие виды, 4 — неопределенные по статусу виды.

Литература

Красная книга Костромской области. 2009 / под ред. ДПР Костромской области. Кострома. 387 с. Красная Книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М.: Т-во науч. изд. КМК. 855 с. Флинт В. Е., Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г., Бобровский М. В., Торопова Н. А., Мелехова О. П., Сорокин А. Г. 2002. Сохранение и восстановление биоразнообразия. М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра. 286 с. IUCN. 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1, second ed. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 32 p.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ ЧЕРЕЗ 10 ЛЕТ ПОСЛЕ ВЫРУБКИ

Н. В. Лиханова

Республиканский центр дополнительного образования, Сыктывкар, Россия
Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина, Сыктывкар, Россия
lihanad@mail.ru

Рубки леса являются основным фактором, приводящих к созданию антропогенных модификаций ценозов, не способных в полной мере выполнять функции, аналогичные таковым в природных экосистемах. При оценке формирования производных фитоценозов после рубки следует уделять особое внимание на развитие нижнего яруса и создаваемый им «фитогенный» климат, который в значительной мере определяет процесс естественного возобновления древесных растений и темпы сукцессий растительности на вырубке [Геникова и др., 2016; Чертовской, 1963]. Практически не изучены вопросы этапных смен растительности на сплошной вырубке среднетаежных ельников Республики Коми. Рассматриваемая проблема имеет важное значение для прогнозирования направления сукцессионных смен растительности.

В данном исследовании мы ставили задачу сравнить состав и обилие видов растений напочвенного покрова на 10-летней вырубке после сплошнолесосечной рубки ельников на полугидроморфных почвах в условиях средней тайги Республики Коми.

Экспериментальные работы выполнены на территории Чернамского лесного стационара Института биологии Коми научного центра УрО РАН (62°01' с. ш. 52°28' в. д.) на двух постоянных пробных площадях (ППП) размерами 0,20 и 0,25 га, заложенных в спелых ельниках черничном влажном и долгомошно-сфагновом. В зимний период 2006 г. в них проведена сплошнолесосечная рубка. Восстановление древостоя происходит естественным образом на вырубке ельника долгомошно-сфагнового результате зарастания березой, елью и сосной, на вырубке ельника черничного влажного — березой, рябиной, елью, сосной. В 2016 г. для получения полной фитоценотической характеристики живого напочвенного покрова вырубке ельников фиксировался весь видовой состав. Для оценки состояния растительности покрова использована трансектная схема организации наблюдений с регулярным шагом апробирования. Длина трансекты составила 500 м, площадки закладывались с шагом 10 м. Геоботаническое описание составлено по: А. П. Шенников (1964), названия растений даны по сводке Черепанова (1995).

В ельнике черничном влажном древостой имеет состав 7Е2Б1С, разновозрастный (70–210 лет). Флористический состав растений под пологом спелого древостоя включает 24 вида, в том числе в травяно-кустарничковом ярусе (ТКЯ) — 15. Общее проективное покрытие (ОПП) ТКЯ составлял 40–50, а мохово-лишайниковый ярус (МЛЯ) — 90–95 % при абсолютном доминировании *Vaccinium myrtillus* L. (встречаемость 100 %) с баллом обилия 5. Хорошо развита группа разнотравья. Из зеленых мхов преобладал *Hylocomium splendens* (Hedw.). Древостой ельника долгомошно-сфагнового разновозрастный (70–200 лет) имел состав 6ЕЗБ1С. Флористическое богатство ТКЯ формировался 14 видами, МЛЯ — 9. ОПП ТКЯ было равно 40 % [Бобкова, 2006].

На вырубке ельников с увеличением освещенности возрастает интенсивность испарения, более резкими становятся колебания температуры и усиливается действие ветра, что приводит к смене растительности [Ларин и др., 1989; Лиханова, 2012].

Флористический состав на 10-летней вырубке ельников в разных зонах лесосеки отличается незначительно. Однако этот показатель снижается в два раза при сравнении со спелыми ельниками (табл.).

Характеристика напочвенного покрова в ельниках до и после рубки

Показатели ОПП, %	До рубки	10-летняя вырубка	
		волок	пасека
Ельник черничный влажный			
Травянисто-кустарничковый ярус	40–50	30–40	20–30
Мохово-лишайниковый ярус	90–95	40–50	40–50
Видовое богатство, шт.	24	14	15
Индекс Шеннона	2,43	2,06	2,57
Ельник долгомошно-сфагновый			
Травянисто-кустарничковый ярус	40	20–30	20–30
Мохово-лишайниковый ярус	95–100	40–60	50–70
Видовое богатство, шт.	23	13	11
Индекс Шеннона	2,40	2,33	2,29

На вырубке ельников интенсивно развиваются светолюбивые лесные, опушечные и луговые виды растений напочвенного покрова. Так, на вырубке ельника черничного влажного наблюдается заселение как опушечных (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman), так и лесных (*Luzula pilosa* (L.) Willd., *Melampyrum pratense* L.) видов растений. На вырубке ельника долгомошно-сфагнового заселение иван-чаем выражено в меньшей степени. Согласно В. Н. Федорчук и др. (1995; 2005), на вырубках еловых лесов, расположенных в подзоне средней и южной тайги, на 3–5 год после рубки незначительно восстанавливаются лесные виды.

В целом для исследованных насаждений характерны низкие показатели видового разнообразия напочвенного покрова (индекс Шеннона 2,06–2,57), что связано с низким видовым богатством — всего 11–15 видов и наличием в составе яруса выраженных доминантных видов. На вырубке ельника черничного влажного отмечено некоторое снижение видового разнообразия напочвенного покрова на трелевочном волоке, индекс Шеннона снижается от 2,43 до 2,06 в основном за счет повреждения травяно-кустарничкового яруса. На пасечных участках вырубки наблюдается повышение этого показателя в связи с увеличением видового разнообразия. Согласно В. Н. Федорчук и др. (1995; 2005), к 10–14 годам показатели по количеству видов начинают приближаться к исходным ценностям. На вырубке ельника долгомошно-сфагнового видовое разнообразие напочвенного покрова снижено как на волоке, так и на пасечных участках, что объясняется поврежденностью напочвенного покрова и увеличением влажности вырубки.

ОПП ТКЯ на волоке вырубки ельника черничного влажного составляет 30–40, а МЛЯ — 40–50 %. На пасечных участках ОПП ТКЯ равно 20–30, а МЛЯ — 40–50 %. На трелевочном волоке вырубки ельника долгомошно-сфагнового ОПП ТКЯ составляет 20–30, а МЛЯ — 40–60 %. На пасеке данной вырубки ОПП ТКЯ равно — 20–30, а МЛЯ — 50–70 % (табл.). Увеличение площади, занятой сфагновыми мхами объясняется увеличением влажности вырубки [Чертовской, 1963].

Таким образом, в еловых сообществах средней тайги после сплошнолесосечной рубки происходят изменения в видовом биоразнообразии растений напочвенного покрова. На пасечном участке вырубки ельника черничного влажного показатели по количеству видов начинают постепенно приближаться к исходным ценностям. На 10-летней вырубке ельников наблюдается снижение ОПП растительного покрова. В ОПП вырубки наблюдается увеличение доли участия кустарничков и травянистых растений и снижение участия мхов.

Литература

- Бобкова К. С. 2006. Еловые леса средней подзоны тайги // Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции СПб.: Наука. С. 99–158. Генникова Н. В., Торопова Е. В., Крышень А. М. 2016. Реакция видов напочвенного покрова ельника черничного на рубку древостоя // Тр. Карельского научного центра Российской академии наук. Серия: Экологические исследования. Петро-заводск. № 4. С. 92–99. Ларин В. Б., Паутов Ю. А. 1989. Формирование хвойных молодняков на вырубках Северо-Востока европейской части СССР. Л.: Наука. 144 с. Лиханова Н. В. 2012. Изменение биоразнообразия и массы растений напочвенного покрова ельников средней тайги после сплошнолесосечной рубки // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 14, № 1 (5). С. 1309–1312. Федорчук В. Н., Кузнецова М. Л. 1995. Изменение показателей лесных биогеоценозов на начальных этапах восстановительной сукцессии после сплошных рубок (по материалам постоянных наблюдений) // Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы. Отд. Биология. Т. 100, вып. 2. С. 85–99. Федорчук В. Н., Неиштаев В. Ю., Кузнецова М. Л. 2005. Лесные экосистемы Северо-западных районов России: Типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб. 382 с. Черепанов С. К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 990 с. Чертовской В. Г. 1963. Долгомошные вырубки, их образование и облесение. М. 134 с. Шенников А. П. 1964. Введение в геоботанику. Л. 447 с.

ЕЩЕ РАЗ О ПОПУЛЯЦИОННОЙ БИОЛОГИИ МАЛОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ

М. В. Марков

Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия, markovsmail@gmail.com

Отечественная популяционная биология растений, зародившаяся в недрах фитоценологии, к сожалению, не может похвастаться обилием методов, подходов и приемов исследования. Задавший тон и ставший по признанию мирового научного сообщества приоритетным [Urbanska, 1992] классическим подход к анализу возрастного состава популяций Т. А. Работнова (1950а, б) предусматривает продолжительные наблюдения за растениями (маркированными или закартированными) на постоянных пробных площадках с регистрацией пополнения и убыли. Введением понятия «возрастность» (биологический возраст) были в определенной степени преодолены объективные сложности с выявлением абсолютного возраста у многолетних травянистых растений, и дан старт выделению индикаторных признаков онтогенетических состояний, используемых затем для построения и анализа возрастного спектра популяции или спектра онтогенетических состояний. Несмотря на безусловную ценность и содержательность получаемых классическим методом результатов, а также несомненный технический прогресс (например, появление цифровой фотографии), позволяющий существенно снизить трудоемкость продолжительных наблюдений на постоянных площадках, число работ этого плана до обидного мало. Волна интереса к углубленному изучению популяций растений, возникшая благодаря подхваченному А. А. Урановым и ботаниками его школы стимулу «Работновского» задела, способствовала развитию теории, уточнению терминологии и проведению ряда

изящных исследований по классической методике. Однако, позднее продолжительных наблюдений из-за их сложности стало проводиться все меньше, а исследователи стали уделять больше внимания биоморфологической характеристике онтогенетических (возрастных) состояний. Появились совершенно неоправданные с точки зрения русского языка обороты: «дискретное описание онтогенеза» (не описание дискретно, а онтогенез, который мы как мультфильм для удобства разбираем на «кадры», т. е. представляем дискретным) «онтогенетическая структура популяций» вместо длинноватого, но более корректного выражения «спектр онтогенетических состояний особей в популяции» и т. п.

В продолжение темы классической статьи А. А. Уранова «Жизненное состояние вида в растительном сообществе» (1960) появлялись разные версии метода учета жизненного состояния и, в том числе, было введено понятие виталитета, и была предложена методика выявления виталитетной структуры популяций [Злобин, 1989]. Эта методика фигурировала в монографии Ю. А. Злобина (2009), рецензию на которую опубликовали в Журнале общей биологии Б. М. Миркин и Л. Г. Наумова (2010), и представлена в рецензируемой статье в форме разбираемых на конкретных примерах алгоритмов анализа. Большой вклад в развитие популяционной биологии растений внес А. А. Уранов, выступивший наряду с И. Г. Серебряковым и зоологами Ф. И. Правдиным и С. П. Наумовым в качестве организатора единственной в бывшем СССР научной лаборатории по изучению популяций и возглавлявший ботанический отдел в этой лаборатории. А. А. Уранову вместе с его учениками (О. В. Смирновой, Л. Б. Заугольной, Л. А. Жуковой, Ю. А. Злобиным и др.) удалось существенно уточнить терминологию, продвинуться в оценках жизненного состояния особей в популяции, выявлении пространственной неоднородности популяции и асинхронности развития ее *локусов*. Были разработаны и представления о динамике возрастных спектров популяций и подвергнута дальнейшей разработке классификация типов популяций по характеру их возрастных спектров. Не случайно поэтому представители школы И. Г. Серебрякова и А. А. Уранова продолжили исследование популяций с привлечением в качестве объектов видов самых разных жизненных форм, но (по примеру Т. А. Работнова), как правило, многолетних растений. Такую инерцию в выборе объектов можно в какой-то степени оправдать — ведь анализ спектра возрастных (онтогенетических) состояний дает по настоящему хорошие и полезные для фитоценологии результаты только при работе с популяциями многолетних растений. Да и выделение самих онтогенетических состояний, достаточно долго (не менее одного сезона вегетации) сохраняющих свои индикаторные признаки, целесообразно только для многолетних (моно- и поликарпических) растений. Быстрое же развитие однолетних растений, приводящее к одновременному присутствию всех индикаторных признаков, которые диагностируют скоротечные возрастные изменения у одной особи, не дает возможности получать и в этом случае полезную фитоценологическую информацию. Попытку некоторых отечественных ботаников применять традиционную схему исследования возрастных (= онтогенетических) состояний и их спектра к популяциям малолетних растений (и даже незимующих однолетников!) приходится квалифицировать не иначе как методическую инерционность или инерционность мышления по причине слабой информативности получаемых данных. Специфика биоморфологии малолетних растений потребовала применения других подходов при сохранении основного в популяционной биологии методического приема — наблюдения на постоянных площадках с регистрацией динамических популяционных показателей. Выявленные в популяциях малолетних растений моно- или поликогортность приводят к осуществлению особями разных когорт разных вариантов онтогенеза (то есть способствуют проявлению поливариантности онтогенеза).

Материал, собранный автором настоящей статьи в популяциях малолетников центра Русской равнины позволил оценить меж- и внутривидовую изменчивость и биоморфологическое разнообразие произрастающих здесь малолетних растений. Нами был разработан алгоритм популяционно-ботанического анализа малолетних растений: архитектура — жизненная форма — эколого-ценотическая стратегия, а также составлен дихотомический ключ для определения жизненной формы малолетнего растения [Марков, 1989]. Участвуя в работе международного симпозиума, посвященного биоразнообразию и эволюционной биологии, который проходил в Йене в 1999 г. Автор общался с работавшим тогда в ботаническом саду Йены А. Крумбигелем (Krumbiegel) и познакомил его со своими публикациями по малолетним растениям. Живший в Восточной Германии Крумбигель читал по-русски свободно. В том же 1999 г. он опубликовал в *Nordic Journal of Botany* статью [Krumbiegel, 1999], в которой не только практически калькировал структуру моей статьи, но даже представил аналогичный моему ключ для определения жизненной формы малолетников центральной Европы. Самым удивительным показалось мне то, что при несомненном подобии его статьи моей статье, вышедшей на 10 лет раньше, он не счел нужным на нее сослаться. Я бы, возможно, и не вспомнил бы об этом досадном факте нарушения научной этики, если бы в нашей отечественной публикации П. Ю. Жмылева [Жмылев и др., 2013] не прочитал о якобы полном отсутствии попыток классификации жизненных форм малолетних растений в нашей ботанической литературе, при том, что из зарубежных упомянуты лишь одна уже упомянутая выше статья Крумбигеля. Может быть, кому-то ссылка на иностранную публикацию кажется предпочтительнее, чем на отечественную, но совсем игнорировать достижения нашей ботанической науки по меньшей мере не корректно. Нельзя не отметить и то, что П. Ю. Жмылев не мог не знать о моих публикациях, поскольку они фигурировали в моей диссертации, защищенной в МГУ по итогам обучения в докторантуре при кафедре геоботаники, где работал

П. Ю. Жмылев. Впрочем, когда я из другой статьи этого автора, опубликованной в Вестнике Тверского университета узнал, что классификацию жизненных форм водных растений тоже якобы никто не разрабатывал, я уже ничему не удивлялся. Разве что сомнительности ботанической эрудиции ботаников из редколлекции Вестника, прекрасно знавших о работах сотрудников лаборатории высшей водной растительности ИБВВ РАН, ранее возглавляемой В. Г. Папченковым, а в настоящее время А. Г. Лапировым. Что и говорить, работы, в которых не учитываются и даже не упоминаются полученные ранее результаты, далеки от соблюдения научной этики. В нижепредставленной таблице дана дополненная классификация малолетних растений.

Вариант классификации жизненных форм малолетних растений с примерами модельных видов и особенностей экологии (среды обитания)

I. МАЛОЛЕТНИЕ РАСТЕНИЯ, ПРИКРЕПЛЯЮЩИЕСЯ К ОПОРЕ (ЛИАНЫ)							
Бескорневые и бесхлорофилльные (с корнями, видоизмененными в гаустории) (<i>Cuscuta</i>)				Фототрофные укореняющиеся в почве			
				Обвивающие опору стеблем (<i>Fallopia</i>)		Обвивающие опору усиками (видоизмененными листьями) (<i>Echinocystis, Vicia</i>)	
II. МАЛОЛЕТНИЕ РАСТЕНИЯ С ТЕЛОМ, НЕ НУЖДАЮЩИМСЯ В ОПОРЕ							
1. Настоящие суккуленты (<i>Salicornia, Crassula aquatica</i>)							
2. Суккулентоподобные с мясистыми стеблями (<i>Impatiens noli-tangere</i>)							
3. Растения без признаков суккулентности							
Изомодульные граминиоиды		Гетеромодульные					
		С розетками					Безрозеточные (длиннопобеговые)
(Eleocharis ovata, Cyperus fuscus, Carex bohemica, Poa annua)		Временно-розеточные (<i>Filago arvensis, Thymelaea passerina, Veronica verna</i>)	С ритмичным чередованием серий укороченных междоузлий (розеток) и удлиненных междоузлий (столонов) гоморизные земноводные (<i>Limosella aquatica</i>)	Нижне-розеточные стержне-корневые (аллоризные) (<i>Androsace maxima</i>)	Нижне-розеточные гоморизные: наземные (<i>Androsace filiformis, Myosurus minimus</i>) и водные (изоэтид — <i>Subularia aquatica</i>)	Верхне-розеточные: аллоризные наземные (<i>Euphorbia helioscopia, Geranium Robertianum</i>); гоморизные земноводные (<i>Callitriche palustris</i>)	Полурозеточные <i>Veronica persica, Urtica urens</i>

Литература

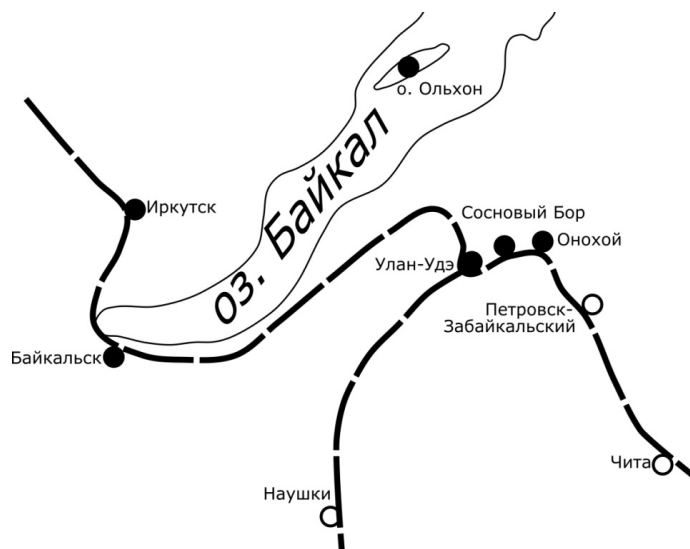
Жмылев П. Ю., Карпухина Е. А., Леднев С. А. 2013. К проблемам биоморфологии водных сосудистых растений // Вестник Тверского госуниверситета. Сер. Биология и экология. № 32. С. 137–159. Марков М. В. 1989. Алгоритм популяционно-ботанического анализа малолетних растений: архитектурная модель-жизненная форма-эколого-ценотическая стратегия // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. № 11. С. 90. Работнов Т. А. 1950а. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. Вып. 1. С. 465–483. Работнов Т. А. 1950б. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. Бот. ин-та АН СССР. Л. Сер. 3. Геоботаника. № 6. С. 7–204. Krumbiegel A. 1999. Growth forms of biennial and pluriennial vascular plants in central Europe // Nord. J. Bot. 19. P. 217–226. Copenhagen. Urbanska K. 1992. Populations biologie der Pflanzen. Grundlagen, Probleme, Perspektiven. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 374 S.

**НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ ПОЛЕВКИ
(MICROTUS ROSSIAEMERIDIONALIS) К ВОСТОКУ ОТ ОЗ. БАЙКАЛ**

И. В. Моролдоев

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия, igmor@list.ru

Восточноевропейская полевка (*Microtus rossiaemeridionalis* Ognev, 1924) — вид-двойник обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pallas, 1778), достоверно отличающийся от нее по числу и морфологии хромосом — для *M. rossiaemeridionalis* описано $2n = 54$, $NF = 56$ [Мейер, Орлов, Схолль, 1972; Мейер и др., 1996], для *M. arvalis* sensu stricto — $2n = 46$ [Мальгин, 1983]. Это широко распространенный вид, достигающий сравнительно высокой численности в разных частях ареала. Исходным ареалом восточноевропейской полевки является территория от Балканского полуострова до Русской равнины и Уральских гор, однако в конце прошлого века стали появляться сведения о находках этого вида за пределами основного ареала — на острове Шпицберген, в Западной Сибири, Прибайкалье и на Дальнем Востоке [Ковальская, Мальгин, 1985; Большаков, Шубникова, 1988; Демидович, 1999; Картавецва и др., 2011; Мальшев, 2011;



Находки восточноевропейской полевки в Бурятии.
Черными кружками показаны населенные пункты, где была отловлена восточноевропейская полевка

В настоящем сообщении мы приводим сведения о дополнительных местах отловов восточноевропейской полевки к востоку от г. Улан-Удэ.

Для отлова зверьков использовали трапиковые живоловки, расставлявшиеся в августе 2017–2018 гг. вблизи различных населенных пунктов Заиграевского района Бурятии. Предполагается, что основным путем инвазии восточноевропейской полевки к востоку от основного ареала является ее продвижение вместе с железнодорожными составами, поэтому при выборе мест установки ловушек предпочтение отдавали крупным железнодорожным станциям, рядом с которыми имелись подходящие для обитания этого вида биотопы: мезофитные луга, приречные кустарниковые заросли, а также заброшенные сельскохозяйственные земли. Для подтверждения видовой идентификации вида использовали кариологический анализ. При приготовлении препаратов хромосом из красного костного мозга использовали стандартные методики [Графодатский, Раджабли, 1988; Крысанов, Демидова, Шефтель, 2009]. Препараты готовили методом раскапывания суспензии клеток на охлажденные влажные предметные стекла. Высушенные препараты окрашивали 2 %-м раствором азур-эозина (красителем Гимза, Merck, Германия). С-окраска хромосомных препаратов выполнена по методу Самнера [Sumner, 1972]. Фотоснимки метафазных пластинок получены на цифровой камере AxioCamHR при помощи программы AXIOVISION 4.7 (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Германия).

К востоку от г. Улан-Удэ восточноевропейская полевка была обнаружена нами в двух населенных пунктах Заиграевского района Бурятии: в окрестностях пос. Сосновый Бор и в пос. Онохой (рис.). В обеих точках совместно с *M. rossiaemerdionalis* был отловлен даурский хомячок (*Cricetulus barabensis*, $2n = 20$).

В результате изучения числа и структуры хромосом выяснилось, что диплоидное число хромосом в ядрах клеток данной особи составляет 54, а число плеч — 56. Почти все аутосомы представлены акроцентриками, плавно убывающими в размерах, только последняя пара представлена метацентриками. X-хромосома является самым крупным акроцентриком набора. При окрашивании на структурный гетерохроматин С-блоки отмечены в центромерных районах всех хромосом. X-хромосома имеет яркое окрашивание от середины плеча до теломеры, Y-хромосома является целиком гетерохроматиновой.

Таким образом, кариологический анализ подтвердил видовую идентификацию этой особи как *Microtus rossiaemerdionalis* Ognev, 1924. Обе новые точки отлова восточноевропейской полевки находятся в непосредственной близости (не более 2 км) от Транссибирской магистрали, и наиболее вероятным путем проникновения данного вида в Заиграевский район Бурятии, как и в другие регионы Восточной Сибири, остается считать продвижение вместе с железнодорожными составами, везущими овощи, зерно и другие продукты питания. Возможно и расселение улан-удэнской популяции восточноевропейской полевки, обитающей в парках города, в пригородные сельские районы.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-04-00269.

Литература

- Бобров В. В., Варшавский А. А., Хляп Л. А. 2008. Чужеродные виды млекопитающих в экосистемах России М.: Товарищество научных изданий КМК. 232 с. Большаков В. Н., Шубникова О. Н. 1988. Обыкновенная полевка — *Microtus arvalis* (Rodentia, Muridae) на архипелаге Шпицберген // Зоологический журнал. Т. 67, № 2. С. 308–310. Графодатский А. А., Раджабли С. И. 1988. Хромосомы сельскохозяйственных и лабораторных млекопитающих: атлас. Новосибирск: Наука. 128 с. Демидович А. П. 1999. Особенности био-

Маркова и др., 2014 и др. работы]. При этом если в пределах основного ареала этот вид широко распространен на полях, пахотных землях и других агроландшафтах, то при освоении новых территорий восточноевропейская полевка чаще встречается в городах, на продовольственных складах и даже в жилых помещениях [Бобров, Варшавский, Хляп, 2008].

Если в Южном Прибайкалье (Иркутская область) широкое расселение восточноевропейской полевки наблюдается в последние тридцать лет [Коросов, Демидович, 2001; Pavlova, Tchabovsky, 2011; Мальшев, 2012; Демидович, 2016], то к востоку от оз. Байкал, в Бурятии, первая находка восточноевропейской полевки была сделана в парках г. Улан-Удэ только в 2016 г. [Моролдоев, Шереметьева, Картавцева, 2017; Моролдоев, Картавцева, 2017].

топического размещения серых полёвок (р. *Microtus*) в антропогенно-трансформированных ландшафтах Южного Прибайкалья // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. № 15. С. 57–60. Демидович А. П. 2016. Сообщества грызунов сельскохозяйственных угодий Иркутской области // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. № 76. С. 97–102. Картавецова И. В. [и др.]. 2011. Инвазия полёвки *Microtus rossiaemeridionalis* на территорию Дальнего Востока России // Российский журнал биологических инвазий. № 4. С. 17–24. Ковальская Ю. М., Малыгин В. М. 1985. Восточноевропейская полёвка (*Microtus rossiaemeridionalis* Ognev) в Сибири // Научные доклады Высшей Школы, Биологические науки. № 1. С. 49–51. Коропов А. В., Демидович А. П. 2001. Серые полёвки (*Microtus*) на южном побережье оз. Байкал // Итоги и перспективы развития териологии Сибири: материалы I науч. конф. Иркутск. С. 127–129. Крысанов Е. Ю., Демидова Т. Б., Шефтель Б. И. 2009. Простой метод приготовления препаратов хромосом мелких млекопитающих // Зоологический журнал. Т. 88, № 2. С. 234–238. Малыгин В. М. 1983. Систематика обыкновенных полёвок. М.: Наука. 208 с. Малышев Ю. С. 2011. Мелкие млекопитающие пограничных территорий г. Иркутска // Байкальский зоологический журнал. № 2 (7). С. 94–102. Малышев Ю. С. 2012. Возможные изменения границ ареалов насекомоядных и грызунов в Северном Прибайкалье // Байкальский зоологический журнал. № 1 (9). С. 90–101. Маркова Е. А. [и др.] 2014. Молекулярные и цитогенетические данные о находке восточноевропейской полёвки *Microtus rossiaemeridionalis* (Arvicolinae, Rodentia) на севере Западной Сибири // Доклады Академии наук. Т. 455, № 5. С. 603–605. Мейер М. Н. [и др.] 1996. Серые полёвки фауны России и сопредельных территорий. СПб.: ЗИН РАН. 319 с. Мейер М. Н., Орлов В. Н., Схолль Е. Д. 1972. Виды-двойники в группе *Microtus arvalis* (Rodentia, Cricetidae) // Зоологический журнал. Т. 5, № 5. С. 724–738. Моролдоев И. В., Картавецова И. В. 2017. Новые данные об инвазии восточноевропейской полёвки (*Microtus rossiaemeridionalis*) на восток от г. Улан-Удэ // Вестник Бурятского государственного университета. Сер. Биология, география. № 3. С. 130–134. Моролдоев И. В., Шереметьева И. Н., Картавецова И. В. 2017. Первая находка восточноевропейской полёвки (*Microtus rossiaemeridionalis*) в Бурятии // Российский журнал биологических инвазий. № 2. С. 88–94. Pavlova S. V., Tchabovsky A. V. 2011. Presence of the 54-chromosome common vole (Mammalia) on Olkhon Island (Lake Baikal, East Siberia, Russia), and the occurrence of an unusual X-chromosome variant // Comparative Cytogenetics. № 5 (5). P. 433–440. Sumner A. T. 1972. A sample technique for demonstrating centromeric heterochromatin // Exp. Cell. Res. Vol. 75. P. 304–306.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БИОЛОГИИ РЕДКОГО ВИДА *IRIS RETICULATA* ВИБ.

Н. Мурсал

Институт ботаники Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика
nigarbiology1292@mail.ru

Род *Iris* L. относится к семейству *Iridaceae* Juss. (Касатиковые) и включает в себя более 200 видов, распространенных в большей части Северного полушария [Алексеева, 2008]. Данный род во «Флоре Кавказа» (1940) представлен 30-ю, во «Флоре Азербайджана» (1952) — 26-ю, а в «Конспекте флоры Кавказа» (2006) — 37-ю видами.

Среди представителей рода *Iris* встречаются виды, обладающие лекарственными свойствами. Надземные части таких растений служат сырьевым источником для получения биологически активных веществ. Согласно данным литературы некоторые виды ириса обладают спазмолитическими свойствами и проявляют антимикробную, противовирусную и противоопухолевую активность [Семенова, 2017].

Виды рода *Iris* давно введены в культуру (в том числе в селекцию) как красивые декоративные растения, украшающие сады и парки. Многие из них используются для срезки, выгонки, бордюрных и групповых посадок, а виды с миниатюрной листвой и короткими цветоносами применяются для оформления альпийских горок, виды, произрастающие на низинных заболоченных местообитаниях пригодны для декорирования водоемов. Они имеют также и хозяйственное значение, так некоторые из них обладают приятным ароматом, благодаря чему используются в парфюмерии [Растительные ресурсы, 1994; Дикорастущие..., 2001]. Широкий спектр применения видов ириса приводит к значительному сокращению их в местах естественного произрастания. Так, в Красную Книгу Азербайджана (2013) включено 17 видов ириса (*I. acutiloba* С. А. Mey, *I. annae* Grossh., *I. camillae* Grossh. и др.). К таковым относится и *Iris reticulata* Vieb. с категорией NT — «Находящийся в состоянии близком к угрожающему».

I. reticulata (касатик сетчатый) — многолетнее травянистое растение 10–20 (30) см высотой. Луковица яйцевидная, 1,5–2,5 см ширины, снаружи одета коричневыми сетчато-волоконистыми влагалищами, с веревчатыми корнями. Листья 2–4 зеленые, тонкие, четырехгранные с беловатым острием. Цветок один, верхушечный, на короткой стрелке. Околоцветник ворончатый, фиолетовый. Коробочка цилиндрическая, суженная к обоим концам. Цветет и плодоносит в марте-апреле. Криптофит-геофит. Распространен от низменности до среднего горного пояса в 7-ми ботанико-географических районах Азербайджана. Встречается по опушкам, на травянистых склонах, посевных полях и в кустарниках [Флора Азербайджана, 1952].

В литературе имеются сведения только о декоративных и красильных свойствах *I. reticulata* [Касумов, Гадилова 2009].

Цель настоящего исследования — изучение биологических особенностей *I. reticulata* в Губинском районе Азербайджана.

Исследование проводилось в марте – апреле 2017–2018 года в лесных массивах окр. сс. Гедик, Учкун и Купчал. Описание растительности и фитоценозов проводили согласно общепринятым в геоботанике методикам [Полевая геоботаника, 1974]. Онтогенетический спектр изучен в качестве основных демографических параметров ценопопуляции [Уранов, 1975; Заугольнова, 1986; Жукова, 1995]. Для изучения численности и онтогенетической структуры ценопопуляции исследуемого вида на общих модельных площад-

ках ($10 \times 10 \text{ м}^2$) в сообществах закладывали по 7–8 малых трансект, разделенных на площадки размером 1 м^2 , на которых для определения онтогенетических спектров подсчитывали общее число особей и число особей разных возрастных групп. Тип ценопопуляций определялся по классификации нормальных популяций «дельта-омега» [Животовский, 2001]. Для оценки характера размещения особей в популяции применялся индекс Ю. Одум (1986). Морфометрический анализ проводился в соответствии с методикой Ю. А. Злобина (1989), для этого измерения проводились по 9 параметрам (длина и ширина листа, длина цветоносного побега, длина и ширина лепестков, длина и ширина лукович, длина и число корней) в основном у особей среднего генеративного состояния. На основе фактического материала для каждого из морфопараметров рассчитывалось среднее значение и стандартное отклонение.

Ценопопуляция (ЦП) 1 изучена на травянистых склонах в окр. с. Гедик на высоте 248 м над ур. моря. Почва коричневая, суховатая. Здесь вместе с *I. reticulata* в составе фитоценоза из кустарников отмечены *Paliurus spina-christi* Mill. (отметка обилия 1 балл) и *Crataegus curvicepala* Lindm. (2 балла), из травянистых растений — *Orchis picta* Raf. (1–2 балла), *Veronica amoena* M. Bieb. (1 балл), *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (3 балла), *Geranium albanum* M. Bieb., *Silbum marianum* (L.) Gaertn. (3 балла) и др., а также редкие виды *Pyrus salicifolia* Pall., *Tulipa biebersteinii* Schult. et. Schult. f., *Rhus coriaria* L. Характер размещения особей исследуемого вида в ценопопуляции контагиозно ($\dot{I}od = 1,56$).

ЦП 2 изучена в лесных массивах окр. сс. Учкун и Купчал на высоте 704 м над ур. м. Почва мелкокаменистая, суховатая. Светлый лес, окна составляют 35–40 %. Высота листового опада на исследуемом участке 5–6 см. В ценозе вместе с *I. reticulata* произрастают *Cornus mas* L. (2–3 балла), *Rosa tomentosa* Sm. (2 балла), *Corydalis marschalliana* (Pall.) Pers. (2–3 балла), *Corydalis caucasica* DC. (2 балла), *Arum elongatum* Stev. (2–3 балла), *Primula woronowii* Losinsk (3–4 балла), *Viola arvensis* Murray (3–4 балла). Характера размещения особей в ценопопуляции равномерный ($\dot{I}od = 0,4$).

Результаты исследования показали, что в ЦП1 и ЦП 2 число ювенильных (j) особей составляло, соответственно, 12–5, имматурных (im) 17–8, виргинильных (v) — 29–9, молодых генеративных (g_1) 37–15, зрелых генеративных (g_2) 20–7, старых генеративных (g_3) 14–3, субсенильных (ss) 7–1 (рис. 1).

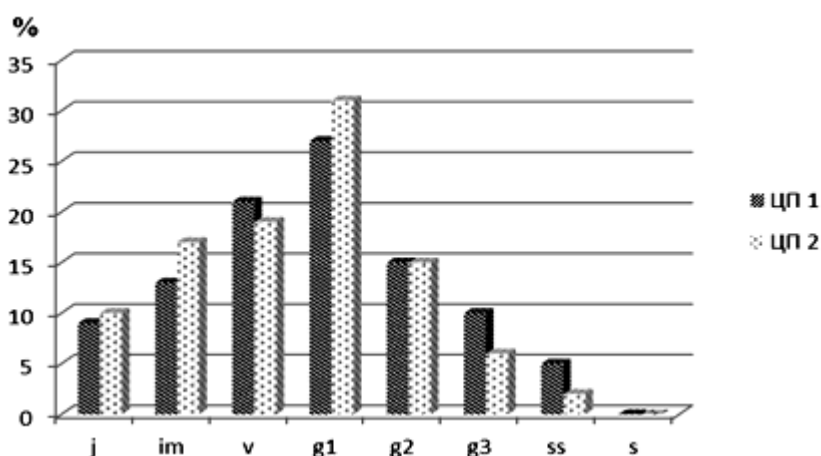


Рис. 1. Онтогенетическая структура *Iris reticulata* Bieb.

В результате изучения онтогенетической структуры ценопопуляций *I. reticulata* было установлено, что обе ценопопуляции являются нормальными, но не полночленными (из за отсутствия сенильных особей) и левосторонними.

В ЦП1 прегенеративные особи составили 43 %, генеративные особи — 52 %, а постгенеративные — 5 %. В ЦП2 особой разницы в числе особей различных возрастных состояний не наблюдалось. Так, прегенеративные особи составляли 46 %, генеративные особи — 52 %, постгенеративные — 2 %.

На основе полученных данных подсчитывались индексы старения (Iст), восстановления (Iв), замещения (Iз), возрастности (Δ) и эффективности (ω) (табл.).

Демографические параметры ценопопуляций *Iris reticulata* Bieb.

No	n	X_n	$X_{пре}$	X_r	Iв	Iст	Iз	Δ	ω
ЦП 1	136	17	7,25	9,75	0,82	0,051	0,74	0,33	0,58
ЦП 2	48	6	2,75	3,25	0,88	0,021	0,85	0,28	0,56

Примечания: n — число особей; X_n — общая плотность ЦП, особей / 1 м^2 ; $X_{пре}$ — плотность прегенеративной фракции, особей / 1 м^2 ; X_r — плотность генеративной фракции, особей / 1 м^2 ; индекс Iв, Iст, Iз, Δ , ω .

Как видно из таблицы обе ЦП можно считать молодыми, на что указывают демографические параметры.

Морфометрические измерения проводили на случайном выборе 30 особей (рис. 2). Незначительные различия у особей *I. reticulata* наблюдали только по длине листа, длине и числу корней.

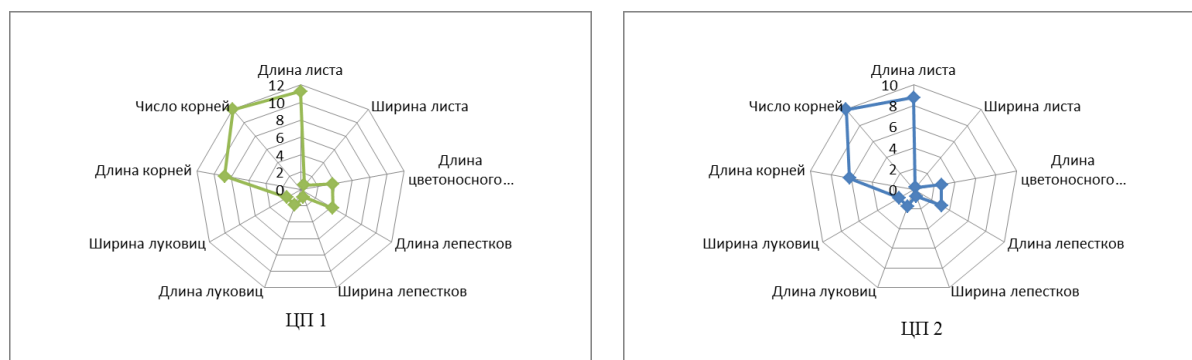


Рис. 2. Морфограммы ценопопуляций *Iris reticulata* Vieb.

В результате проведенных исследований были обнаружены новые места произрастания, изучены фитоценоотические особенности, онтогенетическое состояние, численность, плотность ценопопуляций и морфометрические показатели особей *I. reticulata*. Также было установлено, что на обследуемых территориях данный вид подвергается воздействию антропогенных (выпас мелкого и крупного рогатого скота, сбор цветов на букеты) и природных (сели, оползни) факторов.

Литература

- Алексеева Н. Б. 2008. Род *Iris* L. (Iridaceae) в России // Turczaninowia. Т. 11, № 2. С. 5–68. Дикорастущие полезные растения России. 2001. СПб. 664 с. Животовский Л. А. 2001. Онтогенетические состояния, эффективность и классификация популяций растений // Экология. № 1. С. 3–7. Жукова Л. А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар». 224 с. Заугольнова Л. Б. 1988. Особенности популяционной жизни растений // Популяционные проблемы в биогеоценологии. М.: Наука. С. 24–59. Злобин Ю. А. 1989. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. Казань: Изд-во КГУ, 1989. 146 с. Касумов М. А., Гадирова Г. С. 2009. Полезные растительные богатства Азербайджана. Баку: Маариф. 256 с. (на азерб. яз.). Конспект флоры Кавказа. 2006. СПб.: Изд-во СПбГУ. Т. II. 109 с. Красная книга Азербайджанской Республики (редкие и исчезающие виды растений и грибов). 2013. Баку. 665 с. (на азерб. яз.). Одум Ю. 1986. Экология. М.: Мир. Т. 2. 376 с. Полевая геоботаника. 1974 / под ред. Лавренко. М.: Наука. Т. I–III. Растительные ресурсы России и сопредельных государств. 1994. СПб. 271 с. Семенова Н. Ю., Невзоров А. В., Шатаханов Б. Д. 2017. Состояние и онтогенетическая структура ценопопуляций *Iris pseudacorus* L. в условиях Саратовской области // Вестник ТГУ. Т. 22, вып. 5. С. 989–992. Уранов А. А. 1975. Возрастной спектр фитоценоции как функция времени энергетических волновых процессов // Биол. науки. № 2. С. 7–34. Флора Азербайджана. 1952. Баку: АН Азерб. ССР. Т. II. С. 218–219. Флора Кавказа. 1940. Баку: Изд-во АЗФАН. Т. II. С. 210–212.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

Н. М. Новикова, Н. А. Волкова

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, nmnovikova@gmail.com

Возвышенность Ергени — крайний форпост степи на юге европейской части России. Здесь располагаются наиболее плодородные и высокопроизводительные земли Республики Калмыкия. Вопрос об их рациональном и устойчивом использовании рассматривается не только в плане ограничения прямых нагрузок при выпасе, но и в связи с проведением мелиоративных мероприятий, позволяющих в условиях дефицита влаги и засоления почв повышать их продукционный потенциал и расширять спектр видов землепользования. Крайне важным для устойчивого развития региона является существование лесных насаждений и лесополос. Лесоразведение на Ергенях имеет длительную историю [Высоцкий, 1915; Никитин, 1972]. В XVIII в. площадь древесных насаждений здесь составляла около 1,3 тыс. га. Они были приурочены к лощинам, балкам, долинам рек, т. е. территориям, получающим дополнительное увлажнение водами поверхностного стока. Наиболее крупные площади лесных культур были созданы в 1949–1952 гг. после известного правительственного постановления 1948 г. По трассе государственной лесной полосы Волгоград – Элиста – Черкесск было засажено около 20 тыс. га. Сохранившиеся на данный момент лесопосадки выполняют полезную, пастбище-защитную, рекреационную, лесохозяйственную, мелиоративную функции. Однако мало кто обращает внимание на изменения, происходящие в ландшафтах в результате проведенных мелиоративных мероприятий, и устойчиво сохраняющихся в течение длительного времени, вносящих существенные изменения в растительность и почвы. Поэтому цель данной работы — представить особенности изменений фитокомпонента солонцового комплекса в результате проведенной мелиора-

ции на примере участков выпада древесных пород в государственной лесополосе Волгоград – Элиста – Черкесск на первом опытном участке Аршань-Зельменского стационара РАН.

Рассматриваемая территория относится к подзоне опустыненных степей и светло-каштановых почв. Почвообразующие породы — четвертичные засоленные лессовидные суглинки. Дефицит влаги, засоленность и солонцеватость почв — экологические факторы, лимитирующие развитие растительности. Для почв и растительности характерна комплексность, обусловленная особенностью перераспределения влаги микрорельефом. В научной литературе этот комплекс принято называть «солонцовым» [Высоцкий, 1915], т. к. положительные элементы микрорельефа в естественных условиях заняты преимущественно сообществами черной полыни (*Artemisia pauciflora* Weber ex Stechm.) и прутняка (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) на солонцах, а микропонижения со светлокаштановыми почвами — сообществами злаков и разнотравья с участком ковылей Лессинга, волосатика сарептского (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr., *S. capillata* L., *S. sareptana* A. K. Becker.), типчака (*Festuca valesiaca* Gaudin), тонконога изящного (*Koeleria cristata* (L.) Pers.) и ромашника (*Tanacetum achilleifolium* (M. Bieb.) Sch.). Проведенные мелиоративные мероприятия вносят существенные изменения в указанную закономерность.

Лесонасаждения создавались как полезайтные, поэтому промежутки между лесополосами заняты пашней. Лесопосадка была организована по специально разработанной технологии с агротехническими приемами, направленными на улучшение водно-физических свойств почв: увеличение глубины промачивания и влагосодержания, вымывание солей и разрушение солонцового горизонта. Работы на участке начались в 1950 г. На первом этапе была проведена плантажная и обычная распашка целины на разную глубину (27, 45, 55 см), и для пополнения запасов влаги почва оставлена на два года под паром, для снегозадержания созданы кулисы из растений и проведено бороздование межкулисных пространств. Это позволило накопить в почве от 400 до 600 мм влаги [Краевой и др., 1959]. Весной 1952 г. был произведен посев желудей дуба и посадки семян еще 23 видов деревьев и кустарников. Основные древесные породы: дуб черешчатый (*Quercus srobur* L.), вяз гладкий и мелколистный (*Ulmus laevis* Pall., *U. pumila* L.), лох узколистный и серебристый (*Elaeagnus angustifolia* L., *E. argentea* Pursh); кустарники: жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.), смородина золотая (*Ribes aureum* Pursh), шиповник (*Rosa canina* L.). В течение первых пяти лет проводился машинный и ручной уход за посадками, включавший 4–5-кратное рыхление междурядий и прополку в рядах, бороздование на зиму, ежегодную распашку на глубину 23–27 см и пополнение выпавших растений.

Наблюдения показали [Никитин, 1972; Краевой и др., 1959], что, несмотря на активную агротехнологию, исходные свойства почв продолжают сказываться. Древесные породы на мелиорированных солонцах по сравнению со светло-каштановыми почвами отставали в росте на 50–120 см; со временем происходил их выпад.

Во время наших наблюдений, проведенных в 2005–2008 гг. на выпадах древесных пород были заложены почвенные разрезы на глубину до 3-х метров, и вблизи них сделаны стандартные геоботанические описания. Для сопоставления характеристик состояния целинных почв в 1950 г. и в настоящее время, а также сопоставления с мелиорированными почвами, на целинном участке вне зоны воздействия лесополос, были заложены на микроповышении и в микропонижении почвенные разрезы и сделаны геоботанические описания. Географические координаты всех разрезов и геоботанических площадок зафиксированы с помощью GPS. Полученные результаты сопоставлялись с данными 1950-х годов.

При рассмотрении растительности обращалось внимание на основные характеристики структурно-функциональной организации сообществ [Новикова и др., 2004]: надземную фитомассу травяного покрова, вклад основных хозяйственных групп (злаки, бобовые, разнотравье), изменение общего проективного покрытия сообщества, видового состава, количество видов на геоботанической площадке, представленность жизненных форм. С помощью кластерного анализа по индексу Жаккара с использованием компьютерной программы ECOL [Jongman et al., 1987], проведен анализ и оценено сходство современного видового состава растительных сообществ на территориях с выпадом древесных видов на ключевых участках.

За 50-летний постмелиоративный период под лесонасаждениями сформировались антропогенно измененные почвы, не имеющие аналога в природе. На месте целинных солонцов сформировались агрозоны солонцовые солончаковатые и глубоководные слабой степени засоления, содово-сульфатного химизма или с повышенной щелочностью в средней части почвенного профиля с рассолонцованным пахотным слоем. На месте целинных светло-каштановых почв сформировались агрозоны текстурно-карбонатные потенциально засоленные (глубина залегания солей более 2 м).

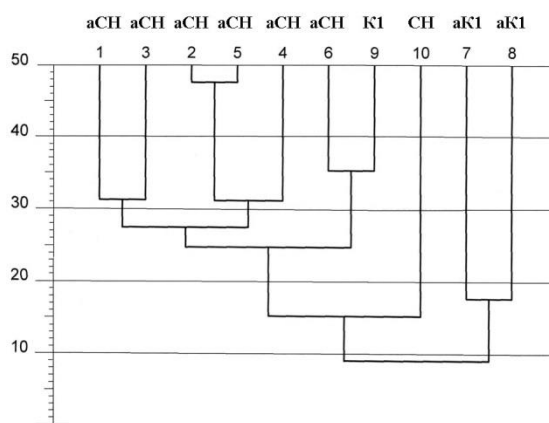
В исследованиях 1950-х годов [Никитин, 1972; Краевой и др., 1959] отмечалось, что уже в первые годы создания лесополос на солонцах начались выпад дуба, клена (*Acer negundo* L.), ясеня (*Fraxinus* sp.), яблони лесной (*Malus sylvestris* Mill.), а на десятом году — и вяза мелколистного. Посадка новых видов показала, что наиболее солеустойчивы смородина золотистая, тамарикс пятиязычковый (*Tamarix pentandra* Pall.), спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), жимолость татарская, скумпия (*Cotinus coggygria* Scop.). К 1970 г. состав лесонасаждений изменился, сохранились только солеустойчивые виды деревьев и кустарников. Дубы и их сообщества в настоящее время произрастают только в мезопонижениях со светло-каштановыми выщелоченными почвами.

Во время геоботанических исследований в 2005 и 2008 гг. в растительных сообществах, сформировавшихся на выпаде древесных пород ключевых участков, были встречены 47 видов. В сообществах присутствуют растения, типичные для опустыненных степей: дерновинные злаки — типчак (*Festuca valesiaca*), ковыли волосатик и Лессинга (*Stipa capillata*, *S. lessingiana*), тонконог (*Koeleria cristata*) и полкустарнички — белая полынь (*Artemisia lerchiana* Web.) и прутняка (*Kochia prostrata*). Черная полынь встречается только на целинном участке. Второй вид, характерный для целинных сообществ — камфоросма (*Camphorosma monspeliacum* L.), не был отмечен ни на ключевых участках, ни на целинном. В видовом составе наиболее многочисленны (28 видов) травянистые многолетники. Наиболее широко распространенным видом, доминантом нескольких сообществ, является грудница волосистая (*Galatella villosa* (L.) Rchb. f.), не имевшая такого высокого фитоценологического значения ни на одном из ключевых участков в 1950-х годах. Да и сейчас на целинном участке она имеет невысокое обилие. Содоминанты грудницы — типчак, ромашник и прутняк. Первые два вида характерны и выступают в качестве доминантов сообществ в естественных условиях, но на светло-каштановых солонцеватых почвах. Прутняк в качестве содоминанта при господстве предыдущих видов также распространен на светло-каштановых солонцеватых почвах. Наряду с грудницей доминантом ряда сообществ выступает мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), широкое распространение которого связывают с выпасом. Участие в этих сообществах полынька (*Artemisia austriaca* Jacq.) с высоким обилием подтверждает использование этих участков для выпаса. Высокое обилие мятлика на целине в сообществе с черной полынью и прутняком также свидетельствует о высокой пастбищной нагрузке.

В сообществах на агросолонцах среди однолетников присутствуют виды разной экологии: мезофильные эфемеры (*Camelina sylvestris* Wallr., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort.), галофиты (*Bassia sedoides* (Pall.) Aschers., *etrosimonia triandra* (Pall.) Simonk.), сорные (*Erigeron annuus* (L.) Desf., *Chenopodium album* L.), обычные для данного региона. Они все имеют невысокое обилие.

Отсутствие чернополюнных, камфоросмовых и прутняковых сообществ в современном растительном покрове на участках с выпадом древесных видов в лесополосах, доминирование грудницы, — вида, экологически близкого к ромашнику, свидетельствует о существенных изменениях не только в растительности, но и почвах. Это позволяет сделать вывод об экологическом сдвиге, произошедшем под влиянием лесомелиорации.

Дендрограмма (кластер) сходства видового состава растительных сообществ (рис.) показывает, что по видовому составу они наиболее далеко удалены от растительности целинного солонца, в то время как растительность целинного участка на каштановой почве близка всем ключевым участкам (за исключением 7 и 8), что может быть еще одним из свидетельств произошедших глубоких изменений.



Дендрограмма сходства видового состава растительных сообществ на ключевых участках на выпаде деревьев в лесополосах (точки 1–8) и на целине (точки 9–10).

Условные обозначения: аСН — агроземы солонцовые светлые (бывшие солонцы); аК1 — агроземы текстурно-карбонатные (бывшие светло-каштановые); СН — целинный солонец; К1 — целинная светло-каштановая почва

На выпадках древесных пород на ключевых участках самовозобновление древесных видов практически не происходит. Из 8 обследованных участков успешный подрост единичных экземпляров вяза гладкого (*Ulmus laevis*), груши (*Pyrus communis*), клена татарского (*Acer tataricum* L.), скумпии (*Cotinus coggygria*) и золотистой смородины (*Ribes aureum*) отмечен только на одном участке.

Таким образом, под влиянием активных агротехнических мероприятий на территории лесополосы произошло изменение в растительности солонцового комплекса, сохраняющегося в течение 55 лет. Видовой состав травяных растений растительных сообществ агросолонцов близок растительности целинных каштановых почв, но в то же время здесь сохраняет присутствие и успешно возобновляется ряд древесных и кустарниковых видов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № 19 Отделения Наук о Земле Президиума РАН, раздел 6.3.2. «Закономерности эволюции природных комплексов в субаридной и аридной зонах в постмелиоративный период».

Литература

Высоцкий Г. Н. 1915. Ергеня // Труды по прикладной ботанике. Т. VIII, № 10–11. Петроград. С. 1113–1431. Краевой С. Я., Еськина Б. И., Зайцев Н. М., Варкова О. М. 1959. К разработке выращивания лесонасаждений на Ергенях // Полезащитное лесоразведение на Ергенях и Прикаспийской низменности. Исследования Аршань-Зельменского стационара. М.: Изд-во АН СССР. С. 3–66. Никитин С. А. 1972. Некоторые итоги и задачи научно-исследовательских работ Аршань-Зельменского стационара // Защитное лесоразведение на комплексах светло-каштановых почв и солонцов Калмыкии. М.: Наука. С. 3–24. Новикова Н. М., Волкова Н. А., Хитров Н. Б. 2004. Растительность солонцового комплекса заповедного степного участка в Северном Прикаспии // Аридные экосистемы. Т. 10, № 22–23. С. 9–18.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ПРИНЦИПЫ ИЗУЧЕНИЯ РАСТЕНИЯ КАК МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ

Е. М. Олейникова

Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж, Россия
cichor@agronomy.vsu.ru

Изучение биоморфологических и эколого-ценотических особенностей различных видов и дальнейшая оценка состояния их популяций требует применения разнообразных подходов и методов. Многолетний мониторинг жизненных форм в природных условиях позволяет выработать основополагающих принципы исследования и сформулировать базовые методические подходы для комплексного изучения определенных групп растений, объединенных по таксономическому, биоморфологическому, экологическому или иному критерию. Полагаем, что, представляя растительный организм как биологическую систему нескольких уровней организации, мы получаем для анализа гораздо больше информации, позволяющей нам одновременно рассматривать растение как структурно-функциональное объединение взаимосвязанных органов, обособленную особь и элемент системы надорганизменного порядка (популяции, фитоценоза). В данной работе предпринята попытка на обширном фактическом материале обосновать концептуальные подходы к изучению жизненных форм растений на нескольких уровнях организации живых систем — органном, организменном, популяционном и ценотическом. Для комплексного анализа выбрана разнообразная по биоморфологической структуре и значительная по видовому составу группа стержнекорневых травянистых растений. Исследования были проведены в Воронежской области, которая, располагаясь на рубеже двух ботанико-географических зон — лесостепной и степной, характеризуется значительной площадью (52,4 тыс. км²), богатым флористическим составом и гетерогенностью ландшафтно-экологических условий [Олейникова, 2014б]; это обстоятельство позволило анализировать группу стержнекорневых видов через призму конкретных условий — географических, почвенно-климатических и эколого-ценотических. Уточним, что травами в сезонном климате вслед за Т. И. Серебряковой (1973) мы считаем такие растения, у которых не бывает многолетних ортотропных надземных осей, все многолетние части побегов располагаются подземно или приземно, в подстилке или дернине, так, что почки возобновления не возвышаются над уровнем субстрата.

Органый уровень. Для изучения подземных органов применительно к стержнекорневым травам в экспедиционных и полустационарных условиях рекомендуем использовать метод сухой раскопки по ходу корней, траншейный метод Уивера, метод горизонтальной раскопки, метод проб [Шалыт, 1960; Тарановская, 1957; Weaver, 1958; Böhm, 1979; Красильников, 1983]. Нами установлено значительное разнообразие стержневых корней по структуре, длине, способности к вегетативному размножению, морфологическая вариабельность в процессе онтогенетического развития. Не вызывает сомнения, что в формировании адаптационных механизмов к среде обитания подземная часть, и стержневой корень в частности, играют очень важную роль [Олейникова, 2014а; 2018]. Всего нами выявлено 660 видов данной биоморфы в составе флоры области.

Организменный уровень. Для характеристики жизненных форм, онтогенетического и сезонного развития особей использовали общепринятые методики биоморфологии и популяционной биологии, само понятие «жизненная форма» трактовали в концепции Варминга – Серебрякова – Курченко [Серебряков, 1964; Курченко, 2006]. Как известно, элементарной единицей организменного уровня служит особь, которая рассматривается в развитии — от момента зарождения до отмирания. Применительно к стержнекорневым травам объектом исследования выступала особь семенного происхождения, которую принимали как физически обособленное, морфологически целостное и физиологически независимое образование. Очевидно, что наиболее значимыми исследованиями растений на организменном уровне в популяционной ботанике по-прежнему остается изучение онтогенеза отдельных видов, ведь до настоящего времени мы говорим об описании онтогенеза лишь нескольких сотен из всего биологического разнообразия видов растений. Для выявления особенностей становления и развития стержнекорневой биоморфы нами первые для Средней России описан онтогенез 11 многолетних видов: *Lavatera thuringiaca* L. (ПДБ), *Gypsophila panicu-*

lata L. (ПДБ), *Cichorium intybus* L. (ПДП), *Salvia verticillata* L. (ПДП), *S. nutans* L. (ПДР), *Eryngium campestre* L. (ПДП), *Pimpinella tragioides* Vill (ПДП), *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (ПДР), *Polygala comosa* Schkuhr (ПКБ), *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. (ПКП), *Jurinea arachnoidea* Bge. (ПКР); и 7 одно- и малолетних видов: *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen (МДБ), *Melilotus albus* (L.) Medik. (МДБ), *Arctium lappa* L. (МДП), *Angelica archangelica* L. (МДП), *Bidens tripartite* L. (МКБ), *Diploaxis cretacea* Kotov. (МКП), *Erophila verna* (L.) Bess. (МКР). Установлено, что для большинства видов характерна поливариантность онтогенетического развития, описано VI типов и 15 вариантов прохождения онтоморфогенеза отдельными растениями [Олейникова, 2014б].

На основе анализа строения корневой и побеговой систем нами была разработана оригинальная классификационная схема стержнекорневых трав и предложен термин «модели структурной организации» (МСО) для обозначения основных низших морфологических единиц данной схемы. Понятие «МСО» мы используем как инструмент для инвентаризации разнообразия типов строения подземных органов стержнекорневых видов и рассматриваем в узком значении — как уровень сложности строения и конструкцию корнепобеговой системы, выделенные у растений различных видов. Всего в составе флоры области нами выявлено 11 типов МСО (табл. 1), их характеристика опубликована ранее [Олейникова, 2013].

Таблица 1

Классификационная схема стержнекорневых трав

Тип	Класс	Модель структурной организации (МСО)
I. Поликарпические стержнекорневые многолетние травы	1. Длинностержнекорневые	а) безрозеточная — ПДБ
		б) полурозеточная — ПДП
		в) розеточная — ПДР
	2. Короткостержнекорневые	а) безрозеточная — ПКБ
		б) полурозеточная — ПКП
		в) розеточная — ПКР
II. Монокарпические стержнекорневые одно- и малолетние травы	1. Длинностержнекорневые	а) безрозеточная — МДБ
		б) полурозеточная — МДП
		в) розеточная — МДР
	2. Короткостержнекорневые	а) безрозеточная — МКБ
		б) полурозеточная — МКП
		в) розеточная — МКР

Условные обозначения типов МСО: ПДБ — поликарпическая длинностержнекорневая безрозеточная; ПДП — поликарпическая длинностержнекорневая полурозеточная; ПДР — поликарпическая длинностержнекорневая розеточная; ПКБ — поликарпическая короткостержнекорневая безрозеточная; ПКП — поликарпическая короткостержнекорневая полурозеточная; ПКР — поликарпическая короткостержнекорневая розеточная; МДБ — монокарпическая длинностержнекорневая безрозеточная; МДП — монокарпическая длинностержнекорневая полурозеточная; МКБ — монокарпическая короткостержнекорневая безрозеточная; МКП — монокарпическая короткостержнекорневая полурозеточная; МКР — монокарпическая короткостержнекорневая розеточная.

Интересно отметить, что одна из МСО — монокарпическая длинностержнекорневая розеточная (МДР) — во флоре Воронежской области нами не обнаружена, но дальнейшие биоморфологические исследования в аридных регионах показали [Рахмонов и др., 2018], что там произрастают виды подобной морфоструктуры. Так, во флоре Таджикистана подобную МСО имеют: *Ferula lithophila* M. Pimen., *F. kirilovii* M. Pimen., *Dorema aitchisonii* Korov. и др.

К исследованиям организменного уровня также следует отнести анализ ритмики сезонного развития, позволяющий выявить диапазон длительности фенофаз в зависимости от метеорологической обстановки, репродуктивной биологии видов и жизненности особей, которая проявляется в фенотипической пластичности морфопараметров вследствие изменения факторов среды обитания.

Популяционный уровень. В качестве методологической основы исследований был выбран метод детального анализа ценопопуляций (ЦП) по образующим их элементам и онтогенетическим состояниям [Уранов, 1973; 1975; Ценопопуляции..., 1976; 1988]; виталитетную и пространственную структуру ЦП изучали по общепринятым в популяционной ботанике методам. Установлено, что структура ЦП стержнекорневых растений сопряжена с особенностями биологии и морфологической конструкции видов: ходом онтоморфогенеза, семенным размножением, отсутствием вегетативной подвижности, темпами развития. Нами отмечена однотипность онтогенетической, виталитетной и пространственной структуры ЦП видов данной биоморфы. Одновременно показана высокая пластичность структуры ЦП в зависимости от меняющихся условий среды. ЦП стержнекорневых видов свойственна гетерогенность различного характера. При организации онтогенетической структуры ЦП гетерогенность проявляется в разных количественных соотношениях возрастных групп, их наличии или отсутствии. Гетерогенность виталитета возможна как на

уровне особей (вариабельность мощности развития отдельных растений), так и на популяционном уровне (значительное изменение жизнестойкости ЦП в различных эколого-ценотических условиях). Пространственная гетерогенность выражается в мозаичном расположении особей вида в границах ЦП. Одновременное проявление всех вариаций структурной организации ЦП значительно повышает их устойчивость и адаптивные возможности видов.

Ценотический уровень. Характеристику сообществ с участием стержнекорневых трав проводили по общепринятым методикам советской (русской) геоботанической школы [Алехин, 1938; Полевая..., 1964]. Для стационарных площадок составлен полный флористический список. Проведение геоботанических описаний значительного количества разнообразных по составу и локализации фитоценозов области позволило установить, что стержнекорневые виды произрастают в широком эколого-ценотическом диапазоне и встречаются повсеместно. У 660 стержнекорневых видов, включенных в аннотированный список, был оценен эколого-ценотический статус, результаты анализа представлены в таблице 2. Учитывая степень приуроченности вида к конкретному типу фитоценоза, были выделены ценотипно верные и ценотипно пластичные виды [Олейникова, 2017]. Ценотипно верные (244 вида) включают лесные, луговые и степные растения, в том числе приуроченные к засоленным лугам и степям, меловым и песчаным субстратам и сильно увлажненным лугам. Среди них 133 вида являются облигатными, обладают низким экологическим диапазоном и обитают лишь на перечисленных выше субстратах. Учитывая географическую, климатическую и эдафическую неоднородность Воронежской области, подчеркнем, что наличие узколокальных флороценотипов существенно расширяет видовой состав и самобытность региональной флоры. К ценотипно пластичным (255 видов) отнесены растения, встречающиеся в двух-трех и более типах фитоценозов, включая антропогенно-трансформированные местообитания. Сорно-рудеральные растения включают 91 вид, выделение культивируемых растений (70 видов), в той или иной степени натурализовавшихся в естественных природных условиях, в отдельную группу, объясняется наличием всех этих видов в современной флористической сводке Воронежской области [Григорьевская, Прохорова, 2006].

Таблица 2

Фитоценозоэкологический спектр стержнекорневых растений

Ценотическая группа										
Кол-во видов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	8	24	12	6	29	9	25	16	24	39
Процент от общего числа	1,21	3,63	1,81	0,9	4,39	1,36	3,78	2,42	3,63	5,90
Ценотическая группа										
Кол-во видов	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	35	40	54	23	69	31	55	70	50	41
Процент от общего числа	5,30	6,06	8,18	3,48	10,45	4,69	8,33	10,60	7,58	6,21

Примечания: Цифрами обозначены группы: 1 — лесные; 2 — опушечно-лесные; 3 — опушечно-луговые; 4 — опушечно-болотно-луговые; 5 — сорно-опушечно-луговые; 6 — сорно-опушечно-лесные; 7 — луговые; 8 — галофитно-луговые; 9 — прибрежно-луговые; 10 — сорно-луговые; 11 — сорно-лугово-степные; 12 — степные; 13 — псаммофитно-степные; 14 — галофитно-степные; 15 — кальцефитно-степные; 16 — опушечно-степные; 17 — сорно-степные; 18 — культивируемые; 19 — рудеральные; 20 — сеgetальные.

Нами отмечены две разновекторные тенденции, во многом обуславливающие ценотическую разнородность исследуемой группы — с одной стороны, многие виды обладают экологической пластичностью, что позволяет им произрастать по всей территории области в составе различных сообществ — от лугово-степных до вторично-разнотравных и нарушенных; с другой стороны, отдельные виды характеризуются высокой экологической специфичностью и локально распространены лишь в климаксовых сообществах или в фитоценозах определенной эдафической приуроченности.

Опираясь на принципы системного подхода и выявленные закономерности исследования стержнекорневых трав на четырех уровнях организации биологических систем (органном, организменном, популяционном и ценотическом), было решено проанализировать арсенал адаптивных возможностей данных видов. Установлено, что у стержнекорневой биоморфы адаптационные механизмы формируются как организменном, так и на популяционном уровнях [Олейникова, 2018]. Отдельно каждый из перечисленных ниже признаков является биологическим свойством тех или иных видов и родов растений, однако, комбинируясь в различных вариантах, они создают адаптивные преимущества, способствующие, применительно к объектам данной работы, значительному участию стержнекорневых видов в составе различных фитоценозов. На **организменном уровне** нами выделены: 1) структурная организация растений (различные типы МСО) и компактность расположения стержнекорневой особи; 2) семенное возобновление, обуславливающее высокую репродуктивную способность; 3) поливариантность онтогенеза и различные темпы развития особей; 4) размерная дифференциация особей, во многом способствующая сохранению ЦП видов в широком диапазоне эколого-ценотических условий; 5) ритмы сезонного развития, позволяющие наиболее пол-

но использовать время вегетационного периода. На **популяционном уровне** следует отметить вариабельность структуры и динамики ЦП и эколого-ценотические стратегии видов, значительно увеличивающие степень внедрения стержнекорневых трав в состав растительности области. Арсенал адаптационных механизмов стержнекорневых трав достаточно широк и позволяет им осваивать значительные и разнообразные территории.

В заключение отметим, что, на наш взгляд, становится все более очевидным необходимость комплексного исследования растения как многоуровневой системы, позволяющее более полно охарактеризовать многие биологические механизмы и закономерности как уровне отдельных особей, так и популяции и фитоценоза [Олейникова, Назаренко, 2017]. Именно конкретные биологические структуры, а не отдельные науки, должны стать основой для изучения явлений жизни. При проведении ботанических исследований, направленных на расширение представлений об эколого-морфологическом аспекте флоры региона, нами предлагается [Олейникова, 2015] следующий методологический алгоритм действий: постоянный мониторинг флористического состава → анализ жизненных форм и характеристика основных типов биоморф → оценка структурного разнообразия видов → описание онтоморфогенеза видов → исследование структуры и динамики ЦП модельных видов → анализ адаптивных стратегий видов и основных принципов формирования растительности региона.

Литература

- Алехин В. В. 1938. Методика полевого изучения растительности и флоры. М.: Наркомпресс. 208 с. Григорьевская А. Я., Прохорова О. В. 2006. Сосудистые растения Воронежской области. Воронеж: Из-во ВГУ. 145 с. Красильников П. К. 1983. Методика полевого изучения подземных частей растений. Л.: Наука. 208 с. Курченко Е. И. 2006. К вопросу о классификации жизненных форм злаков. I. Классификация жизненных форм злаков по признакам вегетативных органов в связи с систематикой (на примере рода *Agrostis* L.) // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 111, вып. 1. С. 57–62. Олейникова Е. М. 2013. Биоморфологический анализ стержнекорневых травянистых растений Воронежской области // Modern Phytomorphology: 2nd International Scientific conference on Plant Morphology «Modern Phytomorphology». Lviv. Vol. 4. P. 139–142. Олейникова Е. М. 2014 а. Реализация популяционного подхода при изучении биоморф растений // Труды IX Международной конференции по экологической морфологии растений, посвященной памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых. М. С. 351–354. Олейникова Е. М. 2014б. Онтмофогенез и структура популяций стержнекорневых травянистых растений Воронежской области. Воронеж: ВГАУ. 366 с. Олейникова Е. М. 2015. Стержнекорневые травы юго-востока Средней России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Воронеж. 43 с. Олейникова Е. М. 2017. Эколого-ценотический анализ стержнекорневых трав юго-востока Средней России // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. № 2. С. 82–87. Олейникова Е. М. 2018. Основные типы стратегий стержнекорневых трав // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV межд. научн. конф. Екатеринбург. С. 635–639. Олейникова Е. М., Назаренко Н. Н. 2017. Растение как многоуровневая система (из опыта преподавания в аграрном вузе) // Современные аспекты структурно-функциональной биологии растений: от молекул до экосистем. IV чтения, посвящ. памяти проф. С. И. Ефремова. Орел. С. 528–539. Полевая геоботаника. 1964. М.; Л.: Из-во АН СССР. Т. 3. 530 с. Рахмонов Х. С., Олейникова Е. М., Халимов А. Х. 2018. Популяционная биология и ресурсный потенциал *Ferula tadshikorum* M. Pimen. в Южном Таджикистане. Душанбе. 160 с. Серебряков И. Г. 1964. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука. Т. 3. С. 146–205. Серебрякова Т. И. 1973. К вопросу об эволюционных взаимоотношениях древесных и травянистых жизненных форм цветковых растений // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 78, вып. 3. С. 76–88. Тарановская М. Г. 1957. Методы изучения корневых систем. М.; Л.: Сельхозгиз. 216 с. Уранов А. А. 1973. Большой жизненный цикл и возрастные спектры ценопопуляций цветковых растений // Тез. докл. V делегатского съезда Всесоюзн. бот. об-ва. Киев. С. 5–7. Уранов А. А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. № 2. С. 7–34. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). 1976. М.: Наука. 216 с. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). 1988. М.: Наука. 236 с. Шальт М. С. 1960. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ // Полевая геоботаника. Т. 2. С. 369–489. Böhm W. 1979. Methods of studying root systems. Berlin; Heidelberg; New York: Springer. 188 p. Weaver J. E. 1958. Classification of root systems of forbs of grassland and a consideration of their significance // Ecology. Vol. 39. P. 393–401.

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *PLATANHERA BIFOLIA* (L.) RICH. НА ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «МЕДВЕДСКИЙ БОР» КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О. Н. Пересторонина, С. В. Шабалкина, А. Э. Пакеева

Вятский государственный университет, Киров, Россия,
olgaperest@mail.ru, Nasturtium2017@yandex.ru

Особо охраняемая природная территория «Медведский бор» находится в Нолинском районе Кировской области. Это реликтовое сообщество ксеротермической эпохи послеледникового времени, расположенное на материковых песчаных дюнах. В настоящее время на территории памятника природы представлены все типы сосновых лесов подзоны южной тайги, в сочетании с лесами неморального комплекса. Здесь нашли приют 25 редких видов растений, 22 редких и уязвимых вида, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении [Красная книга..., 2014]. Одним из таких видов является *Platanthera bifolia* (L.) Rich. (любка двулистная) — травянистый симподиально нарастающий поликарпик со стеблекорневым тубероидом [Вахрамеева, Денисова, 1983], встречающийся в лесах, зарослях кустарников, на полянах и опушках. На территории региона необходимо исследование состава и структуры ценопопуляций (ЦП) *P. bifolia* для организации мониторинга и контроля за их состоянием. Изучение адаптационных возможностей ЦП редких видов в меняющихся экологических условиях будет способствовать их сохранению, последующему воспроизводству и восстановлению.

В 2018 году исследована ЦП *P. bifolia* на территории Медведского бора. Для изучения состава и структуры ЦП в пределах пробной площади случайно-регулярным способом закладывали учетные площадки размером 1 м². При определении возрастной структуры пользовались стандартными методиками [Работнов, 1950; Ценопопуляции..., 1976], для оценки экологических условий местообитания применяли шкалы Д. Н. Цыганова (1983). Онтогенетические состояния выделяли по 10 параметрам [Федченко, 2010; Евстигнеев, Екимова, 2011]. Тип ЦП определяли с помощью индексов эффективности и возрастности [Животовский, 2001], динамические процессы оценивали с использованием индексов восстановления и замещения [Жукова, 1995].

Изученная ЦП *P. bifolia* произрастает в сосняке зеленомошнике с сомкнутостью крон 0,5. Состав древостоя 5С5С, *Pinus sylvestris* L. возрастом от 50 до 100 лет, высотой от 20 до 25 м при диаметре ствола от 32,5 до 37,6 см. В подросте присутствуют *P. sylvestris* (3 тыс. шт./га), *Picea × fennica* (Regel) Kom., *Betula pubescens* Ehrh., *Quercus robur* L.

В подлеске отмечены *Juniperus communis* L., *Sorbus aucuparia* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klask., *Rhamnus cathartica* L., *Viburnum opulus* L. Сомкнутость полога — 25 %.

Травяно-кустарничковый ярус образован 26 видами высших сосудистых растений. Доминирует *Vaccinium vitis-idaea* L. (35 %), покрытие остальных видов меньше — *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth (5 %), *C. arundinacea* (L.) Roth (3 %), *Fragaria vesca* L. (4 %), *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce (2 %), *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (2 %). Остальные виды встречаются единично: покрытие в сумме составляют 4 %. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса — 55 %. В составе травостоя отмечены два краснокнижных вида — *Gypsophila paniculata* L. и *Centaurea sumensis* Kalen., а также — *Convallaria majalis* L. — вид из приложения 2 Красной книги Кировской области (2014).

Общее проективное покрытие мохово-лишайникового яруса — 90 %. Преобладают *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (60 %) и *Dicranum scoparium* Hedw. (20 %), также присутствуют *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. (5 %), *Cladonia rangiferina* (L.) F. H. Wigg. (3 %) и *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. (2 %).

Сравнение баллов экологического оптимума *P. bifolia* и оценки выявленного местообитания по шкалам Д. Н. Цыганова (1983) демонстрирует, что условия биотопа в сосняке зеленомошнике более жесткие по сравнению с требуемыми (табл. 1). Особенно по пяти шкалам: термоклиматической, омброклиматической, кислотности и увлажнению почвы, освещенности-затенению. О высокой приуроченности к местообитаниям с малой изменчивостью, прежде всего почвенных, условий показывает и потенциальная экологическая валентность — РЕВ [Экологические шкалы..., 2010]. По шкале увлажнения почвы вид является стеновалентным (РЕВ = 0,30), по шкале солевого режима почвы — гемистеновалентным (РЕВ = 0,37).

Таблица 1

Экологические предпочтения *Platanthera bifolia* и оценка условий местообитания по шкалам Д. Н. Цыганова (1983)

Название шкалы	Точка оптимума	Оценка местообитания
Термоклиматическая (Тм)	Тм = 8, суббореальный/неморальный	Тм = 6,5, бореальный/суббореальный
Континентальности климата (Кн)	Кн = 8, субматериковый/материковый	
Омброклиматическая аридности-гумидности (Ом)	Ом = 9 субгумидный	Ом = 7,5 субаридный/субгумидный
Криоклиматическая (Сг)	Сг = 8, умеренные зимы/мягкие зимы	
Увлажнения почвы (Нд)	Нд = 14 влажно-лесолуговое/сыро-лесолуговое	Нд = 10,5 лугово-степное/сухолесолуговое
Солевого режима почвы (Тг)	Тг = 6, небогатые/довольно богатые	Тг = 5, небогатые
Кислотности почвы (Rc)	Rc = 8, слабокислые/нейтральные	Rc = 5, кислые
Богатство почвы азотом (Nt)	Nt = 5 бедные азотом	Nt = 4,5 очень бедные азотом/бедные азотом
Освещенности-затенения (Lc)	Lc = 5 светлые леса	Lc = 2,5 открытые пространства/полукрытые пространства

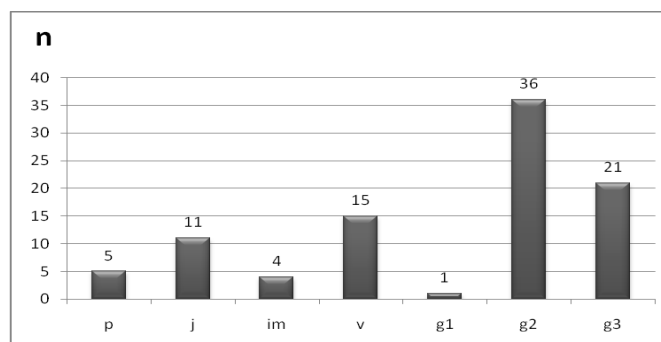
В онтогенезе *P. bifolia* выделяли особи прегенеративного и генеративного периодов (табл. 2), протокрымы не учитывали. ЦП — многочисленная, нормальная полночленная (рис.): особи постгенеративного периода в онтогенезе не описаны [Евстигнеев, Екимова, 2011]. Возрастной спектр одновершинный, правосторонний с преобладанием зрелых генеративных особей (38,7 %). Кроме того, по цветоносным побегам прошлого года было обнаружено две особи в состоянии вторичного покоя, у которых сохраняется подземная часть.

Низкая доля участия проростков (5,4 %), ювенильных (11,8 %) и иматурных (4,3 %) особей свидетельствует о слабом семенном возобновлении. Предположительно, это затруднение связано с повышенной кислотностью и низкой влажностью почвы.

Морфометрические признаки особей *Platanthera bifolia* в сосняке зеленомошнике

Признак	Онтогенетические состояния						
	p	j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃
	$X_{\min}-X_{\max}/X_{\text{ср}}$						
Высота побега, см	–	–	–	6–34/13,9	35,0	29–59/44,2	40,5–62/52,7
Длина 1-го листа, см	3,0–5,0/3,55	2,7–8,5/6,08	8,5–13,0/10,12	3–12,0/8,5	8,0	6,5–27,0/10,80	10,7–15,5/12,57
Ширина 1-го листа, см	0,2–0,8/0,43	0,3–11,6/1,68	2,1–2,6/2,37	1,0–3,5/2,4	2,8	1,8–3,6/3,12	2,0–5,2/3,63
Число жилок 1-го листа	1–4	3–8	12–15	8–16	15	9–16	12–22
Длина 2-го листа, см	–	–	–	3,0–11,5/7,95	8,5	8,0–12,5/9,87	11,4–15,0/12,33
Ширина 2-го листа, см	–	–	–	1,3–3,3/2,12	2,9	1,5–4/2,69	2,1–6,3/3,73
Число жилок 2-го листа	–	–	–	6–15	15	7–17	12–19
Длина соцветия, см	–	–	–	–	5,0	8,2–22,5/13,8	13,5–32,0/17,2
Число цветков	–	–	–	–	6	1–22	16–30
Число нижних чешуевидных листьев	–	–	–	–	2	1–2	1–2

По классификации « $\Delta-\omega$ » [Животовский, 2001] ЦП *P. bifolia* переходная ($\Delta = 0,39$, $\omega = 0,66$), близка к зрелой: особей генеративного периода в 1,7 раза больше особей прегенеративного (рис.). В целом, доля участия генеративных особей составляет 62,4 %.



Возрастной спектр *Platanthera bifolia* в сосняке зеленомошнике:
p — проростки, j — ювенильные, im — имматурные, v — виргинильные, g₁ — молодые генеративные, g₂ — зрелые генеративные, g₃ — старые генеративные

Индексы восстановления (Iв) и замещения (Iз) равны, значение составляет 0,5. На каждые две генеративные особи приходится всего один потомок, что говорит о слабом пополнении молодыми особями. Это свидетельствует о подавленности семенного размножения или нахождении особей прегенеративного периода в состоянии вторичного покоя. У таких растений отсутствуют зеленые листья, но сохраняется подземная часть. По классификации популяций, предложенной Л. А. Жуковой (1995), изученная ЦП является угасающей ($I_z < 1$).

Проведенное исследование позволяет предположить, что ЦП *P. bifolia* находится в удовлетворительном состоянии. Угрозу для ее существования представляют повышенные освещенность и кислотность почвы, низкая влажность. Лимитирующими факторами являются также микоризообразование, высокая специализация опыления и низкая конкурентоспособность с другими видами растений. Для сохранения и увеличения численности вида необходимы контроль за состоянием ЦП в местах выявленного нахождения; мониторинг численности и возрастного состава ЦП; поддержание естественного местообитания.

Литература

- Вахрамеева М. Г., Денисова Л. В. 1983. Любка двулистная (*Platanthera bifolia* (L.) Rich. // Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. М. С. 16–18. Евсигнеев О. И., Екимова Г. А. 2011. Онтогенез *Platanthera bifolia* (Orchidaceae) в Брянской области // Изучение и охрана биологического разнообразия Брянской области: материалы по ведению Красной книги Брянской области. Вып. 6. Брянск. С. 26–33. Животовский Л. А. 2001. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. № 1. С. 3–7. Жукова Л. А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар». 224 с. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. 2014 / под ред. О. Г. Барановой и др. Киров. 336 с. Работнов Т. А. 1950. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. М.; Л. С. 7–204. Федченко Е. А. 2010. Эколого-биологические особенности *Platanthera bifolia* (L.) Rich. и *Dactylorhiza hebridensis* (Wilmott.) Aver. на юге Тюменской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень. 24 с. Ценопопуляции растений: Основные понятия и структура. 1976. М. 214 с. Цыганов Д. Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 197 с. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография. 2010. Йошкар-Ола. 368 с.

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ АСТРАГАЛА ПЕСЧАНОГО (*ASTRAGALUS AREANARIUS* L.) В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «МАРИЙ ЧОДРА»

Т. А. Полянская

Национальный парк «Марий Чодра», пос. Красногорский, Россия, zamnayki@mail.ru

Национальный парк «Марий Чодра» расположен в юго-восточной части Республики Марий Эл в зоне хвойно-широколиственных лесов с лесостепными элементами и занимает 36,8 тыс. га. Изучение и сохранение биологического разнообразия в Национальном парке «Марий Чодра» — одна из основных задач. Особенно актуальным является изучение состояния ценопопуляций (ЦП) редких видов растений, включенных в Красные книги.

Цель данной работы: изучение структуры ценопопуляций (ЦП) астрагала песчаного (*Astragalus arenarius* L.).

Астрагал песчаный — многолетнее травянистое растение высотой до 35 см, занесен в Красную книгу Республики Марий Эл (2013). Статус — неопределенный по статусу вид. На территории НП «Марий Чодра» предпочитает освещенные местообитания, лесные поляны и опушки, сухие сосновые и сосново-березовые леса остепненные сосняки.

Сбор полевого материала проводился летом 2017 года в Кленовогорском участковом лесничестве НП «Марий Чодра», на газотрассе Уренгой-Помары-Ужгород. В местах массового произрастания астрагала песчаного были заложены площадки и сделаны геоботанические описания.

Онтогенетические состояния *A. arenarius* были определены согласно периодизации онтогенеза Т. А. Работнова (1950) и А. А. Уранова (1975). На площадках был проведен пересчет растений всех онтогенетических состояний. Нами использовались общепринятые морфологические и популяционные методы. Для определения типа ЦП в работе использовали классификации популяций растений с выделением инвазионных, нормальных, регрессивных [Работнов, 1950], классификация нормальных ЦП по абсолютному максимуму в онтогенетическом спектре [Жукова, 1967; Уранов, Смирнова, 1969]; вычислены общепринятые популяционные характеристики: плотность особей на 1 м², коэффициент возрастности [Уранов, 1975], индексы восстановления и замещения [Жукова, 1995]. Латинские названия растений приведены по сводке С. К. Черепанова (1995).

1. Разнотравный-I фитоценоз. Коэффициент возрастности — 0,5. Плотность небольшая и составляет 0,5 шт./м² (табл.). Эта ЦП нормальная, зрелая, неполночленная. Фенофаза — конец цветения и начало плодоношения.

2. Разнотравный-II фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 1 × 4 м. Фитоценоз состоит из ЦП 5 видов трав. В данном фитоценозе покрытие травянистыми растениями составляет 10 %. Максимум в онтогенетическом спектре астрагала песчаного приходится на группу растений в виргинильном состоянии (табл.). Доля молодых растений значительна и составляет 68,0 %. Меньше генеративных растений. Плотность составляет 0,16 шт./м². Индексы восстановления и замещения составляют 2,13 %. Коэффициент возрастности свидетельствует о молодости ЦП. Эта ЦП молодая нормальная, неполночленная.

3. Разнотравный-III фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 1 × 4 м. Фитоценоз состоит из ЦП 5 видов трав. В этом фитоценозе покрытие составляет 10 %. Максимум в онтогенетическом спектре астрагала песчаного приходится на группу растений в средневозрастном генеративном состоянии (табл.). Плотность составляет 0,75 шт./м². Индексы восстановления и замещения составляют 0,71 %. Коэффициент возрастности свидетельствует о зрелости ЦП. Эта ЦП зрелая нормальная, неполночленная.

4. Разнотравный-IV фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 1 × 1 м. Покрытие 15 %. Фитоценоз состоит из ЦП 6 видов трав. ЦП полностью состоит из виргинильных растений. Плотность составляет 6 шт./м². Коэффициент возрастности подтверждает о молодости ЦП. Эта ЦП также молодая нормальная, неполночленная.

5. Разнотравный-V фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 5 × 6 м. Покрытие 9 %. Фитоценоз состоит из ЦП 4 видов трав. В онтогенетическом спектре астрагала песчаного преобладают средневозрастные генеративные растения, доля растений прегенеративного периода незначительна. Индексы восстановления и замещения указывают о незначительном возобновлении (табл.), что подтверждает коэффициент зрелости. Плотность составляет 1,33 шт./м². Эта ЦП также зрелая нормальная, неполночленная.

6. Разнотравный-VI фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 67, выд. 17. Размеры площадки 5 × 10 м. Покрытие 17 %. Фитоценоз состоит из ЦП 4 видов трав. Максимум в онтогенетическом спектре астрагала песчаного приходится на группу особей в средневозрастном генеративном состоянии, доля растений прегенеративного периода незначительна. Индексы восстановления и замещения указывают о зрелости молодости ЦП и незначительном возобновлении, что подтверждает коэффициент зрелости (табл.). Плотность составляет 6,5 шт./м².

Некоторые популяционные характеристики ЦП астрагала песчаного

№ ЦП	Фитоценоз	Тип онтогенетического спектра	Доля участия фракций, %			M, экз./м ²	Индексы		
			p-v	g ₁ -g ₃	ss-sc		I _в	I _з	Δ
1.	Разнотравный-I	Одновершинный центрированный	–	100	–	0,5	–	–	0,5
2.	Разнотравный-II	Одновершинный левосторонний	68,0	32,0	–	0,16	2,13	2,13	0,20
3.	Разнотравный-III	Одновершинный центрированный	41,7	58,3	–	0,75	0,71	0,71	0,33
4.	Разнотравный-IV	Одновершинный левосторонний	100	–	–	6,0	–	–	0,12
5.	Разнотравный-V	Одновершинный центрированный	10,0	90,0	–	1,33	0,11	0,11	0,53
6.	Разнотравный-VI	То же	25,3	74,7	–	6,50	0,33	0,33	0,45
7.	Астрагалово-разнотравный-I	То же	46,5	53,5	–	10,0	0,83	0,83	0,11
8.	Астрагалово-разнотравный-II	Одновершинный левосторонний	18,3	81,7	–	4,10	0,23	0,23	0,50
9.	Вейниково-разнотравный-I	То же	80,6	19,4	–	0,75	4,14	4,14	0,19
10.	Вейниково-разнотравный-II	Одновершинный центрированный	21,7	63,1	15,2	4,30	0,35	0,28	0,51
11.	Золотарниково-разнотравный-I	Одновершинный левосторонний	83,3	16,7	–	2,0	5,0	5,0	0,08
12.	Золотарниково-разнотравный-II	То же	64,6	35,4	–	3,0	2,2	2,2	0,24
13.	Золотарниково-разнотравный-III	Одновершинный центрированный	10,9	89,1	–	7,1	0,12	0,12	0,54
14.	Золотарниково-разнотравный-IV	То же	20,4	79,6	–	1,3	0,25	0,25	0,46
15.	Келериево-разнотравный	То же	47,3	54,2	5,47	2,2	1,0	0,89	0,39
16.	Золотарниково-келериевый	Одновершинный центрированный	22,3	77,7	–	0,78	0,28	0,28	0,45

Примечание: p-v, g₁-g₃, ss-sc — онтогенетические состояния; I_в — индекс восстановления; I_з — индекс замещения; Δ — коэффициент возрастной.

7. Астрагалово-разнотравный-I фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 65, выд. 1. Размеры площадки 8x3 м. Фитоценоз состоит из ЦП 5 видов трав, преобладает ЦП астрагала песчаного. Покрытие травянистыми растениями составляет 10 %. Максимум в онтогенетическом спектре приходится на группу растений в средневозрастном генеративном состоянии. Доля молодых растений значительная и составляет 46,5 %. Количество генеративных — 53,5 % от всех растений. Плотность меньше, чем в предыдущей ЦП. Индексы восстановления и замещения составляют 0,83 %. Эта ЦП зрелая нормальная, неполноценная.

8. Астрагалово-разнотравный-II фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 5 × 20 м. Покрытие 9 %. Фитоценоз состоит из ЦП 9 видов трав. В онтогенетическом спектре астрагала песчаного также преобладают средневозрастные генеративные растения, доля растений прегенеративного периода незначительна. Индексы восстановления и замещения указывают о зрелости ЦП (табл.), что подтверждает коэффициент зрелости. Плотность составляет 4,09 шт./м². Эта ЦП также зрелая нормальная, неполноценная.

9. Вейниково-разнотравный-1 фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 7 × 12 м. Покрытие 7 %. Фитоценоз состоит из ЦП 6 видов трав, преобладают ЦП вейника наземного. Максимум в онтогенетическом спектре астрагала песчаного приходится на группу растений в виргинильном состоянии. Плотность составляет 0,75 шт./м². Индексы восстановления и замещения — 4,14 %, что указывает на молодость и хорошее возобновление в ЦП, о чем также свидетельствует коэффициент возрастной (табл.). Эта ЦП также молодая нормальная, неполноценная.

10. Вейниково-разнотравный-2 фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 8 × 4 м. Покрытие 10 %. Фитоценоз состоит из ЦП 9 видов трав, преобладают ЦП вейника наземного. Максимум в онтогенетическом спектре астрагала песчаного приходится на группу растений в генератив-

ном состоянии. Доля растений в прегенеративном и постгенеративном периоде незначительна. Плотность составляет 4,3 шт./м². Индексы восстановления и замещения свидетельствуют о достаточной зрелости ЦП, о чем также свидетельствует коэффициент возрастной (табл.). Эта ЦП также зрелая нормальная, неполночленная.

11. Золотарниково-разнотравный-I фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 65, выд. 1. Размеры площадки 2 × 3 м. Фитоценоз состоял из ЦП 11 видов трав, преобладают ЦП золотарника обыкновенного. В данной ЦП покрытие травянистыми растениями составляет 10 %. ЦП астрагала песчаного состоит из 12 растений. Максимум в онтогенетическом спектре приходится на группу растений в виргинильном состоянии. Доля молодых растений большая и составляет 83,3 %. Количество генеративных — меньше, 16,7 % от всех растений. Плотность меньше, чем в предыдущей ЦП. Индексы восстановления и замещения достаточно большие и составляют 5 %. Коэффициент возрастной незначительный, что свидетельствует о молодости ЦП. Плотность небольшая и составляет 0,75 шт./м². Эта ЦП также молодая нормальная, неполночленная.

12. Золотарниково-разнотравный-II фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 67, выд. 1. Размеры площадки 4 × 4 м. Покрытие 9 %. Фитоценоз состоит из ЦП 6 видов трав. Преобладают ЦП астрагала песчаного и золотарника обыкновенного (*Solidago virgaurea* L.). В онтогенетическом спектре астрагала песчаного максимум приходится на группу особей в виргинильном состоянии, доля растений прегенеративного периода незначительна. Индексы восстановления и замещения указывают о молодости ЦП, что подтверждает коэффициент зрелости. Плотность составляет 3,0 шт./м². Эта ЦП также молодая нормальная, неполночленная.

13. Золотарниково-разнотравный-III фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 68, выд. 1. Размеры площадки 3 × 3 м. Покрытие 9 %. Фитоценоз состоит из ЦП 5 видов трав. В онтогенетическом спектре астрагала песчаного максимум приходится на группу особей в средневозрастном генеративном состоянии, доля растений прегенеративного периода незначительна. Индексы восстановления и замещения указывают о зрелости молодости ЦП и незначительном возобновлении (табл.), что подтверждает коэффициент зрелости. Плотность составляет 7,1 шт./м². Эта ЦП зрелая нормальная, неполночленная.

14. Золотарниково-разнотравный-IV фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 68, выд. 1. Размеры площадки 60 × 6 м. Покрытие 10 %. Фитоценоз состоит из ЦП 4 видов трав. В данной ЦП покрытие травянистыми растениями составляет 15 %. ЦП астрагала песчаного состоит из двух средневозрастных генеративных растений. Индексы восстановления и замещения указывают о зрелости молодости ЦП и незначительном возобновлении (табл.), что подтверждает коэффициент зрелости. Плотность составляет 1,3 шт./м². Эта ЦП зрелая нормальная, неполночленная.

15. Келериево-разнотравный фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размеры площадки 5 × 50 м. Покрытие 15 %. Фитоценоз состоит из ЦП 9 видов трав, преобладают ЦП келерии сизой (*Koeleria glauca* (Schrad) DC.) и ракичника русского (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Vorosch.) Klask.). Максимум в онтогенетическом спектре астрагала песчаного приходится на группу растений в виргинильном состоянии, но много и генеративных растений. Индексы восстановления и замещения небольшие (табл.). Плотность незначительная и составляет 2,2 шт./м². Эта ЦП также зрелая нормальная, неполночленная.

16. Золотарниково-келериевый фитоценоз. Кленовогорское л-во, кв. 66, выд. 1. Размер площадки 8 × 30 м. Покрытие 7 %. Фитоценоз состоит из ЦП 6 видов трав, преобладают ЦП келерии сизой и золотарника обыкновенного. В онтогенетическом спектре астрагала песчаного преобладают средневозрастные генеративные растения, доля растений прегенеративного периода мала. Индексы восстановления и замещения указывают о зрелости ЦП (табл.), что подтверждает коэффициент зрелости. Плотность небольшая и составляет 0,78 шт./м². Эта ЦП также зрелая нормальная, неполночленная.

Таким образом, нами выявлено 16 местообитаний астрагала песчаного. В онтогенетических спектрах ЦП астрагала песчаного преобладают генеративные растения, большинство ЦП зрелые, нормальные, неполночленные. Плотность различна. Возобновление осуществляется за счет семян. Для сохранения ЦП этого вида в данных фитоценозах необходим ежегодный мониторинг состояния ЦП, наблюдение за цветением и плодоношением.

Литература

- Жукова Л. А. 1967. Изменение возрастного состава популяций луговика дернистого на окских лугах; автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. М.: Изд-во МГПИ. 19 с. Жукова Л. А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар». 224 с. Красная книга Республики Марий Эл. 2013. Том: Растения. Грибы / Мар. гос. ун-т; сост.: Г. А. Богданов, Н. В. Абрамов, Г. П. Урбанавичус, Л. Г. Богданова. Йошкар-Ола. 324 с. Работнов Т. А. 1950. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. М.; Л. Сер. 3, вып. 6. С. 77–204. Уранов А. А. 1975. Возрастной состав фитоценопопуляций как функции времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. № 2. С. 17–29. Уранов А. А., Смирнова О. В. 1969. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол. Т. 74, вып. 1. С. 119–134. Черепанов С. К. 1995. Сосудистые растения СССР. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья-95. 990 с.

ПРОЦЕССЫ САМОПОДДЕРЖАНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *VIOLA ODORATA* L. В УСЛОВИЯХ Г. ЙОШКАР-ОЛЫ

А. Н. Романова, Г. О. Османова

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, alisa.romanova.96@list.ru

Способность популяций к самоподдержанию представляет собой совокупность процессов, которые обеспечивают непрерывное существование популяций на какой-либо территории [Смирнова, 1987].

Самоподдержание происходит за счет размножения. Размножение — свойство организмов воспроизводить себе подобных, благодаря чему осуществляется преемственность и непрерывность жизни. Самоподдержание ценопопуляций (ЦП) может происходить разными способами (семенной, различные способы вегетативного, смешанный) [Лукина, 2014].

Вегетативное размножение приводит к увеличению численности особей одного вида или к образованию клона (клональный рост), вследствие искусственного или естественного отделения от материнской особи вегетативных диаспор (специализированное размножение) или жизнеспособных частей ее побеговой системы (неспециализированное вегетативное размножение, морфологическая дезинтеграция).

Среди способов размножения можно выделить сарментацию [Барыкина, 1999] и партикуляцию [Нухимовский, 1973; 1997]. Сарментация представляет собой процесс отделения от растений частей, которые и обеспечивают вегетативное размножение [Османова, 2011]. Партикуляция (расщепление корня) по И. П. Игнатъевой (1995) является признаком старости растения. У некоторых травянистых многолетников партикуляция является обязательным звеном в возрастном этапе и не зависит от колебаний среды.

В ряде случаев семенное размножение может дополняться вегетативным. Так, к примеру, у люцерны серповидной и одуванчика лекарственного происходит образование корневых отпрысков; у подорожника большого, который обычно не образует клоны, выражена старческая партикуляция; у дерновинных злаков (луговик дернистый, душистый колосок, овсяница луговая, тимофеевка луговая) формируются омоложенные элементы на отделившихся участках факультативно возникающих столонов и эпигеогенных корневищ [Жукова, 1980]; у луговика дернистого происходит заложение луковичек в соцветиях у растений, которым не свойственно живорождение [Заугольнова, 1988].

У других видов наряду с семенным существуют разные формы вегетативного размножения. Так, у лютика ползучего на аллювиальных наносах вегетативное размножение происходит с помощью как надземных, так и подземных столонов; у некоторых вегетативно-подвижных растений, например, у пырея ползучего, лютика ползучего [Жукова, 1980] — наряду с формированием партикул на отделившихся участках корневищ и столонов может происходить партикуляция материнского и дочерних кустов в конце их частного онтогенеза, также возникают новые неомоложенные дочерние особи, которые проходят сокращенный онтогенез.

Фиалка душистая (*Viola odorata* L.) — это быстроразвивающийся вид конкурентного типа, многолетнее вегетативно-подвижное растение, формирующее клоны. В различной экологической или ценотической обстановке самоподдержание в ценопопуляциях *V. odorata* может осуществляться как семенным, так и сочетанием семенного и вегетативного способа размножения.

Цель работы — проанализировать процессы самоподдержания ценопопуляций *V. odorata* в черте г. Йошкар-Ола Республики Марий Эл.

Исследования проводились в г. Йошкар-Оле Медведевского р-на Республики Марий Эл. Сбор материала проводили в начале июня 2016 г. Всего было исследовано 3 ЦП *V. odorata*. ЦП 1 находилась на территории Центрального парка культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ, ЦП 2 располагалась по ул. Осипенко на газоне, располагающемся у Республиканской больницы, ЦП 3 произрастала по ул. Осипенко на территории сквера, прилегающем к больнице Ветеранов войн.

Для изучения способов самоподдержания в исследуемых ЦП, нами было проанализировано соотношение особей *V. odorata* семенного и вегетативного размножения. В исследовании учитывались все узлы ползучего побега, имеющие зачаток листа или соцветия, сформировавшийся лист, соцветие и придаточные корни.

Для характеристики самоподдержания ЦП нами были определены индексы восстановления (Iв) и замещения (Iз), предложенные Л. А. Жуковой (1995). Индекс восстановления показывает, какую часть генеративной фракции после ее отмирания способен восстановить подрост или сколько потомков в данный момент времени приходится на одну генеративную особь. Индекс замещения выражается отношением подростка ко всей взрослой части ценопопуляции; он демонстрирует, какую долю может заместить подрост в ценопопуляции.

В результате проведенных исследований было выявлено, что в ЦП 1 *V. odorata* преобладают особи вегетативного размножения с доминированием молодой и средневозрастной генеративных онтогенетических групп (рис. 1). Из гистограммы видно, что вегетативная подвижность особей *V. odorata* начинается с середины прегенеративного периода, и достигает своего максимума в средневозрастном генеративном состоянии. Соотношение особей семенного и вегетативного размножения составляет 1:4,7. Индекс замещения и восстановления равны и составляют 0,311.

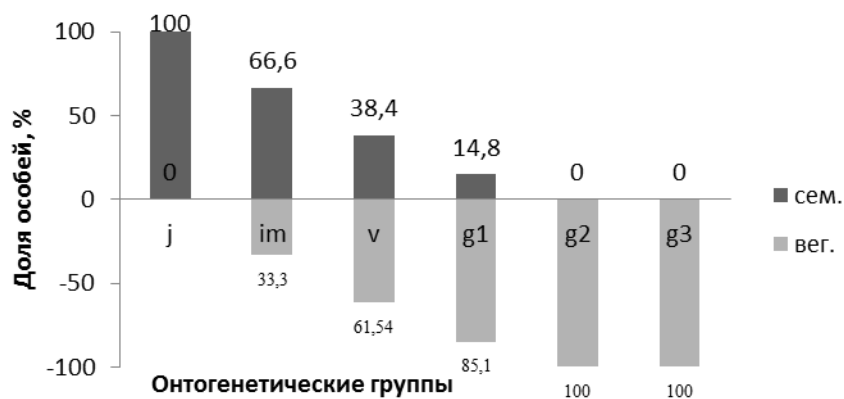


Рис. 1. Соотношение особей *Viola odorata* семенного и вегетативного происхождения в ЦП 1

В ЦП 2 соотношение особей семенного и вегетативного размножения несколько уравновешено и составляет 1:1,1 (рис. 2). Некоторые различия наблюдаются у особей виргинильного онтогенетического состояния (на семенной способ самоподдержания приходится 16,6 %, на вегетативный — 83,3 %, соответственно).

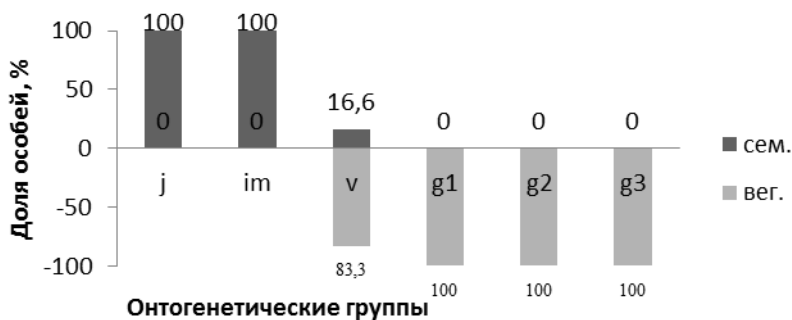


Рис. 2. Соотношение особей *Viola odorata* семенного и вегетативного происхождения в ЦП 2

В ЦП 3 *V. odorata*, произрастающей на территории сквера больницы Ветеранов войн, наблюдается уравновешивание процессов семенного и вегетативного самоподдержания у особей прегенеративного и генеративного периодов (рис. 3). Соотношение составляет 1:2,4. Это можно объяснить тем, что особи *V. odorata* молодого генеративного состояния начинают активно разрастаться (вегетативное размножение), что и приводит к образованию полицентрических систем. Изучаемые нами ЦП 3 и ЦП 2 *V. odorata* произрастали в сходных условиях, поэтому можем наблюдать, значения индексов восстановления (ЦП 2 — 0,72; ЦП 3 — 0,363) и замещения (ЦП 2 — 1,72; ЦП 3 — 0,363), несколько близки.

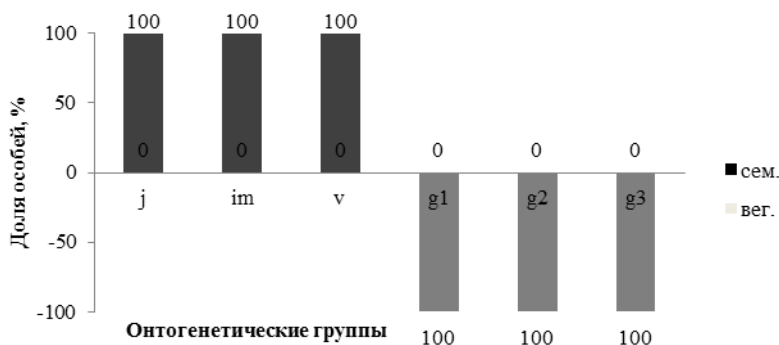


Рис. 3. Соотношение особей *Viola odorata* семенного и вегетативного происхождения в ЦП 3

Устойчивое положение в сообществе создается за счет смешанного способа самоподдержания, вегетативного разрастания особей *V. odorata*, а также формирования полицентрических систем. В случае, когда ценопопуляция находится в условиях длительного затенения, происходит партикуляция полицентрических особей и ЦП *V. odorata* начинает пополняться омоложенными партикулами. Способы самоподдержания

ния ЦП, которые сочетают семенное и различные виды вегетативного размножения у особей *V. odorata* позволяют не только адаптироваться к меняющимся условиям среды, но играют важную роль в организации ценопопуляций этого вида.

Литература

Барыкина Р. П. 1999. Сарментация и партикуляция как особые способы естественного вегетативного размножения растений // Труды VI Международной конференции по морфологии растений памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых. М. С. 18–20. Жукова Л. А. [и др.]. 1980. Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Ч. 1. Однодольные. Злаки. Методические разработки для студентов биологических специальностей. М.: МГПИ им. В. И. Ленина. 142 с. Жукова Л. А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК Ланар. 224 с. Заугольнова Л. Б. 1988. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука. 183 с. Игнатьева И. П. 1995. О жизненном цикле стержнекорневых и кистекокорневых травянистых поликарпиков // Ботан. журн. Т. 50. № 7. С. 39–54. Лукина Н. В. [и др.]. 2014. Изучение фитоценозов техногенных ландшафтов. Екатеринбург. 74 с. Нухимовский Е. Л. 1973. О соотношении понятий «партикуляция» и «вегетативное размножение» // Бюлл. МОИП. Отд. биол. Т. 78, вып. 5. С. 39–54. Нухимовский Е. Л. 1997. Основы биоморфологии семенных растений. М.: ОАО изд-во «Недра». Т. 1. 629 с. Османова Г. О. 2011. Способы самоподдержания ценопопуляций подорожника ланцетолистного (*Plantago lanceolata* L.) // Вестник Марийского государственного университета. Йошкар-Ола. С. 161–163. Смирнова О. В. 1987. Структура травяного покрова широколиственных лесов. М.: Наука. 207 с.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РЕВИЗИЯ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ GOBIESOCIDAE P. APLETODON И GOBIIDAE P. POMATOSHISTUS ЧЕРНОГО МОРЯ

Ю. В. Слынько¹, Е. П. Карпова¹, А. Р. Болтачев¹, Е. Е. Слынько^{1,2}

¹ Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия

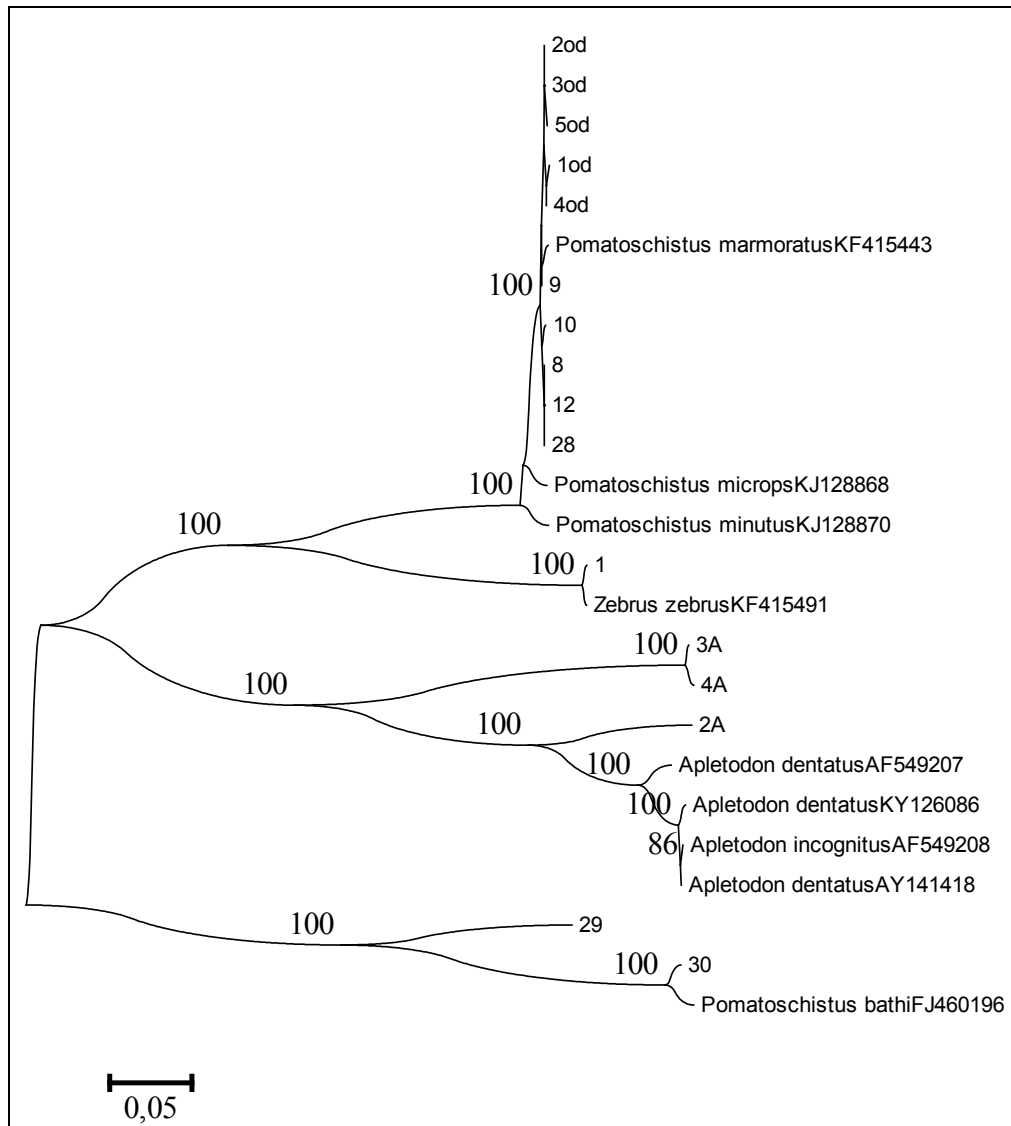
yslynko@mail.ru

В связи с продолжающимся процессом мидетеранизации Черного моря и весьма слабой таксономической изученностью рыб бассейна существует настоятельная необходимость их таксономической ревизии в данной акватории. До недавнего времени видовая идентификация осуществлялась исключительно традиционными морфологическими методами [Световидов, 1964]. И только с конца 20 века стали активно использоваться молекулярно-генетические подходы, основанные, прежде всего, на изучении нуклеотидных последовательностей митохондриальных генов [Avisе, 2000; 2006]. Это направление, применительно к рыбам Черного моря стало применяться исключительно с 21 века [Sorokin et al., 2011; Слынько и др., 2015; 2017; 2018]. В настоящей работе мы продолжаем молекулярно-генетическую идентификацию видов бассейна Черного моря и наше внимание сосредоточено на мелкоразмерных видах побережья Крыма из семейств присосковые (Gobiesocidae) и бычковые (Gobiidae).

С целью уточнения видовой принадлежности была осуществлена молекулярно-генетическая диагностика 16 экземпляров рыб из семейств Gobiesocidae и Gobiidae, отловленных в бухтах г. Севастополь и в Одесском заливе. У всех экземпляров анализ проводился по фрагменту гена — 16s-pPHK mtDNA, длиной 525 п. н. Амплификацию этого фрагмента 16S-pPHK осуществляли в присутствии двух праймеров: прямого — 16SARL (5'-CGCCTGTTTATCAAAAACAT-3') и обратного — 16SBRH (5'-CCGGTCTGAACTCAGATCACGT — 3') [Durand et al., 2012]. У присосковых диагностировались три экземпляра, из рода *Apletodon*, у бычковых анализировались 12 экз. из рода лысунов (*Pomatoschistus*) и 1 экз. обнаруженного в Севастопольской бухте Черного моря только в 2013 г. [Болтачев, Карпова, 2017] из рода бычков-зебр (*Zebrus*). Анализ таксономической принадлежности проводили в программах BLAST NCBI и MEGA 7.0, изучение параметров генетической изменчивости в программе DNASP 5.10.

На основании нуклеотидной изменчивости гена 16s было установлено, что из 16 проанализированных особей подавляющее большинство (10 экз.) относятся к группе видов *Pomatoschistus marmoratus* — *P. minutus* — *P. microps*, 1 экз. — к виду *Zebrus zebrus*, два экз. — к виду *Pomatoschistus bathi* и 3 экз. к группе видов *Apletodon incognitus* — *A. dentatus* (рис.). Если руководствоваться значениями *p*-дистанций [Картавцев, Ли, 2006], то виды лысунов, как атлантических, так и средиземноморских — *P. marmoratus*, *P. minutus*, *P. microps* мы вправе квалифицировать, как близкородственные виды в пределах одного рода (дистанции колеблются от 2,9 до 3,6), тогда как исследуемые нами черноморские особи принадлежали к виду *P. marmoratus*, причем это касается, как одесских, так и крымских особей (коэффициент *p* нигде не превышал 0,8, как при сравнении между собой, так и с *P. marmoratus*) (табл.). Тогда как расстояние с *P. bathi* у остальных видов *Pomatoschistus* достигало порядка 70 %, у двух экземпляров с Крыма, только у одного расстояние с *P. bathi* составило 2,7 %, у второго 36 %. Таким образом можно утверждать, что большинство одесских и крымских лысунов идентифицируются, как популяции *P. marmoratus*, один экземпляр из Крыма (№ 28), как популяционная единица *P. bathi*, а второй (№ 29), как вид близкий *P. bathi* (табл.).

Абсолютно никаких сомнений не возникает относительно экземпляра, квалифицированного, как *Zebrus zebrus*. Как при построении древа, так и при расчете *p*-дистанций (= 0,6 %) установлено, что анализируемый экземпляр с высокой вероятностью относится именно к данному виду (табл., рис.).



Филогенетическое древо, созданное по нуклеотидным последовательностям 16s мт ДНК для мелкоразмерных видов присосковых и бычковых Черного моря. 1, 2А-4А, 8-10, 12, 28-30, 1од-5од — изученные нами экземпляры, видовые названия с каталожными номерами взяты из NCBI

Весьма неоднозначная ситуация складывается вокруг экземпляров, которые были идентифицированы, как относящиеся к роду *Apletodon*. Довольно значительные морфологические отличия, имеющиеся у черноморских экземпляров этого рода, заставляли ряд авторов рассматривать последних в ранге подвида *A. dentatus bacescui* [Murgoci, 1940; Briggs, 1986] или даже вида *A. bacescui* [Van der Land et al., 2001; Froese et al., 2018]. В то же время анализ морфометрических характеристик черноморских экземпляров, относящихся к роду *Apletodon*, показал широкие пределы варьирования признаков и перекрытие с представителями вида *Apletodon dentatus* из средиземноморских популяций [Карпова et al., 2015; Карпова и др., 2017], не позволяющее выделить их в отдельные таксономические единицы на основании только внешних признаков. Согласно приводимым нами данным (рис., табл.) если у одного экземпляра (№ 2А) расстояние от видов *Apletodon incognitus* и *Apletodon dentatus* составило 18 и 17 % соответственно, то у экземпляров под номерами 3А и 4А достигало 41 %, тогда как между ними не превышало 0,8 %. Ввиду того, что ни с какими другими представителями семейства присосковых у проанализированных нами двух экземпляров не наблюдается сколь-либо адекватного сходства, то, вероятно, будет справедливым говорить о существовании в Черном море самостоятельного валидного вида *A. bacescui* [Murgoci, 1940], а возможно также новых видов присосковых, относящихся к роду *Apletodon*.

Соответственно, основным итогом работы следует признать принадлежность 10 экземпляров *Pomatoschistus* к виду *P. marmoratus*, 2 экз. — к виду *P. bathi*, 1 экз. — к виду *Z. zebrus*, а вот исследованных представителей рода *Apletodon*, по всей видимости необходимо вероятно описывать как новые виды, предположительно *A. bacescui*. Таким образом, доказана видовая самостоятельность черноморских экзем-

плярлов аплетодона, что, в общем, подтверждает правомерность выделения их в отдельный вид *A. bacescui* [Карпова et al., 2015; Карпова и др., 2017].

Группа видов рода *Pomatoschistus* (*microps-minutus-marmoratus*) имеет сравнительно недавнюю историю обитания и эволюции, как в Черном море, так и в целом в Средиземном [Voissin et al., 2010; Tougard et al., 2014]. В противоположность этому эволюционная история *P. bathi* гораздо древнее, в том числе в рассматриваемом бассейне, что наглядно подтверждается нашими данными, в том числе особенностями кариотипа данного вида [Boltachev et al., 2016], который кардинально отличается от других представителей этого рода и содержит пару очень крупных акроцентрических хромосом, наличие которых может быть обусловлено робертсоновской транслокацией двух мелких акроцентрических хромосом предкового кариотипа.

В рассматриваемом контексте с видом рода *Zebrus* все достаточно отчетливо. В случае же представителей р. *Apletodon* мы наблюдаем значительную дивергенцию рассматриваемых экземпляров. Это может быть результатом действия модели дивергентного способа видообразования [Картавцев, 2005; 2009; Картавцев, Ли, 2006], с другой стороны, это может быть результатом высоких уровней значений нуклеотидного разнообразия, которое сравнимо с дивергенцией внутри рода: $p = 11,3\text{--}11,8\%$ [Takehana et al., 2003] и обусловлено использованием гена 16s. Известно, что в более широком контексте это проявляется для таксонов животных на родовом уровне по двум генам, *Cyt-b* и *Co-1* [Kartavtsev, 2011]. Так, таксоны птиц также значительно менее дифференцированы, чем амфибии и рептилии по *Cyt-b* [Johns, Avise, 1998], а роды камбалообразных рыб существенно неоднородны по величине *p*-расстояния для гена *Co-1* [Kartavtsev et al., 2008; Kartavtsev, 2011].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке в рамках гос. темы № АААА-А18-118020890074-2 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» и темы АААА-А18-118012690105-0 «Фауна, систематика и биология водных беспозвоночных континентальных вод».

Литература

- Болтачев А. Р., Карпова Е. П. 2017. Морские рыбы Крымского полуострова. Симферополь: Бизнес-Информ. 376 с. Карпова Е. П., Болтачев А. Р., Данилюк О. Н. 2017. Распространение редкого вида морских уток — малоголовой присоски *Apletodon dentatus* (Actinopterygii, Gobioidae) — у берегов Крыма // Морской биологический журнал. Т. 2, № 2. С. 41–48. Картавцев Ю. Ф. 2005. Молекулярная эволюция и популяционная генетика. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 235 с. Картавцев Ю. Ф. 2009. Молекулярная эволюция и популяционная генетика. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 280 с. Картавцев Ю. Ф., Ли Ж.-С. 2006. Анализ нуклеотидного разнообразия по генам цитохрома *b* и цитохромоксидазы I на популяционном, видовом и родовом уровнях // Генетика. Т. 42, № 4. С. 437–461. Световидов А. Н. 1964. Рыбы Черного моря. М.; Л.: Наука. 546 с. Слынько Е. Е. [и др.]. 2015. Филогеография и фенотипическое разнообразие солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) Северного Причерноморья // Генетика. Т. 51, № 2. С. 217–226. Слынько Ю. В. [и др.]. 2016. Генетическая изменчивость локуса *cyt b* мтДНК в популяциях амурского чебака, интродуцированного в водоемы северного Причерноморья // Генетика. Т. 53, № 1. С. 70–78. Слынько Ю. В. [и др.]. 2018. Таксономический статус и внутривидовая дифференциация черноморской ставриды *Trachurus mediterraneus ponticus* (Aleev, 1956) (CARANGIDAE) // Биология моря. 2018. Т. 44, № 2. С. 106–114. Шевченко Н. Ф. 1993. Видовой состав и количественное распределение рыб в бухтах и районе Севастополя // Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. Киев: Наукова думка. С. 77–86. Avise J. C. 1998. The Genetic Gods: Evolution and Belief in Human Affairs. Cambridge, MA: Harvard University Press. 279 p. Avise J. C. 2000. Phylogeography. The history and formation of species. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press. 447 p. Avise J. C. 2006. Evolutionary Pathways in Nature: A Phylogenetic Approach. New York: Cambridge University Press. 286 p. Boissin E., Hoareau T. B. and Berrebi P. 2011. Effects of current and historic habitat fragmentation on the genetic structure of the sand goby *Pomatoschistus minutus* (Osteichthys, Gobiidae) // Biological Journal of the Linnean Society. V. 102, No. 1. P. 175–198. Boltachev A., Karpova E., Vdodovich I. 2016. Distribution, Biological and Ecological Characteristics of Alien Species *Pomatoschistus bathi* Miller, 1982 (Gobiidae) in the Black Sea // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 16. P. 113–122. Briggs J. C. 1986. Gobioidae // Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean / P. J. P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen, E. Tortonese (eds). Vol. 3. Paris: UNESCO. P. 1351–1359. Durand J. D., Shen K. N., Chen W. J., Jamandre B. W., Bleil H. et al. 2012. Systematics of the grey mullets (Teleostei: Mugiliformes: Mugilidae): molecular phylogenetic evidence challenges two centuries of morphology-based taxonomy // Mol Phylogenet Evol. Vol. 64. P. 73–92. Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2018. FishBase. *Apletodon bacescui* (Murgoci, 1940). URL: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=126509> on 2018-11-15. Johns G. C., Avise J. C. 1998. A comparative summary of genetic distances in the vertebrates from the mitochondrial cytochrome *b* gene // Mol. Biol. Evol. Vol. 15 (11). P. 1481–1490. Karpova E., Boltachev A., Statkevich S., Danylyuk O., Turbanov I. 2015. Cryptobenthic Fauna of the Mussel Farm's Collectors // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 15. P. 511–521. Kartavtsev Y. Ph. 2011. Sequence divergence at mitochondrial genes in animals: Applicability of DNA data in genetics of speciation and molecular phylogenetics // Marine Genomics. Vol. 49. P. 71–81. Kartavtsev Y. Ph., Sharina S. N., Goto T. et al. 2008. Cytochrome oxidase I (*Co-1*) gene sequence analysis in six fl atfi sh species (Teleostei, Pleuronectidae) of Russia Far East with inferences in phylogeny and taxonomy // Mitochondrial DNA. Vol. 19 (6). P. 479–489. Murgoci A. A. 1940. Etude sur quelques especes du genre *Lepadogaster* de la mer Noire // Comptes Rendus des Seances de l'Institut des Sciences de Roumanie, ancienne Academie des Sciences de Roumanie. Vol. 4 (5–6). P. 380–386. Sorokin P. A., Medvedev D. A., Vasil'ev V. P. et al. 2011. Further studies of mitochondrial genome variability in Ponto-Caspian *Proterorhinus* species (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) and their taxonomic implications // Acta Ichthyol. et Piscat. Vol. 41 (2). P. 95–104. Takehana Y., Nagai N., Matsuda M. et al. 2003. Geographic Variation and Diversity of the Cytochrome *b* Gene in Japanese Wild Populations of Medaka, *Oryzias latipes* // Zool. Sci. Vol. 20 (10). P. 1279–1291. Tougard C., Folly J., Berrebi P. 2014. New Light on the Evolutionary History of the Common Goby (*Pomatoschistus microps*) with an Emphasis on Colonization Processes in the Mediterranean Sea // PLoS ONE. Vol. 9 (3). P. e91576. Van der Land J., Costello M. J., Zavodnik D., Santos R. S., Porteiro F. M., Bailly N., Eschmeyer W. N., Froese R. (2001). Pisces, in: Costello M. J. et al. (Ed.) (2001). European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification // Collection Patrimoines Naturels. Vol. 50. P. 357–374

БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ *OENOTHERA MISSOURIENSIS* SIMS.

Ю. С. Черятова

Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия
botanika2@timacad.ru

Энотера миссурийская (*Oenothera missouriensis* Sims.) — многолетнее травянистое растение семейства Кипрейные (Onagraceae L.), произрастающее в юго-западных районах Северной Америки, по берегам реки Миссури. Энотера миссурийская является перспективным декоративным растением для Средней полосы европейской части России, поскольку за вегетационный период успешно проходит все фенологические фазы развития и дает жизнеспособные семена [Черятова, 2006; 2016].

На сегодняшний день одной из тенденций декоративного садоводства и практики зеленого строительства является подбор видов травянистых многолетников, способных к продолжительному произрастанию на одном месте без потери декоративных качеств. В этой связи изучение биологии развития *O. missouriensis* является актуальным.

В садоводстве *O. missouriensis* используется для посадки на газонах, каменистых участках, альпинариях, у подпорных стен и в миксбордерах [Mortensen, 1991; Straley, 1986]. Следует особо подчеркнуть, что культура крайне нетребовательна к плодородию почвы, и способна произрастать на сухих малоплодородных почвах, содержащих известь [Вакуленко и др., 1997]. Что, соответственно, делает этот декоративный вид еще более привлекательным для районов с малогумусными, бедными почвами.

Целью работы послужило изучение биологии развития *O. missouriensis* и установление предельного срока культивирования этого многолетнего вида в декоративных целях.

Необходимо отметить, что определение и прогнозирование потенциальной продуктивности декоративных растений базируется на морфогенетических методах исследования, поэтому актуальность данной работы становится еще более очевидной. Результаты исследования также могут быть использованы для управления морфогенезом *O. missouriensis*, а также послужат базой для научно-обоснованной разработки технологии выращивания этого ценного многолетнего декоративного растения.

Научно-исследовательскую работу проводили в Ботаническом саду имени С. И. Ростовцева и Дендрологическом саду имени Р. И. Шредера ФГБОУ ВО «Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К. А. Тимирязева». Методом работы был сравнительный морфологический анализ системы побегов и корневой системы по фазам развития растений. При проведении эксперимента использовали методические разработки И. П. Игнатьевой [Игнатьева, 1989].

Семена *O. missouriensis* высевали в конце марта, в теплице, в стандартные посевные ящики по схеме 5 × 5 см. Почва для посева состояла из дерновой, листовой земли и песка в равных соотношениях. Семена высевали поверхностно, слегка присыпая песком. Растения выращивали без пикировки и в фазе 7–9-го листа (начало июня) их высаживали на гряды открытого грунта. Растения выращивали на площади питания 30 × 30 см, исключавшей их взаимовлияние друг на друга. Число растений опыта — 100. Опыт проводили на дерново-подзолистой почве с глубиной пахотного слоя 18–22 см, при рН солевой вытяжки 5,4–6,0. Технология выращивания была общепринятой в практике декоративного растениеводства.

В результате заложенного опыта были получены следующие результаты. Прорастание семян растений надземное, начало фазы прорастания было отмечено на 7-й день после посева. На 10-й день после появления всходов наступала фаза семядолей, а на 20-й день была отмечена фаза 1-го листа главного побега. Филлохрон растений в онтогенезе не менялся и в среднем составлял 6–7 дней. На всех этапах развития листорасположение у стебля главного побега очередное, форма листовой пластинки ланцетовидная. В конце первого года жизни растения находились в фазе 21–25-го листа главного побега. Длина стебля главного побега варьировала от 25 до 30 см, при диаметре его базальной части 0,8 см. Базитонное ветвление главного побега начиналось в фазу 14–15-го листа. Побег обогашения *O. missouriensis* безрозеточные, моноциклические, силлептические, формировались, начиная с пазухи 5–9-го листа главного побега. Среднее число побегов обогашения — 7. У растений бутоны формировались, начиная с пазухи 6-го листа главного побега, далее происходило чередование вегетативных и генеративных почек, а с пазухи 18-го листа образовывалось терминальное открытое соцветие — фрондозный простой колос. Вступление растений в фазу бутонизации происходило в середине июля. Продолжительность периода бутонизации составляла 15 дней. В конце июля–начале августа все растения вступали в фазу полного цветения. Цветки одиночные, сидячие, лимонно-желтые, диаметром 6–7 см, трубка венчика — 8–9 см. К концу первого года жизни плоды и семена у растений сформировались, но не успели вызреть. Процесс отмирания главного побега начинался в конце октября. Живой оставалась его базальная часть на протяжении 6–8 метамеров. Корневая система растений стержневая; образование адвентивных корней не наблюдалось.

Фаза отрастания растений второго года жизни была отмечена во второй декаде мая. Возобновление у растений симподиальное. Почки возобновления, расположенные в верхней части сохранившихся участков главного побега, начинали рост в первую очередь. Почки возобновления вегетативные, закрытые, конусовидной формы, имели 3–4 листа низовой формации, представленные розовато-коричневыми чешуями. Длина почек возобновления составляла 0,1–0,2 см. Емкость почек возобновления варьировала от 6 до 8

листовых зачатков. По сравнению с осенью, емкость почек возобновления растений за зимний период увеличилась, в среднем, на 2 листовых зачатка. Нижние почки возобновления характеризовались замедленным темпом развития, а у некоторых побегов почки, расположенные на их базальной части, оставались в спящем состоянии.

Побеги возобновления *O. missouriensis* — безрозеточные, моноциклические, приподнимающиеся, полегали в фазе 10–12-го листа. Одно растение в среднем формировало до 7 побегов возобновления. Длина побегов возобновления варьировалась от 16 до 22 см; диаметр базальной части стебля составлял 0,5–0,6 см. Число метамеров побегов возобновления варьировалось от 23 до 27. Во второй декаде июня было отмечено базитонное ветвление побегов возобновления, которое шло до 2-го порядка. Боковые побеги, в числе от двух до пяти, формировались, начиная с пазухи 3–4-го листа побега возобновления. В конце периода вегетации, самые нижние из них, состояли из 14–16 метамеров, верхние — из 3–5. Длина побегов возобновления растений варьировалась от 1,5 до 17 см.

Вступление растений в фазу бутонизации было отмечено во второй декаде июля. Цветение растений происходило в конце июля. Цветки начинали образовываться с пазухи 6–7-го листа побега возобновления. Следует отметить, что у побегов возобновления, как и у главного побега, закономерности в последовательности заложения вегетативных и цветочных почек в нижней части побегов выявлено не было, а, начиная с пазухи 16–18-го листа, шло заложение только цветочных почек. Фаза цветения боковых побегов была отмечена во второй декаде августа. Цветки на боковых побегах формировались, начиная с пазухи 3–4-го листа, а начиная с пазухи 9–12-го листа формировалось соцветие. Плоды у растений были представлены многосемянными нижними ценокарпными коробочками, вскрывающимися четырьмя створками. Созревание семян растений начиналось в третьей декаде августа. У растений эксперимента в процессе созревания коробочек наблюдался самосев. Таким образом, вследствие начала ранней вегетации и фазы отрастания, на второй год жизни растениям удавалось сформировать морфологически зрелые семена.

Длина главного корня растений к концу периода вегетации составляла, в среднем, 25 см, диаметр — 1,0 см. Число корней 2-го порядка варьировалось от 10 до 12, а корней 3-го порядка — от 35 до 38. К концу второго года жизни основание побегов 2-го порядка втягивалось в почву на глубину 2,0–2,8 см. Основание главного побега располагалось на глубине 3,5 см.

У растений третьего года жизни успешно перезимовывала не только вегетативная часть побегов второго порядка, погруженная в почву, но и небольшой участок генеративной их части (на протяжении 4–6 см от поверхности почвы) состоящий от 3 до 7 метамеров. Весной третьего года жизни впервые у растений было отмечено начало процесса разрушения и отмирания тканей базальной части стебля главного побега и побегов 2-го порядка, а также центральной части корней. В сохранившемся участке стебля главного побега формировалась закрытая центральная полость, диаметром 0,3–0,4 см и глубиной до 1,5 см. Центральная полость соединялась с полостями в стебле вегетативной части побегов 2-го порядка, а также с полостями, образовавшимися в главном корне и в корнях второго порядка, расположенных на базальной части главного корня. Процесс отмирания тканей шел в базипетальном направлении. В первую очередь поражалась центральная часть корней. Отмершие ткани были сухими и рыхлыми, коричневого цвета.

Наибольшее число почек возобновления растений было сосредоточено на участке сохранившейся генеративной части побегов 2-го порядка (от 5 до 7). На вегетативной части стебля побегов 2-го порядка число почек возобновления варьировалось от 2 до 3. У почек возобновления была сформирована лишь часть вегетативной сферы. Необходимо отметить изменения, которые были выявлены в структуре почек возобновления: емкость почек возобновления осенью прошлого года составляла 3–4 листовых зачатка, а весной текущего года составляла уже 6–7 листовых зачатков. Таким образом, можно сделать вывод, что заложение метамеров в почках возобновления у растений происходило в зимнее время при низких положительных температурах.

Пробуждение почек возобновления происходило во второй декаде апреля. Фаза отрастания была отмечена во второй декаде мая. Растения третьего года жизни формировали 19–22 побегов возобновления, длина которых на конец периода вегетации варьировалась от 17 до 28 см, при диаметре их базальной части 0,4–0,5 см. Число метамеров побегов возобновления составляло от 26 до 35. В отличие от побегов возобновления предыдущего года, большинство побегов возобновления текущего года не ветвилось — их пазушные почки оставались в спящем состоянии. Лишь у 3 % изучавшихся растений наиболее мощные побеги 3-го порядка формировали в начале августа до 7–9 побегов 4-го порядка. К концу периода вегетации число метамеров побегов 4-го порядка составляло от 4 до 6, а их длина варьировалась от 2,5 до 5,0 см.

Вступление растений третьего года жизни в фазу бутонизации начиналось в середине июня. В конце июня все растения одновременно вступали в фазу массового цветения. По сравнению с предыдущим годом, растения 3-го года жизни зацветали на месяц раньше, что можно объяснить большей мощностью развития растений и меньшим числом метамеров до соцветия у побегов возобновления, т. е. в морфологическом отношении растения 3-го года жизни были более скороспелыми по сравнению с растениями 2-го года жизни. У нижних боковых побегов возобновления цветочные почки закладывались, начиная с пазухи 9–11-го листа, а у вышерасположенных — с 6–7-го. Начиная с пазухи 20–22-го листа побегов возобновле-

ния, шло заложение только цветочных почек, то есть формировался колос. Семена начинали созревать во второй декаде августа.

К концу третьего года жизни основание побегов 2-го порядка, благодаря процессу геофилии, втягивалось в почву на глубину до 3,5 см. Основание главного побега располагалась на глубине 5,0 см. На утолщенной вегетативной части побегов 3-го порядка (диаметр 0,7 см), располагающейся на глубине 1,5–2,0 см, формировались почки возобновления. Ветвление главного корня растений шло до 3-го порядка. Число корней 2-го порядка варьировалось от 15 до 16, а корней 3-го порядка — от 40 до 45. Диаметр базальной части корней 2-го порядка составлял 0,8–1,0 см, а их длина варьировалась от 22 до 28 см. Длина корней 3-го порядка составляла 12–15 см при диаметре их базальной части 0,3 см. Следует заметить, что адвентивные корни у растений не формировались. Созревание семян растений отмечалось во второй декаде августа.

На четвертый год жизни растений, впервые были обнаружены выпады, составляющие 8 % от общего числа растений, таким образом, для единичных растений большой жизненный цикл ограничивался тремя годами. У растений четвертого года жизни было отмечено неодновременное вступление в фазу цветения, что снижало общую декоративность насаждения. Массовое цветение растений наступало в середине июня. Число побегов 2-го порядка растений варьировало от 5 до 9; 3-го порядка — от 30 до 45; 4-го порядка — 10–15. У основания побегов 2-го порядка и базальной части корней наблюдалось формирование полости диаметром 0,3–0,4 см. Семена начинали созревать в середине августа.

На пятый год жизни растения слабо отрастали, для большинства была отмечена сенильная партикуляция, связанная с обособлением побегов 2-го порядка. Выпады составили 12 % от общей численности растений. Надземная часть растений была представлена побегами 4-го и 5-го порядка. Число побегов возобновления растений и степень их развития сильно варьировали. В среднем, на одно растение приходилось 24–29 побегов возобновления, из которых 17–19 зацветали. Фаза цветения растений было отмечено в середине июня. В конце пятого года жизни, вследствие прогрессирующего процесса отмирания тканей в базальной части побегов 2-го порядка, у большинства растений происходило обособление побегов 3-го порядка. Семена растений созревали в середине августа.

На шестой год жизни растений весеннее отрастание происходило неравномерно; были обнаружены значительные выпады (20 %). Число побегов на растениях варьировало от 40 до 55; в основном они были представлены побегами 6-го порядка, и немногочисленными побегами 5-го порядка. Вследствие распространения процесса отмирания тканей побегов в продольном направлении, более половины отрастающих побегов погибали, в связи с чем, надземная часть растений в середине лета была представлена 18–25 побегами. Необходимо отметить, что более половины побегов растений оставалось в вегетативном состоянии; в середине июня зацветали лишь самые мощно развитые из них. В связи с ослаблением способности к ветвлению побегов возобновления сокращалась длительность жизненного цикла растений. Таким образом, для большинства изученных растений *O. missouriensis* большой жизненный цикл и возможность успешно культивирования ограничивался шестью годами.

На седьмой год жизни весенние выпады растений составили более 50 %. Отрастание побегов возобновления растений было неравномерным. Число побегов возобновления на растениях варьировало от 20 до 35; в основном, они были представлены побегами 7-го порядка и, отчасти, побегами 6-го порядка. Более половины отрастающих весенних побегов из-за прогрессирующих деструктивных процессов тканей стебля отмирало. Поэтому у большинства растений их надземная часть состояла из 8–14 побегов, некоторые из которых так и не перешли к цветению. В середине июня зацветало лишь 25 % побегов возобновления растений.

На восьмой год исследования была отмечена гибель 55 % растений. Растения не перезимовывали, и их весеннее возобновление на восьмой год жизни отмечено не было.

В результате изучения биологии развития *O. missouriensis* был получен материал, анализ которого позволил заключить, что предельный срок культивирования растения в декоративных целях в условиях Средней полосы европейской части России должен ограничиваться пятью-шестью годами. На основании собранных многолетних морфологических данных можно констатировать, что на протяжении всего большого жизненного цикла *O. missouriensis* сохраняет жизненную форму стержнекорневого гемикриптофита.

В заключение следует отметить, что поскольку в условиях культуры у *O. missouriensis* ежегодно вызревают семена, этот вид также можно рекомендовать как перспективный для селекционно-семеноводческой работы.

Литература

- Вакуленко В. В [и др.]. 1997. Справочник цветовода. М.: Колос. 446 с. Игнатьева И. П. 1989. Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений. М.: МСХА. 61 с. Черятова Ю. С. 2006. Сравнительный морфогенез и структура вегетативных органов растений хозяйственно ценных видов рода *Oenothera* L.: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. М.: МСХА. 20 с. Черятова Ю. С. 2016. Морфогенез и особенности выращивания *Oenothera missouriensis* Sims. // Вестник БГСХА им. В. П. Филиппова. № 3, вып. 44. С. 27–34. Mortensen H. D. 1991. A plant with wings // American horticulturist. Vol. 70, № 8. P. 18–21. Straley G. B. 1986. Unusual perennials bring Europe to North American gardeners // Am. Nurseryman. Vol. 164, № 3. P. 43–46.

РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ХОЛОДНОВОДНЫХ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

А. Н. Шаров

Санкт-Петербургский научно-исследовательский Центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, Россия
sharov_an@mail.ru

В период наших исследований (1993–2016 гг.) в фитопланктоне различных типов озер на Севере Европейской территории России и Восточной Антарктиды выявлено более 800 видов, разновидностей и форм водорослей, из них: *Bacillariophyta* — 60 %, *Chlorophyta* — 23 %, *Cyanobacteria* — 7 %, *Chrysophyta* — 6 %, *Dinophyta* — 2 %, *Cryptophyta* — 1,5 %, *Euglenophyta* — 0,5 % (табл. 1).

Таблица 1

Количество видов водорослей в планктоне исследованных водоемов

Видовой состав	Большие озера						Малые озера			
	Ладожское	Онежское	Выгозерское водохранилище	Чудско-Псковское	Имандра	Умбозеро	Тундровые озера (Мурманская обл.)	Озера зоны тайги (Карелия)	оз. Кенозеро	Озера Восточной Антарктиды
<i>Cyanobacteria</i>	38	103	11	43	25	1	12	20	16	54
<i>Dinophyta</i>	9	15	11	2	5	1	3	3	3	–
<i>Euglenophyta</i>	1	16	5	1	2	–	–	1	–	–
<i>Cryptophyta</i>	7	10	2	9	5	1	8	4	4	1
<i>Chrysophyta</i>	23	59	25	2	23	5	19	9	5	1
<i>Xantophyta</i>	6	10	2	1	–	–	1	1	–	10
<i>Bacillariophyta</i>	42	426	122	44	82	37	39	32	23	33
<i>Chlorophyta</i>	118	136	86	84	54	9	26	41	34	20
Всего	380	775	264	186	156	54	108	111	85	129

Проведенное сравнение видового состава доминирующих комплексов фитопланктонных сообществ в различных холодноводных озерах показывает, что видовое богатство планктонных водорослей в основном определяется размерами и характером водосбора. Общее число таксонов в видовом составе фитопланктона в исследованных озерах составляло от 13 до 775 и, как правило, нарастало по мере увеличения водосбора и количества поступления биогенных элементов. Анализ связи характеристик фитопланктона от размеров озер показал, что общее число видов имеет прямую зависимость от площади озера ($R = 0,685$, $p = 0,0001$) и его водосборного бассейна ($R = 0,684$, $p = 0,0002$). Для биомассы фитопланктона такая связь менее тесная, но также статистически значима ($R = 0,55$, $p = 0,02$). В фитопланктоне больших озер преобладают диатомовые водоросли [Шаров, 2008]. В небольших озерах роль диатомовых снижается, и доминантами чаще выступают золотистые, криптофитовые и зеленые, иногда динофитовые и цианобактерии [Моисеенко и др., 1999].

Комплекс доминирующих видов, характеризующихся наибольшими частотами встречаемости и доминирования в период исследований 1993–2016 гг., составляли 15 таксонов из нескольких отделов диатомовых, золотистых, перидиниевых, криптофитовых водорослей и цианобактерии. Согласно кодам морфофункциональной классификации пресноводного фитопланктона [Reynolds et al., 2002] и наибольшей средней относительной биомассы доминирующих видов, планктонные ассоциации фитопланктона исследованных озер можно отнести к 9 типам: А, В, С, Е, N, P, Lo, H1 и Y.

Биомасса фитопланктона в период исследований варьировала в широких пределах от нескольких микрограмм на литр в антарктических озерах [Sharov et al., 2015] до 34 мг/л в оз. Псковском [Шаров, Андреева, 2016]. При эвтрофировании даже в субарктическом оз. Имандра биомасса достигала 20 мг/л в районах влияния хозяйственно-бытовых сточных вод [Моисеенко, Шаров, 2011]. Летняя биомасса фитопланктона обычно не превышает 3 мг/л.

Средняя за вегетационный сезон биомасса фитопланктона и концентрация хлорофилла «а» в исследованных водоемах

Водоемы	Большие озера						Малые и средние озера			
	Ладожское	Онежское	Выгозерское водохранилище	Чудско-Псковское	Имандра	Умбозеро	Тундровые озера (Мурманская обл.)	Озера зоны тайги (Карелия)	оз. Кенозеро	Озера Восточной Антарктиды
<i>Cyanobacteria</i>	0,5 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,04 ± 0,01	1,3 ± 0,1	0,1 ± 0,02	<0,01	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01
<i>Dinophyta</i>	<0,01	0,1 ± 0,1	0,14 ± 0,03	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	<0,01
<i>Cryptophyta</i>	0,6 ± 0,1	0,2 ± 0,1	<0,01	0,1 ± 0,1	0,4 ± 0,05	<0,01	0,02 ± 0,01	0,1 ± 0,01	<0,01	<0,01
<i>Chrysophyta</i>	<0,01	0,1 ± 0,1	<0,01	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,01	<0,01	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,02 ± 0,01	<0,01
<i>Bacillariophyta</i>	0,5 ± 0,1	1,4 ± 0,3	0,8 ± 0,2	1,2 ± 0,3	0,5 ± 0,03	0,89 ± 0,1	0,1 ± 0,03	2,1 ± 0,1	2,54 ± 0,1	<0,01
<i>Chlorophyta</i>	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,02	<0,01	0,04 ± 0,01	0,5 ± 0,07	0,2 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Общая биомасса, мг/л	1,9 ± 0,4	2,0 ± 0,5	1,12 ± 0,3	2,9 ± 0,7	1,37 ± 0,3	0,93 ± 0,2	0,8 ± 0,2	3,17 ± 0,7	2,8 ± 0,5	0,07 ± 0,01
Хлорофилл «а», мкг/л	5,2 ± 1,1	2,7 ± 0,7	4,1 ± 0,5	21,1 ± 3,5	2,6 ± 0,5	1,2 ± 0,3	0,6 ± 0,2	5,4 ± 1,2	4,5 ± 1,2	0,2 ± 0,1

Низкие количественные показатели и видовое разнообразие является характерной чертой антарктических озер. Пищевая цепь в них ориентированы на микробной петле, с энергией, протекающей через микробных автотрофов и гетеротрофов бентоса [Sharov et al., 2015].

В сезонной динамике биомассы фитопланктона исследованных водоемов наблюдается один или несколько максимумов. Весеннее развитие начинается подо льдом. В больших озерах Онежском и Ладожском наблюдается один весенний пик биомассы, связанный с развитием диатомовой водоросли *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Simonsen. В малых озерах севера Карелии и горной тундры весенний пик связан с развитием динофитовых водорослей.

Антропогенная нагрузка определяет неоднородность распределения фитопланктона по акватории больших водоемов. Небольшие озера, как правило, испытывают опосредованное антропогенное воздействие через воздушное загрязнение и изменение характера деятельности на водосборной территории. При комбинированном воздействии антропогенных факторов наибольшее влияние на фитопланктон оказывают хозяйственно-бытовые сточные воды. В результате их поступления увеличивается общая биомасса и снижается видовое разнообразие фитопланктона, сопровождаемое перестройкой структуры доминирующих комплексов: возрастанием роли криптофитовых, динофитовых и зеленых (вольвоксовых) водорослей. После снижения антропогенного воздействия экосистемы не возвращаются в исходное природное состояние [Моисеенко, Шаров, 2011]. Происходит формирование новой стадии с характерными признаками. Снижение поступления общего фосфора с водосборного бассейна не приводит к быстрому снижению концентрации хлорофилла «а» и обилия фитопланктона. Увеличивается относительное количество криптофитовых водорослей и цианобактерий.

Климатические изменения влияют на фитопланктон больших озер преимущественно опосредовано через изменение концентрации биогенных веществ и температуры воды [Sharov et al., 2014; Sharov, Andreeva, 2015]. При общем тренде потепления и увеличения продолжительности безледного периода, увеличение общей биомассы фитопланктона не наблюдается [Филатов и др., 2013].

Литература

- Моисеенко Т. И., Вандыш О. И., Яковлев В. А., Лукин А. А., Шаров А. Н. 1999. Изменения биоразнообразия поверхностных вод Севера в условиях закисления, евтрофирования и токсичного загрязнения // Водные ресурсы. № 4. С. 492–501. Моисеенко Т. И., Шаров А. Н. 2011. Модификации водных экосистем в период и после снижения антропогенного загрязнения // Доклады Академии наук. Т. 441. № 3. С. 419–442. Филатов Н. Н., Руховец Л. А., Назарова Л. Е., Баклагин В. А., Георгиев А. П., Ефремова Т. В., Пальшин Н. И., Толстикова А. В., Шаров А. Н. 2013. Влияние изменений климата на экосистемы озер // Вестник РФФИ. № 2 (78). С. 43–50. Шаров А. Н. 2008. Индикаторная роль фитопланктона в оценке долговременных изменений качества вод больших озер // Водные ресурсы. Т. 35, № 6. С. 668–674. Шаров А. Н., Андреева И. В. 2016. Пространственно-временная организация фитопланктона Чудско-Псковского озера // Принципы экологии. Т. 5, № 5. С. 71–80. Reynolds C. S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // Journal of Plankton Research. Vol. 24, № 5. P. 417–428. Sharov A., Andreeva I. 2015. Phytoplankton responses to climate change in the large lakes of the Baltic Sea basin // Acta Biol. Univ. Daugavp. Vol. 15 (2). P. 101–110. Sharov A. N., Berezina N. A., Nazarova L. E., Poliakova T. N., Chekryzheva T. A. 2014. Links between biota and climate-related variables in the Baltic region using Lake Onega as an example // Oceanologia. Т. 56, № 2. С. 291–306. Sharov A. N., Berezina N. A., Tolstikov A. V. 2015. Life under ice in the perennial ice-covered Lake Glubokoe in Summer (East Antarctica) // Lakes and Reservoirs: Research and Management. Vol. 20. P. 120–127.

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ВЫСОКОГОРНОГО ЭНДЕМА *ANEMONASTRUM BIARMIENSE* (JUZ.) HOLUB. НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

О. В. Юсупова^{1,2,3}, Л. М. Абрамова¹, И. Р. Юсупов²

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт, Уфа, Россия

² Южно-Уральский государственный природный заповедник, Реветь, Россия

³ Национальный парк «Зюраткуль», Сатка, Россия

yusupova_ov@mail.ru, abramova.lm@mail.ru, i777yus@yandex.ru

Горный Урал является особым объектом для изучения редкой флоры, благодаря истории формирования растительности, вследствие которой на Урале образовался уникальный горно-тундровый флористический комплекс, распространенный в верхних поясах гор. В этих растительных группировках нередко в качестве доминанта выступает *Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub. — ветреник пермский, результаты изучения популяций которого приводятся в данной статье. Исследования проводились на территории Южно-Уральского заповедника (далее ЮУГПЗ), национальных парков «Зюраткуль» и «Таганай».

A. biarmense — высокогорный эндемичный вид Урала, встречающийся также в горно-лесном поясе. Ветреник пермский распространен в верхних поясах гор от Южного Урала до южной части Полярного Урала. На Южном Урале он встречается на всех высоких горных хребтах, превышающих уровень границы леса. Внесен в Красные книги Свердловской области (III категория) (2008), Республики Коми (II категория) (2009), Ханты-Мансийского автономного округа (III категория) (2003), Ямало-Ненецкого автономного округа (III категория) (2010), Тюменской области (III категория) (2004), Среднего Урала (III категория) (1996). Вид признан редким для Урала и рекомендован к охране на Южном Урале [Горчаковский, Шурова, 1982; Кучеров и др., 1987].

Целью исследования было выявление особенностей онтогенетической и демографической структуры популяций *A. biarmense*, произрастающих в труднодоступной горной местности Южного Урала.

Материал и методы исследований. Объект исследования — *A. biarmense* — компактнокорневищное многолетнее растение из семейства Ranunculaceae. Психрофит высокогорно-луговой. В горно-лесном поясе произрастает в горных сосновых, лиственничных и березовых лесах, на остепненных склонах, по берегам горных рек. Исследования популяций вида проводились нами ранее в Южно-Уральском заповеднике [Юсупова и др., 2016; 2017].

В 2018 г. в горно-лесной провинции Южного Урала [Физико-географическое..., 1964], Уфимско-Бельской подпровинции, Таганайско-Ямантауском округе (Таганай, Б. Нургуш, Белятур, Нараташ, Юша) были изучены 11 ценопопуляций (ЦП) вида. При определении возрастного состава ЦП согласно стандартным критериям [Уранов, Смирнова, 1969; Глотов, 1998; Животовский, 2001] учитывались следующие возрастные состояния: проростки (р), ювенильные (j), имматурные (im), виргинильные (v), молодые генеративные (g₁), средние генеративные (g₂), старые генеративные (g₃), субсенильные (ss). На основании полученных данных построены возрастные спектры ЦП.

Расположение исследованных ценопопуляций *A. biarmense*:

ЦП 1 (Черная скала) расположена в одноименном урочище хребта Назминский на отметке 846 м над ур. моря в Челябинской области.

ЦП 2 (Круглица) занимает северо-восточный склон платообразной вершины хр. Таганай, на высоте 1101 м над ур. моря в Челябинской области.

ЦП 3 (Гремучий ключ) произрастает в пихтово-березовом лесу с рябиновым подлеском, расположенном у подножья северной вершины (Бараньи лбы) Двуглавой сопки основного хребта Таганай. Имеет отметку 830 м над ур. моря.

ЦП 4 (Большой Нургуш) расположена в горно-тундровом поясе хр. Нургуш, на выровненной платообразной вершине с отметкой 1 403 м над ур. моря.

ЦП 5 (Магнитка) произрастает в березово-сосновом лесу, вдоль дороги, ведущей к населенному пункту «Магнитка». Популяция имеет отметку 619 м над ур. моря.

ЦП 6 (Еракташские поляны) расположена на хребте Юша, у подножья облесенных скал, на высоте 1 020 м над ур. моря.

ЦП 7 (Юша). Ценопопуляция расположена в седловине хр. Юша, разделяющей вершины Каинтубе и Торнаташ на высоте 777 м над ур. моря.

ЦП 8 (Дунан-сунган) находится в верхней части одноименной вершины хр. Юша, в разнотравном луговом сообществе с участием степных видов на высоте 943 м над ур. моря.

ЦП 9 (Арвяк-рязь) произрастает у подножья одноименной вершины на высоте 1 043 м над ур. моря среди каменных россыпей, покрытых петрофитно-степной растительностью.

ЦП 10 (Белятур) занимает верхнюю часть остепненного склона южной экспозиции одноименного хребта на отметке 967 м над ур. моря.

ЦП 11 (Нараташ) расположена на вершине одноименного хребта, среди скальных осыпей на месте елово-березового криволесья, на высоте 1 162 м над ур. моря.

Результаты и их обсуждение. В онтогенезе ветреника выделяют 4 возрастных периода (латентный, прегенеративный, генеративный, постгенеративный) и 8 возрастных состояний. Сенильные растения не выявлены.

Латентный период представлен семенами. Плод ветреника — апокарпный многоорешек — состоит из односемянных невоскрывающихся плодиков — орешков. Орешки голые, заметно приплюснутые с боков, имеющие крыловидные выступы перикарпа. Семена нуждаются в стратификации, при хранении в тепле быстро теряют всхожесть

К прегенеративному периоду относятся проростки, ювенильные, имматурные и виргинильные особи.

Проростки и всходы (р). В начале или середине лета на тонком стебельке различимы две семядоли, которые подсыхают к концу лета. Прорастание семян надземное. Семядоли голые, зеленые, продолговатые, 0,8–1 см длиной и 0,3–0,4 см шириной, постепенно переходящие в черешки, сросшиеся основаниями. Отчетливо выделяется гипокотиль, семядольный узел, корневая шейка, стержневой корешок с 1–2 порядками ветвления. Растение в течение всего первого сезона находится на стадии проростка. Часто у растений в первый год жизни развивается только корень, а семядоли появляются на поверхность на следующий год.

На второй год после прорастания всходы длиной от 5 до 10 см, учитывая корешок, развивают листочек трехлопастной формы, опушенный по краю листа. Стержневой корень длиной от 1,5 до 5 см имеет до трех порядков ветвления и сохраняется у растений до 3 лет, замещаясь постепенно системой придаточных корней.

Ювенильное растение (j) представлено одним настоящим длинночерешковым листом длиной от 10 до 23 см, представленным округло-почковидной в очертании пластинкой 2–5 см длиной и шириной, сверху почти голой, снизу покрытой рассеянными короткими волосками, рассеченной на три широко-ромбических 2–3-раздельных сегмента, расположенных на хорошо развитых черешочках от 1,2 до 2 см длиной. Стержневой корень заметно утолщается, удлиняется с появлением боковых корней 2 и 3 порядка.

Имматурное (im) растение характеризуется двумя настоящими листьями, выходящими из формирующейся прикорневой розетки. Индикаторным признаком служит начало ветвления.

Виргинильное (v) растение имеет признаки взрослой особи, но отсутствуют репродуктивные побеги. В розетке формируется от 3 до 10 листьев, поскольку емкость верхушечной почки не превышает 10 листовых зачатков. Корневая система в основном состоит из придаточных корней, однако главный корень еще не отмирает.

Молодое генеративное растение (g_1) формирует взрослую структуру и впервые образует генеративный орган. Развивается по одному цветоносу. Высота побега в среднем составляет 25,3 см в горно-тундровом и 44,2 см в горно-лесном поясах. Число цветков в соцветии — 4–6 шт. Ризом имеет компактную структуру, нарастание побега эумоноподиальное. Корневая система состоит из придаточных и боковых корней, связанных между собой через корневище, которое углубляется в почву на 10–20 см.

Средневозрастное генеративное растение (g_2) кроме осевого, развивает многочисленные цветоносы из пазух прикорневых листьев. Ежегодно весной в рост трогается верхушечная почка с емкостью из 14–16 листовых зачатков и от 1 до 5 цветоносных зачатков. Помимо верхушечной, формируется от 1 до 5 боковых почек с зачаточными листьями, однако они отмирают осенью вместе с листьями, остается лишь верхушечная почка. Этим определяется ежегодное моноподиальное нарастание многолетнего побега. Число листьев в розетке в среднем составляет 8,48 шт. в горно-лесном поясе и 5,43 шт. в горно-тундровом поясе. Длина и ширина листового сегмента 4,95 и 5,53 см в гольцовом, 7,91 и 8,93 см в лесном поясах. Корневая система придаточная, с порядком ветвления 1–4.

Старое генеративное растение (g_3) имеет по 1 редко 2 цветоноса. Постепенно измельчаются листья. Процесс отмирания оказывает влияние на процесс возобновления. Отмечено частичное одревеснение корневой системы, которое ведет к утрате способности к моноподиальному нарастанию. Наблюдается неполная партикуляция, растение частично находится в стадии перехода на синорганизменный уровень.

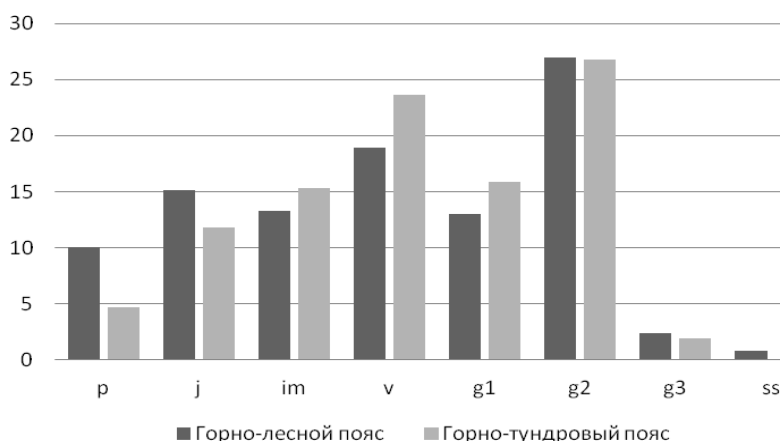
Субсенильное растение (ss) представляет собой синорганισμό в состоянии клона. Происходит утрата физиологической зрелости. Некротическая партикуляция усиливается, придаточные корни, образуясь на живых частях корневища, способствуют разрушению связей между партикулами, однако полной партикуляции нет. Растение теряет способность цвести и плодоносить, сокращается число листьев в прикорневой розетке. Особи данной группы немногочисленны, что свидетельствует о непродолжительном периоде их существования.

Проведенные исследования показали (табл.), что общая плотность в ЦП *A. biarmiense* варьирует от 4 до 15 экз./м², эффективная плотность — 1,71–5,22 экз./м², значения максимальной плотности меняются от 11 до 42 экз./м². Ценопопуляция «Гремучий ключ» является самой плотной среди изученных нами популяций, вследствие высокой доли особей прегенеративной фракции на данном участке.

**Распределение особей по онтогенетическим группам и демографические показатели
в природных ценопопуляциях *Anemonastrum biarmense***

№ ЦП	Плотность, экз./м ²	Эффективная плотность, экз./м ²	Максимальная плотность, экз./м ²	Онтогенетическое состояние, %								Демографические показатели				
				p	j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃	ss	Δ	ω	Тип ЦП	Iв	Iст
1	6,78	4,27	22	6,84	4,73	14,25	17,36	17,36	36,84	1,57	1,05	0,28	0,63	Зреющая	0,65	0,01
2	7,68	5,22	23	3,64	3,64	5,76	28,64	15,62	40,62	2,08	—	0,30	0,68	Зреющая	0,65	—
3	15,00	3,90	42	23,98	26,47	14,33	20,87	7,16	6,26	0,62	0,31	0,10	0,26	Молодая	4,40	—
4	8,37	4,93	15	4,52	5,76	11,52	28,8	22,63	25,13	1,64	—	0,24	0,59	Молодая	0,93	—
5	4,03	2,29	13	10,52	25,43	7,01	7,89	6,14	40,38	2,63	—	0,27	0,57	Молодая	0,78	—
6	7,32	4,17	14	7,65	11,47	8,19	24,07	8,74	32,24	6,55	1,09	0,28	0,57	Молодая	0,92	0,01
7	6,06	2,72	21	15,38	22,48	12,42	13,01	5,95	29,58	1,18	—	0,20	0,45	Молодая	1,31	—
8	7,08	3,96	20	4,61	13,33	12,34	24,61	9,74	32,82	1,53	1,02	0,24	0,56	Молодая	1,14	0,01
9	4,13	2,39	11	3,25	8,87	6,45	31,45	30,64	16,93	2,41	—	0,23	0,58	Молодая	0,94	—
10	5,93	2,72	16	8,47	8,47	31,07	11,86	18,64	18,07	2,30	1,12	0,20	0,46	Молодая	1,32	0,01
11	5,03	1,71	12	6,00	26,00	28,66	13,33	9,33	14,66	2,02	—	0,15	0,34	Молодая	2,61	—

Усредненный онтогенетический спектр *A. biarmense* в горно-лесном и горно-тундровом поясах (рис.) центрированный двухвершинный с абсолютным максимумом на средневозрастных генеративных особях (26,79 и 26,96 %). В спектрах представлены растения всех возрастных состояний, кроме сенильного. На долю вергинильных особей приходится 18,88 % в горно-лесном и 23,59 % в горно-тундровом поясах. По классификации А. А. Уранова и О. В. Смирновой [Уранов, Смирнова, 1969] изученные нами ЦП *A. biarmense* относятся к нормальным неполночленным.



Усредненный онтогенетический спектр *Anemonastrum biarmense*:
по оси абсцисс — онтогенетические состояния, по оси ординат — доля особей, в %

Возрастная структура конкретных ЦП *A. biarmense* имеет три типа спектра: левосторонний (ЦП 3, 10, 11), центрированный (ЦП 1, 2, 5–8) и бимодальный (ЦП 4, 9). В ценопопуляциях с левосторонним спектром выявлена высокая доля проростков, ювенильных и иматурных растений. В ЦП «Гремучий клоч» доля проростков составляет 23,98 %, ювенильных — 26,47 %. В ЦП «Нараташ» доля ювенильных и иматурных растений составляет 26 и 28,66 %. Для ЦП «Белятур» повышенную долю составляют иматурные растения — 31,07 %. В ценопопуляциях с центрированным спектром большую часть составляют среднегенеративные растения. Для ЦП «Черная скала» и «Круглица» характерно абсолютное превосходство числа среднегенеративных растений над остальной фракцией — 36,84 и 40,62 %. Подобное явление наблюдается исключительно в горно-тундровом поясе, в горно-лесном поясе доля генеративных растений ненамного уступает доле вергинильных растений. Для бимодальных спектров ЦП «Б. Нургуш» и «Арвяк-рязь» характерно повышенное число вергинильных и среднегенеративных растений (v — 28,81 %, g_1 — 22,63 %, g_2 — 25,1 %; v — 31,45 %, g_1 — 30,64 % соответственно).

Оценка возрастности Δ (дельта) и эффективности ω (омега) показала, что молодыми являются 9 ЦП *A. biarmense* ($\Delta = 0,10$ – $0,28$; $\omega = 0,26$ – $0,59$). ЦП 1 и 2 являются зреющими ($\Delta = 0,28$ – $0,30$; $\omega = 0,63$ – $0,68$).

Проведено также сравнение индексов восстановления и старения, отражающих динамические процессы ценопопуляций. Индекс восстановления колеблется от 0,65 до 4,40. Данный факт свидетельствует о хорошем пополнении молодыми особями и преобладании прегенеративной фракции. Индекс старения равен или близок к нулю, что свидетельствует об интенсивном отмирании особей в старом генеративном состоянии.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН.

Литература

- Готов Н. В. 1998. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. Ч. 1. С. 146–149. Горчаковский П. Л., Шурова Е. А. 1982. Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья. М.: Наука. 208 с. Животовский Л. А. 2001. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. № 1. С. 3–7. Красная книга Республики Коми. 2009. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН. 800 с. Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. 2008. Екатеринбург: Баско. 254 с. Красная книга Среднего Урала (Свердловская и Пермская области). Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. 1996. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 280 с. Красная книга Тюменской области: животные, растения, грибы. 2004. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 496 с. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа: животные, растения, грибы. 2003. Екатеринбург: Пакрус. 376 с. Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа: животные, растения, грибы. 2010. Екатеринбург: Баско. 308 с. Кучеров Е. В., Мулдашев А. А., Галеева А. Х. 1987. Охрана редких видов растений на Южном Урале. М.: Наука. 208 с. Уранов А. А., Смирнова О. В. 1969. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 79, вып. 1. С. 119–135. Физико-географическое районирование Башкирской АССР. 1964 / под ред. И. П. Кадильникова и др. Уфа: Башкирский гос. ун-т. 210 с. Юсупова О. В., Абрамова Л. М., Каримова О. А. 2016. Особенности организации популяций высокогорного эндема *Anemonastrum biarmense* (Jus.) Holub на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника // Известия Коми научного центра УрО РАН. № 2 (26). С. 19–27. Юсупова О. В., Абрамова Л. М., Юсупов И. Р. 2017. Особенности организации популяций высокогорного эндемичного вида *Anemonastrum biarmense* (Jus.) Holub S. L. на Южном Урале // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о земле. Т. 27, вып. 2. С. 171–179. Юсупова О. В., Абрамова Л. М. 2017. Биология *Anemonastrum biarmense* на Южном Урале // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. Барнаул: концепт. С. 166–168.

**ИНВАЗИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ВОДОЕМЫ
В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Г. А. Анциферова¹, Н. И. Русова²

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, g_antsiferova@mail.ru

² Военно-морской политехнический институт, Санкт-Петербург, Россия, nadezhda_minnikova@mail.ru

Проблема инвазий видов, чуждых для региона, изучалась в водоемах, расположенных в пределах лесостепной географической зоны. Статусу природных водоемов по эколого-биологическому качеству вод отвечают проточно-руслловые озера Рамза и Кипец государственного природного заповедника «Воронинский» (среднее течение р. Ворона, Тамбовская область). Как природно-антропогенный водоем рассматривается искусственный водный объект на примере Воронежского водохранилища (долина р. Воронеж, Воронежская область). Основная задача заключается в выявлении экологически опасных трансформаций качества вод в условиях глобальных климатических изменений, которые сопровождаются распространением «цветения» вод, обусловленного массовым развитием представителей цианобактерий.

На территории заповедника «Воронинский» в 2007–2014 годах проводились биоиндикационные исследования проточно-руслловых озер р. Ворона. Они представляют единую озерную экосистему, выступающую как местный базис эрозии. Это связано с локальными участками поднятия территории, приуроченными к зонам активизации тектонических движений [Шевырев и др., 2013].

Сообщества фитопланктона и микрофитобентоса озер заповедника изучались в условиях среднестатистических климатических параметров 2007–2009 годов, при аномально высоких летних температурах воздуха 2010–2012 годов и при возврате температур к среднестатистическим показателям в 2013–2014 годах. Полученные по водоемам среднего течения р. Ворона материалы показали, что таксономический состав сообществ диатомовых водорослей и цианобактерий отражает воздействие природных и антропогенных процессов, происходящих в пределах геосистемы водоем — водосборная территория. На примере перестройки сообществ цианобактерий выявлена их высокая миграционная способность. Показано, что при аномально высоких летних температурах воздуха и вод широкое развитие получают цианобактерии, характерные для теплых вод и горячих источников, которые являются чужеродными для водоемов региона. При возврате среды обитания к среднестатистическим климатическим параметрам практически все они исчезают.

Аномально высокие летние температуры воздуха 2010–2012 годов отразились на составе и структуре сообществ фитопланктона и микрофитобентоса. Анализ таксономического и экологического состава сообществ фитопланктона и микрофитобентоса показывает следующее. Среди цианобактерий распространены виды, характерные для загрязненных местообитаний, и способные вызывать «цветение» вод.

Повсеместно с оценками обилия «в массе» и «очень часто» в течение всех лет исследований наблюдаются *Phormidium foveolarum* (Mont.) Gom., *Spirulina jenneri* (Hass.) Kütz. В 2010–2014 годах их видовое разнообразие увеличилось. Например, в озерах Рамза и Кипец распространились также такие виды, как *Anabaena constricta* (Szaf.) Geitl., *Anabaena solitaria* Klebs, *Aphanothece clathrata* W. et G. S. West, *Ostillatoria lauterbornii* Schmidle, *Ostillatoria princeps*, *Ostillatoria putrida* Schmidle. С оценками обилия «часто» и «нередко» распространены *Microcystis aeruginosa* f. *pseudofilamentosa* (Crow) Elenk., *Microcystis ichtyoblabe* Kütz., *Aphanothece stagnina* (Spreng.) B.-Peters. et Geitl., *Ostillatoria agardhii* Gom., Vauch., *Ostillatoria simplicissima* Gom., *Ostillatoria splendida* Grev., *Ostillatoria tenuis* Ag., *Phormidium molle* (Kütz.) Gom., *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gom. и др. В оз. Кипец в заливах Мохов Угол и Кипец «в массе» развит вид *Ostillatoria coerulensis* Gickl. Все названные таксоны характерны для β -мезосапробных и полисапробных вод.

Диатомовые водоросли толерантны по отношению к условиям обитания. В водоемах повсеместно распространены таксоны, характерные для достаточно чистых вод, что собственно и соответствует классу и разряду качества поверхностных вод заповедника. С высокими оценками обилия «нередко» и «часто» наблюдаются таксоны β - α -мезосапробных вод, такие как *Fragilaria construens* var. *venter* (Ehr.) Grun., *Synedra parasitica* (W. Sm.) Hust., *Navicula cincta* (Ehr.) Kütz., *Navicula cuspidata* Kütz., *Navicula hungarica* var. *capitata* Cl., *Navicula lanceolata* (Ag.) Kütz., *Navicula lanceolata* var. *tenuirostris* Sky., *Navicula menisculus* Schum., *Navicula viridula* Kütz., *Anomooneis sphaerophora* (Kütz.) Pfitz., *Caloneis amphibaena* (Bory) Cl., *Gomphonema angustatum* var. *productum* Grun., *Nitzschia recta* Hantzsch., *Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *Nitzschia sublinearis* Hust., *Nitzschia triblionella* var. *debilis* (Arn.) A. Mayer и таксоны α - β -мезосапробных вод, такие как *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Gomphonema ventricosum* Greg., *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Sm., а также α -мезосапробы, такие как *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Navicula cryptocephala* var. *veneta* (Kütz.) Grun., *Navicula rhynchocephala* Kütz., *Nitzschia acicularis* W. Sm.,

Nitzschia angustata (W. Sm.) Grun., *Nitzschia apiculata* (Greg.) Grun., *Nitzschia hungarica* Grun., *Nitzschia triblionella* Hantzsch., *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun.

В целом воды озер Рамза и Кипец по эколого-биологическому качеству относятся к классу «Умеренно (слабо) загрязненные» то есть «Удовлетворительной чистоты» и «Чистые». Разряд их качества определяется от «Вполне чистые» и до «Слабо загрязненные». По степени кризисности процессов самоочищения озерные водоемы находятся в стадии обратимых изменений. Об этом свидетельствует приуроченность средней линии сапробности преимущественно к олигосапробной зоне. Это направление можно считать восстановлением экологического качества вод в процессе самоочищения водной среды. В условиях же возможного увеличения нагрузки, например, связанной с повышением уровня поступающих биогенных и органических загрязнений, может произойти ухудшение качества вод [Русова, 2013].

Бассейн Воронежского водохранилища, созданного в нижнем течении р. Воронеж, располагается в пределах крупного областного центра. Экологическое состояние водохранилища отражает природные и техногенные процессы, происходящие на водосборе, в том числе в пределах города и прилегающих к нему территорий.

Нами водохранилище периодически исследуется с 1988 года и по настоящее время [Анциферова, 2001; 2016]. В водохранилище выделяются два основных участка — Верхний (от верховьев водохранилища до Северного моста) и Нижний (от Северного моста до плотины). Следует отметить, что уже в 80-е годы наблюдалось интенсивное «цветение» вод цианобактериями. Анализ данных, полученных по цианобактериям и диатомовым водорослям индикаторам загрязнения, позволил выделить в акватории водохранилища зоны различной интенсивности загрязнения. Несмотря на смены сукцессий фитопланктона, площадная приуроченность этих зон постоянна. Они прослеживаются в течение всего вегетационного сезона, а в летнее время еще более подчеркиваются массовым развитием цианобактерий.

Экстремальные летние температуры воздуха 2010–2012 годов обострили кризисную экологическую ситуацию в водохранилище, особенно на левобережье в пределах экосистемы р. Тавровка — Масловский затон (выше дамбы), и создали предпосылки для массового развития цианобактерий, обусловили «цветение» вод в пределах акватории Нижнего участка водохранилища [Анциферова, 2013]. Это вызвало необходимость проведения в 2013–2014 годах биоиндикационных исследований фитопланктона и микрофитобентоса.

В реку Тавровка, впадающую в Масловский затон, с неконтролируемыми объемами хозяйственно-бытовых и канализационных стоков с территорий пос. Заречный и Масловка поступают значительные объемы органических и неорганических загрязнений, а также промышленные стоки, которые фиксировались из не установленных официально и несанкционированных источников техногенного загрязнения.

Температурный режим хорошо прогреваемого мелководного водоема явился чрезвычайно благоприятным для массового распространения представителей цианобактерий загрязненных местообитаний. Это *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aqua* (Wittr.) Elenk. et f. *pseudofilamentosa* (Grow.) Elenk. Впервые произошло внедрение и массовое развитие новых для региона таксонов. Это *Microcystis aeruginosa* f. *sphaerodictyoides* Elenk., *Microcystis aeruginosa* f. *scripta* (Richt.) Elenk. — отмеченные формы развиваются вначале в прикреплённом ко дну состоянии, а затем переходят в планктон. Наряду с этими таксонами также появляется и широко распространяется вид *Ostillatoria coerulea* Gickl., для которого характерно процветание в гниющем иле, особенно в условиях сероводородного загрязнения. Выделяемые им продукты метаболизма при разложении окрашивают воды в красновато-пурпурный цвет.

Осенью 2013 года названные представители цианобактерий наблюдались в виде мощных (десятки сантиметров толщиной) скоплений-дерновин, покрывающих илистый субстрат. Они имели сильный запах канализационной органики, сероводорода. Сложилась ситуация катастрофического уровня экологической опасности. По степени кризисности подобная экосистема находится в стадии необратимых изменений.

Среди цианобактерий, которые получили массовое развитие и в акватории Воронежского водохранилища, вызывая «цветение» вод, распространены таксоны, выделяющие цианотоксины. В пробах фитопланктона, отобранных в Масловском затоне в середине мая 2014 года, «в массе» развиты представители рода *Microcystis* (*Microcystis aeruginosa* и его формы, *Microcystis ichthyoblabe* Kütz., процветающие осенью 2013 года). Наряду с ними с оценками обилия «часто» — «очень часто» — «в массе» встречаются *Anabaena constricta* (Staf.) Geitl., *Anabaena variabilis* Kütz., *Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebm., *Lyngbya truncicola* Ghose, *Merismopedia trolleri* Bachm., *Ostillatoria irrigua* (Kütz.) Gom., *Ostillatoria putrida* Schmidle, *Ostillatoria princeps* Vauch., *Phormidium foveolarum* (Mont.) Gom. и многие другие. Они свидетельствуют как о загрязнении экосистемы «водная среда — донные отложения» на уровне «загрязненная», «грязная» и «очень грязная», так и о ее токсичных свойствах. Так, при повышении летних температурных показателей происходит увеличение в водоемах объемов отмершего вещества, что ухудшает качество вод за счет органического загрязнения.

Среди них наблюдаются виды, которые рассматриваются как признанные продуценты цианотоксинов. Их появление в природных водоемах заповедника в условиях глобальных климатических изменений подтверждает реальную опасность положительных температурных аномалий, поскольку чрезвычайно негативно влияют на качество поверхностных вод.

Во многих публикациях, начиная с середины прошлого века, указывается на токсичность цианобактерий. В составе таксонов, представляющих их сообщества, выделяются те, которые в процессе метаболизма, или после отмирания в конце сезона вегетации, выделяют цианотоксины, обладающие высокой токсичностью для животных и человека. Известно, что они могут вызывать у людей острые отравления с неврологическими симптомами, приводить к некрозам внутренних органов, например, печени и др. [Анциферова, 2016; Горюнова, Демина, 1974; Кондратьева, Коваленко, 1975; Davis T. W. et al., 2009].

Для Воронежского водохранилища характерно хроническое отравление цианотоксинами в течение многих лет, начиная с 80-х годов прошлого века.

В настоящее время в акватории Воронежского водохранилища сложилась неблагоприятная экологическая ситуация, обусловленная «цветением» вод в связи с массовым развитием представителей цианобактерий, которые являются признанными в мире источниками цианотоксинов. Острота экологической проблемы подчеркивается гидравлической связью водохранилища с неоген-четвертичным водосносным комплексом, используемым для водоснабжения населения крупного областного центра. Данная проблема требует разностороннего комплексного исследования для выработки водозащитных мероприятий, возможно, с использованием альгобиотехнологии [Анциферова и др., 2018].

Изучение проблемы инвазий видов, чуждых для региона, подтверждает, что водные экосистемы являются открытыми для вещества, энергии и информации. Они способны чутко реагировать на изменения потоков вещества, энергии и информации.

Литература

- Анциферова Г. А., Кульнев В. В., Шевырев С. Л. и др. 2018. Искусственные водные объекты бассейна реки Воронеж и альгобиотехнология в управлении качеством вод // Экология и промышленность России. Т. 22, № 8. С. 50–54. Анциферова Г. А. 2016. Трансформация качества вод искусственных водоемов в условиях глобального потепления климата (на примере Воронежского водохранилища) // Российско-китайский научный журнал «Содружество». Ежемесячный научный журнал. № 4 (4). С. 133–138. Анциферова Г. А. 2001. Эволюция диатомовой флоры и межледникового озерного осадконакопления центра Восточно-Европейской равнины в неоплейстоцене // Тр. НИИ геологии ВГУ. Воронеж. Вып. 2. 198 с. Анциферова Г. А. 2013. Экологическая ситуация в Масловском затоне летом 2013 года — фрагмент сценария неблагоприятного развития ЭГС Воронежского водохранилища // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. Воронеж: Цифровая полиграфия. С. 78–79. Горюнова С. В., Демина Н. С. 1974. Водоросли — продуценты токсических веществ. М.: Наука. 256 с. Кондратьева Н. В., Коваленко О. В. 1975. Краткий определитель видов токсических синезеленых водорослей. Киев: Наука Думка. 78 с. Русова Н. И. 2013. Эколого-биологическое качество вод озер Рамза и Симерка в долине реки Вороны (Государственный природный заповедник «Воронинский») // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. № 1. С. 87–93. Шевырев С. Л., Анциферова Г. А., Русова Н. И. и др. 2013. Анализ космических снимков как метод контроля природных и антропогенных процессов на примере среднего течения Вороны (Тамбовская область) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. № 1. С. 35–39. Davis T. W., Berry D. L., Boyer G. L., Gobler C. J. 2009. The effects of temperature and nutrients on the growth and dynamics of toxic and non-toxic strains of *Microcystis* during cyanobacteria blooms // Harmful Algae. Vol. 8. P. 715–725.

ИНТРОДУКЦИИ АМФИПОД В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Н. А. Березина

Зоологический институт Российской академии наук (ЗИН РАН), Санкт-Петербург, Россия
na-berezina@rambler.ru

Водные экосистемы севера и северо-запада России с естественно низким биоразнообразием, или вторично низким из-за антропогенного воздействия, особенно уязвимы для инвазий новых видов. В таких экосистемах виды-вселенцы занимают вакантные ниши, зачастую увеличивая количество звеньев бенто-пелагической пищевой сети и влияя на функции экосистемы в целом. В прошлом веке количество инвазий новых видов высших ракообразных и скорость их расселения в Балтийском регионе существенно возросли благодаря человеческой деятельности, в первую очередь, развитию судоходства. Строительство каналов между реками на территории Европейского континента привело к формированию трансконтинентального водного пути — Северного инвазионного коридора, соединившего водоемы бассейнов Белого, Балтийского, Черного, Азовского и Каспийского морей. Многие ракообразные были привезены с балластными водами судови прижились в новых условиях, что оказалось возможным благодаря высокой толерантности этих животных к солености воды и региональному климату [Berezina, Panov, 2003; Березина, Петряшев, 2012]. В дополнение, появление ракообразных за пределы естественного ареала во многих случаях было результатом преднамеренной интродукции. Самые грандиозные работы по преднамеренной интродукции амфипод, мизид и декапод, относящихся к разным фаунистическим комплексам, проводили в 1950–1970-х годах в бывшем СССР. Например, во внутренние водоемы Советского Союза в этот период было интродуцировано более 30 видов амфипод из Понто-Каспийского региона, три вида из Байкальской области и два реликтовых вида из Карельских ледниковых озер.

Цель настоящего исследования — анализ современного ареала видов-вселенцев отряда Amphipoda класса Malacostraca в континентальных водоемах Северо-запада России. Область рассмотрения включает крупные озера: Ладожское, Онежское, Псковско-Чудское, Ильмень, Белое, водохранилища, малые озера

и реки бассейна Верхней Волги, реки, впадающие в Балтийское море и их приустьевые участки. Особое внимание уделено эстуарию р. Невы, крупнейшему эстуарию Балтийского моря. По характеристикам вселенцы близки к видам-оппортунистам, или г-стратегам, значительно увеличивают свою численность за короткий период времени и могут становиться доминирующими видами в водоеме-реципиенте. Они характеризуются коротким жизненным циклом и временем для производства одной генерации; высокой относительной плодовитостью, быстрым ростом и ранним созреванием, преобладанием самок в период размножения, высокой генетической вариабельностью, широкими пищевыми спектрами, эврибионтностью, а также высокой устойчивостью к загрязнителям и способностью заселять безжизненные после загрязнения и других неблагоприятных воздействий пространства.

В континентальных водах северной и северо-западной части России к настоящему времени зарегистрировано 44 вида разноногих ракообразных (отр. Amphipoda), из них 17 видов относятся к видам-вселенцам. Байкальские амфиподы *Gmelinoides fasciatus* и *Micruropus possolskii* появились в бассейне Балтийского моря в 1960–1970-х годах в результате преднамеренной интродукции в озера Карельского перешейка, оз. Ильмень, оз. Псковско-Чудское и Горьковское водохранилище с целью улучшения кормовой базы рыб. До начала 1960-х годов ареал этого вида был ограничен бассейнами сибирских рек. Спустя несколько десятилетий после преднамеренных интродукций вид *G. fasciatus* особенно широко расселился в водоемах региона, а *M. possolskii* обитает в Ладожском озере.

Наибольшее количество амфипод-вселенцев относится к видам Понто-Каспийского фаунистического комплекса, с областью анцестрального ареала в прибрежных опресненных участках трех южных морей: Черного, Азовского и Каспийского и эстуариях южных рек (Волга, Дон, Буг, Днепр, Днестр, Дунай и др.). *Chelicorophium curvispinum* является одним из самых быстро распространяющихся в последнее десятилетие видов. Он был впервые описан из Северного Каспия. Основным способом заноса *C. curvispinum* в бассейн Балтийского моря из южных широт считается саморасселение по канално-речной сети и перевозка с судами (с балластом и в прикрепленных метаценозах). В 2005 г. *C. curvispinum* был обнаружен в восточной части Эстонского побережья Балтийского моря и, вскоре, в августе 2006, был отмечен и в Российской акватории Финского залива (Лужской губе) и в устье р. Луги и обнаружен в Волховской губе в районе г. Новая Ладога с 2009 г. *Pontogammarus robustoides* были впервые отмечен в 1999 г. — в Невской губе Финского залива и в Нарвском заливе Балтийского моря. Кроме этого, из Финского залива *P. robustoides* проник в Ладожское озеро. История *P. robustoides* в бассейне Балтийского моря началась с 1960-х годов, когда этот вид был преднамеренно интродуцирован из бассейна Черного моря в Каунасское водохранилище (на р. Неман); и затем после успешной акклиматизации вселен в различные внутренние водоемы Литвы, Латвии и Северо-запада России, Ленинградской обл. В настоящее время *P. robustoides* — обычный и массовый компонент донных зооценозов также в Вислинском и Куршском заливах, и, как правило, сосуществует с другим аллохтонным видом понто-каспийским вселенцем *Obesogammarus crassus*. *Dikerogammarus haemobaphes* и *Obesogammarus obesus*, встречаются в водоемах бассейна Верхней Волги в верхнем течении р. Москвы, продолжая активное расселение вдоль Северного инвазионного коридора. *Chaetogammarus warpachowskyi* встречается в восточной части Финского залива, в Куршском заливе и внутренних водоемах Литвы. Другой вид из этого рода — *Chaetogammarus ischnus* натурализовался в бассейне Балтийского моря уже в начале 20-го столетия.

Вселенец из Атлантического побережья северной Америки *Gammarus tigrinus* был впервые отмечен в Балтийском море в 1975 г. В 1990-х он широко расселился в водах южной и восточной Балтики. В эстуарий р. Невы, где *G. tigrinus* отмечен впервые в 2005 г., он скорее всего привезен с балластными водами судов из других районов Балтийского моря.

Талитрида *Cryptorchestia cavimana* (синоним *Orchestiaca vimana*) была найдена впервые в северо-восточной части Балтийского моря 1999 у побережья острова Сааремаа (Эстония), вскоре стала одним из обычных представителей в Щецинской лагуне, устье р. Одры, в Вислинском заливе и прилегающих акваториях. Этот вид появился в северо-восточной части Балтики, по-видимому, с плавающими матами макрофитов, которые стали распространенным следствием эвтрофирования в Балтийском море [Berezina et al., 2007].

Одновременно с процессом расселения перечисленных видов высших ракообразных и возрастания их значения в экосистемах внутренних водоемов Северо-запада России, наблюдалось снижение численности или даже исчезновение аборигенных видов ракообразных. Так, до 1960-х амфиподы *Gammarus pulex*, *Gammarus lacustris*, *Monoporeia affinis* и *Pallasiopsisqua drispinosa* были обычны и многочисленны в эстуарии р. Невы и озерах бассейна Балтийского моря, а к настоящему времени заметно сузили свои ареалы. Одной из причин сужения ареалов аборигенных видов ракообразных считается конкуренция (в первую очередь за пищевые ресурсы), хищничество со стороны видов-вселенцев и, также, принос вселенцами новых видов паразитов, патогенных для местной фауны. В отдельных случаях исчезновение тех или иных видов местных амфипод не связано с конкурентным замещением их вселенцем.

Межвидовые трофические взаимодействия имеют большое значение при совместном сосуществовании ракообразных, особенно в случае вселившихся и аборигенных видов, и механизмы таких взаимодействий широко обсуждаются в литературе [Березина, 2009]. В ряде случаев наблюдается прямое воздействие

видов-вселенцев (в т. ч. хищничество, агрессивное поведение) на местные виды. На примере межвидовых взаимодействий *Gammarus duebeni* и *G. pulex* было показано, что хищничество является основной причиной вытеснения первого вида вторым, а также и в меньшей мере конкуренцией между ними за пищевые ресурсы [Dick, Platvoed, 1996; цит. по: Березина, Максимов, 2016].

Амфиподы относятся к всеядным организмам. Пищевые предпочтения у всех видов разные и к тому же зависят от источников пищи в экосистеме. Многие виды способны хищничать. *Pontogammarus robustoides* переходит к хищничеству уже в молодом возрасте (при длине тела 6–7 мм), нападая на личинок хирономид и олигохет, часто превышающих хищников по размерам [Berezina, Panov, 2003]. Менее агрессивным хищником можно назвать байкальских амфипод *G. fasciatus*, которым в целом свойственна низкая пищевая избирательность. Несмотря на то, что крупные особи (7–13 мм) часто потребляют мелких ракообразных, коловраток, олигохет, личинок насекомых, водяных осликов, основу питания этого вида составляют детрит и растительные организмы [Berezina, 2007].

Отчетливые онтогенетические различия в спектрах питания и пропорциях животных и растительных компонентов в пищевом комке были отмечены у разных видов амфипод [Berezina, 2007; Березина, Максимов, 2016]. При микроскопическом анализе кишечника *P. robustoides* из эстуария р. Невы выявлено, что доля пищи животного происхождения (инфузории, коловратки, мелких насекомых, олигохет, ракообразных) в их рационе увеличивается с увеличением размера тела консумента. Так, молодые особи (5–7 мм) этих амфипод питаются в основном детритом (70–80 % по массе от содержимого кишечника). Нитчатые водоросли, макрофиты, а также ассоциированные с ними мелкие беспозвоночные составляли основу питания у особей размером 8–12 мм. Крупные рачки (более 13 мм длиной) — преимущественно хищники, питающиеся мелкими планктонными рачками, олигохетами, изоподами, личинками хирономид, поденок и других насекомых. Сезонная изменчивость состава пищи этих и других амфипод определяется наличием и количеством тех или иных пищевых компонентов в местах обитания.

Выедание некоторых групп зоопланктона и зообентоса ракообразными-вселенцами в некоторых озерах привело к структурным изменениям этих сообществ. Так, в оз. Ладожском байкальский *G. fasciatus* за 10 лет с момента первого обнаружения (в 1988 г.) заселил большинство местообитаний литорали оз. Ладожского. Этому способствовали высокая скорость размножения рачков и неограниченные запасы пищевых ресурсов для них в литорали озера, где первичная продукция макрофитов составляла 600–800 гСм⁻² год⁻¹ [Berezina et al., 2009]. Спустя 15 лет после его успешной акклиматизации средняя численность и биомасса зообентоса в тростниковых зарослях снизились с 24 100 экз./м² и 33,5 г/м² в самом начале интродукции *G. fasciatus* до 6 200–7 800 экз./м² и 16,5 г/м², соответственно. Биомасса байкальского вселенца в южной эвтрофной части озера, отмеченная в 2005 г., была очень высока (до 162 г/м²); а доля его в прибрежном зообентосе составляла по биомассе более 70 % [Berezina et al., 2009]. Хотя средняя биомасса «аборигенного» бентоса сократилась более чем в 2 раза, общая биомасса возросла за счет вселенца с 34 до 71 г/м².

В большинстве своем преднамеренные интродукции высших ракообразных (амфипод, мизид и декапод) в континентальных водоемах, как уже говорилось выше, проводили с целью обогащения кормовой базы рыб, однако до сих пор не ясно как повлияли эти мероприятия на кормовую базу рыб водоемов. Амфиподами-вселенцами *P. robustoides*, *D. villosus*, *G. fasciatus* охотно питаются многие рыбы — окунь, плотва, лещ, язь, елец, сиг, налим, ерш [Berezina, Strelnikova, 2010]. Анализ литературных данных [Berezina, Strelnikova, 2010] свидетельствует о том, что байкальский вселенец *G. fasciatus* стал очень важным пищевым объектом частиковых рыб и молоди многих ценных видов рыб во всех реципиентных экосистемах. Так, в Ладожском озере *G. fasciatus* стал излюбленным пищевым объектом налимов (в возрасте 0+...1+), окуня (1+...3+) и ерша. В Рыбинском водохранилище этот рачок тоже составляет основу (90 % по массе в пищевом комке) в питании сеголетков (0+, 70 мм) налима. Причем, до вселения *G. fasciatus* налим питался этого возраста питался другими беспозвоночными (изоподами, водными насекомыми) и частично зоопланктоном.

В заключении отметим, что, не смотря на замещение чужеродными ракообразными некоторых местных видов при вселении в водоемы, интродукции ракообразных на Северо-западе России имели позитивные последствия как пополнение запаса пищевых ресурсов для рыб и, в конечном итоге, увеличение продуктивности водных экосистем.

Литература

- Березина Н. А. 2009. Межвидовые взаимодействия амфипод *Gammarus lacustris* и *Gmelinoides fasciatus* // Экология. № 2. С. 91–95. Березина Н. А., Максимов А. А. 2016. Количественные характеристики и пищевые предпочтения бокоплавов (Crustacea: Amphipoda) в восточной части Финского залива Балтийского моря // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. Т. 9, № 4. С. 409–426. Berezina N. A. 2007. Food spectra and consumption rates of four amphipod species from the North-West of Russia // Fundamental and Applied Limnology. Vol. 168, № 4. P. 317–326. Berezina N. A., Panov V. E. 2003. Establishment of new gammarid species in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) and their effects on littoral communities // Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. Vol. 52, № 3. P. 284–304. Berezina N. A., Strelnikova A. P. 2010. The role of the introduced amphipod *Gmelinoides fasciatus* and native amphipods as fish food in two large-scale north-western Russian inland water bodies: Lake Ladoga and Rybinsk Reservoir // J. Applied Ichthyology. Т. 26, № 2. С. 89–95. Berezina N. A., Tsiplenkina I. G., Pankova E. S., Gubelit J. I. 2007. Dynamics of invertebrate communities in stony littoral of the Neva Estuary (Baltic Sea) under macroalgal blooms // Transitional Water Bulletin. № 1. С. 65–76. Berezina N. A., Zhakova L. V., Zaporozhets N. V., Panov V. E. 2009. Key role of the amphipod *Gmelinoides fasciatus* in reed beds of Lake Ladoga. Boreal Environmental Research. Vol. 14, № 3. P. 404–414.

ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИНВАЗИВНОЙ ПОПУЛЯЦИИ УКЛЕЙКИ *ALBURNUS ALBURNUS* (LINNAEUS, 1758) ИЗ БАССЕЙНА Р. ПЕЧОРА

Э. И. Бознак¹, Р. Р. Рафиков²

¹ Сыктывкарский государственный университет, Сыктывкар, Россия, *boznak06@rambler.ru*

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

В настоящее время в большинстве крупных речных систем наблюдается изменение видового состава и структуры рыбного населения, происходящее в результате появления в их составе новых чужеродных видов рыб. Обычно проникновение инвазивных видов в новые водоемы является как следствием их саморасселения по гидротехническим сооружениям, соединяющим разные водные системы, так и результатом случайной или целенаправленной интродукции [Кудерский, 2005]. Так в течении нескольких последних десятилетий видовой состав рыб, обитающих в одном из крупнейших бассейнов рек Европейского северо-востока России — реке Печора, пополнился 6 новыми видами [Захаров, Бознак, 2011].

Одним из таких видов является уклейка *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758), обнаруженная в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС [Бознак, Рафиков, 2009]. Возможно, что ее появление явилось следствием деятельности садкового рыбоводного хозяйства, организованного здесь в конце 1986 г.

Попав в такой техногенный водоем, новый вид рыб оказывается в условиях, когда его численность не контролируется со стороны аборигенного сообщества, а условия обитания могут значительно отличаться от естественных. Кроме того, популяция вида-вселенца формируется на основе ограниченного набора генотипов небольшого числа особей, образовавших стартовую группу. В таких условиях можно ожидать увеличения разнообразия реализованных фенотипов, некоторые из которых в другой ситуации были бы элиминированы.

В данном сообщении нами проанализированы результаты анализа внутривидовой изменчивости уклейки, отловленной из разных участков водоема-охладителя Печорской ГРЭС (бассейн р. Печора — приобретенный ареал), среднего течения р. Вычегда и ее притока второго порядка — р. Большая Визинга (бассейн р. Северная Двина — естественный ареал).

Величины и диапазон изменчивости меристических признаков уклейки из исследованных водоемов соответствуют ее видовым стандартам [Берг, 1949; Атлас..., 2003]. Какой-либо четкой географической закономерности в изменении меристических признаков не обнаружено. Уклейка из водоема-охладителя Печорской ГРЭС, по сравнению с рыбами из бассейна р. Вычегда (естественный ареал), характеризуется, большим количеством жаберных тычинок, меньшим числом чешуй в боковой линии и лучей в грудных плавниках. При этом число позвонков у особей, из части водоема, удаленной от сброса теплых вод близко к таковому у рыб из р. Вычегда, а в тепловодной части охладителя наблюдается некоторое уменьшение количества позвонков.

Разные меристические признаки характеризуются неодинаковой вариабельностью. Так, число неветвистых лучей в спинном, анальном и брюшном плавниках характеризуются минимальным уровнем изменчивости (количество вариантов (m) — 1, реже — 2), а такие признаки как число жаберных тычинок и количество чешуй в боковой линии представлены, соответственно, 3–7 и 5–9 вариантами. По-видимому, процесс формирования разных морфологических структур обладает неодинаковой устойчивостью по отношению к смещающим воздействиям. Тем не менее, в инвазивной популяции уклейки, сформировавшейся в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС, наблюдается заметное повышение уровня внутривидового морфологического разнообразия « μ » [Животовский, 1991] по таким признакам как число позвонков, чешуй в боковой линии и жаберных тычинок (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели изменчивости меристических признаков уклейки из бассейнов р. Печора (приобретенный ареал) и р. Вычегда (естественный ареал)

Признак	Водоем-охладитель Печорской ГРЭС n = 58			р. Вычегда, русло среднего течения n = 30			р. Б. Визинга, бассейн р. Вычегда n = 34		
	lim	m	μ	lim	m	μ	lim	m	μ
Днв	3–3	1	1,00	2–3	2	1,50 ± 0,16	3–3	1	1,00
Д в	7–9	3	2,07 ± 0,18	8–9	2	1,50 ± 0,16	8–9	2	1,64 ± 0,13
А нв	3–3	1	1,00	3–3	1	1,00	3–3	1	1,00
А в	16–21	6	4,05 ± 0,37	17–20	4	3,87 ± 0,13	16–20	5	4,65 ± 0,22
Р	13–16	4	3,61 ± 0,15	14–17	4	3,29 ± 0,28	13–15	3	2,37 ± 0,24
V нв	2–2	1	1,00	2–2	1	1,00	2–2	1	1,00
V в	6–9	4	2,67 ± 0,25	7–8	2	1,60 ± 0,15	8–8	1	1,00
LL	45–52	9	7,67 ± 0,42	48–53	5	5,54 ± 0,29	47–53	7	6,40 ± 0,36
Sp. br.	18–25	7	6,70 ± 0,18	18–20	3	2,82 ± 0,13	17–20	4	3,41 ± 0,24
Vert	39–43	5	3,75 ± 0,28	42–43	2	2,00 ± 0,01	41–44	4	3,28 ± 0,26

Средний уровень морфологического полиморфизма ($\mu = 3,35 \pm 0,07$) оказался здесь на 30–35 % выше, чем в выборках, собранных в пределах нативного ареала — в среднем течении р. Вычегда ($\mu = 2,41 \pm 0,06$) и р. Б. Визинга ($\mu = 2,57 \pm 0,06$).

Отображение полученных данных в плоскости главных компонент также демонстрирует более высокое фенотипическое разнообразие инвазивной популяции. Действительно, поле точек, соответствующее особям, отловленным из водоема-охладителя ПГРЭС, занимает значительно большую площадь, по сравнению с выборками, собранными в пределах вычегодского бассейна (рис. 1). Все это напоминает явление дестабилизации морфологических признаков, происходящее на ранних этапах адаптации организмов к новым условиям обитания и формировании новой популяционной адаптивной нормы [Раутиан, 1988].

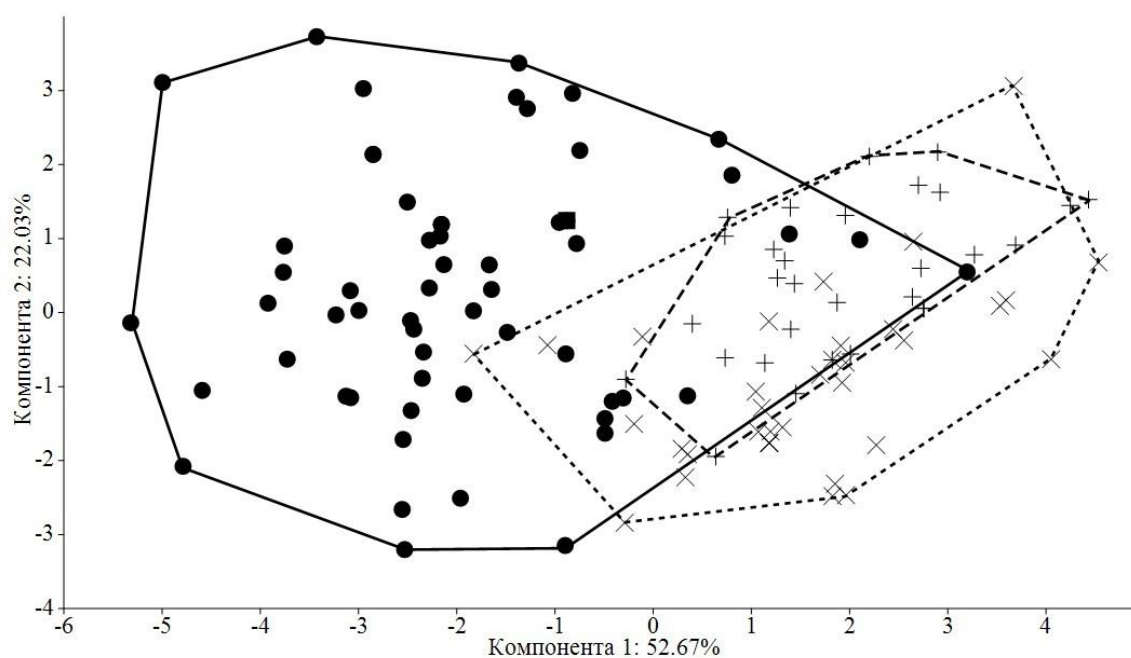


Рис. 1. Распределение особей уклейки в пространстве главных компонент по совокупности девяти меристических признаков.
Условные обозначения: ● — водоем-охладитель Печорской ГРЭС; + — р. Вычегда; × — р. Б. Визинга

Заметные изменения наблюдаются и при анализе роста рыб, составляющих инвазивную популяцию. В целом уклейка в охладителе Печорской ГРЭС растет существенно быстрее по сравнению с одновозрастными рыбами из рек Вычегда и Б. Визинга (нативный ареал). К концу первого года жизни это опережение составляет 30–36 %, к концу третьего года — 15–24 %.

Кроме того, меняется и степень изменчивости длины тела. Так, в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС дисперсия длин тела четырехлетних особей (возраст 3+) оказалась в 3,8–6,0 раза выше, чем в выборках уклейки, отобранных в пределах нативного ареала (табл. 2).

Таблица 2

Длина тела (AD) уклейки (возраст 3+) из бассейнов рек Печора (приобретенный ареал) и Вычегда (нативный ареал)

	Водоем-охладитель Печорской ГРЭС	Бассейн р. Вычегда	
		р. Вычегда	р. Б. Визинга
		n = 85	n = 34
AD, mm	109,4	100,4	96,2
Var	288,6	75,5	47,5

При этом степень изменчивости длины тела рыбы из инвазивной популяции (по данным обратных расчетов) с возрастом заметно увеличивается, тогда как в выборках из вычегодского бассейна этот показатель изменяется без четкой закономерности (рис. 2).

Примечательно, что повышение уровня изменчивости роста рыб в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС происходит за счет увеличения доли особей, значительно опережающих по темпу роста рыб из нативных популяций. В то же время здесь сохраняется и заметное количество рыб, рост которых, по сравнению с уклейкой из вычегодского бассейна, практически не меняется.

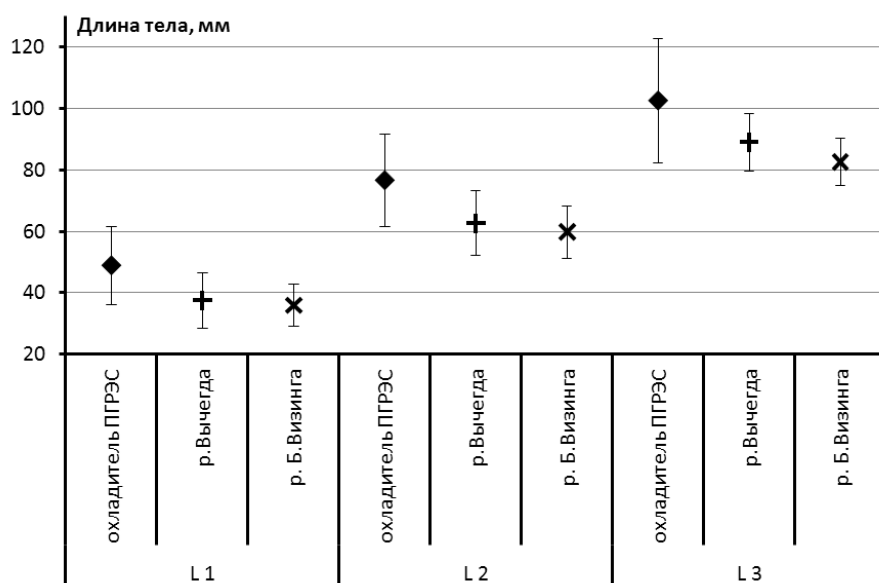


Рис. 2. Линейный рост уклейки в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС (приобретенный ареал) и в р. Вычегда и р. Визинга (естественный ареал) по данным обратных расчетов

Описанное выше повышение уровня разнообразия может быть связано со специфическим температурным и гидрохимическим режимом водоема-охладителя. Действительно ускорение роста может являться следствием повышения температуры воды и, следовательно, более длительным периодом нагула рыбы. Так у еще одного вида карповых, обитающего в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС, — верховки (*Leucaspis delineatus*) линейный рост также ускоряется. Однако величина дисперсии рассчитанных длин тела при этом остается в 5–10 раз ниже, по сравнению с уклейкой из этого же водоема. Кроме того, уровень флуктуирующей асимметрии, рассчитанный для четырех морфологических структур (число лучей в грудных и брюшных плавниках, количество чешуй в боковой линии и жаберных тычинок), свидетельствует о достаточно высокой стабильности протекания раннего онтогенеза у рыб, обитающих в водоеме-охладителе. Следует также отметить, что популяция вида-вселенца формируется на основе небольшого числа особей, формирующих стартовую группировку и, следовательно, достаточно ограниченного набора генотипов. В такой ситуации большое значение могут приобретать эпигенетические механизмы, позволяющие на ранних этапах адаптации к новым условиям обитания реализовать большее разнообразие фенотипов, компенсируя, таким образом, низкое генетическое разнообразие инвазивной популяции [Slynko, 2017].

Таким образом, сформировавшаяся в водоеме-охладителе Печорской ГРЭС инвазивная популяция уклейки находится на начальном этапе адаптации к новым условиям обитания и характеризуется повышенным уровнем морфологического разнообразия и изменчивости роста, составляющих ее особей. При этом повышение фенотипической изменчивости может происходить на фоне ограниченного генофонда особей, на базе которых происходит формирование новой популяции.

Литература

- Атлас пресноводных рыб России. 2002. В 2 т. / под ред. Ю. С. Решетникова. М.: Наука. Т. 1. 379 с. Берг Л. С. 1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР. Ч. 2. С. 469–925. Бознак Э. И., Рафиков Р. Р. 2009. О находках уклейки (*Alburnus alburnus*) и верховки (*Leucaspis delineatus*) в водоемах бассейна р. Печора // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: материалы докладов Всероссийской науч. конференции с междунар. участием. Сыктывкар. С. 34–35. Животовский Л. А. 1991. Популяционная биометрия. М.: Наука. 271 с. Захаров А. Б., Бознак Э. И. 2011. Современные изменения рыбного населения крупных рек Европейского Северо-Востока России // Российский журнал биологических инвазий. № 1. С. 23–33. Кудерский Л. А. 2005. Изменения рыбного населения водоемов европейской части России в XX столетии // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2): тез. докл. Второго междунар. симпозиума по изучению инвазивных видов. Рыбинск; Борок. С. 156–157. Раутиан А. С. 1988. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции. Современная палеонтология. М.: Недра. Т. 2. С. 76–118. Slynko Yu. V. 2017. Epigenetic origin of adaptive success of invaders // The V International Symposium Invasion of alien species in Holarctic: Book of abstracts. Yaroslavl: Publisher «Филигрань». P. 119.

СНИЖЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ КАК РЕЗУЛЬТАТ ВНЕДРЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ

Ю. К. Виноградова¹, Д. В. Дубовик², А. Н. Скуратович², Е. В. Спиридович³, Д. Миллер⁴

¹ Главный ботанический сад Российской академии наук, Москва, Россия, gbsad@mail.ru

² Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь, dvubovik73@gmail.com

³ Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь, E.Spiridovich@cbg.org.by

⁴ Ландшафтный арборетум Университета Миннесоты, Часка, Миннесота, США, mille414@umn.edu

Чужеродные виды растений, внедряясь на новые территории, значительно увеличивают биоразнообразие региона, но это нельзя считать положительным явлением. И сохранять надо не биоразнообразие вообще, а именно естественное биоразнообразие. Работа по изучению влияния чужеродных видов на биоразнообразие была начата в 1980-х годах. В докладе 1980 года 300 национальных парков сообщили Конгрессу США о 602 потенциальных угрозах природным ресурсам, связанных с чужеродными растениями и животными [Houston, Schreiner, 1995]. В рамках программы Научного комитета по проблемам окружающей среды (SCOPE, Scientific Committee on Problems of the Environment) проведено 24 тематических исследований биологических инвазий в природных заповедниках по всему миру и зарегистрировано 1874 чужеродных инвазионных сосудистых растений [Usher, 1988]. Через 20 лет в Отчете по инвазионным видам зафиксировано 106 стран с 487 охраняемыми территориями, которые подверглись инвазии чужеродных видов [De Poorter et al., 2007].

Растущее признание негативного воздействия биологических инвазий на биоразнообразие привело к выработке Конвенции о биологическом разнообразии и созданию Всемирной комиссии по биологическим инвазиям в рамках Международного союза охраны природы и природных ресурсов. В законодательстве Европейского сообщества к первоочередным задачам отнесены предотвращение, минимизация и смягчение негативного воздействия на биоразнообразие со стороны как преднамеренно, так и непреднамеренно занесенных инвазионных чужеродных видов (Regulation EU № 1143/2014).

Последствия появления чужеродных растений различаются по степени их воздействия на природные сообщества, но в целом нельзя допускать расселения ни одного инорайонного вида на охраняемых территориях, поскольку первоочередной их задачей является сохранение естественного биоразнообразия и функционирования нативных экосистем. Лозунг «Letting nature take its course» — «Позвольте природе идти своим путем» не может уже быть использован ввиду сильного влияния «пришельцев», и фундаментальным требованием является контроль расселения в природе чужеродных инвазионных видов [Mopaso, Genovesi, 2014]. В связи с этим крайне важно, чтобы при разработке стратегии управления охраняемыми регионами рассматривалась проблема предотвращения проникновения новых чужеродных видов в этот район. Абсурдно, что в некоторых регионах по-прежнему позволяют выращивать чужеродные виды растений в границах охраняемой территории или, наоборот, запрещают уничтожать любые растения, даже инвазионные.

Воздействие чужеродных инвазионных видов на естественные ценозы — это проблема мирового масштаба. Во времена создания первых заповедников никто не мог предвидеть, что наибольшей угрозой для сохранения биоразнообразия на охраняемых территориях будут не охотники и не землеустроители, а неумолимое распространением чужеродных видов [Plant Invasions..., 2013]. В последние десятилетия появились данные о том, что ни одна экосистема, включая особо охраняемые территории, не свободна от инвазионных видов. В Скалистых горах США, например, в национальном парке Гранд Титон и на прилегающих территориях насчитывается более 1000 видов сосудистых растений, 26 из которых считаются инвазионными [Wyoming Weed..., 2017]. В национальном парке Йеллоустон произрастают 1870 видов растений, из которых 82 таксона являются инвазионными [Tilt, 2015]. Флора национального парка Глейшер включает 1132 вида растений, 126 из которых являются чужеродными, а 27 относятся к инвазионным [Belt et al., 2011]. Сходный «прессинг» инвазионных видов отмечен в Южной Америке, где в андской части юго-центральной Чили в национальных парках Вильяррика и Уэркехуэ отмечено 39 инвазионных видов, родиной 85 % из которых является Евразия [Pauchard, Alaback, 2004]. В Национальном парке Крюгера в Южной Африке зарегистрирован 231 чужеродный вид растений, из которых 79 являются доминантами в этом регионе [Foxcroft et al., 2007].

Меры сохранения естественного биоразнообразия:

I. Контроль расселения инвазионных видов.

1. Превентивные меры (облесение участков, отсутствие брошенных земель).
2. Физические методы борьбы: кошение, прямое искоренение силами волонтеров, выжигание и т. д.
3. Химические методы борьбы: применение гербицидов.
4. Биологические методы борьбы: подбор вредителей или болезней из естественного, а лучше из вторичного ареала.

II. Поддержание жизнеспособности популяций аборигенных видов.

1. Высаживание активно плодоносящих аборигенных видов по границе охраняемых территорий.

2. Подсаживание в популяции, которые сокращают численность, ювенильных особей, выращенных в питомнике из семян, собранных в той же популяции.

Быстрая реакция на появление нового инвазионного вида не только намного эффективнее, но и более экономична. Обзор предпринятых программ ликвидации растений, проведенных в Новой Зеландии, показал, что раннее удаление чужеродных растений требует в среднем в 40 раз меньше средств, чем удаление, проведенное после того, как инвазионное растение получило широкое распространение [Harris, Timmins, 2009]. Имеется несколько примеров, показывающих эффективность искоренения и контроля расселения инвазионных видов волонтерами. Например, программа «Бальзам-блиц» — инициатива, направленная на контроль *Impatiens glandulifera* Royle в Национальном парке Пембрукшира (Уэльс, Великобритания) или продолжающееся в настоящее время уничтожение *Lysichiton americanus* Hultén & H. St. John в природном парке Taunus (Германия) [Монасо, Genovesi, 2014]. Служба национальных парков США разработала программу борьбы с инвазионными растениями, создав 16 отделов по управлению чужеродными растениями, которые обеспечивают высококвалифицированную мобильную помощь всем национальным паркам страны (http://www.nature.nps.gov/biology/invasivespecies/EPMT_teams.cfm).

В Европе с 1996 по 2017 гг. реализованы следующие проекты по уничтожению наземных инвазионных видов растений на охраняемых территориях: *Phoenix* spp., *Washingtonia* spp., *Nicotiana glauca*, *Carpobrotus edulis*, *Agave americana* (Испания), *Symphoricarpos alba* (Великобритания), *Hedychium gardnerianum* (Португалия), *Prunus serotina* (Италия, Германия), *Quercus rubra*, *Yucca gloriosa*, *Carpobrotus* spp., *Pinus halepensis*, *Acacia pycnantha* (Италия), *Robinia pseudoacacia* (Италия, Австрия, Кипр), *Ailanthus altissima* (Италия, Австрия), *Picea* sp. (Германия), *Phragmites australis* (Финляндия), *Eucalyptus regnans* (Кипр), *Amorpha fruticosa* (Италия, Хорватия), *Xanthium* spp. (Хорватия), *Fallopia japonica*, *Rhododendron ponticum* (Великобритания, Ирландия), *Picea abies*, *Picea sitchensis*, *Larix decidua*, *Pinus radiata*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Laurus nobilis* (Ирландия).

Во многих источниках отражен факт снижения биологического разнообразия при внедрении в ценоз чужеродного вида, однако количественных характеристик этого процесса до сих пор довольно мало. В связи с этим мы решили выявить параметры, характеризующие инвазионную активность чужеродного вида североамериканского происхождения *Solidago Canadensis* в различных фитоценозах Беларуси. Ежегодно с 2016 по 2018 гг. обследовали 4 участка, на каждом из них закладывали три площадки 1 × 1 м и измеряли ряд параметров: среднюю высоту генеративных побегов *S. canadensis*, проективное покрытие, среднее число генеративных и вегетативных побегов и число сопутствующих видов на площадках.

Участок 1. Деревня Космовичи Несвижского р-на. N53°06'53" E26°39'50". Зброшенный участок, бывшее сельхозугодье. Обработок и сенокосения, по меньшей мере, 6 лет не проводилось. Почва легкая дерново-подзолисто-супесчаная. Сорно-рудеральная растительность. За три года наблюдений средняя высота *S. canadensis* увеличилась с 163 до 180 см, среднее проективное покрытие увеличилось с 95 до 100 %, среднее число генеративных побегов увеличилось с 92 до 123 шт. одновременно увеличилось и число вегетативных побегов (с 9 до 18). Среднее число сопутствующих видов снизилось с 8 до 4.

Участок 2. Плантация клюквы крупноплодной НЭБ «Журавинка» в окрестностях г. Ганцевичи Брестской области. N52°44'42" E26°22'33". Пустошь на опушке пушистоберезового мелиорированного леса площадью 25 × 120 м за границей плантации. Обработок гербицидами и сенокосения здесь никогда не проводилось. Почва песчаная насыпная. Сорно-рудеральная растительность. Средняя высота *S. Canadensis* за три года увеличилась с 113 до 147 см, проективное покрытие возросло с 60 до 82 %, среднее число генеративных побегов на площадке увеличилось с 41 до 94 шт. одновременно снизилось число вегетативных побегов (с 90 до 15). Число сопутствующих видов снизилось с 9 до 3.

Участок 3. Пушистоберезово-черноольховый производно-мелиоративный лес вблизи клюквенной плантации НЭБ «Журавинка» в окрестностях г. Ганцевичи Брестской области. N52°44'54" E 26°22'57". Лесная поляна площадью 20 × 50 м на осушенном низинном торфянике. Почва торфяно-болотная. Участок зарастает естественной и рудеральной растительностью, в том числе инвазионными видами *Persicaria sagittata* (L.) H. Grossex Nakai, *Aster lanceolatus* Willd. x *A. dumosus* L., *Lycopus uniflorus* Michx., *Viola pallens* (Banksex Ging.) Brainerd., *Bidens frondosus* L. У *S. canadensis* за три года наблюдений средняя высота увеличилась с 147 до 163 см, среднее проективное покрытие статистически достоверно снизилось с 77 до 70 %, среднее число генеративных побегов на площадке снизилось с 95 до 57 шт., варьирование среднего числа вегетативных побегов статистически недостоверно 5–10 шт. Среднее число сопутствующих видов повысилось с 6,7 до 9.

Участок 4. Окр. п. Зеленый Бор в 12 км к северу от Минска, республиканский заказник «Прилепский». N54°00'56" E27°41'06". По опушке субори чернично-мшистой на зарастающей вырубке. Почва дерново-подзолистая суглинистая. Мозаичная растительность представлена: а) люпиново-овсяницево-золотарниковым сообществом, б) пырейно-разнотравно-золотарниковым сообществом и в) золотарниково-орляковым сообществом. На этом участке площадки были заложены в каждой из ассоциаций.

Площадка 4а: у *S. canadensis* средняя высота увеличилась с 130 до 140 см, среднее проективное покрытие статистически достоверно снизилось с 80 до 70 %, среднее число генеративных побегов на площадке снизилось с 80 до 38 шт., варьирование среднего числа вегетативных побегов статистически недостоверно 4–6 шт. Число сопутствующих видов снизилось с 16 до 8.

Площадка 4b: у *S. canadensis* средняя высота снизилась со 160 до 150 см, среднее проективное покрытие снизилось с 97 до 70 %, среднее число генеративных побегов на площадке снизилось с 60 до 45 шт., число вегетативных побегов, напротив, увеличилось с 2 до 19 шт. Число сопутствующих видов увеличилось с 6 до 13.

Площадка 4c: у *S. canadensis* средняя высота варьирует незначительно 165–170 см, среднее проективное покрытие несколько снизилось с 80 до 70 %, среднее число генеративных побегов на площадке увеличилось с 60 до 76 шт., число вегетативных побегов также увеличилось с 0 до 14 шт. Число сопутствующих видов снизилось с 10 до 8.

Таким образом, в зависимости от экотопов и от предпринимаемых мер борьбы популяционные характеристики *S. canadensis* существенно изменяются. На первых двух залежных участках никаких мер контроля инвазии в течение последних 5–6 лет не проводилось. Соответственно, здесь зафиксированы прогрессирующие популяции *S. canadensis*, активно внедряющиеся в полуестественные сообщества с вытеснением аборигенных видов. Снижается проективное покрытие даже таких устойчивых видов, как пырей и полынь, а 9 видов за последние три года практически исчезли (*Equisetum arvense* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Achillea millefolium* L., *Chenopodium album* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Lactuca serriola* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Veronica chamaedrys* L., *Vicia hirsuta* (L.) S. F. Gray).

На участке 3 в 2016 году провели однократную обработку растений раундапом. Кроме того, здесь разрастаются высокоустойчивые доминантные виды, которые оказались способны противостоять инвазии золотарника — *Rubus idaeus* L. и *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Однако на этой же поляне наблюдается инвазия других агрессоров североамериканского происхождения — *Lycopus uniflorus* Michx. и особенно *Persicaria sagittata* (L.) H. Gross. Необходимость дальнейших мер контроля расселения целого «пула» североамериканских чужеродных видов на этом участке совершенно очевидна.

На участке 4 в начале лета 2018 г. провели однократное кошение. Однако *S. canadensis* среагировала на эти меры массовым формированием вегетативных побегов, что лишь увеличило влияние вида на местную растительность. Это тем более недопустимо, что участок входит в границы республиканского заказника «Прилепский», в котором должны сохраняться лишь виды национальной флоры. Одной из мер борьбы с золотарником в пределах заказника может быть облесение открытых участков местными древесными породами, в частности елью, которая быстро создает притенение.

На площадке 4a за последние три года увеличилось присутствие еще одного североамериканского инвазионного вида *Lupinus polyphyllus* Lindl., который, как оказалось, более конкурентоспособен, чем *S. canadensis*. Поэтому, хотя на данной площадке проективное покрытие и число генеративных побегов *S. canadensis* снижается, число сопутствующих природных видов все равно значительно сокращается в результате совместного влияния обоих «агрессоров».

На площадке 4b за три года подросли березы, занявшие вырубку, и участок оказался в их тени. Затенение привело к снижению средней высоты, проективного покрытия и числа генеративных побегов *S. canadensis*: растения, в основном, представлены вегетативными побегами. Соответственно, возросло число аборигенных видов на площадке. Таким образом, золотарник, являясь сильным конкурентом на осветленных участках, снижает инвазионную активность в условиях затенения.

На площадке 4c активно конкурируют друг с другом *S. canadensis* и *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. Под пологом этих доминантов численность аборигенных видов снижается. Практически выпали *Hieracium umbellatum* L., *Veronica chamaedrys*, *Hypericum maculatum* Crantz и даже такие устойчивые виды как пырей и вейник.

Таким образом, *S. canadensis* мало конкурентоспособна в условиях затенения, однако освещенные антропогенно нарушенные участки, в которые она внедрилась, при отсутствии мер контроля вскоре превращаются в сплошные одновидовые заросли. И биоразнообразие, поначалу увеличенное на один вид, до этого же вида и сокращается.

Утрата биоразнообразия ведет к ухудшению экономического, социального и экологического благополучия с очевидными последствиями для качества жизни человека. Надеюсь, что знакомство с мерами сохранения естественного биологического разнообразия помогут сохранить наши аборигенные растения и наши ландшафты.

Работа выполнена по Программе Президиума РАН № 0111-2018-0003 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» при частичной поддержке гранта РФФИ 18-04-00411.

Литература

- Belt J., LaFleur D., Sladek M. 2011. Invasive Plants of the Crown of the Continent. Crown Managers Partnership. 116 p. De Poorter M., Pagad S., Ullah M. I. 2007. Invasive alien species and protected areas: a scoping report. Produced for the World Bank as a contribution to the Global Invasive Species Programme (GISP), ISSG IUCN. Foxcroft L. C., Rouget M., Richardson D. M. 2007. Risk Assessment of Riparian Plant Invasions into Protected Areas // Conservation Biology. Vol. 21. Iss. 2. P. 412–421. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00673.x>. Harris A., Timmins S. M. 2009. Estimating the benefit of early control of all newly naturalised plants // Science for Conservation. № 292. New Zealand Department of Conservation, Wellington. Houston D. B., Schreiner E. G. 1995. Alien species in National Parks — Drawing lines in space and time // Conservation Biology. Vol. 9, № 1. P. 204–209. Monaco A., Genovesi P. 2014. European Guidelines on Protected Areas and Invasive Alien Species, Council of Europe, Strasbourg, Regional Parks Agency. Lazio Region, Rome. 58 с. Pauchard A., Alaback P. B. 2004. Influence of Elevation, Land Use, and Landscape Context on Patterns of Alien Plant Invasions along Roadsides in Protected Areas of South-Central Chile // Conservation Biology. Vol. 18. Iss. 1. P. 238–248. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004>.

КРИТЕРИИ АДАПТАЦИИ ГРЕБЕНЩИКА К УСЛОВИЯМ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ

О. Е. Воронина

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия, olgavoron@mail.ru

Созданные коллекции живых растений Главного ботанического сада РАН являются источником семенного и посадочного материала растений, в том числе редких и исчезающих видов. Разработка физиолого-ботанических критериев адаптации растений к новым условиям произрастания позволит выявить наиболее пластичные виды, разработать пути обогащения обедненных естественных и искусственных фитоценозов.

Главной целью Ботанических садов является поддержание биоразнообразия природной и культурной флоры, выявление наиболее устойчивых и неагрессивных природных видов, введение в культуру наиболее ценных дикорастущих растений. Н. В. Трулевич в своих трудах сформулировала понятие интродукционной устойчивости с позиции эколого-фитоценологических основ создания устойчивых сочетаний растений СССР, которые является интегральным показателем биологического состояния растений в новых условиях существования [Трулевич, 1991].

В связи с этим, задача наших исследований состояла в изучении продукционных показателей исследуемых растений: динамики накопления фотосинтетических пигментов и роста побегов за вегетационный период, как критериев оценки уровня адаптации.

Объектом исследования служили *Tamarix ramosissima* Ledeb, *Tamarix litvinovii* Gorschk, *Tamarix hohenackeri* Bunge., более 60-ти лет произрастающие на экспозиции Средней Азии ГБС РАН, заложенной профессором М. В. Культиасовым. Образцы черенков получены из Ташкентского ботанического сада (ЦБС НАН). Представленные виды адаптированы к климату пустынь — светолюбивы, теплолюбивы и жаровыносливы, более или менее морозостойкие (падает от первого к последнему) [Русанов, 1949]. Температура, влажность, количество солнечных дней и осадков являются важными и чувствительными показателями физиологического состояния растений.

Климатические условия вегетационного сезона каждого года контрастно отличались друг от друга. 2015 и 2016 годы были примерно одинаковыми: $t = +7,1$ °C, $w = 69$ %, осадки — 50,75 мм. Но ранние сильные заморозки (первая декада октября 2016 г.) привели к полному вымерзанию надземных побегов всех трех видов гребенщиков. Только к 8 мая 2017 года от корневой шейки появились молодые побеги. 2017 год отличался очень низкой освещенностью всего периода проведения эксперимента: общая среднемесячная облачность — 5,7 балла — самый низкий показатель за последние несколько лет; $w = 85$ %, осадки — 120 % [<https://www.gismeteo.ru>]. 2018 год согласно климатическим данным был близок природным условиям произрастания растений (жарко, сухо и солнечно): $t = 25,7–28,4$ °C, $w = 50–60$ %, осадки — 48,1 мм.

Измерения физиологических параметров трех видов гребенщиков проводили ежедневно в начале вегетации с начала мая до конца июня, июль — середина августа еженедельно и через день до конца октября с 2016 по 2018 год.

Первый месяц измерений длины побегов не выявил достоверных различий в развитии *T. litvinovii* и *T. ramosissima*: средне-месячный прирост для обоих видов составил — $13,8 \pm 0,8$ см, за тот же период у *T. hohenackeri* — $16,1 \pm 0,1$ см.

Содержание пигментов в листьях у разных видов растений генетически обусловлено и зависит от условий произрастания [Вознесенский, 1977].

Динамика накопления хлорофилла (Хл) у всех изученных растений рода *Tamarix* соответствовала природным аналогам [Давлятов и др., 2015], произрастающим в естественных условиях. Наибольшее суммарное ($a + b$) содержание фотосинтетических пигментов и максимумы их накопления были отмечены у *T. hohenackeri* ($\max = 1,47 \pm 0,05$), что, видимо, связано с его способностью к восстановлению после полного ежегодного обмерзания за короткий вегетационный период средней полосы России. Однако общая длина его побегов к концу сезона оставалась ниже, чем у других представителей этого рода. Среднее содержание пигментов ($a + b$) у *T. litvinovii* составило $1,09 \pm 0,01$, *T. ramosissima* — $1,18 \pm 0,01$. Даты максимумов накопления пигментов у трех видов различались, но находились в промежутке с 15 по 30 июня [Воронина, 2018].

Определение всхожести семян *T. hohenackeri* и *T. ramosissima* подтвердило высокую степень адаптации растений к новым условиям произрастания. Всхожесть составила $27,8 \pm 0,07$ % и $26,9 \pm 0,05$ % соответственно. После цветения *T. litvinovii* не дал семенное потомство.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили высокую степень экологической пластичности *Tamarix litvinovii* Gorschk, *Tamarix ramosissima* Ledeb, *Tamarix hohenackeri* Bunge. [Швецов и др.,

2013]. Представленные виды динамично развивались при низкой освещенности и высокой влажности аномального лета 2017 года. Динамика накопления и содержание фотосинтетических пигментов трех видов тамариксов была близка природным формам и оставалась относительно постоянной в течение периода вегетации. Семенное потомство двух видов гребенщиков было жизнеспособным. Изученные растения обладают высоким уровнем адаптации, но не агрессивны для природной среды центральной России.

Предложенные физиолого-ботанические методы могут быть использованы в качестве подходов к оценке уровня адаптации растений.

Литература

Вознесенский В. Л. 1977. Фотосинтез пустынных растений. Л.: Наука. 256 с. Воронина О. Е. 2018. Показатели качества интродукции трех видов Тамарикс в средней полосе России // Изв. Самарского научного центра РАН. Самара. Т. 20, № 5. Давлятова Д. М., Ниязмухамедова М. Б., Бердыев Д., Рахимов М. М. 2015. Фотосинтетические пигменты галофитов заповедника «Тигровая балка». Из-во Президиума АН Республики Таджикистан // Известия АН Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. Физиология растений. № 1 (189). С. 40–45. Русанов Ф. Н. 1949. Среднеазиатские тамариксы. Ташкент: Из-во АН УзССР. 158 с. Сайт: <https://www.gismeteo.ru>. Трулевич Н. В. 1991. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений. М.: Наука. 216 с. Швецов А. Н., Трулевич Н. В., Двораковская В. М. и др. 2013. Растения природной флоры в Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина РАН. 65 лет интродукции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 587–588.

BIDENS CONNATA MUEHL. EX WILLD. В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ — ИНВАЗИОННЫЙ ВИД ИЛИ ГИБРИДОГЕННЫЙ ТАКСОН?

М. А. Галкина, Ю. К. Виноградова

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия
mawa.galkina@gmail.com, gbsad@mail.ru

Таксон *Bidens connata* Muehl. ex Willd, произрастающий в Восточной Европе, обладает сочетанием морфологических признаков, характерных для североамериканской череды *B. frondosa* и аборигенного вида *B. cernua*, и ранее авторами настоящей работы уже высказывались предположения о его гибридогенном происхождении [Галкина, Виноградова, 2017]. На основании данных ISSR-анализа было установлено, что данный таксон можно рассматривать как комплекс гибридов и бэккроссов [Галкина, Виноградова, 2017], однако для окончательного подтверждения данной гипотезы необходим анализ нуклеотидных последовательностей ядерных и хлоропластных участков ДНК предполагаемых гибридов и родительских особей.

Для выделения ДНК с помощью СТАВ-метода [Rogers, Bendich, 1985] использовался гербарный материал, точки сбора образцов приведены в таблице 1 (буквами a, b, c, d обозначены разные особи из одних и тех же популяций). Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в амплификаторе DNA Engine Dyad Peltier Thermal Cycler (Biorad, США). Для ядерного участка ITS использовались праймеры nnc18s10 (прямой) и c26A (обратный), для хлоропластного участка trnL-F использовались праймеры C (прямой) и F (обратный). Секвенированные нуклеотидные последовательности были обработаны в программе BioEdit, а в дальнейшем в программах TCS и SplitsTree. Всего было проанализировано 15 особей *B. connata* (предполагаемых гибридов) из трех местонахождений в европейской части России и одного в Республике Беларусь и предполагаемые родительские таксоны из двух точек произрастания *B. connata*, а также из Московской обл. (табл. 1). В качестве внешней группы был взят образец *B. tripartita* из окрестностей пос. Тасинский во Владимирской обл. Ранее было доказано, что *B. tripartita* не имеет отношения к формированию таксона *B. connata* во вторичном ареале [Галкина, Виноградова, 2017].

Таблица 1

Точки сбора образцов таксонов рода *Bidens*

Номер образца	Вид	Точка сбора	Год сбора	Примечания
cn_1 (a, b, c, d)	<i>B. connata</i>	Калужская обл., Милятинское водохр.	2013	
cn_2 (a, b, c)		Калининградская обл.	2013	
cn_3 (a, b, c)		Владимирская обл., окр. пос. Тасинский	2014	Форма с рассеченными нижними листьями
cn_4 (a, b)			2014	Форма с цельными нижними листьями
fr_5 (a, b, c)	<i>B. frondosa</i>	Владимирская обл., окр. пос. Тасинский	2014 (a), 2018 (b, c)	
cr_6 (a, b)	<i>B. cernua</i>	Московская обл., окр. г. Звенигород	2014	
t_7	<i>B. tripartita</i>	Владимирская обл., окр. пос. Тасинский	2018	
cr_8 (a, b, c)	<i>B. cernua</i>	Владимирская обл., окр. пос. Тасинский	2018	
cr_9 (a, b, c)	<i>B. cernua</i>	Беларусь, Дзержинск	2018	
fr_10 (a, b)	<i>B. frondosa</i>			
cn_11 (a, b, c)	<i>B. connata</i>			

По trnL-F участку хлоропластной ДНК образцы *B. connata* и *B. cernua* не имеют различий (это касается всех растений, в том числе и собранных в разных регионах), тогда как *B. frondosa* от данных таксонов дифференцируют 6 замен по 1–2 нуклеотида и делеция из 7 нуклеотидов (рис. 1, а). *B. tripartita* имеет другую делецию (рис. 1, б), которой не имеют остальные таксоны, что дополнительно подтверждает ее непричастность к гибридогенному происхождению *B. connata*. Исходя из ранее частично подтвержденной гипотезы о происхождении *B. connata*, это означает, что аборигенная *B. cernua* является материнским видом, а *B. frondosa* — отцовским.

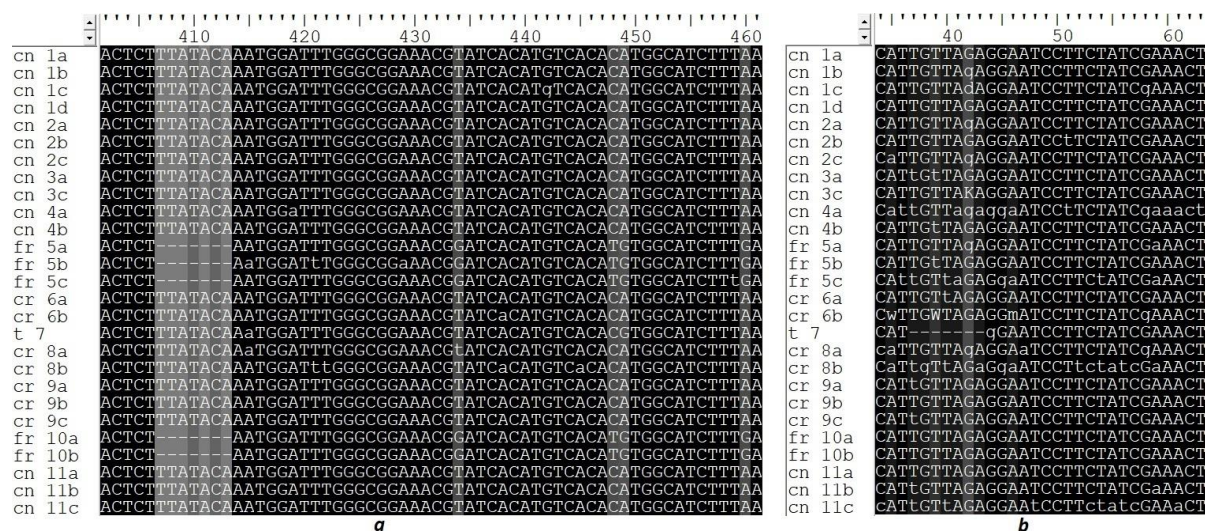


Рис. 1. Фрагменты участка trnL-F у разных таксонов *Bidens*

По результатам анализа нуклеотидных последовательностей участков trnL-F и ITS в программе TCS все образцы разделились на несколько гаплотипов (табл. 2), причем практически все экземпляры *B. connata* (за исключением cn_4b для участка ITS) вошли в один гаплотип с большинством образцов *B. cernua*, что подтверждает наши предположения о том, что *B. cernua* является родительским видом для *B. connata*.

Таблица 2

Гаплотипы различных таксонов *Bidens*, полученные при анализе нуклеотидных последовательностей trnL-F участка хлоропластной ДНК и ITS участка ядерной ДНК

trnL-F участок хлоропластной ДНК	
Гаплотип	Образцы в составе гаплотипа
cn_1a	cn_1a, cn_1b, cn_1c, cn_1d, cn_2a, cn_2b, cn_2c, cn_3a, cn_3c, cn_4a, cn_4b, cr_9a, cr_9b, cr_9c, cn_11a, cn_11b, cn_11c
fr_5a	fr_5a, fr_5b, fr_10a, fr_10b
fr_5c	fr_5c
cr_6a	cr_6a
cr_6b	cr_6b
t_7	t_7
cr_8a	cr_8a
ITS участок ядерной ДНК	
Гаплотип	Образцы в составе гаплотипа
cn_1a	cn_1a, cn_1b, cn_1c, cn_1d, cn_2a, cn_2b, cn_2c, cn_2d, cn_3a, cn_3b, cn_3c, cn_4a, cr_6a, cr_6b, cr_8c, cr_9a, cr_9b, cr_9c, cn_11a, cn_11b, cn_11c
cn_4b	cn_4b
fr_5a	fr_5a, fr_10a, fr_10b
fr_5b	fr_5b
t_7	t_7
cr_8a	cr_8a
cr_8b	cr_8b

Однако, полученные данные не позволяют однозначно утверждать, что *B. connata* образовалась на территории всей Восточной Европы в результате скрещивания инвазивной *B. frondosa* с аборигенной *B. cernua*. Дело в том, что в случаях замен в последовательности ITS мы сталкиваемся с неоднозначностью про-

чтения последовательности для образцов *B. connata* лишь иногда, хотя большинство этих неоднозначных прочтений (С или Т, А или Т, А или С) и характерны для всех образцов *B. connata* (рис. 2). На основании нуклеотидных последовательностей участка ITS в программе SplitsTree была построена дендрограмма (рис. 3). Согласно данным бутструп-анализа, достоверным можно считать только выделение внешней группы t_7 (*B. tripartita*) и клады, объединяющей *B. cernua* и *B. tripartita*. Все субклады внутри данной клады имеют очень низкую бутструп-поддержку, поэтому нельзя говорить о достоверных различиях этих групп.

	40	50	60	70	80	90	100	110	120				
cn 1a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GgGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 1b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GKGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 1c	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	GKGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 1d	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 2a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 2b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 2c	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 2d	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 3a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGTSTCT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 3b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGTSTCT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 3c	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGTSTCT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 4a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGTSTCT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 4b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGTSTCT	GGATGC	CAGGTTGG
fr 5a	vAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGCGTCTC	GAATGC	CAGGTTGA
fr 5b	vAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGCGTCTC	GAATGC	CAGGTTGA
cr 6a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cr 6b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
t 7	TAAAGc	TTCGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGCGTCTC	GAATGC	CAGGTTGA
cr 8a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cr 8b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cr 8c	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cr 9a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cr 9b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cr 9c	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
fr 10a	vAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GG-CGTCTC	GAATGC	CAGGTTGA
fr 10b	vAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	CTTT	GGCGTCTC	GAATGC	CAGGTTGA
cn 11a	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 11b	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGkGkCTT	GGATGC	CAGGTTGG
cn 11c	CAAAGCT	TTGTTT	TGATC	CTTG	AAAACCT	TGTTGG	CCTG	GTTTCATG	CTGCC	yTTT	kkGTGCTT	GGATGC	CAGGTTGG

Рис. 2. Фрагмент ITS участка ДНК различных таксонов рода *Bidens*

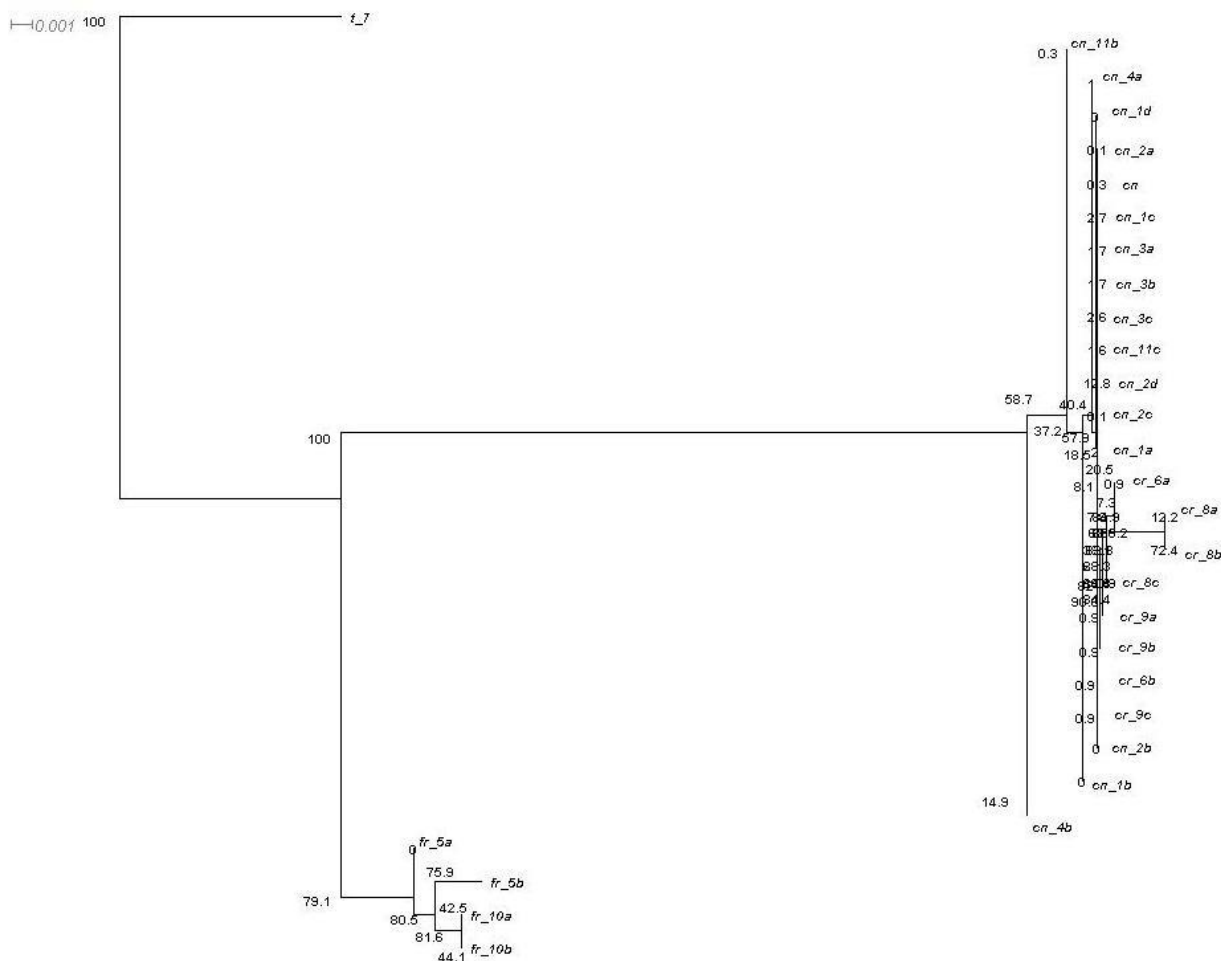


Рис. 3. Дендрограмма, построенная на основании анализа ITS участка ДНК различных таксонов *Bidens*

Таким образом, с высокой вероятностью можно предположить, что произрастающая сейчас в различных частях Восточной Европы череда *B. connata* является результатом гибридизации между *B. cernua* и *B. frondosa*, прошедшей еще в Северной Америке. Данный гибридогенный таксон, проникший на территорию Старого Света в середине XIX в. и описанный как *Bidens decipiens* Warnst., здесь, в дальнейшем, продолжил гибридизировать с материнским видом *B. cernua*, т. е. *B. connata* в нынешнем виде возникла уже путем интрогрессии. При этом ввиду высокого полиморфизма *B. frondosa* на родине [Sherff, 1937] вероятнее всего, что отцовским видом *B. connata* является другая форма или вариация *B. frondosa*, а не та, которая произрастает на значительной части территории России. Для подтверждения этой гипотезы в скором времени мы планируем провести сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей образцов *B. connata*, *B. cernua* и *B. frondosa* из Северной Америки и Восточной Европы.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 18-04-00411.

Литература

Галкина М. А., Виноградова Ю. К. 2017. Гибридизация некоторых чужеродных таксонов рода *Bidens* L. в Восточной Европе // Изв. РАН. Сер. биол. № 4. С. 1–7. Rogers S. O., Bendich A. J. 1985. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues // Plant Mol. Biol. № 5. P. 69–76. Sherff E. E. 1937. The genus *Bidens* // Publications of Field Museum of natural history. Botan. Chicago. Ser. Vol. XVI. P. 16–74.

ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

И. В. Далькэ, И. Ф. Чадин, Р. В. Малышев

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Россия
dalke@ib.komisc.ru

В последнее десятилетие активно обсуждаются вопросы распространения и ликвидации нежелательных зарослей инвазивного вида борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden). Одицивание *H. sosnowskyi* на территории европейской части России началось в конце XX века. В настоящее время, растения вида обнаружены в 54 субъектах и городах РФ [Далькэ и др., 2018; Озерова, Кривошеина, 2018; Chadin et al., 2017]. Гигантские борщевики характеризуются высоким уровнем социально-экономического воздействия на окружающую среду и человека [Ecology and Management..., 2007]. Для управления инвазивными видами растений широко используют механические, термические, химические методы [Invasive species management..., 2009]. Наиболее эффективный метод ликвидации растений *H. sosnowskyi* связан с применением гербицидов [Далькэ, Чадин, 2010; Якимович и др., 2013]. Учитывая ограничения использования пестицидов и агрохимикатов в черте населенных пунктов, в водоохраных зонах, на ООПТ [Гигиенические требования..., 2016] сохраняется актуальность в разработке и внедрении безопасных и эффективных методов управления нежелательной растительностью.

Одним из значимых факторов, влияющих на выживание растений в зимний период, является тепловой режим почвы. Высота снежного покрова оказывать влияние на этот режим [Матвеев, 1984]. Несмотря на высокую эффективность использования ресурсов среды и устойчивость растений *H. sosnowskyi* к неблагоприятным условиям в период вегетации [Dalke et al., 2015; Веселкин и др., 2017], показана их гибель после выхода из состояния покоя в бесснежный период [Александрова, 1971]. В связи с этим нами была выдвинуто предположение о возможности уничтожения *H. sosnowskyi* после изменения теплового режима почвы в холодный период года. Целью нашей работы было изучить влияние уборки снежного покрова на состояние и численность растений *H. sosnowskyi*.

Исследования проводили в подзоне средней тайги в окрестностях г. Сыктывкара. В начале марта 2018 года в типичных местообитаниях *H. sosnowskyi* (61.646944° с. ш. 50.757277° в. д.) заложили экспериментальные учетные площадки каждая площадью 4 м². В первой группе (опыт, n = 4) снежный покров на площадках полностью счищали, во второй группе (контроль, n = 4) снежный покров не убирали. Подсчет количества растений *H. sosnowskyi* разного возрастного состояния проводили в мае и июне 2018 г. Проективное покрытие растений *H. sosnowskyi* определяли по фотоснимкам участков. Покой почек, расположенных на подземной части побегов растений, оценивали по интенсивности их дыхания и оводненности. Данные о температуре воздуха, высоте снежного покрова, сумме осадков получали из открытых источников (<https://rp5.ru>, <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>). Статистические расчеты выполняли в среде R [R CoreTeam, 2017].

Во время закладки опыта снежный покров с опытных учетных площадок был убран полностью. После выпадений новых осадков опытные учетные площадки очищали от снега. В течение марта выпало около 50 мм осадков и высота снежного покрова составляла не менее 70 см. Во второй декаде марта (10, 11, 18 и 22 марта) наблюдали суточные перепады утренних температур от –5 °С до –30 °С. В апреле, с повышением температуры воздуха до положительных значений, высота снежного покрова не превышала 10–15 см.

В мае средняя температура воздуха была около 6 °С, снег полностью стаял и около 80 мм осадков выпали преимущественно в виде дождя. Утренние заморозки с понижением температуры воздуха до -0,7 °С наблюдали в начале и в конце мая.

Медианное значение генеративных растений *H. sosnowskyi* прошлого года составляло около 0,9 шт./м² и было одинаковым на контрольных и опытных учетных площадках. Плотность растений старше одного года на опытных учетных площадках была значимо меньше (p-value = 0,02), чем в контроле (табл.). На опытных учетных площадках (рис., табл.) наблюдали малое количество проростков (медиана 0, среднее значение 36). На контрольных площадках число проростков было гораздо выше (медиана 321, среднее 331), p-value << 0,001. В начале июня отмечали статистически значимое снижение проективного покрытия и высоты растений старше одного года на опытных учетных площадках по сравнению с контролем (табл.). После снижения численности растений *H. sosnowskyi* на опытных учетных площадках наблюдали рост пырея, иван-чая, крапивы.

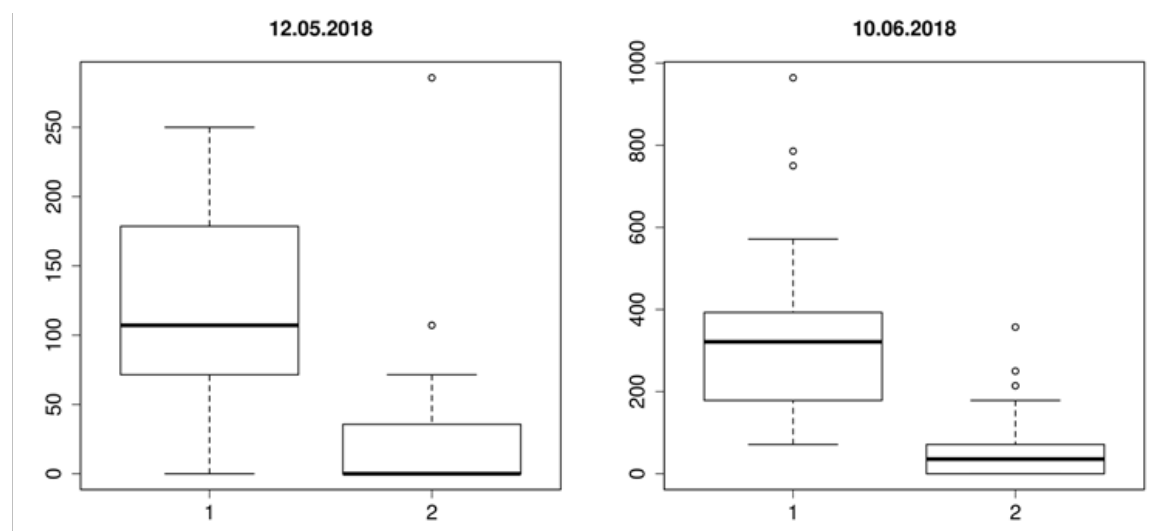
Результаты воздействия низких температур в период покоя растений на популяционные показатели растений *Heracleum sosnowskyi* (10.06.2018)

Показатель	Контроль	Опыт	p*
Плотность растений старше одного года (медиана), шт./м ²	3,3	1,8	0,02
Плотность растений первого года жизни (медиана), шт./м ²	321,0	0,0	4,79·10 ⁻¹²
Высота растений старше одного года (медиана), см	50	22	1,68·10 ⁻⁵
Проективное покрытие, %	64	15	0,02

Примечание: * — значение p-value по результатам теста Краскела – Уоллиса.

Известно, что высота снежного покрова существенно влияет на температуру почвы, особенно в верхних слоях, где расположены почки возобновления многолетних растений. Суточные колебания температуры в снежном покрове проникают лишь до малой глубины около 20–30 см [Матвеев, 1984]. При снежном укрытии более 40 см средний минимум температуры почвы на глубине 3–5 см в течение зимы составляет -4, -8 °С [Агроклиматические..., 1973]. Биологической особенностью *H. sosnowskyi* является устойчивость растений в течение вегетации к низким температурам и хорошая зимостойкость. Тем не менее необходимым условием перезимовки и сохранения ценопопуляции *H. sosnowskyi* является наличие снежного покрова, который предотвращает вымерзание растений и обеспечивает условия для стратификации семян [Скупченко, 1989].

Терминальные и пазушные почки возобновления растений *H. sosnowskyi* расположены на стеблекорне, погружены в почву на глубину 10–15 см и хорошо защищены от механических повреждений [Сацыперова, 1984; Dalke et al., 2015]. В течение вегетации меристемы почек *H. sosnowskyi* характеризуются эффективным запасанием энергии на рост и хорошо адаптированы к изменению температуры в широком диапазоне [Маслова и др., 2018].



Плотность растений *Heracleum sosnowskyi* (шт./м²) первого года жизни года на контрольных (1) и опытных (2) учетных площадках. Границами ящика служат первый и третий квартили, линия в середине ящика — медиана. Концы усов — максимум и минимум выборки, без учета выбросов, выбросы указаны кружками

В октябре апикальные почки взрослых вегетативных растений *H. sosnowskyi* содержали $85,1 \pm 0,5$ % воды (в пересчете $5,8 \pm 0,3$ мг H_2O /мг сухой массы тканей). Интенсивность дыхания почек при температуре $5^\circ C$ составляла $1,5$ мг CO_2 /(г сухой массы ч). Наибольшую интенсивность дыхания почек 20 мг CO_2 /(г сухой массы ч) отмечали при температуре $43^\circ C$. Измерение дыхательной активности почек возобновления *H. sosnowskyi* показало, что поздней осенью и зимой они переходят в состояние вынужденного покоя и трогаются в рост сразу при наступлении благоприятных условий. В конце вегетации (октябрь) после переноса взрослых растений *H. sosnowskyi* в оптимальные для роста условия наблюдали генерацию новых побегов, цветение и плодоношение растений [Dalke, Malyshev, Maslova, 2018]. В литературе описаны случаи роста борщевиков зимой. Исключительные условия потепления до $+2,5^\circ C$ в декабре 1965 года спровоцировали ростовые процессы борщевиков. Последовавшее затем резкое понижение температуры при отсутствии стаявшего снежного покрова привело к гибели 89 % растений борщевика Сосновского, 56 % борщевика Лемана и борщевика понтийского [Александрова, 1971]. Жесткие условия предзимья и недостаточное количество тепла (сумма активных температур выше $10^\circ C$ в течение вегетации менее $800-1000^\circ C$) препятствовали росту *H. sosnowskyi* в тундре [Хантимер, 1974].

После уборки снежного покрова в нашем эксперименте на опытных учетных площадках в период наблюдений сумма отрицательных температур воздуха, измеренная в $6,00$ ч составила $-448^\circ C$, при минимуме $-29,0^\circ C$. В этот период температура воздуха опускалась ниже $-20^\circ C$ не менее семи раз. Таким образом, температура почвы на глубине залегания почек возобновления *H. sosnowskyi* (до 15 см) могла стать ниже $-10^\circ C$. Удаление снежного покрова значимо повлияло на снижение плотности растений *H. sosnowskyi* разного возраста, их ростовые характеристики и проективное покрытие. При этом на опытных участках практически полностью отсутствовали всходы *H. sosnowskyi*. Это может быть объяснено тем, что семена погибли после промораживания ниже критической температуры, либо не преодолели покой из-за отсутствия возможности пройти стратификацию. Выживание части растений старше одного года на опытных учетных площадках мы объясняем более высокой температурой почвы на границе с нетронутым снежным покровом.

Основной причиной гибели растительной клетки при отрицательных температурах является льдообразование [Трунова, 2007; Туманов, 1979]. Одним из механизмов адаптации многолетних растений к периоду отрицательных температур является накопление в почках ингибиторов роста и защитных веществ, изменение содержания и состояния воды [Климов, 2001; Трунова, 2007]. Покоящиеся почки характеризуются отсутствием внешних признаков роста, высокой устойчивостью к обезвоживанию и неблагоприятным воздействиям среды [Туманов, 1979]. По нашим данным, в конце вегетации (октябрь) апикальные почки *H. sosnowskyi* содержали около $7,0$ мг H_2O /мг сухой массы, что сопоставимо с количеством воды в апексах корневищ *Achillea millefolium* ($9,0$ мг H_2O /мг сухой массы). Апексы корневищ *A. millefolium* в состоянии вынужденного покоя способны без повреждения выдерживать промерзание до $-9^\circ C$ [Маслова и др., 2013]. Учитывая, что стеблекорни *H. sosnowskyi* и верхушки корневищ *A. millefolium*, зимуют в почве в сходных экологических условиях и содержат практически равное количество воды, можно предположить, что оба вида будут необратимо повреждаться температуре почек ниже $-10^\circ C$. Корешки проростков *H. sosnowskyi*, собранных в марте под снежным покровом, как и апикальные почки растений, осенью содержали $7,3$ мг H_2O / мг сухой массы и полностью замерзли при температуре $-8,5^\circ C$, что объясняет гибель семян их охлаждения ниже $-10^\circ C$.

В подзоне средней тайги меристематический потенциал растений *H. sosnowskyi* включает до $20\ 000$ шт. семян и около 20 шт. почек возобновления растений старше одного года на один квадратный метр ценопопуляции [Dalke et al., 2015]. Все эти очаги возобновления чувствительны к промораживанию почвы и в отсутствие снежного покрова могут полностью погибнуть. Выявленный эффект может служить основой для разработки технологии контроля численности растений *H. sosnowskyi* с помощью удаления снежного покрова. В подходящих по климатическим условиям регионам такой метод ликвидации зарослей данного вида может быть востребован на территориях детских садов, школ, медицинских учреждений, водоохраных зон, где использование химических способов борьбы с растениями ограничено или запрещено.

Работа выполнена при поддержке проекта № 16-44-110694 р. а «Эколого-физиологическое моделирование географических пределов распространения инвазивных видов растений на примере *Heracleum sosnowskyi* в таежной зоне европейской части России» выполняемого на основе Соглашения между Правительством Республики Коми и Российским фондом фундаментальных исследований на 2013–2017 годы.

Литература

Агроклиматические ресурсы Коми АССР. 1973. СПб.: Гидрометеиздат. 136 с. Александрова М. И. 1971. Некоторые виды борщевика в среднетаежной зоне Коми АССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киров. 26 с. Веселкин Д. В., Иванова Л. А., Иванов Л. А. и др. 2017. Способность к быстрому использованию ресурсов как основа инвазивного синдрома *Heracleum sosnowskyi* // Доклады Академии наук. Т. 473, № 1. С. 114–117. Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов (Электронный документ): СанПиН 1.2.2584-10. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902204851> Дальк И. В., Чадин И. Ф., Захожий И. Г. 2018. Анализ мероприятий по ликвидации нежелательных зарослей борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на территории Российской

Федерации // Российский журнал биологических инвазий. № 3. С. 44–61. Далькэ И. В., Чадин И. Ф. 2010. Влияние глифосатсодержащего гербицида на рост, развитие и функциональные показатели борщевика Сосновского // Известия Коми научного центра Уральского отделения РАН. № 4. С. 36–42. Климов С. В. 2001. Пути адаптации растений к низким температурам // Успехи современной биологии. Т. 121. С. 3–22. Маслова С. П., Табаленкова Г. Н., Малышев Р. В., Головкин Т. К. 2013. Сезонные изменения роста и метаболической активности подземных побегов тысячелистника обыкновенного // Физиология растений. Т. 60, № 6. С. 865–873. Маслова С. П., Малышев Р. В., Далькэ И. В. 2018. Влияние температуры на рост и энергетический баланс молодых тканей борщевика Сосновского в условиях Севера // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; Гуманитарный ун-т. С. 555–559. Матвеев Л. Т. 1984. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат. 752 с. Озерова Н. А., Кривошеина М. Г. 2018. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // Российский журнал биологических инвазий. № 1. С. 78–87. Сацыперова И. Ф. 1984. Борщевики флоры СССР — новые кормовые растения. Л.: Наука. 223 с. Скупченко Л. А. 1989. Семеноведение борщевика на Севере. Л.: Наука. 119 с. Трунова Т. И. 2007. Растение и низкотемпературный стресс. М.: Наука. 54 с. Туманов И. И. 1979. Физиология закалывания и морозостойкости растений. М.: Наука. 350 с. Хантимер И. С. 1974. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л. 221 с. Якимович Е. А., Ясюченя О. А., Ивашкевич А. А. 2013. Методические рекомендации по применению гербицидов для борьбы с борщевиком Сосновского / РУП «Институт защиты растений». Минск. 92 с. Chadin I., Dalke I., Zakhozhiy I. et al. 2017. Distribution of the invasive plant species *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Komi Republic (Russia) // *PhytoKeys*. Vol. 77. P. 71–80. doi:10.3897/phytokeys.77.1186. Dalke I., Malyshev R., Maslova S. 2018. Growth of *Heracleum sosnowskyi* Manden. plant in indoor conditions after end of vegetation period (Электронный документ). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1244757>. Dalke I. V., Chadin I. F., Zakhozhiy I. G. et al. 2015. Traits of *Heracleum sosnowskyi* Plants in Monostand on Invaded Area // *PLoS ONE*. Vol. 10, № 11. P. e0142833. doi.org/10.1371/journal.pone.0142833. *Ecology and Management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. 2007 / Eds. P. Pysek, M. J. W. Cock, W. Nentwig, H. P. Ravn. CABI Publishing Wallingford, United Kingdom. 352 p. *Invasive species management. A handbook of principles and techniques*. 2009 / Eds. M. N. Clout, P. A. Williams. Oxford: Oxford University Press. 308 p. *R Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017. URL: <https://www.R-project.org>

СУРОК БАЙБАК (*MARMOTA BOBAC MULLER, 1776*) В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

В. И. Дробот, Т. М. Шонгина

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, drobot58gmail.com

Информация о сурке байбаке на территории Республики Марий Эл преимущественно представлена в официальных материалах министерств и ведомств, осуществляющих контроль в сфере природопользования и охраны окружающей природной среды. К сожалению эти материалы, как правило, не обладают полнотой данных, а порой даже содержат противоречивые сведения. Это приводит к разночтению, искажению информации и не позволяет оценить ситуацию в целом. Поэтому цель нашей работы заключалась в том, чтобы на основе базовой информации и проведенных собственных исследований оценить реальное состояние популяции сурка байбака в Республике Марий Эл. В задачи исследований входило:

- 1) анализ динамики численности сурков за период их существования в республике;
- 2) изучение пространственной структуры поселения сурков на территории Горномарийского района;
- 3) оценка численности сурков и характер динамики их колоний на территории Горномарийского района.

Полевые работы проводились с марта по октябрь 2015 года. Натурными обследованиями были охвачены территория заказника «Емешевский» и прилегающие к нему участки, на которые расселились сурки. Во время полевых работ осуществлялся тотальный учет нор животных и их картирование с использованием GPS устройств. По структуре тропинойной сети, проложенной сурками, определялись границ семейных участков. В каждой семье оценивались: численность животных, возрастной состав, характер использования нор. В представленной работе обсуждается только часть собранного материала.

Сурок байбак, или степной сурок (*Marmota bobak Muller, 1776*) в природных экосистемах Марийского края появился в результате преднамеренной интродукции по инициативе Управления охотничьего хозяйства Республики Марий Эл с целью «обогащения» охотничьей фауны. Первые 50 сурков были завезены в 1993 году из Республики Татарстан. Их выпустили в урочище «Почисти» Горномарийского района [Информационный портал...]. В 1994 году с целью охраны сурков в районе их выпуска был организован Государственный заказник «Емешевский». Позднее, когда стали формироваться новые колонии сурков за пределами границ охраняемой территории, площадь заказника была расширена с первоначальных 1,7 тыс. га до современных 5,8 тыс. га. По данным Министерства природных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды Республики Марий Эл в 2005 году были проведены выпуски животных на территории Оршанского, Советского, Звениговского и Новоторъяльского районов. Из Республики Татарстан в совокупности было завезено 122 сурка, последующая судьба этих животных остается неизвестной. Точных данных о возрастном и половом составе групп интродуцированных животных нет. Известно только, что среди сурков, выпущенных в Горномарийском районе, было 10 взрослых самцов, 10 взрослых самок и 30 молодых особей. Имеющаяся информация о численности сурков и ее динамике не обладает полнотой и порой весьма разноречива. Обобщенные сведения результатов мониторинга численности сурка байбака, проведенного за последние 12 лет Департаментом животного мира Республики Марий Эл и Министерством природных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды Республики Марий Эл, представлены в

таблице 1. Из-за ограниченности информации имеющиеся материалы позволяют в полной мере провести анализ и составить картину состояния популяции байбака в республике. В первую очередь потому, что преимущественно приводятся сведения только о суммарной численности животных без уточнений географического либо административного расположения поселений сурков [Доклад об экологической ситуации..., 2012; 2018]. Лишь в исключительных случаях можно встретить более развернутую информацию. Например, в сводке за 2015 год содержатся сведения как о суммарной численности сурков в республике, так и о их распределении по районам. Согласно результатам учетов в Республике Марий Эл на 2015 год обитало 502 особи, из них 487 — на территории Горномарийского района и 15 — на территории Звениговского района. Порой остается непонятной судьба «бесхозных» особей. Например, в сводках за 2016 и 2017 года суммарная численность сурков оценивалась в 509 и 542 особи, из которых в Горномарийском районе учено 384 и 392 особи соответственно (табл. 1). Где обитали остальные 125 сурков в 2016 году и 150 особей в 2017 году остается непонятным. Несмотря на относительно больший объем информации о сурках в Горномарийском районе, ситуация остается неопределенной, поскольку в сведениях, касающихся численности животных, зачастую фигурируют лишь данные со ссылкой на заказник «Емешевский». Однако часть современного поселения животных, оставаясь в административных границах района, уже давно переместилась за пределы заказника. Поэтому возникает вопрос — идет ли речь в таких случаях только о животных, обитающих в границах заказника, либо подразумевается суммарная численность сурков во всем районе? Кроме того, в условиях отсутствия актуальной информации нет возможности провести анализ динамики количества семей в колониях, их возрастного состава, площади занимаемой территории.

Таблица 1

Динамика численности сурка байбака в Республике Марий Эл

Административный район	2008 г.*	2009 г.*	2010 г.*	2011 г.*	2012 г.**	2013 г.**	2014 г.**	2015 г.**	2016 г.**	2017 г.**	2018 г.**
Горномарийский								487	384***	392	327
Звениговский								15			
Без уточнений									125	150	
Всего по РМЭ	361	500	479	481	516	505	505	502	509	542	327

Примечания: * — [Доклад..., 2012]; ** — [Доклад..., 2018]; *** — [Информационный портал...].

В соответствии с данными наших исследований анализ локализации группировок сурков показал, что животные предпочитали занимать остепненные участки оврагов, не обремененные активной антропогенной деятельностью. Норы животных в пределах каждой локализации размещались в линейном порядке вдоль склонов с высотой травостоя не более 30 см. В ряде случаев расстояния между норами ближайших семейных группировок составляли несколько километров, что не позволяло суркам осуществлять зрительно-звуковую коммуникацию (рис.). Данный факт указывает на наличие выраженных границ между отдельными группировками животных и их относительную обособленность. Согласно современным представлениям простейшая территориальная группировка животных, которая занимает относительно обособленную и совместно используемую территорию, включает в свой состав преимущественно родственных особей, объединенных общностью зрительно-звуковых реакций называют колонией [Колесников, 2011]. Исходя из этого всю совокупность группировок сурков в Горномарийском районе на момент проведения исследований можно представить в виде четырех колоний, получивших условные названия: «Ямолино», «Актушево», «Акчерино», «Юнга». Колония «Акчерино» находится за границами заказника «Емешевский», остальные три колонии — на его территории (рис.). Учитывая характер размещения колоний и расположения в них семейных групп, пространственную структуру поселения сурков в Горномарийском районе можно охарактеризовать как поселение балочного (ленточного) типа. В связи с отсутствием официальных данных точный возраст большинства колоний установить невозможно. Исключение составляет колония «Ямолино», сформированная в 1993 году в результате первичного выпуска сурков. Для определения возраста прочих колоний в наших исследованиях были использованы материалы опросного характера.

По данным Минприроды Республики Марий Эл, в 2015 году на территории Горномарийского района обитало 487 особей [Доклад..., 2018]. К сожалению, по имеющейся информации оценить численность сурков в отдельных колониях, количество семей и их возрастной состав не представляется возможным. Согласно нашим подсчетам, в 2015 году на момент ухода животных в зимнюю спячку численность животных во всем поселении сурков составляла 442 особи, что на 45 особей меньше по сравнению с официальными данными. В целом в составе поселения было учтено 87 семей, состоявших из 214 взрослых и 228 сеголеток. В том числе 342 сурка (166 взрослых и 176 сеголетков) обитали на территории заказника «Емешевский», где они сформировали 67 семей. Остальные 20 семей (48 взрослых и 52 сеголетка) находились за пределами охраняемой территории.

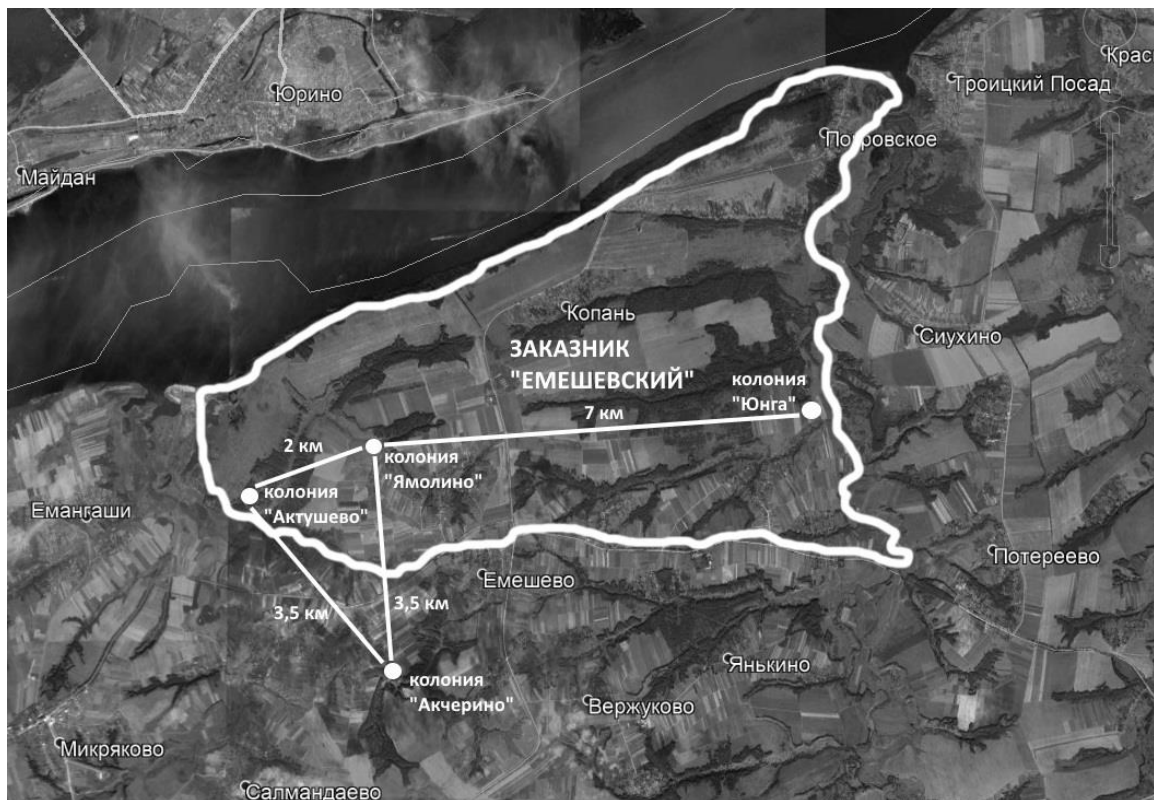


Схема расположения колоний сурка байбака в Горномарийском районе Республики Марий Эл, 2015 г.

Более подробная характеристика качественного и количественного состава колоний сурков представлена в таблице 2. Из трех колоний заказника «Емешевский» самой многочисленной оказалась «базовая» колония «Ямолино», формировавшаяся из первых выпущенных сурков. Она включала 39 семей общей численностью 195 особей, в том числе 94 — взрослые и 101 — сеголетки. Отметим, что изначально эта колония состояла из 20 взрослых особей и 30 сеголетков. Таким образом, за 23 года ее существования суммарная численность животных увеличилась в 3,9 раза. С учетом того, что первый приплод в колонии был отмечен только в 1996 году, за 20 лет репродуктивной активности средний ежегодный прирост составил 7 особей. Очевидно, что темпы роста этой колонии низкие. Второй по возрасту и численности была колония «Актусево». По данным наших учетов в ее состав входило 24 семьи с суммарной численностью 127 особей (62 — взрослые, 65 — сеголетки). За время существования колонии прирост населения сурков ориентировочно составил 8 особей/год. Очевидно, что низкие темпы роста численности сурков в этих двух колониях не способствовали формированию активно развивающихся колоний и широкому расселению животных на сопредельные территории. Обе колонии находились в стадии стагнации. Еще в более угнетенном состоянии была колония «Юнга», которая являлась не только самой молодой в границах заказника, но и самой малочисленной. На момент проведения исследований эта колония состояла из 20 сурков в составе 4 семей и включала по 10 сеголетков и взрослых особей. Учитывая малый возраст колонии, а также отсутствие данных о стартовом количестве особей рассчитать ежегодный прирост сурков в ней сложно. Тем не менее очевидно, что колония функционирует на грани выживания.

Таблица 2

Характеристика поселения сурка байбака на территории Горномарийского района Республики Марий Эл, 2015 г.

Колония	Начало формирования, год	Возраст, лет	Количество семей	Численность, особи		
				взрослые	сеголетки	всего
«Ямолино»	1993	23	39	94	101	195
«Актусево»	2000*	16*	24	62	65	127
«Юнга»	2012*	4*	4	10	10	20
Всего: заказник «Емешевский»	1993	23	67	166	176	342
«Акчерино»	2008*	8*	20	48	52	100
Все поселение	1993	23	87	214	228	442

Примечание: * — ориентировочные сроки по результатам опросных данных.

За пределами заказника «Емешевский» была обнаружена одна колония, получившая условное название «Акчерино». Учитывая, что официальная информация о намеренном перемещении сурков за пределы заказника отсутствует, уместно предположить, что эта колония сформировалась в результате самостоятельного расселения животных из соседних колоний «Ямолино» и/или «Актушево», расположенных от колонии «Акчерино» на расстоянии около 3,5 км (рис.). Возраст колонии ориентировочно составляет 8 лет. Колония состояла из 20 семей. В их составе 48 взрослых особей и 52 — сеголетки. Темпы роста колонии «Акчерино» заметно выше по сравнению с прочими колониями и составляли в среднем 12–13 особей/год. В отличие от колоний, расположенных на территории заказника, прогресс развития этой колонии очевиден.

Вне зависимости, происходило ли естественное или принудительное перемещение животных на новые места проживания, во всех колониях на территории заказника «Емешевский» отмечались низкие темпы роста численности животных. Можно предположить несколько вероятных причин этого явления. Во-первых, ограниченность кормовых и гнездовых ресурсов в заселенных сурками биотопах. Запрет выпаса скота на территории заказника привел к зарастанию пригодных для сурков участков биотопов высоким травостоем. Для сурков этот фактор является критическим, поскольку ограничивает возможность визуально-звукового контакта животных внутри колонии и сдерживает расширение ее территории. Заброшенные пахотные угодья, не заселенные животными, так же быстро зарастали и становились непригодными для байбаков. Во-вторых, слабые темпы роста численности сурков в колониях, по всей вероятности, связаны с низким стартовым количеством семей в них, о чем указывается в ряде работ [Колесников, 2011]. Предполагается, что минимальное начальное количество семей для формирования бурно развивающейся колонии должно быть не менее шести. В противном случае формируются вяло развивающиеся колонии, и даже при достижении порогового значения 6–8 семей динамика роста колонии не меняется. В такой ситуации, вероятно, начинает негативно сказываться ограниченность генетического разнообразия внутри колонии, ведущая к снижению жизнеспособности потомства. Другие негативные причины, как браконьерство и пресс хищников в нашем случае документально не подтверждены.

По результатам наших исследований можно сделать следующие выводы:

1. Ограниченность доступной информации не позволяет провести детальный анализ динамики численности популяции сурка байбака за весь период их обитания на территории Республики Марий Эл.

2. Современное поселение сурков на территории Горномарийского района относится к балочному типу и состоит из четырех колоний, три из которых «Ямолино», «Актушево», «Юнга» располагаются в границах особо охраняемой природной территории — заказник «Емешевский», колония «Акчерино» — на землях иных пользователей.

3. В составе поселения учтено 87 семей сурков общей численностью 442 особи. Из них 342 сурка (67 семей) обитало на территории заказника «Емешевский». К активно развивающимся можно отнести только колонию «Акчерино». Все существующие колонии заказника имеют плохие перспективы развития: две из них — «Ямолино» и «Актушево» находятся в состоянии стагнации, колония «Юнга» существует на грани выживания.

Литература

Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл в 2011 году. 2012. Департамент экологической безопасности, природопользования и защиты населения Республики Марий Эл. Йошкар-Ола. С. 94–95. Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2017 год. 2018. Министерство природных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды Республики Марий Эл. Ижевск: ООО «Принт-2». С. 57–58. Информационный портал Правительства Республики Марий Эл. URL: http://mar-el.gov.ru/debzn/Pages/170407_1.aspx. Заглавие с экрана. Колесников В. В. 2011. Ресурсы и управление популяциями степного (*Marmota bobak*), серого (*M. baibacina*) и монгольского (*M. sibirica*) сурков: дис. ... д-ра биол. наук. Киров. 286 с.

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ В СТРУКТУРЕ ПРЕСНОВОДНОЙ ИХТИОФАУНЫ БАССЕЙНА Р. ОБЬ

Е. А. Интересова

Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
e.interestova@ngs.ru

В бассейне р. Обь отмечено 22 чужеродных вида рыб. Из них для 3 видов интродукция была неудачной и в настоящее время в Западной Сибири кета *Oncorhynchus keta*, черный буффало *Ictiobus niger* и черный амур *Mylopharyngodon piceus* в естественных водоемах и водотоках не встречаются; для 2 видов (горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* и микижа *Parasalmo mykiss*) известны случаи поимки, но на сегодняшний день достоверных сведений об их естественном воспроизводстве в бассейне р. Обь нет; 8 видов (пестрый толстолобик *Aristichthys nobilis*, белый толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix*, белый амур *Stenopharyngodon idella*, большеротый буффало *Ictiobus cyprinellus*, канальный сомик *Ictalurus punctatus*, кумжа *Salmo trutta*, европейская ряпушка *Coregonus albula* и европейская корюшка *Osmerus eperlanus*), вероятно, обра-

зовали локальные самовоспроизводящиеся популяции, но не начали саморасселение; и 9 видов (обыкновенный судак *Sander lucioperca*, лещ *Abramis brama*, сазан *Cyprinus carpio*, верховка *Leucaspis delineatus*, уклейка *Alburnus alburnus*, амурский чебачок *Pseudorasbora parva*, головешка-ротан *Percottus glenii*, вьюн Никольского *Misgurnus nikolskyi* и малая южная колюшка *Pungitius platygaster*) не только образовали самоподдерживающиеся популяции, но и начали саморасселение [Интересова, 2016].

Большая часть отмеченных в бассейне р. Обь чужеродных видов рыб является представителями сем. Сурпинidae (41 %). Из натурализовавшихся видов большинство также относится к этому семейству. Ни один из представителей сем. Salmonidae, относительно многочисленных среди объектов акклиматизационных работ в Обском бассейне, не натурализовался (рис. 1).

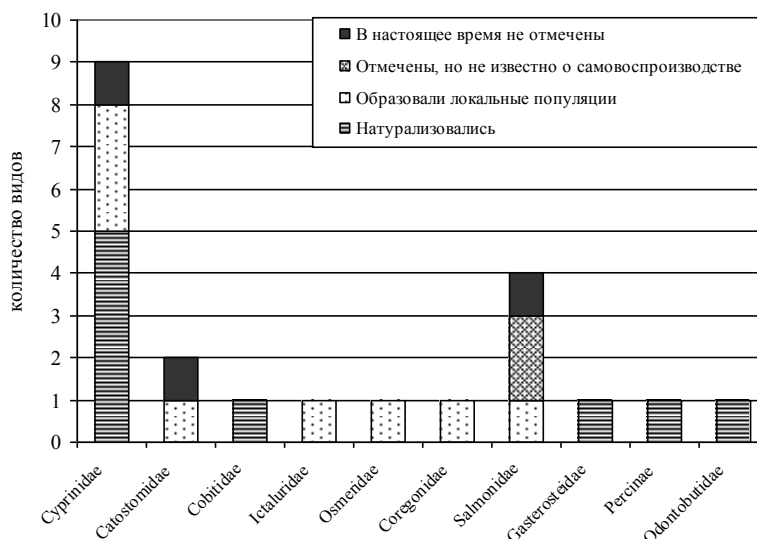


Рис. 1. Натурализация в бассейне р. Обь чужеродных видов рыб из различных семейств

Преимущественно чужеродные виды рыб, отмеченные в бассейне р. Обь, происходят из двух регионов: 41 % из Европы и 32 % из Восточной Азии. При этом все виды из Понто-Каспийского бассейна натурализовались, из Северной Европы – образовали локальные популяции, а виды из Восточной Азии частично натурализовались или образовали локальные популяции (по 43 % от привнесенных видов) и один вид на сегодняшний день не отмечен в Обском бассейне (рис. 2).

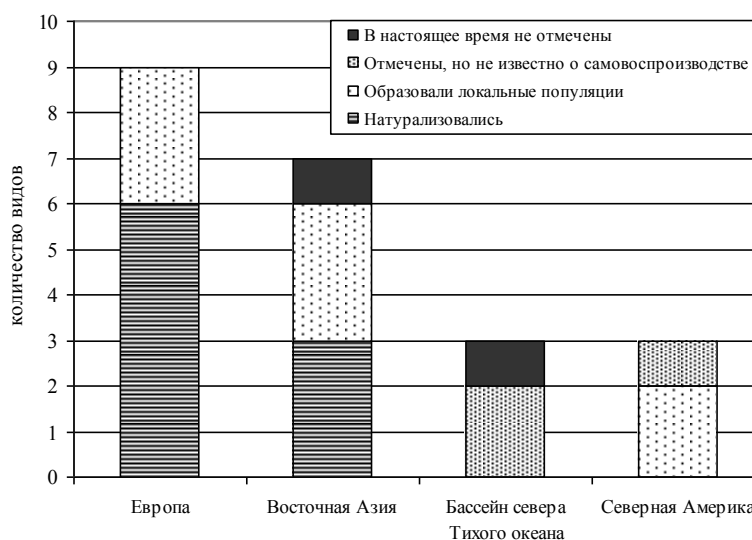


Рис. 2. Натурализация в бассейне р. Обь чужеродных видов рыб из различных регионов

Наиболее успешно в бассейне р. Обь натурализовались виды – представители понтического пресноводного фаунистического комплекса (100 % вселенцев образовало самовоспроизводящиеся популяции в естественных водоемах, и начали саморасселение). Ни один из интродуцировавшихся представителей бореального предгорного и арктического пресноводного фаунистических комплексов в регионе не натурализовался (рис. 3).

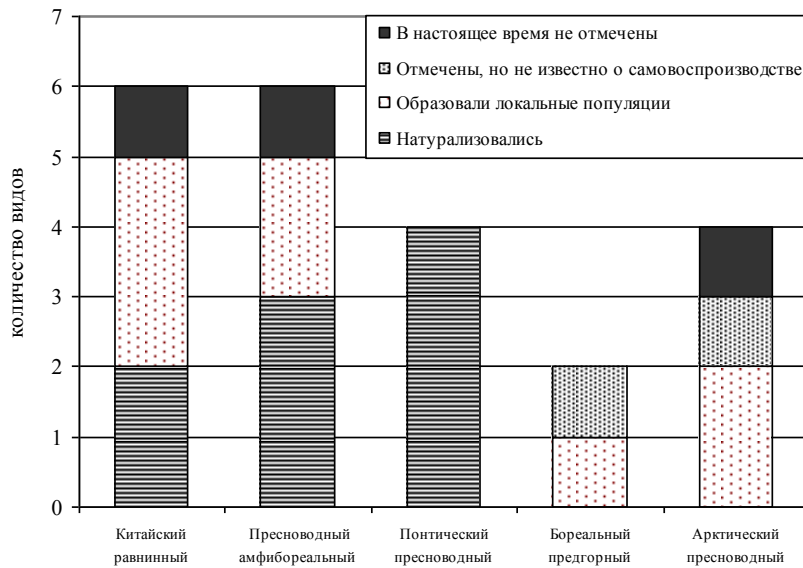


Рис. 3. Натурализация в бассейне р. Обь чужеродных видов рыб различных фаунистических комплексов

Наиболее активно попытки акклиматизации новых для бассейна р. Обь видов рыб предпринимались в 50–80-х годах XX века [Иоганзен, 1972; Кудерский, 2015], однако наибольшее число чужеродных видов отмечено в 1980–2000-х годах (рис. 4).

Это связано с возрастанием числа интродуцентов, не являющихся объектами акклиматизационных работ, количество которых увеличивается до настоящего времени (рис. 5). Это вызвано, с одной стороны, недостаточным контролем при проведении работ по интродукции гидробионтов, приведшем, например, к натурализации верховки [Кривошеков, 1973], с другой стороны, очевидно, что создание водной связи между бассейнами рек Обь и Волга [Корляков, Нохрин, 2014], Обь и Нура [Зюганов, 1984] способствует проникновению чужеродных видов рыб.

Из начавших саморасселение видов в настоящее время два (лещ и судак) распространены по всему бассейну; четыре (сазан, верховка, уклейка и ротан) – широко, но не по всему бассейну; и три вида (амурский чебачок, вьюн и малая южная колюшка) известны на ограниченных территориях. Наибольшее число чужеродных видов характерно для Верхне- и Средне-Иртышского участков бассейна р. Обь. Однако саморасселение продолжается [Решетников и др., 2017].

Известно, что неогеновая ихтиофауна на территории Сибири включала такие роды как *Abramis*, *Gymnocephalus* (*Acerina*), *Acipenser*, *Alburnus*, *Blicca*, *Chondrostoma*, *Coregonus*, *Esox*, *Gobio*, *Leuciscus*, *Sander* (*Lucioperca*), *Perca*, *Pungitius*, *Rutilus*, *Scardinius*, *Silurus*, *Tinca* [Яковлев, 1961]. Возможно, успешность интродукции леща, судака и уклейки определена освоением ими своих доледниковых ареалов. Это наблюдение имеет некоторую прогности-



Рис. 4. Динамика акклиматизационных работ и натурализации чужеродных видов рыб в бассейне р. Обь

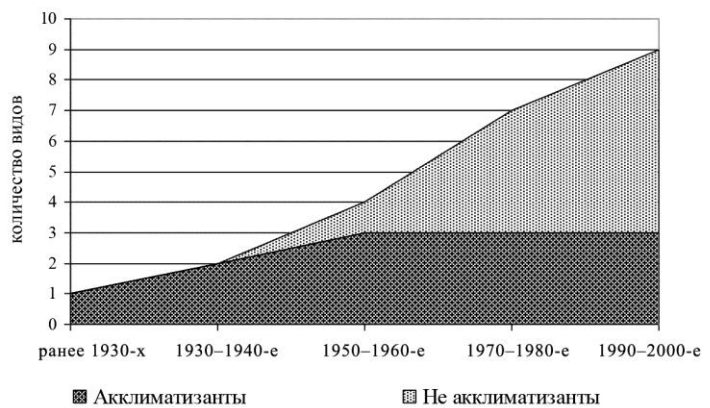


Рис. 5. Соотношение натурализовавшихся объектов акклиматизационных работ и иных чужеродных видов рыб в бассейне р. Обь

ческую ценность, позволяя предполагать возможность натурализации таких видов, как белоглазка *Abramis sapa*, густера *Blicca bjoerkna*, волжский подуст *Chondrostoma variable*, голавль *Leuciscus cephalus*, красноперка *Scardinius erythrophthalmus* и европейский сом *Silurus glanis* в случае проникновения их в Обской бассейн. Однако это не исключает натурализацию иных родов рыб.

Таким образом, в настоящее время в бассейне р. Обь чужеродные виды имеют существенное значение в структуре ихтиофауны, составляя 33 % от числа обитающих в регионе пресноводных видов рыб. В результате инвазий число карповых видов рыб, всегда наиболее многочисленных в бассейне Оби, увеличилось на 73 %. Кроме того, ихтиофауна региона пополнилась тремя семействами: Catostomidae, Ictaluridae и Odontobutidae.

Литература

- Зюганов В. В. 1984. О проникновении аральской колюшки в бассейн Оби // Вопросы ихтиологии. Т. 24, вып. 4. С. 671–672.
- Интересова Е. А. 2016. Чужеродные виды рыб в бассейне Оби // Российский журнал биологических инвазий. Т. 55, № 1. С. 83–100.
- Иоганзен Б. Г., Петкевич А. Н., Вотинов Н. П. и др. 1972. Акклиматизация и разведение ценных рыб в естественных водоемах и водохранилищах Сибири и Урала. Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство. 286 с.
- Корляков К. А., Нохрин Д. Ю. 2014. Тенденции возникновения инвазионного коридора Волга-Обь // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. № 2. С. 19–28.
- Кривошеков Г. М. 1973. Верховка в Западной Сибири // Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования: материалы Регион. совещ. по изучению водоемов Сибири. Томск: Изд-во ТГУ. С. 86–87.
- Кудерский Л. А. 2015. Акклиматизация рыб в водоемах России: состояние и пути развития // Избранные труды. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежным дисциплинам. Т. 4. Акклиматизация рыб в водоемах России. Сборник научных трудов ФГБНУ «ГосНИОРХ». Вып. 343. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК. 290 с.
- Решетников А. Н., Голубцов А. С., Журавлев В. Б. и др. 2017. Расширение ареалов ротана *Perccottus glenii*, верховки *Leucaspis delineatus* и уклейки *Alburnus alburnus* в бассейне р. Обь // Сибирский экологический журнал. Т. 24, № 6. С. 697–707.
- Яковлев В. Н. 1961. Распространение пресноводных рыб неогена Голарктики и зоогеографическое районирование // Вопросы ихтиологии. Т. 1, вып. 2. С. 209–220.

АНАЛИЗ ИНВАЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ И ПУТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОВАДНЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARIFORMES)

И. О. Камаев

Всероссийский центр карантина растений, Московская область, пгт. Быково, Россия
ilyakamayev@yandex.ru

Акариформные клещи (Acariformes), относящиеся к Tetranychoidae, Eriophyoidea, Tarsonemidae, Acaridae и др., являются экономически значимыми вредителями многих сельскохозяйственных и лесных видов растений. В последнее время отдельное направление акарологии посвящено исследованию инвазий растительноядных клещей. Следует отметить, что кроме прямого негативного воздействия от данных организмов, существует проблема переноса клещами фитопатогенов [Slykhuis, 1965; Stenger et al., 2005; Rodrigues, Childers, 2013].

Исследование инвазионной активности клещей затрудняется слабой изученностью акарофаун многих регионов мира. В случае галлового клеща фуксии (*Aculops fuchsiae* Keifer, 1972) было достоверно зарегистрировано его появление в Северной Америке и в последующем на Европейском континенте [Ostojá-Starzewski, Eyre, 2013]. Однако зачастую решение вопроса о первичном ареале и реконструкции формирования вторичного ареала того или иного инвазионного вида невозможно без применения молекулярно-генетических методов. Таким образом, было установлено, например, что центром происхождения красного пальмового клеща-плоскотелки (*Raoiella indica* Hirst, 1924), который в 2000-е гг. стал активно расселяться в Африке и Латинской Америке, вероятнее всего, является австралийский континент, а не Передняя Азия, как считалось ранее [Roda et al., 2008; CABi, 2018]. В случае красного томатного паутинного клеща (*Tetranychus chusevansi* Baker & Pritchard, 1960) было известно, что он происходит из Южной Америки широко распространяется в странах Африки и средиземноморского бассейна (последние обнаружения в 2017 г. зарегистрированы в Сербии и Турции). И лишь путем генотипирования было выявлено, что инвазия *Tetranychus chusevansi* в средиземноморский регион проходила неоднократно и разными путями [Boubou et al., 2012; Navajas et al., 2013].

Анализ путей распространения инвазионных видов растительноядных клещей показывает, что проникновение данных вредителей на новые территории (особенно, континенты, удаленные страны) происходит с помощью растительной продукции, тогда как после основания популяции вредителя расселение на большие расстояния может происходить естественными путями. На прошедшем в сентябре 2018 г. XV Международном акарологическом конгрессе в рамках отдельного симпозиума отмечалось, что в настоящее время перемещения растительной продукции в результате торговли имеют первостепенное значение для инвазий клещей в мире. При этом случайный перенос без связи с растениями-хозяевами, например, с транспортными средствами, маловероятен. Иными словами — антропогенный фактор является определяющим, и с учетом этого инвазии наиболее вредоносных видов, после придания им статуса карантинного объекта, могут регулироваться странами в рамках Международной конвенции по карантину и защите растений.

Как следует из анализов фитосанитарного риска, проведенных специалистами ФГБУ «ВНИИКР» и ЕОКЗР, основными путями проникновения растительноядных клещей являются следующие:

1. Посадочный и горшечный материал. Перемещение клещей этим путем наиболее вероятно и возможно благодаря тому, что клещи могут обитать в тканях растения-хозяина (например, Eriophyoidea) или скрываться в микроукрытиях, частях растения и грунте, где переживают неблагоприятные условия транспортировки продукции. Расселение также возможно на разных онтогенетических стадиях, в том числе на стадии яйца, и в этом случае обработки не будут оказывать воздействие. По этим же причинам существующие фитосанитарные процедуры не всегда эффективны: выявление затруднено мелкими размерами клещей или их скрытым образом жизни, симптомы повреждений часто не явные (и проявляются при высокой численности клещей), а идентификация возможна лишь на взрослой стадии (иногда требуется наличие особей обоих полов), требует высокой квалификации специалистов и микроскопической техники исследовательского класса. Для решения этих проблем необходимо наблюдение за посадочным материалом в карантинных питомниках (теплицах) или аудит национальными организациями по карантину и защите растений фитосанитарного состояния предприятий, осуществляющих поставки посадочного материала. Последнее особенно актуально в случае предприятий, специализирующихся на реэкспорте посадочного материала. Следует отметить, что размещение пораженного посадочного материала в одном месте без соблюдения правил карантина растений может привести к заражению вредителем всего посадочного материала, например, в питомнике или местах его временного хранения.

2. Срезанные ветви и части побегов растений, включая срезку цветов, из мест распространения вредителя. Этим путем в вегетационный сезон особи могут легко попадать на другие растения-хозяева, распространяясь естественными путями.

3. Плоды растений-хозяев. Связь растительноядных клещей с плодами подчеркивается в соответствующем стандарте Североамериканской организации по защите растений [Morphological Identification..., 2014]. На плодах клещи могут распространяться также на стадии яйца.

Следует выделить еще один возможный путь распространения растительноядных клещей с помощью продукции — агенты биологической борьбы (биоагенты): насекомые-энтомофаги или хищные клещи, которые содержат в качестве кормовой базы культуры растительноядных клещей.

После основания инвазионных видов растительноядных клещей дальнейшее их распространение происходит как при внутреннем перемещении растительной продукции и с инвентарем, спецодеждой и др., так и естественными путями, к числу которых относятся самостоятельное перемещение, перенос ветром, насекомыми-опылителями, водой, в редких случаях птицами и др.

Таким образом, инвазионная активность растительноядных клещей в настоящее время во многом определяется антропогенным фактором (торговыми перевозками растительной продукции), и поэтому применение превентивных фитосанитарных мер более эффективно для предотвращения распространения экономически значимых вредителей.

Литература

- Boubou A., Migeon A., Roderick G. K. et al. 2012. Test of colonisation scenarios reveals complex invasion history of the red tomato spider mite *Tetranychus evansi* // PLoS ONE. Vol. 7 (4) P. e35601. CABI. 2018. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/46792>. *Morphological Identification of Spider Mites (Tetranychidae) affecting Imported Fruits*. 2014. DP03. Prepared by the members of the NAPPO Expert Group (previous Technical Advisory Group) on Fruit Tetranychus Mites. 30 p. Navajas M., de Moraes G. J., Auger P., Migeon A. 2013. Review of the invasion of *Tetranychus evansi*: biology, colonization pathways, potential expansion and prospects for biological control // Exp. Appl. Acarol. Vol. 59. P. 43–65. Ostojá-Starzewski J. C., Eyre D. 2012. Fuchsia gall mite, *Aculops fuchsiae* // Plant Pest Factsheet. The Food and Environment Research Agency (FERA), York, UK. 4 pp. Roda A., Dowling A., Welbourn C. et al. 2008. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida // Proceedings of the Caribbean Food Crops Society. Vol. 44 (1). P. 80–87. Rodrigues J. C. V., Childers C. C. 2013. *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae): vectors of invasive, non-systemic cytoplasmic and nuclear viruses in plants // Exp. Appl. Acarol. Vol. 59. P. 165–175. Slykhuis J. T. 1965. Mite Transmission of Plant Viruses // Advances in Virus Research. Vol. 11. P. 97–137. Stenger D. C., Hein G. L., Gildow F. E. et al. 2005. Plant Virus HC-Pro Is a Determinant of Eriophyid Mite Transmission // J. Virol. Vol. 79 (14). P. 9054–9061.

ПОИСК БИОАГЕНТОВ ПРОТИВ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ ГИБРИДОГЕННОГО КОМПЛЕКСА *REYNOUTRIA* HOULTT.

А. Г. Куклина, О. В. Каштанова, Л. Ю. Трейвас

Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия, alla_gbsad@mail.ru

Сохранение биологического разнообразия природной флоры осложняется из-за инвазионных видов, негативно воздействующих на аборигенные экосистемы. В семействе Polygonaceae высокой степенью инвазивности характеризуются представители рода *Reynoutria* Houtt., ранее принадлежащие к родам *Polygonum* L. и *Fallopia* Adans. Из Японии в Европу и Северную Америку проникла *R. japonica* Houtt., включенная проектом DAISIE (<http://www.europe-aliens.org>) в Top-100, как агрессивный вид в Европе. Сахалинская

гречиха (*R. sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai) обычно встречается в культуре, но способна спорадически натурализоваться в Северной и Средней Европе [Виноградова, Куклина, 2012]; с конца XIX века она стала одним из родителей культивируемого инвазионного вида *R. × bohemica* Chrtek & Chrtková (*R. japonica* × *R. sachalinensis*). Во вторичном ареале *R. japonica* путем гибридизации с близкородственными таксонами в сочетании с полиплоидией значительно увеличила внутривидовое разнообразие; в строении внутренних органов цветка отмечена высокая степень гетерогенности [Tkacheva et al., 2017]. В виду таксономических сложностей, *R. japonica* часто рассматривают в комплексе с видом *R. × bohemica*; оба вида агрессивны и вошли в «Черную книгу флоры Средней России» [Виноградова и др., 2010]. Биохимический анализ инвазионных видов *Reynoutria* позволил выявить тенденции в динамике накопления биологически активных веществ [Kuklina, Tsybulko, 2018], что важно для использования природного материала и сокращения этих популяций.

Опыт европейских стран по биоконтролю за гибридным комплексом *Reynoutria* показал, что регулярное механическое скашивание высокорослых растений не уничтожает, а только приостанавливает их рост [Barney et al., 2006]. Неоднократные химические обработки зарослей *R. japonica* гербицидами в США дают лишь временный эффект [Shaw, Seiger, 2002], неприемлемы в прибрежных биоценозах и вызывают негативные последствия в природе.

Из биологических агентов — фитофагов, способных затормозить развитие *R. japonica* в США рекомендовано использовать жуков *Gallerucida nigromacidata* Baly, в Западной Европе — листоблошку *Aphalara itadori* Shinji [Laznik, Trdan, 2012; Clewley, Wright, 2014]. Патогенная микофлора на *R. japonica* представлена следующими возбудителями болезней: в США — *Puccinia polygoni-weyrichii* Miyabe [Shaw, Seiger, 2002]; в Великобритании — *Puccinia phragmitis* (Schumach.) Tul. [Kurose et al., 2009], позже перепределенный этими авторами, как *Mycosphaerella polygoni-cuspidati* Hara [Kurose et al., 2016]; также *Amphorula sachalinensis* Grove, *Chaetoculis polygonii* (Ellis & Everh.) Clem., *Cytospora polygoni-sieboldii* Henn., *Mycosporium polygoni* Grove, *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., *Phoma anceps* var. *polygoni* Grove и *Ph. polygonorum* Cooke.; в Германии — *Endophragmia ceratii* (Mont.) M. B. Ellis, *Alternaria* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp. и *Phoma* ssp.; в Японии — *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk, *Pezizella effugien* (Roberge ex Desm.) Rehm, *Puccinia phragmitis* (Schumach.) Tul., *P. polygoni-amphibii* Pers., *P. polygoni-weyrichii* Miyabe, *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Helminthosporium* sp. и *Phoma* ssp. [Balogh, 2004].

У *R. sachalinensis* выявлены *Ceriospora polygonacearum* (Petr.) Piroz. & Morgan-Jones, *Mycosporium polygoni* и *Phoma polygonorum*. У *R. × bohemica* отсутствуют данные по микофлоре, но в Германии обнаружены фитофаги, которые часто встречаются на щавеле *Rumex obtusifolius* L.: *Spilarctia luteum* Hufnagel (Arctiidae); *Gasrtoidea viridula* De Geer (Chrysomelidae) и *Pegomia nigratarsis* Zetterstedt (Anthomyidae) [Balogh, 2004].

У *R. japonica* в Японии к фитофагам отнесена *Endoclita excerescens* Butler (Hepialidae); в Великобритании отмечены азиатский усач *Anoplophora glabripennis* Motschulsky (Lamiinae), *Tetranychus urticae* C. L. Koch (Tetranychidae), *Spilarctia luteum* и *Spilosoma lubricipeda* L. (Arctiidae), стрелчатка *Apatete megacephala* Denis et Schiffermuller (Caradrinidae), совки: *Phlogophora meticulosa* L. (Noctuidae), *Taeniocampa gothica* L., *Orthosia circellaris* Hufnagel (Orthosiidae), *Inachis io* L. (Nymphalidae), *Phyllobius pyri* L., *Oti-orhynchus sulcatus* Fabricius (Curculionidae) и *Chrysolina fastuosa* Scopoli (Chrysomelidae) [Balogh, 2004].

В России практически отсутствует биоконтроль за состоянием инвазионных популяций рейнрутии, ущемляющих биоразнообразие и специфику региональных флор. Изучение фитопатогенов и фитофагов авторы проводили в течение 2016–2018 годов у *R. sachalinensis* и *R. japonica* в культуре, на территории ГБС РАН (Москва); у *R. × bohemica* — в инвазионных популяциях Москвы и Московской области. Идентификация грибов и филофагов выполнена стандартными методами [Горленко и др., 1990] в лаборатории защиты растений ГБС РАН. Среди фитопатогенов определены 12 возбудителей грибных болезней: *Puccinia shikotsuensis* S. Ito, *P. polygoni-weyrichii* (Pucciniaceae), *Fusarium culmorum* (Wm. G Sm.) Sacc. (Nectriaceae), *Alternaria tenuis* Nees (Pleosporaceae), *Peronospora fagopyri* Elenev. ex Jacz. & P. A. Jacz. (Peronosporaceae), *Ascochyta fagopyri* Thüm. & P. C. Bolle (Didymellaceae), *Erysiphe polygoni* DC. (Erysiphaceae), *Septoria polygonorum* Desm., *Ovularia rigidula* Delacr. (= *Ramularia rigidula* (Delacr.) Nannf.) (Mycosphaerellaceae), *Rhytisma bistortae* (DC.) Lib. (Cryptomycetaceae), *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary и *Botrytis cinerea* Pers. (Sclerotiniaceae) (табл.).

Из филофагов, чаще всего на *R. sachalinensis* и *R. × bohemica* фиксировали гелицигону каменную (улитку-камнетес) *Helicigona lapicida* L. (Gastropoda: Helicidae) длиной 17–20 мм, которая питалась на листьях в загущенных посадках. В эксперименте с особями *H. lapicida*, помещенными на 7 дней в изолированные стеклянные емкости, было выявлено, что лист *R. sachalinensis* объеден на 25–30 %, у *R. × bohemica* — на 5–10 %, а плотные листья *R. japonica* остались полностью целыми, впрочем, и в посадках на этих растениях фитофагов не было обнаружено.

**Перечень фитопатогенов с характерными повреждениями на вегетативных органах
у инвазионных видов *Reynoutria* в Московском регионе**

<i>Reynoutria sachalinensis</i>	<i>Reynoutria japonica</i>	<i>Reynoutria</i> × <i>bohemica</i>
<i>Botrytis cinerea</i> — бурые пятна и некроз листовой ткани		
<i>Fusarium culmorum</i> — побурение листовой пластинки и поражение жилок		
<i>Erysiphe polygoni</i> — мучнистая роса на листе	<i>Alternaria tenuis</i> — побурение листовой пластинки, появление плотного черного мицелия	
<i>Puccinia polygoni-weyrichii</i> — ржавчина листьев, мелкие коричневые пятна снизу	<i>Puccinia shikotsuensis</i> — снизу листа не-крупные темно-бурые пятна	<i>Puccinia polygoni-weyrichii</i> — ржавчина листьев, темно-бурые мелкие пятна снизу
<i>Ovularia rigidula</i> — снизу листа беловатые пятна неправильной формы с темным ободком	<i>Ascochyta fagopyri</i> — округлые пятна с желтоватым окаймлением	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> — обесцвечивание листовой ткани и жилок
	<i>Septoria polygonorum</i> — мелкие округлые пятна с коричневой каймой	<i>Peronospora fagopyri</i> — ложная мучнистая роса, серо-фиолетовый налет снизу
		<i>Rhizoma bistortae</i> — бурые пятна и некроз на листовой пластинке и черешках

В культуре у *R. sachalinensis* отмечено *грубое объедание значительной части листовой пластинки, особенно в нижнем и среднем ярусе высокорослых растений*, личинками многоядных фитофагов семейства Noctuidae: совка-гамма *Autographa gamma* L. и совка восклицательная *Agrotis exclamatoris* L. Также в местах питания личинок *кленовой белокрылки* *Alurochiton complanatus* Baer (= *A. aceris* Geoffr.) (Aleyrodidae) на листьях *R. sachalinensis* зафиксированы желтоватые пятна диаметром ≥ 1 см. Как ранее установлено [Kawano et al., 1999], растения инвазионных видов *Reynoutria* способны обеспечить систему химической защиты от травоядных насекомых, что, вероятно, значительно сокращает видовое разнообразие вредоносной энтомофауны.

В заключение следует сказать, что эффективность способа борьбы с инвазионной флорой может быть достигнута при помощи узкоспециализированных фитофагов и фитопатогенов с высокой степенью селективности. В процессе поиска биоагентов, способных наносить ущерб инвазионным популяциям *Reynoutria*, в Московском регионе было отмечено 4 фитофага, относящихся к полифагам, и 12 фитопатогенов, имеющих широкий круг растений-хозяев. На наш взгляд, перспективными могут оказаться выявленные нами фитопатогенные микроорганизмы родов *Puccinia*, *Alternaria*, *Peronospora* и *Fusarium*, как потенциальные продуценты биогенных препаратов, полученных на основе продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. С подобными микогербицидами (например, Cast, Collega), обладающими определенной специфичностью, за рубежом уже проводят испытания. В связи с этим, важна дальнейшая работа по изучению биоразнообразия вредоносной фитофауны и патогенной микофлоры, а так же нематофауны, включая особенности их кормовой специфичности.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ГБС РАН № 118021490111-5.

Литература

- Виноградова Ю. К., Куклина А. Г. 2012. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М.: ГЕОС. 186 с. Виноградова Ю. К., Майоров С. П., Хорун Л. В. 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС. 512 с. Горленко С. В., Блинов А. И., Линник Л. И. и др. 1990. Болезни и вредители новых видов кормовых культур. Минск: Наука и техника. 157 с. Balogh L. 2004. Japanese, giant and Bohemian knotweed (*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr., *F. sachalinensis* (Frdr. Schmidt) Ronse Decr. and *F. × bohemica* (Chrtek et Chrtkova) J. P. Bailey) // The most important Invasive plants in Hungary. Vactratot: Inst. of Ecol. and Bot. P. 13–33. Barney J. N., Tharayil N., DiTommaso A., Bhowmik P. C. 2006. The Biology of Invasive Alien Plants in Canada. 5. *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc. [= *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.] // Can. J. Plant Sci. Vol. 86. P. 887–905. Clewley G. D., Wright D. J. 2014. Winter hosts *Aphalara itadori* (Hemiptera: Psyllidae), a classical biological control agent of *Fallopia japonica* (Polygonaceae), in the UK // Biocontrol Science & Technology. Vol. 24, № 10. P. 1197–1201. DAISIE: Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. URL: <http://www.europealiens.org/>. Kawano S., Azuma H., Ito M., Suzuki K. 1999. Extrafloral nectaries and chemical signals of *Fallopia japonica* and *Fallopia sachalinensis* (Polygonaceae), and their roles as defense systems against insect herbivory // Plant Species Biology. Vol. 14. № 2. P. 167–178. Kuklina A. G., Tsybulko N. S. 2018. Phytochemical analysis of the vegetative organs of hybridogenous complex *Reynoutria* Houtt // Biotechnology as an Instrument for Plant Biodiversity Conservation. Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference (October 01st — 05th 2018, Yalta, Russia). Simferopol: PP «ARIAL». P. 150–151. Kurose D., Furuya N., Matsumoto M. et al. 2009. Evaluation of a *Puccinia* Rust as Potential biological control agent of Fallen // Journal Fac. Agr. Kyushu University. Vol. 54. № 1. P. 59–64. Kurose D., Furuya N., Tsuchiya K. et al. 2016. The potential of the heterothallic leaf-spot, *Mycosphaella polygoni-cuspidati*, for control of Japanese knotweed // Weed Science and Management to Feed the Planet. Proceedings of the 7th International Weed Science Congress (June 19–25, 2016, Prague, Czech Republic). Prague: GUARANT. P. 501. Laznik Z., Trdan S. 2012. Damage potential of Japanese knotweed (*Fallopia japonica*) and its biological control with psyllid *Aphalara itadori* Shinji // Acta agriculturae Slovenica. Vol. 99, № 1. P. 93–98. Shaw R. H., Seiger L. A. 2002. Japanese knotweed. Biological control of Invasive Plants in the Eastern United States. Morgantown — West Virginia: USDA. P. 159–166. Tkacheva E. V., Vinogradova Yu. K., Kuklina A. G. 2017. Variability of morphological characteristics within the hybrid complex *Reynoutria* × *bohemica* Chrtek & Chrtkova // Skvortsovia. № 4. P. 30–31.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ИНВАЗИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ Г. ЧЕЛЯБИНСКА

П. В. Левченко¹, И. А. Гетманец²

¹Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

²Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия
leopacha@mail.ru, igetmanec@mail.ru

В настоящее время в ландшафтном проектировании стоит проблема разумного природопользования. Часто, виды, используемые для озеленения, не являются аборигенными. В следствии этого, «чужие» для местной флоры растения могут внедриться в естественные сообщества и стать одной из причин начала сукцессионного процесса. Согласно учению А. А. Уранова (1965) о фитогенном поле, аллелопатия -один из факторов для успешного внедрения в сообщества. Однако, эта сторона вопроса является до сих пор самой малоизученной. На исследование таких механизмов у инвазивных видов в городской среде Челябинска и направлена данная работа [Гроздинский, 1991; Ерёмченко, 2014; Жукова, 2012; Зотов, Кудрявцева, Коваленкова, 2013; Уранов, 1965; Черняева, Викторов, 2016].

Цель работы — оценить активность аллелопатических веществ некоторых древесных пород, используемых в городском озеленении города Челябинска. Это возможно при оценке их аллелопатической активности. В работе использована методика с использованием в качестве тест-объекта по 10 семян (*Lepidium sativum* L.) [Ерёмченко, 2014].

Отбор проб проведен в июле – сентябре 2017 года в искусственных насаждениях г. Челябинска. В качестве объектов были взяты насаждения *Quercus robur* L., *Ulmus glabra* Huds., *Acer platanoides* L. В соответствии с методикой пробы отбирались в 5 точках заложенной площадки. На каждый объект исследования заложена одна площадка подготовлены экстракты двух концентраций (10 % и 1 %) из листьев, почвы и подстилки, отобранных на площадках [Ерёмченко, 2014].

Всхожесть рассчитана в процентах от всхожести семян в контроле с дистиллированной водой. Исследования показали, что наибольшая всхожесть наблюдается в 1 %-х водных растворах почвы клена, дуба и вяза 95 %, 89, 89 % (табл. 1). Наименьшая всхожесть 0 % — в 10 %-х водных растворах листьев вяза и дуба. Также небольшая всхожесть 37 % отмечена в 10 %-м водном растворе листьев клена.

Таблица 1

Средние значения всхожести семян кресс-салата

Раствор	Количество проросших семян, %	
	10 % р-р	1 % р-р
Контроль (дистиллированная вода)	100 %	
Листья дуба черешчатого	0 (300УКЕ)	66 (36 УКЕ)
Подстилка дуба черешчатого	58 (49 УКЕ)	89 (13 УКЕ)
Почва корневой зоны дуба черешчатого	80 (19,5 УКЕ)	90 (12,8 УКЕ)
Листья вяза шершавого	0 (300 УКЕ)	40 (115 УКЕ)
Подстилка вяза шершавого	75 (24 УКЕ)	84 (16 УКЕ)
Почва корневой зоны вяза шершавого	95 (10,5 УКЕ)	89 (13 УКЕ)
Листья клена платанолистного	37 (137 УКЕ)	60 (44 УКЕ)
Подстилка клена платанолистного	77 (22 УКЕ)	80 (19,5 УКЕ)
Почва корневой зоны клена платанолистного	89 (13 УКЕ)	95 (10,5 УКЕ)

Также опыт показал, что листья дуба, клена и вяза оказывает ингибирующее воздействие на прорастание семян кресс-салата. В то время как почва исследованных видов практически не оказывает влияние на прорастание семян. Следовательно, в почве аллелопатически активных веществ, влияющих на прорастание семян меньше, чем в листьях и подстилке (рис. 1–3).

Наибольшая длина корней семян биотеста в 1 % растворе подстилки клена, 1 % растворе подстилки дуба, 10 % растворе подстилки дуба, 10 % растворе почвы дуба — 134 %, 128, 105, 104 % от длины корней в контроле (табл. 2). Следовательно, аллелопатически активные вещества подстилки дуба, клена, а так же почвы дуба оказывают стимулирующее воздействие на рост семян.

Наименьшая длина корней наблюдается в 10 % растворе листьев клена и вяза — 50, 53 % от длины корней в контроле.

Проведенные опыты по проращиванию семян кресс-салата показали, что листья дуба черешчатого и вяза шершавого действуют как ингибиторы на прорастание семян вида-биотеста. Подстилка дуба также оказывает тормозящее действие на прорастание семян по сравнению с кленом и вязом.

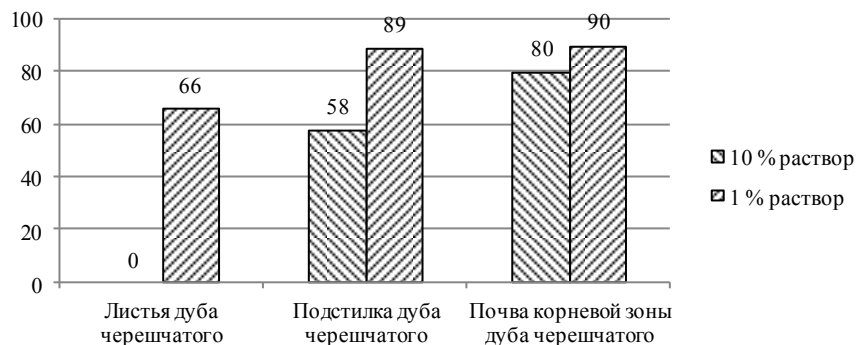


Рис. 1. Всхожесть семян под воздействием водных растворов листьев, подстилки и почвы дуба

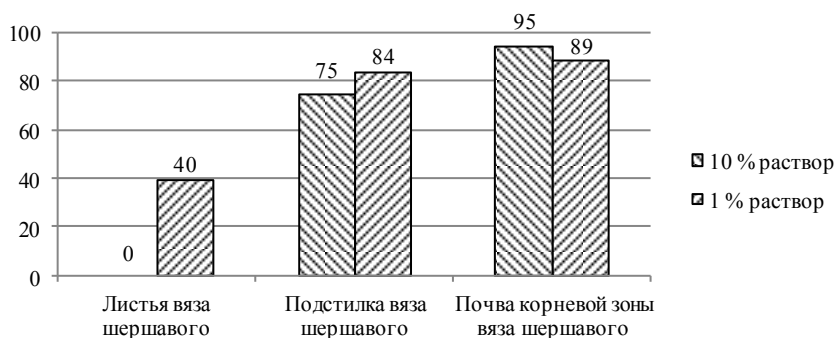


Рис. 2. Всхожесть семян в водных растворах листьев, подстилки и почвы вяза

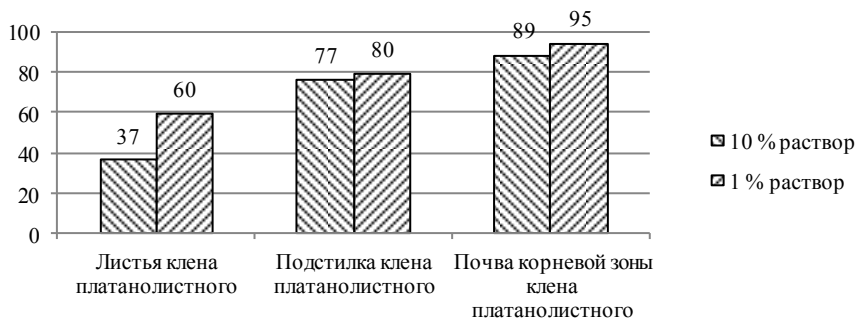


Рис. 3. Всхожесть семян в водных растворах листьев, подстилки и почвы клена

Таблица 2

Средние значения длины корней кресс-салата

Раствор	Длина корня, в % от контроля	
	10 % p-p	1 % p-p
Контроль (дистиллированная вода)	100	
Листья дуба черешчатого	0	78
Подстилка дуба черешчатого	105	128
Почва корневой зоны дуба черешчатого	104	80
Листья вяза шершавого	53	90
Подстилка вяза шершавого	70	87
Почва корневой зоны вяза шершавого	86	101
Листья клена платанолистного	50	98
Подстилка клена платанолистного	73	134
Почва корневой зоны клена платанолистного	89	92

Анализ действия прикорневых выделений показал, что наибольшей аллелопатической активностью отличается вытяжка почвы околокорневой зоны дуба черешчатого. В почве вяза выявлено стимулирование прорастания семян.

Таким образом, аллелопатические выделения листьев дуба, клена и вяза оказывают ингибирующее воздействие на прорастание семян кресс-салата. В то время как почва исследованных видов практически не влияет на прорастание семян. Следовательно, изученные древесные виды оказывают наибольшее аллелопатическое влияние по средству листовых выделений.

Аллелопатически активные вещества листьев дуба тормозят рост проростков в большей степени по сравнению с листьями вяза и клена. Аллелохимикаты, выделенные из опада дуба стимулирует рост корней, а подстилка вяза и клена действуют как ингибиторы.

Выявлено стимулирующее воздействие корневых выделений дуба на рост корней кресс-салата. Напротив, исследование водных вытяжек почвы корневой зоны вяза и клена вызывает небольшое замедление роста корней биотеста.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds., *Quercus robur* L. оказывают негативное влияние на формирование травостоя в своем подкроновом пространстве. При этом из подкронового пространства видов, вытесняются местные лесные виды. Все это приводит к обеднению видового состава травостоя.

Литература

- Гроздинский А. М. 1991. Аллелопатия растений и почвоутомление: монография. Киев: Наукова Думка. 432 с. Ерёмченко Ю. А. 2014. Аллелопатическая активность инвазивных древесных видов // Рос. журнал биол. инвазий. № 2. С. 33–39. Жукова. 2012. Концепция фитогенных полей и современные аспекты их изучения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. С. 1462–1465. Зотов А. В., Кудрявцева Е. А., Коваленкова Л. М. 2013. К оценке аллелопатической и генотоксической активности листового опада некоторых древесных интродуцентов // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. № 2. С. 17–22. Коношина С. Н., Хилкова Н. Л., Прудникова Е. Г. 2014. Аллелопатическая активность листового опада древесных растений Орловской области // Ученые записки Орловского государственного университета. № 3. С. 152–155. Матвеев Н. М. 1994. Аллелопатия как фактор экологической среды: монография. Самара: Самарское кн. изд-во. 206 с. Симагина Н. О. 2013. Аллелопатический потенциал древесных растений // Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского. Серия Биология, химия. № 1. С. 186–193. Уранов А. А. 1965. Фитогенное поле. Проблемы современной ботаники. С. 251–254. Черняева Е. В., Викторов В. П. 2016. История и современное состояние изучения фитогенных полей // Социально-экологические технологии. № 1. С. 89–106.

К ВОПРОСУ О РОССИЙСКО-КИТАЙСКОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ ПО ИНВАЗИЯМ РАСТЕНИЙ В ЭКОСИСТЕМАХ ЕВРАЗИИ

Л. А. Лепешкина¹, Вейго Ту², А. А. Воронин¹, М. А. Клевцова¹

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, lilez1980@mail.ru

² Сычуаньский провинциальный институт наук о природных ресурсах, Чэнду, Китай

В современных научных работах проблема биологических инвазий формулируется как проблема биотического загрязнения [Тишков, Масляков, Царевская, 1995]. Во всем мире этот фактор ведет в трансформации зональных экосистем [Дгебуадзе, 2014]. В связи с этим актуальным является международное сотрудничество, которое активно развивается между Воронежским госуниверситетом и Сычуаньским провинциальным институтом наук о природных ресурсах (г. Чэнду, Китай). За последние три года были организованы шесть совместных экспедиций по изучению чужеродных растений провинции Сычуань.

В основе наших исследований лежит тесное взаимодействие биогеографии растений с практикой в отношении проблемы «перемешивания биот» и инвазий чужеродных видов. Это позволяет формулировать научно-практические основы эффективного карантина растений, мониторинга фитоинвазий и управления поведением чужеродных видов с оценкой биогеографических последствий их внедрения.

В совместных публикациях представлены первые итоги исследований: биогеографический анализ чужеродных фракций флор двух крупных географически удаленных регионов — Центрального Черноземья (европейская Россия) и провинции Сычуань (КНР) [Лепешкина и др., 2016].

В провинциях Китая число чужеродных инвазивных видов колеблется от 40 до 255. Например, во флоре провинции Сычуань достоверно выявлено 106 инвазивных чужеродных видов сосудистых растений из 79 родов и 28 семейств отдела покрытосеменные. По числу видов лидируют семейства: Asteraceae — 29 видов (28,0 %), Poaceae — 19 видов (18,1 %), Fabaceae — 10 видов (9,5 %).

Инвазивный чужеродный компонент флор центральных, южных и восточных провинции Китая представлен преимущественно южноамериканскими тропическими и субтропическими гигрофильными видами (более 46,0 %). Преднамеренно занесенные виды (эргазиофиты) составляют более 66,0 %. Среди них, *Cabomba caroliniana* A. Gray, *Pistia stratiotes* L., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pilea microphylla* (L.) Liebm., *Mirabilis jalapa* L., *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn., *Crassocephalum crepidioides* (Benth.)

S. Moore, *Mikania micrantha* Kunth, *Ageratum houstonianum* Mill., *Ipomoea purpurea* (L.) Roth, *Ipomoea nil* (L.) Roth, *Ulex europaeus* L., *Cassia mimosoides* L., *Solanum erianthum* D. Donl. и др.

Инвазионный компонент флоры Центрального Черноземья характеризуется высоким разнообразием североамериканских элементов умеренного пояса (40,8 %) с обширными вторичными ареалами. Для флоры Центрального Черноземья приводится 76 чужеродных инвазионных видов растений. Высокой видовой насыщенностью отличаются семейства: *Asteraceae* — 19 видов (25,0 %), *Poaceae* — 7 видов (9,2 %) и *Brassicaceae* — 5 видов (6,6 %). Эргазиофиты насчитывают 32 вида (42,1 %).

Среди инвазионных чужеродных видов Центрального Черноземья и провинции Сычуань выявлено только 9 общих таксонов: *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Galinsoga parviflora* Cav., *Helianthus tuberosus* L., *Phalacrologium annuum* (L.) Dumort., *Solidago canadensis* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Lolium perenne* L. Общим карантинным видом является *Ambrosia artemisiifolia*.

При формулировании общего перечня чужеродных инвазионных видов необходимо учитывать статус вида в различных регионах Евразии. Например, 6 видов сычуаньской инвазионной флоры являются аборигенными синантропными представителями флоры Центрального Черноземья: *Senecio vulgaris* L., *Sonchus oleraceus* L., *S. asper* (L.) Hill, *Trifolium repens* L., *Melilotus albus* Medikus, *Plantago lanceolata* L., *Daucus carota* L. В инвазионной чужеродной флоре Центрального Черноземья 6 видов растений — выходцы из центральной, южной и юго-восточной Азии (аборигены китайской флоры): *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf, *Impatiens parviflora* DC., *Hippophaë rhamnoides* L., *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Nylander, *Portulaca oleracea* L., *Ulmus pumila* L.

В целом инвазии преднамеренно занесенных растений в России и Китае происходят из вторичных центров интродукции, а не из исходных ареалов. Инвазионный чужеродный компонент флоры Центрального Черноземья имеет большее сходство с инвазионной флорой северных провинций Китая и характеризуется как мезофитный, лесостепной, евразийско-североамериканский с преобладанием монокарпических биоморф.

Для инвазионного компонента флор центральных, южных и восточных провинций КНР отмечено высокое разнообразие гигрофильных лугово-прибрежных и лесных южноамериканских видов: *Alternanthera philoxeroides* Griseb., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Mimosa pudica* L., *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Pilea microphylla* и др.

Основной вклад в формировании чужеродных инвазионных флор европейской России и КНР делают представители флор Нового Света (Северная Америка и Южная Америка). Отмечено, что чужеродные виды флор европейской России и КНР активно расселяются в зональных и интразональных сообществах. Значительно меньше их доля в азональных фитоценозах — растительных сообществах меловых и известняковых обнажений Среднерусской возвышенности, петрофитных сообществах высокогорий Восточного Тибета.

Среди инвазионных чужеродных видов сычуаньской флоры особо выделяются следующие агрессивные таксоны: *Ageratina adenophora* (Spreng.) R. M. King & H. Rob, *Alternanthera philoxeroides* и *Eichhornia crassipes*. *Ageratina adenophora* является опасным сорняком сельскохозяйственных угодий. Он проникает в экосистемы естественных пастбищ, где вытесняет аборигенные виды растений и ведет к смене растительных ассоциаций. В антропогенно нарушенных светлых лесах, образует сплошные заросли. В растительном сырье *Ageratina adenophora* содержатся ядовитые для домашних животных химические соединения [Sun et al., 2018].

В растительных сообществах Центрального Черноземья наиболее успешными «трансформерами» являются: *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl. & C. Presl, *Acer negundo* L., *Bidens frondosa* L., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray, *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Sambucus racemosa* L.

Для разработки превентивных мер по защите биоты от инвазий чужеродных видов необходимо внедрение биогеографического прогнозирования. Особого контроля требуют преднамеренно занесенные чужеродные растения, так как именно они доминируют в категории видов-«трансформеров». Безопасная интродукция растений — важная задача для мирового сообщества. В России и Китае на базе университетских ботанических садов и природоохранных организаций различного уровня разрабатываются новые стратегии и альтернативы культивирования растений интродуцентов [Лепешкина, 2016; Лепешкина, Воронин, Клевцова, 2016].

В Китае в список карантинных растений включены 42 таксона: *Aegilops cylindrica* Horst, *Aegilops squarrosa* L., *Ambrosia* spp., *Ammi majus* L., *Avena barbata* Brot., *Avena ludoviciana* Durien, *Avena sterilis* L., *Bromus rigidus* Roth, *Bunias orientalis* L., *Caucalis latifolia* L., *Cenchrus* spp. (некитайские виды), *Centaurea diffusa* Lamarck, *Centaurea repens* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Cuscuta* spp., *Emex australis* Steinh., *Emex spinosa* (L.) Campd., *Ageratina adenophora*, *Chomolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob., *Euphorbia dentata* Michx., *Flaveria bidentis* (L.) Kuntze, *Ipomoea pandurata* (L.) G. F. W. Mey., *Iva axillaris* Pursh, *Iva xanthifolia* Nutt., *Knautia arvensis* (L.) Coulter, *Lactuca pulchella* (Pursh) DC., *Lactuca serriola* L., *Lolium temulentum* L., *Mikania micrantha* Kunth, *Orobancha* spp., *Oxalis latifolia* Kubth, *Senecio jacobaea* L., *Solanum carolinense* L., *Solanum elaeagnifolium* Cay., *Solanum rostratum* Dunal., *Solanum torvum* Swartz, *Sorghum alnum* Parodi., *Sor-*

ghum halepense (L.) Pers. (гибриды видов *Sorghum*), *Striga* spp. (некитайские виды), *Tribulus alatus* Delile, *Xanthium* spp. (некитайские виды), *Subgen acnida* L.

В России список карантинных растений насчитывает 17 таксонов: *Iva axillaris* Pursh., *Ipomoea hederacea* L., *Ipomoea lacunosa* L., *Solanum carolinense* L., *Solanum elaeagnifolium* Cav., *Helianthus ciliaris* DC., *Striga* spp., *Bidens pilosa* L., *Bidens bipinnata* L., *Ambrosia psilostachya* DC., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Ambrosia trifida* L., *Acroptilon repens* DC., *Solanum rostratum* Dun., *Solanum triflorum* Nutt., *Cuscuta* spp., *Cenchrus longispinus* (Hack) Fern.

В России перечень вредных живых организмов устанавливается Федеральным законом. Этот официальный документ принимается и утверждается Министерством сельского хозяйства и является основой для разработки карантинных мероприятий против опасных чужеродных организмов. В истории Государственной службы карантина растений СССР (позднее РФ) были разработаны и изданы 12 перечней.

Для снижения экологической и экономической угроз со стороны карантинных организмов необходимо ежегодное согласование перечней карантинных видов растений на основе экспертных оценок широкого круга специалистов и заинтересованных организаций.

Литература

Дзедуадзе Ю. Ю. 2014. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований // Российский журнал биологических инвазий. № 1. С. 2–8. Лепешкина Л. А., Воронин А. А., Клевоцова М. А., Вейгуо Ту, Ли Сен, ЛюО Хуемей. 2016. Биогеографический анализ чужеродных инвазионных флор Центрального Черноземья (Европейская Россия) и провинции Сычуань (Китай) // Международный научно-исследовательский журнал. № 4 (46), ч. 1. Апрель. С. 52–54. Лепешкина Л. А. 2016. Ботанический сад Воронежского госуниверситета как центр изучения растительных инвазий Среднерусской лесостепи // Флористические исследования в Средней России: материалы 8 научного совещания по флоре Средней России (Москва, 20–21 мая 2016 г.). М. С. 57–58. Лепешкина Л. А., Воронин А. А., Клевоцова М. А. 2016. Кодекс управления инвазионными чужеродными видами растений в интродукционных центрах Центрального Черноземья. Воронеж: Научная книга. 57 с. Sun W., Zeng C., Liu S. et al. 2018. *Ageratina adenophora* induces mice hepatotoxicity via ROS-NLRP3-mediated pyroptosis // Scientific Reports. Vol. 8 (1). P. 16032. Тишков А. А., Масляков В. Ю., Царевская Н. Г. 1995. Антропогенная трансформация биоразнообразия в процессе непреднамеренной интродукции организмов (биогеографические последствия) // Изв. РАН. Сер. геогр. № 4. С. 74–85.

ПОЛЕМОХОРЫ КАК КОМПОНЕНТЫ ФЛОРЫ ТВЕРСКОГО КРАЯ

А. А. Нотов¹, В. А. Нотов², Л. В. Зуева¹

¹Тверской государственный университет, Тверь, Россия, anotov@mail.ru, zuevabio2012@yandex.ru

²Средняя общеобразовательная школа № 3, пос. Редкино, Россия, vnotov123@mail.ru

Полемохорами называют виды, занесенные в результате военных действий в период Великой Отечественной войны [Сенников, 2012; Щербаков и др., 2014; Решетникова, 2015]. Интерес к исследованию этой группы появился сравнительно недавно и в настоящее время усиливается [Sennikov, 2009; Сенников, 2012]. Изучение мест дислокации немецких войск в 1942–1943 гг. подтвердило возможность заноса более 20 видов средневропейских сосудистых растений на территорию Центральной России в период оккупации и активных военных маневров германской армии [Решетникова, 2015; Щербаков, Решетникова, 2017; Щербаков и др., 2017]. Анализ этого необычного компонента флоры, на который ранее не обращали должного внимания, дает ценную информацию для моделирования процессов современного флорогенеза [Щербаков, Решетникова, 2017]. Он позволяет уточнить статус некоторых видов, рекомендованных ранее к охране в качестве реликтовых компонентов флоры, и актуален с точки зрения выявления новых потенциально инвазионных видов.

С момента появления полемохоров прошло уже 3/4 века. Это существенно осложняет процесс их обнаружения и подтверждения данного статуса. Все большая часть видов этого компонента флоры исчезает или проявляет невысокую степень натурализации, сохраняясь только в местах заноса. Для выявления потенциально инвазионных растений актуален анализ видов, более устойчивых в условиях возрастающей трансформации растительного покрова [Виноградова и др., 2011]. С этой точки зрения важны исследования на территориях, подвергавшихся более продолжительной оккупации, прежде всего, в местах расположения штабов, складов, немецких госпиталей. При отсутствии последующего полного уничтожения населенных пунктов, которое обусловило необходимость масштабной расчистки и новой застройки, сохранение некоторых занесенных немецкими войсками видов растений могло быть вполне вероятным. Такие районы представлены в Тверской (бывшей Калининской) области. Они особенно интересны, так как подтверждение полемохорного статуса в этом регионе осложняется значительным влиянием на распространение средневропейских видов дворянских усадебных парков [Нотов и др., 2018а, б].

Перспективными для поиска полемохоров являются некоторые участки Оленинского и Зубцовского районов Тверской области (во время войны включавшие также Молодотудский и Погорельский районы). Оккупация здесь была достаточно продолжительной, а сами территории играли ключевую роль в осуществлении масштабных военных действий. Среди них операция «Марс» и Погорело-Городищенская операция [Сандалов, 1960; Герасимова, 2005; 2007; Мягков, 2013а, б]. В некоторых населенных пунктах

сохранились здания, которые использовали как складские помещения и казармы. В некоторых постройках размещались немецкие штабы и госпитали.

В июле – сентябре 2018 г. нами проведены флористические исследования в некоторых населенных пунктах Оленинского (села Молодой Туд, Татево, деревни Бобровка, Привалье) и Зубцовского (село Погорелое Городище, деревня Александровка) районов, а также в их окрестностях. Оккупация в Оленинском и Молодотудском районах продолжалась 17 месяцев (октябрь 1941 — март 1943 гг.), а в Погорелом Городище около 10 месяцев (11 октября 1941 — 4 августа 1942 гг.). В селах Татево и Молодой Туд оккупанты активно заселяли все здания усадеб Рачинских, Долгоруких – Ромейко, Шереметьевых, а в Погорелом Городище дореволюционные постройки [Иванов, 2014; 2016]. В Татево и Погорелом Городище были немецкие госпитали. Часть использовавшихся оккупантами зданий в той или иной степени сохранилась до нашего времени. В ходе восстановительных работ послевоенного периода их окружение тотальной расчистке не подвергалось. Более детально нами изучены места массового проживания солдат германской армии, территории, на которых размещались немецкие госпитали и штабы, складские помещения, подъездные пути к наиболее крупным оборонительным рубежам. Проанализирована встречаемость трех видов полемохоров. В их числе *Heracleum sphondylium*, *Pimpinella major*, *Ptarmica vulgaris* (табл.).

Наиболее широко распространен на изученных объектах *Heracleum sphondylium*. Он отмечен во всех более крупных населенных пунктах (табл.). Значительное обилие этого вида выявлено в деревне Бобровка около здания школы, где во время оккупации размещались немецкие казармы, и у братской могилы. Здесь он стал обычен не только в рудеральных сообществах, но под пологом деревьев в пределах фрагмента усадебного парка, примыкающего к братской могиле. В других населенных пунктах *Heracleum sphondylium* менее обилит. Его единичные экземпляры встречаются рассеянно около старых построек, которые активно использовались немцами во время оккупации. Вид достаточно устойчив в сообществах с крупными рудеральными растениями и обладает достаточно высокой конкурентной способностью. Не исключено, что будет происходить его дальнейшее расселение.

Характер распространения растений-полемохоров в некоторых населенных пунктах, находившихся в зоне немецкой оккупации

Вид	Местонахождение	Местообитание	Встречаемость
<i>Heracleum sphondylium</i> L.	дер. Бобровка: около братской могилы и здания школы (во время оккупации немецкие казармы)	рудеральные сообщества и фрагмент усадебного парка рядом с братской могилей	с разным обилием, местами массово, на большой площади
	с. Молодой Туд: около главного дома и хозяйственных построек усадьбы Васильевское (во время оккупации жили немцы)	рудеральные сообщества	единичные особи, рассеянно
	с. Татево: около главного дома и хозяйственных построек имения Рачинских (во время оккупации — штаб и казармы, напротив главного дома — немецкое кладбище)	рудеральные и луговые сообщества	единичные особи, рассеянно
	с. Погорелое Городище: около некоторых дореволюционных построек — Ильинская церковь, краеведческий музей, школа (училище), склады-амбары (во время оккупации жили немцы, в здании училища — немецкий госпиталь)	рудеральные сообщества	единичные особи, рассеянно
<i>Pimpinella major</i> Huds.	дер. Бобровка: около братской могилы, недалеко от здания школы (во время оккупации немецкие казармы)	мелкотравные луговые ассоциации около братской могилы	единичные особи
	с. Татево: около братской могилы и здания Татевской школы (во время оккупации немецкий госпиталь)	мелкотравные луговые сообщества и разнотравно-злаковые ассоциации в березовой роще около братской могилы	единичные особи, рассеянно
<i>Ptarmica vulgaris</i> Blakw. ex DC	дер. Привалье: вдоль дороги в районе немецких оборонительных рубежей	мелкотравные луговые ассоциации, реже на крупнотравных участках	с разным обилием на большой площади
	дер. Александровка (нежилая): вдоль дороги, в районе расположения немецких блиндажей	крупнотравные ассоциации вдоль дороги	единичными особями на большой площади

Pimpinella major обнаружена только в двух населенных пунктах (табл.). Встречаются, как правило, единичные особи и только в мелкотравных ассоциациях. Конкуренции с крупными растениями вид не выдерживает.

Ptarmica vulgaris выявлена в двух местонахождениях вдоль дорог, расположенных в районе немецких оборонительных рубежей (табл.). С разным обилием вид может встречаться на большой площади. Он устойчив также в густых высоких травостоях. Вполне вероятно его дальнейшее распространение.

Таким образом, на примере некоторых территорий Тверской области, испытавших более продолжительную оккупацию в период Великой Отечественной войны, установлена возможность обнаружения полемохоров в населенных пунктах, которые активно заселялись германской армией. Распространение полемохорных видов приурочено к участкам избежавшим тотальной расчистки в послевоенный период. В условиях возрастающей трансформации растительного покрова более устойчивы *Heracleum sphondylium* и *Ptarmica vulgaris*.

Работа осуществлялась при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-04-01206). Авторы выражают глубокую благодарность учителю истории МКОУ Татевская СОШ В. М. Марченковой и руководителю поискового отряда «Звезда» В. В. Стрельникову.

Литература

- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Нотов А. А. 2011. Черная книга флоры Тверской области: чужеродные виды растений в экосистемах Тверского региона. М.: КМК. 292 с. Герасимова С. А. 2005. Первая Ржевско-Сычевская наступательная операция 1942 г. (новый взгляд) // Вопросы истории. № 5. С. 16–29. Герасимова С. А. 2007. Ржев 42. Positionная бойня. М.: Яуза. 320 с. (Сер. Великая Отечественная). Иванов П. 2014. Молодой Туд: село, усадьба Васильевское, историческая застройка (нач. и 2 пол. XIX, сер. XX). Тверские своды. URL: <http://tversvod.ru/page436/?full=1> (дата обращения: 02.09.2018). Иванов П. 2016. Погорелое Городище: поселок, историческая застройка (XIX — сер. XX вв.). Тверские своды. URL: <http://tversvod.ru/page436/?full=1> (дата обращения: 02.09.2018). Мягков М. 2013а. Операция «Марс». Наступление под Ржевом и Сычевкой в конце 1942 года // Родина. № 2. С. 142–146. Мягков М. Ю. 2013б. Операция «Марс»: ее стратегическое и военно-политическое значение в ходе Сталинградской битвы // Тр. Ин-та российской истории РАН. Вып. 11. М.: ИРИ РАН. С. 157–170. Нотов А. А., Зуева Л. В., Мейсурова А. Ф., Андреева Е. А. 2018а. Среднеевропейские растения во флоре Тверской области: распространение и флорогенетический статус // Труды XIV Съезда РБО и конф. «Ботаника в современном мире» (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Махачкала: АЛЕФ. Т. 1. С. 170–172. Нотов А. А., Мейсурова А. Ф., Зуева Л. В., Андреева Е. А. 2018б. Среднеевропейские виды во флоре Тверского региона на рубеже XIX–XX веков // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2. С. 204–215. Решетникова Н. М. 2015. Путь появления некоторых западноевропейских видов растений в Калужской области — путь следования немецкой армии в 1941–1943 гг. // Российский журнал биологических инвазий. Т. 8, № 4. С. 95–104. Сандалов Л. М. 1960. Погорело-Городищенская операция. М.: Воениздат. 150 с. Сенников А. Н. 2012. Горькая память земли: Растения-полемохоры в Восточной Финляндии и Северо-Западной России // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры России и стран ближнего зарубежья: материалы IV Междунар. науч. конф. (Ижевск, 4–7 дек. 2012 г.). Ижевск: Ижевск. ин-т компьютерных исследований. С. 182–185. Щербakov А. В., Королькова Е. О., Щепкина Э. П. 2017. Растения-полемохоры во флоре Спас-Деменского района Калужской области // Социально-экологические технологии. № 2. С. 27–34. Щербakov А. В., Решетникова Н. М. 2017. Где искать растения-полемохоры в Смоленской области? // Изучение адвентивной и синантропной флоры России и стран ближнего зарубежья: итоги, проблемы, перспективы: материалы V междунар. науч. конф. (Ижевск, 6–8 сентября 2017 г.). Ижевск: Ижевск. ин-т компьютерных исследований. С. 134–137. Sennikov A. N. 2009. Ado Naare (1934–2008), a prominent Estonian naturalist in Russia, and his Theory of Wonderglades // Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica. Vol. 85. P. 61–67.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ АБОРИГЕННЫХ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ МОЛЛЮСКОВ, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Е. Е. Слынько^{1,2}, В. И. Рябушко¹, Ю. В. Слынько¹

¹ Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок
elena.slynko.76@mail.ru

В настоящее время в Черном море с высокой степенью интенсивности выращиваются три вида двустворчатых моллюсков — тихоокеанская или гигантская устрица (*Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793)) — интродуцированная в бассейн Средиземного моря и в частности в Черное море из Дальневосточных морей и два вида аборигенов — мидия (*Mytillus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)) и средиземноморский гребешок (*Flelopecten glaber* (Linnaeus, 1758)). В отношении всех трех видов с позиций оценок биоразнообразия выявляются две основные проблемы — точное установление таксономического разнообразия и тенденции в изменениях генетического разнообразия.

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* в настоящее время является основным объектом выращивания мирового устрицеводства. В Черное море гигантская устрица была интродуцирована в 80-е годы XX века взамен исчезающего вида *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) [Орленко, 1994]. До этого времени устричная фауна Черного моря была представлена двумя видами: скальная устрица *Ostrea lamellose* (Brocchi, 1814) и съедобная устрица *O. edulis* [Скарлато, Старобогатов, 1972]. Последнюю активно промышленно разводили в Черном море, а с 1880-х годов собирали в море и подращивали в садках на устричных заводах [Холодов и др., 2017]. При общей деградации промышленного разведения устриц, переэксплуатации природных устричных банок, массового распространения раковинной болезни устриц и вселение хищного брюхоногого моллюска — рапаны обусловили почти полное исчезновение *O. edulis* практически по всей прибрежной акватории Черного моря [Кракатица, 1976]. Для культивирования в Черном море гигантская устрица *C. gigas* сначала была завезена из Японского моря, а в дальнейшем — из питомников на побережье Нормандии, Южной Франции и Испании. Следует заметить, что среди атлантических устриц имеется вид, морфологически схожий с тихоокеанской устрицей, — португальская устрица *Crassostrea angulata* (Lamarck, 1819).

Распространенная в Средиземноморском бассейне, в том числе в Черном море мидия *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). вместе с *M. edulis* (атлантическая мидия) и *M. trossulus* (балтийская мидия) входит в состав таксономического комплекса видов «голубая мидия». Таксономический статус этих трех видов долгое время дискутировался. Генетическими методами удалось закрепить за *M. galloprovincialis*, *M. edulis* и *M. trossulus* звание самостоятельных видов [Koehn, 1991; Inoue et al., 1995; Rawson et al., 1996], однако возможность межвидовой гибридизации, приводящей к формированию гибридных зон на границах ареалов, существенно затрудняет биологические исследования [Hilbish et al., 2002; Bierne et al., 2003]. Предполагается, что за счет гибридизации атлантической популяции мидии свойственна обширная интрогрессия мтДНК *M. edulis* [Quesada et al., 1995; Śmietanka et al., 2004]. В Черном и Азовском морях мидия представлена исключительно *M. galloprovincialis* [Ladoukakis et al., 2002; Śmietanka et al., 2004; Śmietanka et al., 2009].

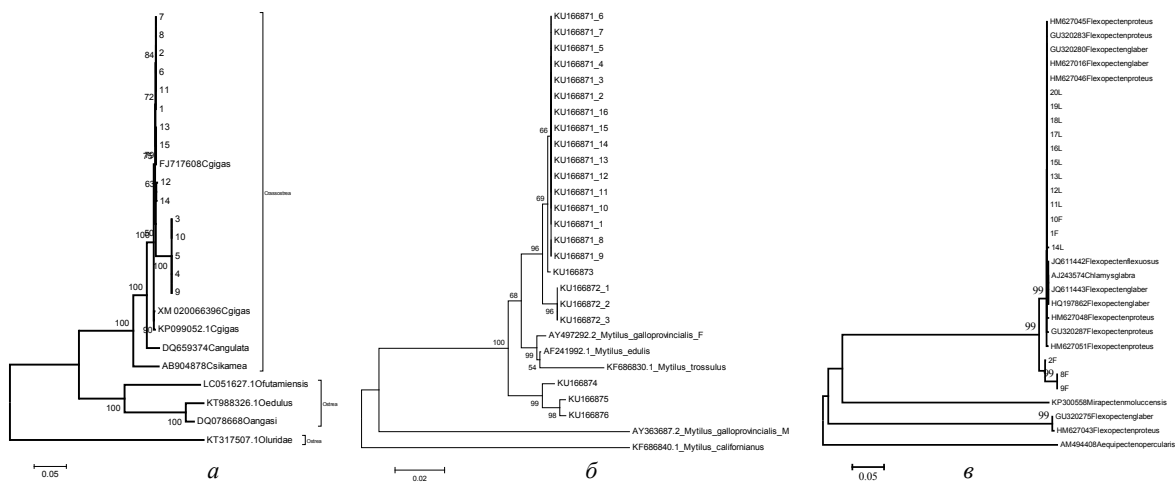
Pectinidae — одно из наиболее богатых по числу видов семейств двустворчатых моллюсков, характеризующееся широкими экологическими диапазонами обитания и высоким уровнем морфологической пластичности [Brand, 2006]. Также многие виды гребешков, в частности средиземноморские виды рода *Flexopecten* повсеместно используются в коммерческих целях, как ценный пищевой продукт [Zenetos et al., 2005; Koutsoubas et al., 2007]. Согласно современным представлениям в Черном море представлен только подвид *Flexopecten glaber ponticus* средиземноморского гребешка *Flexopecten glaber* [Скарлато, Старобогатов, 1972], который был квалифицирован, как эндемик Черного моря [Ревков, 2015], хотя некоторые авторы настаивают на самостоятельном видовом статусе *Flexopecten ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg et Dolfus, 1889) [Анистратенко и др., 2011]. Соответственно основной задачей нашей работы было с применением молекулярно-генетического подхода установить таксономический состав устриц, мидий и гребешков на коллекторах марикультурных хозяйств Крымского побережья Черного моря, а также определить параметры генетической изменчивости нуклеотидных последовательностей в культивируемых популяциях этих моллюсков.

Основной материал для анализа устриц взят из питомника ИМБИ РАН (г. Севастополь), мидий — с коллекторов устрично-мидийного хозяйства в бухте Качивели и гребешка — с коллекторов хозяйства в бухте Донузлав. Молекулярно-генетическую идентификацию моллюсков проводили по нуклеотидной изменчивости генов митохондриальной ДНК 16s и COI для устриц, COI — для мидий и 16s — для гребешка. Оценку генетической изменчивости по каждому гену и в каждой популяции осуществляли по параметрам гаплотипического и нуклеотидного разнообразия.

Представленные данные надежно свидетельствуют, что все проанализированные устрицы из питомника ИМБИ могут быть отнесены к виду *Crassostrea gigas* (рис. а). Об этом неопровержимо свидетельствуют, как филогенетические отношения, так и значения *p*-расстояний. Среди гаплотипов *C. gigas*, выявляемых в питомнике ИМБИ, как по COI, так и по 16S обнаруживаются особи, как специфические для Атлантики, так и для Тихого океана. Примечательно, что среди немногочисленных гаплотипов COI из питомника ИМБИ выявлен ранее не известный гаплотип (MF663324), каковой может полагаться специфическим для крымской популяции культивируемых *C. gigas*. Наиболее близким видом может считаться португальская устрица. Однако данные по обоим генам свидетельствуют, что наши особи относятся к виду *C. gigas*, а не к виду *C. angulata*, что можно было предполагать, учитывая последние данные по устрицам о-ва Тайвань и прилегающего побережья материкового Китая [Hsiao et al., 2016]. Присутствие *O. edulis* среди проанализированного материала также не отмечено.

Три вида *M. galloprovincialis*, *M. edulis* и *M. trossulus* часто объединяют под общим названием комплекс «голубой мидии» за счет своей способности к межвидовому скрещиванию [Hilbish et al., 2002; Bierne et al., 2003]. *M. californianus* является ближайшим видом, не способный к такой гибридизации [Ort, Rogson, 2007]. Нуклеотидные последовательности фрагмента гена COI исследуемых особей при соотношении с последовательностями *M. edulis* и *M. trossulus* не формировали отдельную кладу, в отличие от *M. californianus*. Это позволяет вполне уверенно отнести исследованных нами особей к комплексу «голубой мидии» (рис. б). Идентификация особей как *M. galloprovincialis* возможна исходя из литературных данных. Для определения видов внутри рода *Mytilus* используют ген адгезивного белка [Inoue et al., 1995], и ранее в черноморском регионе неоднократно было показано наличие только чистого вида [Ladoukakis et al., 2002; Śmietanka et al., 2009].

Все изученные экземпляры гребешка из Донузлава были идентифицированы по гену 16s, как вид *Flexopecten glaber* и одновременно, как вид *F. proteus* (рис. в). Если экземпляры из Донузлава имели *p*-расстояние от *F. glaber* 0,2 %, то от *F. proteus* — 0,1 %. Вероятней всего данные цифры свидетельствуют, что виды *F. glaber* и *F. proteus* входят в один таксономический комплекс. Это представление согласуется с мнением основных исследователей средиземноморских гребешков, вплоть до того что они полагают необходимым считать эти два сестринских вида таксономическими синонимами [Pujolar et al., 2010; Karaïskou et al., 2012]. Таким образом, по нашим данным именно этот гребешок присутствует в марикультуре Черного моря.



Древа, построенные методом neighbor-joining на основании данных о нуклеотидной последовательности фрагментов генов 6S и COI особей устриц (а — № 1–15) [Слынько и др., 2018б], мидий (б — № 1_1-1_16, 2_1-2_3, KU166873-KU166876) [Слынько и др., 2018а] и гребешка (в — 1F, 2F, 8F, 9F, 10F, 11L-20L) из Черноморских коллекторов. Остальные ветви обозначены регистрационными номерами фрагментов из NCBI. Для последовательностей, взятых из международной базы NCBI, обозначена видовая принадлежность. Числовые значения на разветвлениях отражают уровень бутстреп поддержки

Особого предмета изучения требуют параметры генетической изменчивости, поскольку проанализированный материал по исследованным локусам показал существенные снижения уровней генетического разнообразия у всех трех видов (табл.). Снижение гаплотипического разнообразия в случае устрицы, с одной стороны, может быть эффектом незначительного объема выборки, однако с другой, и что более вероятно — это результат действия эффектов основателя и соответственно высокой степени инбридинга [Boudry et al., 2002; Lallias et al., 2015]. С другой стороны, этому, в принципе очевидному утверждению, противоречит тот факт, что был обнаружен новый гаплотип и сформирован специфичный для анализируемой группы субкластер, не имеющий аналогов среди мировых популяций *Crassostrea gigas*.

Параметры генетической изменчивости по локусам мтДНК у трех культивируемых видов двустворчатых моллюсков

Вид	N	h	Hd	S	Pi
<i>Crassostrea gigas</i>	15	3	0,448	4	0,0021
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	23	6	0,514	23	0,012
<i>Flexopecten glaber</i>	15	4	0,467	18	0,012

Условные обозначения: N — число изученных особей, h — число гаплотипов, Hd — гаплотипическое разнообразие, S — кол-во полиморфных сайтов, Pi — нуклеотидное разнообразие.

Изучение генетического разнообразия по COI между *M. galloprovincialis*, *M. edulis* и *M. trossulus* существенно затруднено из-за возможности интрогрессии [Quesada et al., 1995; Śmietanka et al., 2004] и рекомбинации мтДНК [Rawson et al., 1996; Rawson, 2005], сопровождающейся формированием общих гаплотипов [Steinert et al., 2012]. Генетическое разнообразие мтДНК собственно *M. galloprovincialis* обусловлено существованием двух митохондриальных геномов: женского и мужского [Zougos et al., 1994]. Уровень различий между наследственными линиями значителен, и для *M. galloprovincialis* достигает 20 % [Mizi et al., 2005]. Так как для выделения использовали соматические ткани, исследуемые фрагменты COI отнесли к мтДНК F-типа. Дополнительно было показано, что они формировали один кластер с женскими последовательностями из базы NCBI. Однако вероятнее всего, падение гаплотипического разнообразия у мидии вызвано проведением ассортативного отбора при формировании коллекторной популяции.

У гребешка, скорее всего, падение гаплотипического разнообразия также, как и в случае мидии, вызвано ассортативностью скрещивания и отбором особей для коллекторного выращивания. Причем, наиболее вероятно именно последнее обстоятельство, поскольку гребешок синхронный гермафродит с возможностью самооплодотворения [Jarne, Auld, 2006; Пиркова, Ладыгина, 2017]. В наибольшей степени предложенные объяснения снижения гаплотипического разнообразия подтверждаются данными по уровням нуклеотидного разнообразия. Для чужеродного вида тихоокеанской устрицы, подвергшейся эффекту основателя и действию горлышка бутылки отмечено наиболее сильное падение нуклеотидного разнообразия — до 0,002, тогда как у аборигенных для Черного моря видов мидии и гребешка хотя и зафиксировано падение нуклеотидного разнообразия по сравнению со средиземноморскими и атлантическими популяциями, однако оно не столь значительно. В целом уровень нуклеотидного разнообразия у обоих видов аборигенов не ниже 0,012. Также не следует забывать, что и мидия и гребешок сравнительно недавние обита-

тели Черного моря (с периода не более 18 тыс. лет назад), после формирования современного Черного моря и окончательного его соединения со Средиземным (порядка 8 тыс. л. н.) [Zaitsev, Ozturk, 2001; Pujolar et al., 2010]. Косвенным подтверждением этой точки зрения может служить то обстоятельство, что нуклеотидное разнообразие, как у мидии [Riginos, Henzler, 2008], так и у гребешка Средиземного моря (собств. данные) на порядок выше, чем в черноморских популяциях.

Таким образом, мы можем с уверенностью утверждать, что на рассмотренных коллекторах марикультуры в Черном море обитают следующие виды двустворчатых моллюсков: *Crassostrea gigas*, *Mytilus galloprovincialis* и *Flexopecten glaber/proteus*. Все они характеризуются существенным падением гаплотипического разнообразия, а чужеродный вид тихоокеанская устрица еще и снижением нуклеотидного разнообразия.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержки в рамках гос. темы № АААА-А18-118020890074-2 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» и темы АААА-А18-118012690105-0 «Фауна, систематика и биология водных беспозвоночных континентальных вод».

Литература

- Анистратенко О. Ю., Вернигорова Ю. В., Коваленко В. А. и др. 2011. Новые данные по биостратиграфии палеоген-неогеновых отложений Альминской впадины Крыма // Проблемы стратиграфии и корреляции фанерозойских відкладів України: матеріали XXXIII сесії Палеонтологічного товариства НАН України. Київ. С. 81–82. *Кракавица Т. Ф.* 1976. Биология черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. в связи с вопросами ее воспроизводства. Киев: Наукова Думка. 80 с. *Орленко А. Н.* 1994. Гигантская устрица *Crassostrea gigas* (Bivalvia, Mytiloformes, Crassostreidae) как объект акклиматизации и основные этапы ее трансплантации в Черное море // Зоол. журнал. Т. 73, вып. 1. С. 51–54. *Пиркова А. В., Ладыгина Л. В.* 2017. Мейоз, эмбриональное и личиночное развитие черноморского гребешка *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquooy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) (Bivalvia, Pectinidae) // Морской биологический журнал. Т. 2, № 4. С. 50–57. *Ревков Н. К.* 2015. Гребешок черноморский *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquooy, Dautzenberg et Dollfus, 1889) // Красная книга Республики Крым. Животные / отв. ред. С. П. Иванов и А. В. Фатерыга. Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ». С. 39. *Скарлато О. А., Старобогатов Я. И.* 1972. Класс двустворчатые моллюски. Bivalvia. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Киев: Наукова думка. Т. 3. С. 178–250. *Слынько Ю. В., Куликова А. Д., Слынько Е. Е., Солдатов А. А.* 2018а. Генетическая изменчивость по локусу COI мтДНК различных по окраске раковинных фенотипов черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. (MOLLUSCA: BIVALVIA: MYTILIDAE) // Генетика. Т. 54, № 8. С. 931–937. *Слынько Ю. В., Слынько Е. Е., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В., Рябушко В. И.* 2018б. Баркодирование митохондриальной ДНК тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae), культивируемой в Черном море // Генетика. Т. 54, № 12. С. 1445–1451. *Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В.* 2017. Выращивание мидий и устриц в Черном море. Воронеж: ООО Издат-Принт. 508 с. *Bierne N., Borsa P., Daquin C. et al.* 2003. Introgression patterns in the mosaic hybrid zone between *Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis* // Molecular Ecology. Vol. 12, № 2. P. 447–461. *Boudry P., Collet B., Cornette F. et al.* 2002. High variance in reproductive success of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg) revealed by microsatellite-based parentage analysis of multifactorial crosses // Aquaculture. Vol. 204, Nos. (3–4). P. 283–296. *Brand A. R.* 2006. Scallop ecology: distributions and behavior // S. E. Shumway & G. J. Parsons, editors. Scallops: biology, ecology and aquaculture. The Netherlands: Elsevier B. V. P. 561–744. *Hilbish T., Carson E., Plante J. et al.* 2002. Distribution of *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis*, and their hybrids in open-coast populations of mussels in southwestern England // Marine Biol. Vol. 140, № 1. P. 137–142. *Hsiao Sh.-T., Chuang Sh.-Ch., Chen K.-S. et al.* 2016. DNA barcoding reveals that the common cupped oyster in Taiwan is the Portuguese oyster *Crassostrea angulata* (Ostreoida; Ostreidae), not *C. gigas* // J. Scientific Reports. Vol. 6. P. 1–11. *Inoue K., Waite J. H., Matsuoka M.* 1995. Interspecific variations in adhesive protein sequences of *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis*, and *M. trossulus* // The Biological Bulletin. Vol. 189, № 3. P. 370–375. *Jarne P., Auld J. R.* 2006. Animals mix it up too: the distribution of self-fertilization among hermaphroditic animals // Evolution. Vol. 60 (9). P. 1816–1864. *Imziridou A., Karaiskou N., Aggelidou E., Katsares V. and Galinou-Mitsoudi S.* 2012. Mitochondrial DNA Variation as a Tool for Systematic Status Clarification of Commercial Species — The Case of Two High Commercial *Flexopecten* Forms in the Aegean Sea // Aquaculture. Ed. Dr. Zainal Muchlisin. Rijeka, Croatia: InTech. P. 109–126. *Koehn R. K.* 1991. The genetics and taxonomy of species in the genus *Mytilus* // Aquaculture. Vol. 94, № 2. P. 125–145. *Koutsoubas D., Galinou-Mitsoudi S., Katsanevakis S.* 2007. Bivalve and gastropod mollusks of commercial interest for human consumption in the Hellenic Seas // State of Hellenic Fisheries. P. 70–84. *Llallias D., Boudry P., Batista F. M. et al.* 2015. Invasion genetics of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the British Isles inferred from microsatellite and mitochondrial markers // Biol. Invasions. Vol. 17 (9). P. 2581–2595. *Ladoukakis E. D., Saavedra C., Magoulas A., Zouros E. et al.* 2002. Mitochondrial DNA variation in a species with two mitochondrial genomes: the case of *Mytilus galloprovincialis* from the Atlantic, the Mediterranean and the Black Sea // Molecular Ecology. Vol. 11, № 4. P. 755–769. *Mizi A., Zouros E., Moschonas N., Rodakis G. C.* 2005. The complete maternal and paternal mitochondrial genomes of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*: implications for the doubly uniparental inheritance mode of mtDNA // Molecular biology and evolution. Vol. 22, № 4. P. 952–967. *Ort B. S., Pogson G. H.* 2007. Molecular population genetics of the male and female mitochondrial DNA molecules of the California sea mussel, *Mytilus californianus* // Genetics. Vol. 177, № 2. P. 1087–1099. *Pujolar J. M., Marčeta T., Saavedra C., Bressan M., Zane L.* 2010. Inferring the demographic history of the Adriatic *Flexopecten* complex // Molecular Phylogenetics and Evolution. Vol. 57. P. 942–947. *Quesada H., Beynon C. M., Skibinski D. O.* 1995. A mitochondrial DNA discontinuity in the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam: pleistocene vicariance biogeography and secondary intergradation // Molecular Biology and Evolution. Vol. 12, № 3. P. 521–524. *Rawson P. D., Joyner K. L., Meetze K. et al.* 1996. Evidence for intragenic recombination within a novel genetic marker that distinguishes mussels in the *Mytilus edulis* species complex // Heredity. Vol. 77, № 6. P. 599–607. *Rawson P. D.* 2005. Nonhomologous recombination between the large unassigned region of the male and female mitochondrial genomes in the mussel, *Mytilus trossulus* // Journal of molecular evolution. Vol. 61, № 6. P. 717–732. *Riginos C., & Henzler C. M.* 2008. Patterns of mtDNA diversity in North Atlantic populations of the mussel *Mytilus edulis* // Marine Biology. Vol. 155, № 4. P. 399–412. *Śmietanka B., Zbawicka M., Wolowicz M., Wenne R.* 2004. Mitochondrial DNA lineages in the European populations of mussels (*Mytilus* spp.) // Marine Biology. Vol. 146, № 1. P. 79–92. *Śmietanka B., Burzyński A., Wenne R.* 2009. Molecular population genetics of male and female mitochondrial genomes in European mussels *Mytilus* // Marine Biology. Vol. 156, № 5. P. 913–925. *Steinert G., Huelsken T., Gerlach G., Bininda-Emonds O. R.* 2012. Species status and population structure of mussels (Mollusca: Bivalvia: *Mytilus* spp.) in the Wadden Sea of Lower Saxony (Germany) // Organisms Diversity & Evolution. Vol. 12, № 4. P. 387–402. *Zaitsev Yu., Ozturk B.* 2001. Exotic species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian Seas // Istanbul, Turkey: Turkish Marine Research Foundation. 256 p. *Zenetos A., Vardala-Theodorou E., & Alexandrakis C.* 2005. Update of the marine Bivalvia Mollusca checklist in Greek waters // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Vol. 85, № 4. P. 993–998. *Zouros E., Ball A. O., Saavedra C., Freeman K. R.* 1994. An unusual type of mitochondrial DNA inheritance in the blue mussel *Mytilus* // Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 91, № 16. P. 7463–7467.

КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ — ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОЗМОЖНЫХ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ

К. Г. Ткаченко

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, kigatka@rambler.ru

Признанными центрами сохранения и изучения биологического разнообразия растений являются ботанические сады разной подчиненности, живые коллекции которых являются гордостью регионального или федерального уровня. Действия человека по введению все новых и новых видов в культуру, или интродукционные испытания и выращивание в Ботанических садах, питомниках, частных коллекциях, во многом способствует проникновению таких растений на новые территории. Позиционированные основные задачи ботанических садов, сформировавшиеся на протяжении истории их развития, были определены в мобилизации генетических ресурсов, разработке основ культивирования в новых условиях, и распространении полезных для человека растений. Ботанические сады стали основными центрами сохранения и распространения растений, при создании коллекций в ботанических учреждениях, целенаправленно, или часто спонтанно, создаются условия для межвидовой гибридизации, отбора разнообразных форм, селекции и развитию потенциально инвазионных гибридов. Находясь под контролем исследователей и коллекционеров, они не представляют собой потенциальной угрозы до определенной поры. Однако в случае потери контроля над размножением и распространением нового вида, попав в оптимальные для себя условия, может стать потенциальной угрозой для окружающих территорий. Трансформация конкретной флоры в результате антропогенного вмешательства служит катализатором процесса синантропизации, а так же приспособления растительного мира к изменившимся условиям среды. Процесс синантропизации растительности, сопровождается многими нежелательными последствиями: исчезновением и вымиранием ряда локальных видов растений, изменением и обеднением локальной флоры, сокращением генетического разнообразия отдельных видов. С конца XX и уже в новом тысячелетии появляются работы, которые посвящены констатации проникновения новых видов в разных регионах страны [Горчаковский, 1984; Шушпанникова, 2001; Карпун, 2003; Антипина, Пономаренко, 2007; Прохоров, Карпун, 2012].

Основная направленность исследовательских работ в ботанических садах, собирающих коллекции живых растений — комплексное изучение биологии интродуцированных видов, выявление перспективных декоративных, хозяйственно полезных видов, отработка технологий их выращивания. Анализ собираемых многолетних данных по интродукционному испытанию видов в конкретных ботанических садах позволяет давать оценку перспектив успешности выращивания видов в новых для них почвенно-климатических условиях. Но ботанические учреждения (сады, парки, арборетумы, питомники), и их коллекции (а в последние годы это еще и частные, коллекционеров-любителей редких и экзотических растений), становятся потенциальными центрами, как распространения потенциальных инвазионных видов, так и возникновения разнообразных гибридов, которые так же могут в будущем представлять проблемы с неконтролируемым распространением.

История коллекций живых растений открытого грунта Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН, через который прошли интродукционное испытание многие виды, отражена в значительном объеме публикаций его сотрудников. В XX веке, с появлением научно-опытных станций института («Отрадное» в Ленинградской области, и в Пятигорске, на базе Перкальского арборетума, Пятигорск), позволило в разных географических точках испытывать все новые и новые виды, формы, сорта растений (травянистых, кустарниковых и древесных). Для зеленого строительства было рекомендовано и внедрено в практику современной урбанофлористики значительное число видов (порядка 2000 за 300 лет). Многие из них представляли разные группы полезных растений — декоративные, лекарственные и кормовые.

Так, в настоящее время стал инвазионным видом *Heracleum sosnowskyi* Manden., водимый с конца 40-х годов XX века как новая нетрадиционная кормовая культура [Ткаченко, 2014; 2015]. Ряд других видов, изучаемых в качестве кормовых культур, были виды родов *Galega orientalis* Lam., *Helianthus tuberosa* L. и *Lupinus polyphyllus* Lindl., которые так же выходят из-под контроля человека. Некоторые плодовые, выращиваемые в садоводствах, так же начинают «захватывать» окрестные территории. Среди них такие виды как: *Amelanchier spicata* (Lam.) Koch, *Aronia mitschurinii* Skvorts. et Maitul., *Crataegus monogyna* Jacq., *Hippophaë rhamnoides* L., *Reynoutria japonica* Houtt., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., *Symphytum caucasicum* Bieb.

В середине XX века была Программа введения в культуру дубильных растений: *Aconogonon weyrichii* (Fr. Schmidt) Hara (*Polygonum weyrichii* Fr. Schmidt.). В настоящее время этот вид встречается по обочинам дорог в Ленинградской области. По области стали распространяться другие виды этого рода — *A. savatieri* (Nakai) Tzvel., *A. divaricatum* (L.) Nakai ex Mori, которые изучали в качестве перспективных технических культур. В отличие от борщевика Сосновского эти виды не вызывают ожогов, не токсичны, и агрессивно не захватывают новые территории.

В XXI веке, в связи с изменившимися условиями в стране и появившейся возможностью относительно просто посещать страны мира, коллекционеры-любители привозят в нашу страну большое число новых, ранее не изученных и не испытанных в культуре видов, форм и сортов растений, для своих коллекций. И если ранее завозимые растения часто гибли в климатических условиях нашей страны, то в связи с фиксируемым потеплением климата число видов, которые уже смогут адекватно адаптироваться, становится все больше. Любители на рынок предлагают все более разнообразный ассортимент растений для коллекций, а также различные фирмы ввозят в страну из мировых питомников широкий спектр форм и сортов травянистых, древесно-кустарниковых видов. Среди них такие как: *Acer*, *Astilbe*, *Athyrium*, *Carex*, *Cotoneaster*, *Dryopteris*, *Dysosma*, *Epimedium*, *Gentiana*, *Hebe*, *Helleborus*, *Hemerocallis*, *Heuhera*, *Hosta*, *Juniperus*, *Lonicera*, *Paeonia*, *Phlox*, *Picea*, *Pinus*, *Poa*, *Pulsatilla*, *Quercus*, *Rhododendron*, *Rosa rugosa*, *Spiraea japonica*, *Symphoricarpos*, *Swida*, *Trillium* и многие другие. Как будут вести себя эти растения в новых для них почвенно-климатических условиях — еще большой вопрос.

Последние годы, в Ленинградской области, вокруг ряда садоводств и в природе, найдены молодые, цветущие и плодоносящие виды *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T. S. Ying (*Podophyllum emodi* Wall. ex Royle (Berberidaceae)). Их распространению могли способствовать и птицы, и мелкие животные, которые поедают их плоды осенью.

На территории Финляндии новым инвазионным видом стало декоративное однолетнее растение — *Impatiens glandulifera* Royle. Последние годы этот вид все активнее проникает и распространяется в Выборгском районе Ленинградской области. Среди видов, «уходящих» с дачных участков, дичающих вокруг населенных пунктов, можно выделить еще и *Asparagus officinalis* L. Но скорость распространения данного вида не велика, и это растение не вызывает никаких аллергических или иных патологических реакций у человека и животных. В ряде регионов Северо-Запада России распространяется *Solidago canadense* L.

В 1946 году была создана научно-опытная станция БИН РАН — «Отрадное». Локальное обследование, проведенное в период 2012–2014 годах этой территории выявило наличие 73 видов дичающих древесных растений, образующих самосев, «ушедших» за пределы интродукционного питомника древесных растений, 8 из них — голосеменные, 27 видов перешли в естественные фитоценозы, т. е. могут быть потенциально инвазионными видами [Бялт и др., 2014].

При интродукционном выращивании дикорастущих травянистых видов растений отмечается повышение сырьевой и семенной продуктивности. Традиционные приемы ухода за растениями освобождают площадь от сорных видов, что приводит к отсутствию конкурентных и аллелопатических взаимоотношений в ценозах вновь выращиваемых видов. Повышение сырьевой и семенной продуктивности отмечено для значительного большинства интродуцируемых видов, и для видов, заселяющих нарушенные территории. При сравнении данных по продуктивности вида в естественных местообитаниях и в условиях первичной культуры, как правило, у последних отмечается увеличение линейных размеров всех органов растений, в том числе и семян, равно как и повышение их качеств. У интродуцентов заметно меняется качество семян [Ткаченко и др., 2015; 2016; Фирсов, Ткаченко, 2016; Фирсов и др., 2017]. Повышается количество крупных, хорошо выполненных (полнозерных) семян, характеризующихся высокой всхожестью. Потомство из таких семян, в короткие сроки проходит начальные возрастные состояния, они раньше вступают в репродуктивное состояние, но это приводит к сокращению продолжительности жизни особи. Однако за этот период растение образует больше число жизнеспособных семян, по сравнению с особями, растущими в ненарушенных условиях, превышение составляет от 20–30 до 50–80 %. Эти изменения отмечаются как у растений, выращиваемых, так и активно зарастающих нарушенные территории. Успешность введения вида в интродукцию есть оценка его положительной реакции на экологическое нарушение. Следовательно, виды (чаще травянистые одно- или многолетние), наиболее легко вводимые в первичную культуру, хорошо и активно размножающиеся в новых для них почвенно-климатических условиях, могут быть рекомендованы для очистки загрязненных и восстановления нарушенных земель, т. е. в качестве биоремедиаторов.

За вводимыми в первичную культуру видами растений (интродуцентами) важно вести постоянные наблюдения, особенно уделяя внимание антэкологии и качеству образуемых семян, выявлять наличие самосева, необходимо отслеживать ритмы и скорость размножения интродуцентов не только в ботанических садах, но и в частных коллекциях.

Работа выполнена в рамках госзадания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В. Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», номер АААА-А18-118032890141 — 4.

Литература

Антипина Г. С., Пономаренко Н. Н. 2007. Натурализация культурных растений в южной Карелии // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. Архангельск. С. 12–14. Бялт В. В., Васильев Н. П., Орлова Л. В., Фирсов Г. А. 2014. Адвентивные виды древесных растений научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН (Ленинградская область) // Растительный мир Азиатской России. № 2 (14). С. 71–77. Горчаковский П. Л. 1984. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология. № 5. С. 3–16. Карпун Ю. Н. 2003. Основы интродукции растений // Hortus botanicus. Т. 2. С. 17–32. URL:

<http://hb.karelia.ru/>. Прохоров А. А., Карпун Ю. Н. 2012. Особенности распределения растений в коллекциях ботанических садов за пределами экологического оптимума // Принципы экологии. № 3. С. 79–86. Ткаченко К. Г. 2014. Род Борщевик (*Heracleum* L.) — хозяйственно-полезные растения // Вестник Удмуртского университета. Сер. 6. Биология. Науки о земле. Вып. 4. С. 27–33. Ткаченко К. Г. 2015. Борщевики (род *Heracleum* L.): pro et contra // Биосфера. Т. 7, № 2. С. 209–219. Ткаченко К. Г., Капелян А. И., Грязнов А. Ю., Староверов Н. Е. 2015. Качество репродуктивных диаспор *Rosa rugosa* Thunb., интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. № 13. С. 41–48. Ткаченко К. Г., Комжа А. Л., Грязнов А. Ю., Староверов Н. Е. 2016. Влияние сроков хранения на всхожесть и контроль качества семян и плодов некоторых видов травянистых растений // Известия Горского государственного аграрного университета. № 53 (3). С. 153–164. Фирсов Г. А., Волчанская А. В., Ткаченко К. Г. и др. 2017. Айва обыкновенная (*Cydonia oblonga*, Rosaceae) в ботаническом саду Петра Великого // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. № 177 (4). С. 28–36. Фирсов Г. А., Ткаченко К. Г. 2016. О качестве семян *Sorbaria sorbifolia* и *Sorbaria kirilowii* (Rosaceae), интродуцированных на Северо-Западе России // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. № 16. С. 22–28. Шуппанникова Г. С. 2001. Синантропное изменение флоры города Сыктывкара // Экология. № 2. С. 147–151.

ИНТРОДУКЦИЯ *BERGENIA CRASSIFOLIA* (L.) FRITSCH В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (Г. СУРГУТ)

И. Н. Турбина, М. В. Филимонова

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия, scilla3@yandex.ru

Введение. Интродукция подразумевает целенаправленный перенос растений в новые для них природно-климатические условия произрастания, а также введение в культуру видов местной флоры. В условиях резко континентального климата Сибири большую ценность для ландшафтного дизайна представляют холодостойкие многолетние растения с ранним цветением и длительным периодом вегетации. К их числу относится представитель семейства Камнеломковые (*Saxifragaceae* A. L. deJussieu) — бадан толстолистный (*Bergenia crassifolia* Fritsch.), издавна используемый в декоративном садоводстве и известный как лекарственное растение. Наиболее ценным в фармакопейном отношении является его корневище, содержащее дубильные вещества, свободные полифенолы, углеводы, фенолкарбоновые кислоты.

Интродукционные исследования проводили в условиях г. Сургута, который расположен в среднетаежной зоне Западно-Сибирской равнины, характеризующейся резко континентальным климатом с холодной продолжительной зимой и теплым коротким летом. По обеспечению влагой район находится в области достаточного увлажнения. Находясь на севере Азии, территория испытывает влияние влажных воздушных масс с Северного Ледовитого океана. Зима относительно сухая и морозная. В летний период доминируют северные ветра, однако в ясную погоду воздушные массы успевают прогреться. Известно, что одним из показателей механизмов адаптации растений к новым экологическим условиям и приемам агротехники является содержание фотосинтетических пигментов. В связи с этим большое значение при исследовании состояния растений имеет изучение пигментного комплекса, его способность приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям.

Цель работы: изучение адаптационных возможностей *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch. в условиях Сургута.

Задачи: установление сроков прохождения фаз в зависимости от погодных условий разных лет и свойственного виду феноритмотипа; сравнение динамики содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллы «a» и «b», каротиноиды) у бадана толстолистного в период вегетации в фазах: бутонизация, цветение, плодоношение, вегетация.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования являлся один вид *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch. Бадан толстолистный относится к экологической группе растений — мезопетрофитов. Произрастает в лесном субальпийском и альпийском поясах на высоте от 300 до 2 000 м над ур. моря по склонам северных и северо-восточных экспозиций, встречается в редких лесах по падиам и долинам рек. Ареал бадана ограничен, он растет в Сибири в горной черневой тайге (лес с преобладанием пихты и ели) по скалам и каменистым склонам (Алтай, Саяны, Прибайкалье, Забайкалье, Республика Тыва) [Худоногова, 2015]. Жизненная форма — травянистый длиннокорневищный поликарпик. Сезонное развитие бадана изучали с использованием методики фенологических наблюдений [Методика фенологических..., 1975], феноритмотип описан по классификации И. В. Борисовой (1965) и Р. А. Карпионовой (2012). Содержание фотосинтетических пигментов определяли в 3-кратной биологической повторности на спектрофотометре СФ-56 (ЛОМО-Микросистемы, Россия) по методике Е. В. Барковского (2013). Наличие пигментов рассчитывали в мг/г сухого вещества.

Результаты исследования и их обсуждение. Сезонное развитие *Bergenia crassifolia* начинается с отрастания вегетативно-генеративных розеточных побегов, несущих 6–10 крупных, длинночерешковых, кожистых листьев и верхушечное соцветие метельчато-щитковое из 30–33 цветков в среднем. Цветение в условиях Сургута отмечается с мая до конца июня. Цветки обоеполые, колокольчатые, с двойным околоцветником, раздельнолепестные. Венчик лилово-розовый, чашечка пятилистная, при основании спаянная. Рост цветоноса продолжается и в период цветения, так что их высота варьирует от 30 до 58 см.

Созревание плодов-коробочек и диссеминация проходят в июне, после чего цветonoс отмирает, уступая место образованию вегетативных побегов. Формируется розетка из 8 срединных (стеблевых) листьев, отличающихся максимально развитой листовой пластинкой (длина 13,5–15,0 см, ширина 9,5–11,0 см, длина черешка 4,0–5,0 см) и 2 верховых листа (длина 6,0–8,0 см, ширина 3,0–5,0 см, длина черешка 1,5–2,0 см). В почке возобновления с осени формируется генеративный побег, что обеспечивает зацветание весной. В августе при благоприятных погодных условиях наблюдали у единичных особей вторичное цветение. Особенностью сезонного развития *B. crassifolia* является постоянно сохраняющийся ассимиляционный аппарат и способность к круглогодичной вегетации (рис. 1). Таким образом, *B. crassifolia* представляет весенне-летне-зимнезеленый многолетник с поздневесенним ритмом цветения.

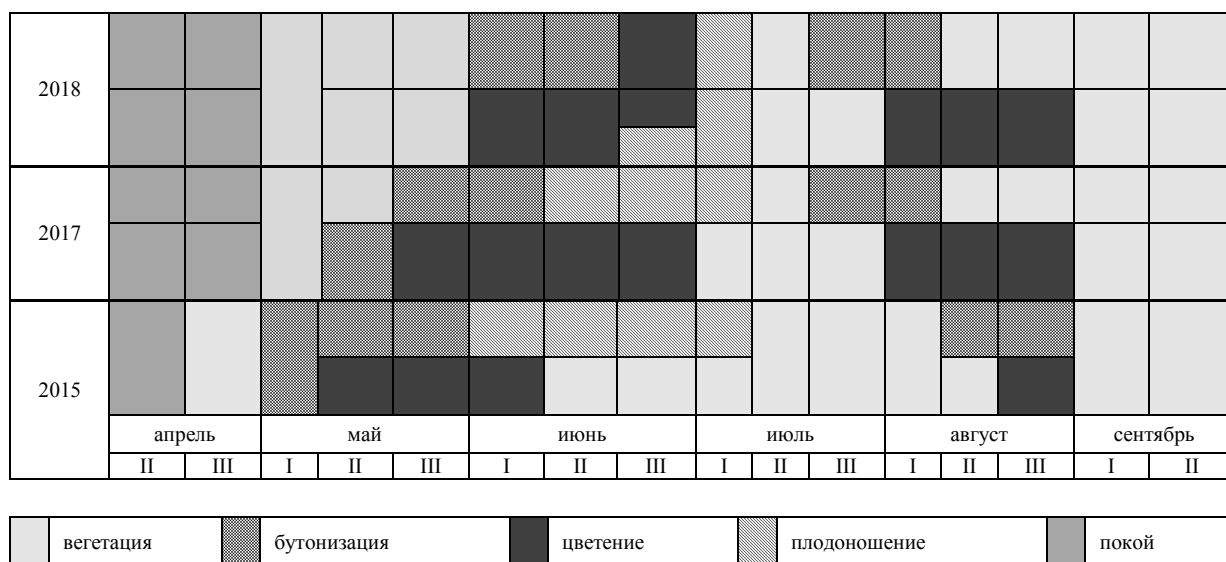


Рис. 1. Феноспектр развития *Bergenia crassifolia* в условиях Сургута

Содержание хлорофиллов и каротиноидов является одним из биохимических показателей степени адаптации растений к экологическим условиям. Важными характеристиками фотосинтетической деятельности растений является содержание в хлоропластах хлорофиллов *a* и *b* (хл. *a* и хл. *b* и их суммы (хл. $a + b$), каротиноидов (*Ск*), а также соотношение между количеством хлорофилла и каротиноидов (хл. $a + b/Ск$). Исследования концентрации фотосинтетических пигментов в зеленых листьях бадана проводили в период наиболее активного метаболизма растений с мая по август включительно. На основе полученных данных, был проведен анализ межгодовой динамики содержания фотосинтетических пигментов в соответствии с климатическими особенностями за 2015–2018 годы (рис. 2).

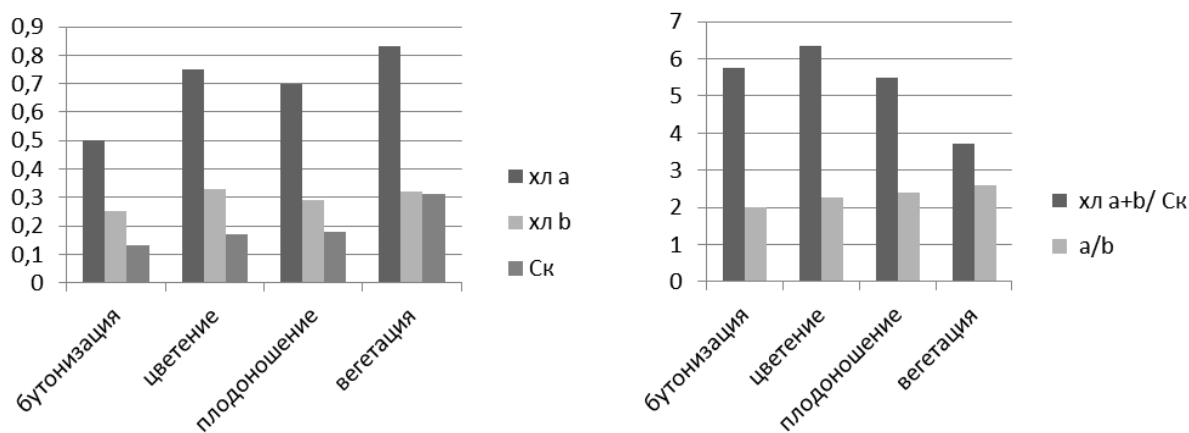


Рис. 2. Среднегодовая динамика содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Bergenia crassifolia* на разных этапах сезонного развития, мг/г сухой массы

Содержание зеленых пигментов варьировалось в течение вегетационного периода в диапазоне от 0,75 до 1,15 мг/г с максимумом накопления в летние месяцы. На протяжении вегетационного периода отмечено постепенное увеличение доли хл. *a*, содержание которого в 1,5–3,0 раза превысило таковое хл. *b*, о чем свидетельствовало соответствующее изменение соотношения этих групп зеленых пигментов в период наблюдений. Содержание желтых пластидных пигментов на протяжении всего периода наблюдений значительно уступало уровню хлорофиллов. Так, в период вегетации отмечается максимальное значение доли каротиноидов ($0,31 \pm 0,07$ мг/г). Это можно объяснить тем, что пигменты увеличивают устойчивость вида к неблагоприятным воздействиям низкой температуры в зимний период [Adams, Demmig-Adams, 1994]. Соотношение хл. $a + b/C_k$ — в норме стабильный показатель, характеризующий пигментный комплекс растений и четко реагирующий на изменения различных факторов среды. Высокая величина соотношения в летний период (фазы бутонизации, цветения, плодоношения), свидетельствует об удовлетворительном физиологическом состоянии растений. Снижение соотношения хл. $a + b/C_k$ в осенний период до 3,71 мг/г говорит о снижении физиологического статуса растений, вызванном воздействием низкой температуры.

Заключение. В условиях Западной Сибири (г. Сургут) по сезонному ритму развития для бадана толстолистного выделен следующий феноритмотип: длительновегетирующий весенне-летне-зимнезеленый длиннокорневищный поликарпик с поздневесенним цветением.

Содержание зеленых пигментов варьировалось в течение вегетационного периода в диапазоне от 0,75 до 1,15 мг/г с максимумом накопления в летние месяцы. Для каротиноидов характерно максимальное накопление осенью в фазу вегетации ($0,31 \pm 0,07$ мг/г).

Соотношение хлорофиллов *a* и *b* на протяжении практически всего периода вегетации находится в интервале, оптимальном для тенелюбивых растений 2,00–2,59. Для летнего периода характерны высокие величины (5,5–6,4) соотношения хл. $a + b/C_k$, со снижением в осенний период до 3,71 мг/г, что связано с неблагоприятным температурным режимом.

В дальнейшем планируется расширить исследования рода *Bergenia* Moench, получен семенной материал видов (*Bergenia pacifica* Kom., *Bergenia media* Haw., Engl., *Bergenia himalaica* Boriss.) из Полярно-альпийского ботанического сада-института имени Н. А. Аврорина.

Литература

- Барковский Е. В. 2013. Современные проблемы биохимии. Методы исследований / под ред. А. А. Чиркин. Минск: Высш. шк. 491 с. Борисова И. В. 1965. Ритмы сезонного развития степных растений и зональных типов степной растительности Центрального Казахстана // Тр. БИН им. В. Л. Комарова. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 17. С. 64–99. Карпицкая Р. А. 2012. Перспективность интродукции многолетников разного географического и фитоценологического происхождения // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: материалы междунар. конф. (19–22 июня 2012 г.). Минск. Ч. 2. С. 127–128. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. 1975. Совет ботан. садов СССР. М.: ГБС АН ССР. 27 с. Худоногова Е. Г. 2015. Биология, экология и продуктивность полезных растений Предбайкалья: анализ, прогнозирование и оптимизация использования: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.01. Оренбург: Оренбург. гос. пед. ун-т. 41 с. Adams W. W., Demmig-Adams B. 1994. Carotenoid composition and down regulation of photosystem II in three conifer species during the winter // Physiol. Plant. № 92. P. 451–458.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРИХИНЕЛЛЕЗА СРЕДИ ДОМАШНИХ И ДИКИХ ЖИВОТНЫХ В ГОРОДЕ КАЛИНИНГРАД

Н. А. Фролов

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия, frolov-na@mail.ru

Трихинеллез (*Trichinellosis*) — паразитарное и опасное заболевание среди человека, домашних и диких животных, которое, как правило, вызывается гельминтами из группы нематод (трихинеллами), в результате чего возникает аллергия, отечность органов, в частности, лицевой части, и в крайних случаях торможение центральной нервной системы, а также летальный исход. Все перечисленные симптомы показывают на то, что в организме поражена поперечнополосатая мускулатура личинками паразита.

В Калининградской области паразитарное заболевание встречается в основном в естественной среде, но и регулярно регистрируется в личных подсобных хозяйствах. В регионе в большой степени подвергаются заболеванию дикие животные — дикие кабаны, среди домашних животных также зафиксированы случаи заражения домашних свиней. Передача заражения личинками передается собаками и кошками при употреблении ими сырья от больных животных.

Проанализировав многочисленную статистику, можно уверенно заявить, что человек в основном заражается путем съедания зараженного мяса, которое не подвергалось термической обработке.

Таксономия паразита возбудителя. В настоящее время насчитывают около пяти видов возбудителей трихинелл, а также имеются возбудители, чьи статусы еще не определены:

Trichinella pseudospiralis — встречается на всей территории мира, в основном встречается у диких животных, а также птиц. В мышцах в области личинок отсутствуют капсулы.

Trichinella britovi — распространен на севере Евразии. Плотоядные животные являются в роли хозяев.

Trichinella nelsoni — встречается в Африке, малопатогенен для человека. Паразитирует на млекопитающих.

Trichinella spiralis — распространен на всей территории мира, является самым распространенным паразитом у диких животных, домашних свиней и человека.

Trichinella nativa — зафиксирована в Северном полушарии и встречается у диких млекопитающих, паразитирует у диких животных

Морфология. Трихинеллы являются паразитарными червями, имеют, как и другие гельминты в среднем от 1 до 4 мм длины. Род паразитических круглых червей класса Ecnorlea одни из наиболее мелких из известных нематод, имеют типичное для круглых гельминтов строение длиной от 1 до 4 мм. Тела самки длиной около 1,5–1,8 мм, после оплодотворения — достигает до 4,4 мм, длина тела самца колеблется около 1,2–2 мм. Личинки трихинеллы имеют форму в виде палочек. Длина около 0,1 мм. Как только личинки проникают через ткани слизистой оболочки кишки, они следуют в кровеносные и лимфатические сосуды, в результате чего разносятся по всему организму, внедряясь в поперечнополосатую мускулатуру. Как только личинки мигрировали, они увеличиваются до размеров 0,7 мм и имеют спиралеобразную форму, вследствие чего, вокруг спирали образуется защитная капсула.

Экология. В настоящее время насчитывают более 90 видов животных, которые могут быть хозяевами нематод. Заражение происходит при поедании уже зараженных животных или их трупов. Не только всеядные и хищные животные могут быть в роли хозяев, но и как показали исследования, ими могут выступать и лошади. Часто домашние животные, к примеру, свиньи заражаются от крыс, а те заражают других свиней. Но зачастую на неблагоприятных личных подсобных хозяйствах заражение свиней происходит путем поедания трупов кошек или некачественных обработанных отходов. От этого и происходит цепочка заражения, так как этими же отходами могут питаться собаки и другие животные, находящиеся в этом хозяйстве. В Калининградской области люди заражаются паразитом от диких животных, а именно от диких кабанов, реже от домашней свиньи. Был составлен анализ заражения за 2000–2017 гг. по заболеваемости трихинеллезом жителей в Калининградской области. За весь период было заражено более 30 человек, при этом 36 % всего лишь за один 2001 год. Эти данные показывают, что в Калининградской области люди заражаются при поедании мяса диких животных, в основном это мясо диких кабанов, у которых паразитирует *T. nativa*.

Так, с ноября 2015 года по настоящее время было выявлено пять неблагополучных пунктов по трихинеллезу, из них в двух неблагополучных пунктах Полесского и Нестеровского районов Калининградской области трихинеллез обнаружен в мясе диких кабанов, а в трех пунктах Правдинского района — в мясе домашних свиней.

Итак, можно смело сказать, что распространение заражения происходит путем поедания мяса диких животных, мясных изделий и приобретением зараженных свиней в местах несанкционированной продажи, как правило, не подвергшихся ветеринарно-санитарному контролю. Для трихинеллеза также присуще групповое заболевание сезонного характера. Вспышки происходят в период убоя домашних свиней и сезоном открытия охоты на копытных — это осень и зима. Были и есть случаи, когда в домашних условиях длительный промежуток времени хранятся колбасные изделия и консервированное сырье, приготовленное в домашних условиях. Но и не редкость, когда браконьеры вызывают вспышки заболевания.

Биология. При заражении трихинеллезом одно животное является окончательным, а потом промежуточным хозяином паразита. Заражение организма происходит путем употребления мяса или мясных изделий, в которых имеются живые личинки трихинелл. При попадании в желудок хозяина под воздействием желудочного сока оболочка капсулы исчезает (растворяется), и тогда личинка свободно попадает в слизистую оболочку кишечника, в которой происходит воспалительная реакция, и примерно через 1–1,5 часа внедряется в стенки кишки. К концу первой недели после поражения в тонкой кишке обнаруживаются самки трихинелл, которые наполовину находятся в слизистой оболочке. В то время как в слизистой происходит острое кровоизлияние. В этот момент самка готова оставлять живых личинок. Время «рождения» может длиться от 10 до 30 дней. Самка трихинелл может произвести более 1 500 личинок. После того как самка произвела личинок они потоком крови могут попасть в любой орган в организме, но только в поперечнополосатых мышцах возможно дальнейшее существование и развитие паразита. После того как личинка остановилась в мышце, она приобретает форму спирали, вследствие чего вокруг личинки образуется фиброзная капсула, в которой накапливаются соли кальция.

Первым симптомом заболевания трихинеллеза у животных является понос, как правило, он начинается с 3 дня после того, как животное заразилось. Все зависит от того, сколько личинок находится в организме животного. Практика показывает, что понос начинает появляться в период развития личинок трихинелл в тканях кишечника и даже после того, как новые личинки начинают заселять мышечные ткани животного. Острое состояние организма говорит о том, что личинки начинают внедряться в мышцы и образовывать вокруг себя капсулы. Повышение температуры, слабость, истощение, отказ от пищи, это все перечисленные симптомы, которые сопровождаются при заражении организма трихинеллами. Личинки, которые уже осели в мышцах, выделяют вещества, которые нарушают развитие мышечной ткани, из-за чего начинают

появляться воспаления. Характерными симптомами трихинеллеза у животных являются дрожь и нарушение координации движений.

Профилактика трихинеллеза.

1. Обязательное требование при забое диких животных (дикого кабана) — должна производиться трихинеллоскопия.

2. Строго контролируется убой животных в подсобных личных хозяйствах, а также без ветеринарно-санитарного контроля. Продажа и сбыт мяса и мясных изделий без клейма ветеринарно-санитарной экспертизы запрещена.

3. Зараженные туши зверей, птиц обрабатываются специальным средством, к примеру керосином и далее должны быть закопаны в яму на глубину не меньше 1,5 метра.

4. Уничтожение бродячих кошек и собак, исследование их на трихинеллез.

5. Как правило, в населенных пунктах должны быть места, оборудованные под убойные пункты и ямы для утилизации трупов и отходов.

6. Если невозможно проверить мясо, то необходимо варить (кипятить) не менее 2,5–3 ч, при толщине куска, не превышающем 2,5 см.

Литература

Андрянов О. Н., Бессонов А. С. 2003. Альвеолярный эхинококкоз и трихинеллез диких плотоядных животных в Центральном регионе России. М. С. 29–30. *Бессонов А. С.* 1977. Трихинеллез. Киев: Урожай. 112 с. *Мезенцев С. В.* 2015. Дератизация при трихинеллезе птиц // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 12 (134). С. 107–111. *Калюс В. А.* 1952. Трихинеллез человека. М.: Медгиз. 248 с. *Березанцев Ю. А.* 1974. Трихинеллез. Л.: Медицина. Ленингр. отд-ние. 160 с. *Малахов В. В.* 1986. Нематоды: Строение, развитие, система и филогения / отв. ред. О. И. Белогуров; АН СССР, Дальневосточный науч. центр, Ин-т биологии моря. М.: Наука. 216 с. *Зоология беспозвоночных.* 2008 / под ред. В. Вестхайде и Р. Ригера. М.: Т-во научных изданий КМК.

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОТХОДАХ СМЁТА
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

А. Д. Аптуллина, Е. А. Скочилова

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, *aptyllina.nastya.1996@mail.ru*

Отходами деревообрабатывающего производства принято считать вещества или предметы, которые образованы в процессе производства: стружку, древесную пыль, опилки, отходы коры, горбыль и многое другое [ГОСТ..., 2001; Отходы..., 2018]. По статистике в деревообрабатывающем производстве до 40 % пиловочника уходит в отходы. Кроме этого, имеются и другие отходы: смёт с деревообрабатывающих цехов, зола и песок, в которых ранее нами были обнаружены тяжелые металлы, оксиды металлов, нефтепродукты [Аптуллина, Скочилова, 2018]. Они являются опасными загрязняющими веществами и негативно воздействуют на все живые организмы и в целом на окружающую среду. В связи с этим целью данной работы является изучение содержания тяжелых металлов в смёте, взятом с территории деревообрабатывающего производства г. Йошкар-Олы (Республика Марий Эл). В отходах, взятых с территории деревообрабатывающего предприятия определяли тяжелые металлы. Для количественного определения тяжелых металлов в смёте применялся рентгенфлуоресцентный метод. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программы «Statistica 6.0». Достоверность различий оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %.

С помощью рентгенфлуоресцентного метода в смёте, взятом с территории деревообрабатывающего предприятия, были обнаружены тяжелые металлы и оксиды металлов (табл.).

Содержание тяжелых металлов в смёте, мг/кг

Металлы	ПДК	Содержание
Pb	32	21,7 ± 0,81
Zn	23	45,3 ± 0,73
Ni	4	21,3 ± 0,55
Co	5	8,4 ± 0,24
Cr	6	81,3 ± 4,45
Fe ₂ O ₃	Не нормируется	2,0 ± 0,002
MnO	1 500	329,7 ± 11,18

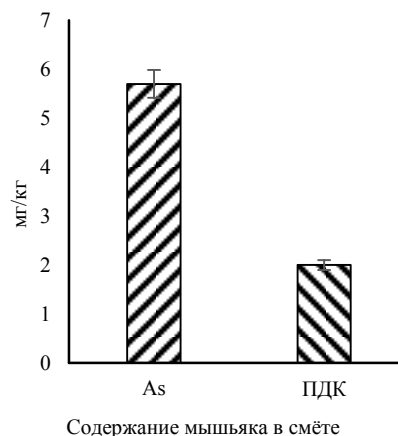
Из таблицы видно, что превышения, по сравнению с ПДК, были обнаружены по следующим тяжелым металлам: цинку — в 2,0, никелю — в 5,3, кобальту — в 1,7 и хромю — в 13,6 раза. Содержание свинца в смёте находится в пределах нормы. В смёте также были обнаружены оксиды металлов: оксид марганца и оксид железа (табл.). Оксид марганца не превышает ПДК, а оксид железа не нормируется.

Кроме того, в смёте был обнаружен мышьяк. Содержание которого в 2,9 раза было больше, чем ПДК (рис.). ПДК по мышьяку составляет 2 мг/кг, а количество мышьяка в смёте — 5,7 мг/кг.

Таким образом, мы выяснили, что в смёте, взятом с территории деревообрабатывающего предприятия г. Йошкар-Олы, были обнаружены тяжелые металлы, оксиды металлов и мышьяк.

Литература

Аптуллина А. Д., Скочилова Е. А. 2018. Тяжелые металлы и нефтепродукты в отходах деревообрабатывающего предприятия // Современные проблемы медицины и естественных наук: сб. статей Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола. Вып. 7. С. 396–399. ГОСТ 30772-2001. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения (введен Постановлением Госстандарта России от 28.12.2001 № 607-ст). *Отходы* производства: инструкция по обращению. URL: <https://www.kom-dir.ru/article/1479-othody-proizvodstva>, свободный (дата обращения: 24.03.2018).



МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ ХАЧМАЗСКОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНА

К. К. Асадова, Р. Т. Абдыева, Н. П. Мехтиева, В. М. Али-заде

Институт ботаники Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика
asadova_kam@mail.ru

Широколистные леса в Азербайджане занимают большие площади низменности до высокогорий. В настоящее время низменные леса сохранились небольшими массивами и фрагментами на Ленкоранской, Самур-Дивичинской и Кура-Аразской низменностях, а также в Алазань-Агрчайской долине. С конца XX столетия ввиду климатических и других естественно-природных изменений, а также в связи с расширением инфраструктуры загрязнения и окружающей природной среды, площади лесных массивов стали сокращаться. Поскольку Хачмазский район является одним из приморских туристических центров страны, то эти изменения затронули и здешние леса. В связи с этим изучение современного состояния фитообразия лесных массивов указанного района представляет научный и практический интерес.

Хачмазский район располагается в северо-восточной части Азербайджана: с востока омывается Каспийским морем, на севере граничит с Дагестаном, с запада и юга окружен Гусарским, Губинским и Сиязанским административными районами. Согласно ботанико-географическому районированию Азербайджана этот район относится к Самур-Дивичинской низменности [Прилипка, 1954], который характеризуется умеренно-континентальным климатом; основные типы почв — лугово-лесные, аллювиально-луговые карбонатные и песчаные. Для района исследования характерны следующие типы ветров — бризы, норды, хазри, фёны и суховеи. Относительная годовая влажность воздуха составляет 76 %. Наименьшее годовое количество осадков — 185 мм, наибольшее — 390 мм. Среднегодовая температура воздуха +12,3 °С. Самые жаркие месяцы — июль, август (средняя +27 °С, абсолютная максимальная 38–43 °С), самый холодный — январь (средняя +1 °С) [Экологический атлас, 2010].

Мониторинг проводился в Яламинском лесном массиве Хачмазского района в 2017–2018 гг. Основная доля лесов представлена здесь чистыми или смешанными дубравниками с доминированием *Quercus pedunculiflora* С. Koch. Леса с участием этого вида для Самур-Дивичинской низменности и прилегающих к ней шлейфов и склонов нижнегорного пояса Губинского массива являются весьма обычными [Прилипка, 1954]. Основные спутники эдификатора — виды *Acer* L., *Carpinus* L. и *Quercus* L. В отличие от лесов с доминированием *Quercus iberica* Stev. ex M. Biebi *Carpinus caucasica* A. Grossh. леса с преобладанием *Q. pedunculiflora* экологически тяготеют к более засушливым, низинным местообитаниям. В зависимости от условий экотопа и антропогенной нагрузки *Q. pedunculiflora* встречается в двух формах. В дубово-грабовых лесах растет деревом с раскидистой кроной. На сухих склонах со скелетными почвами и в случае систематического сраживания и вырубке леса может переходить в кустарниковую форму. Из кустарников в этих лесах обычными являются виды *Crataegus* L., *Rosa* L. и *Rubus* L. Травянистый покров включает, главным образом, ксерофитные, ксеромезофитные, луговостепные виды растений. На участках пересекаемых небольшими речками встречаются более мезофильные травы.

Первый исследуемый лес (окр. с. Самур-чай на границе с Дагестаном, высота –22 и –25 м над ур. моря) находится в приморской полосе в 100 м от береговой линии и отделяется от берега узкой шоссейной дорогой. Широколиственному лесу предшествуют посадки сосны эльдарской (*Pinus eldarica* Medw.) и ореха грецкого (*Juglans regia* L.). Древостой достигает высоты 10–15 м. Эдификатор леса — *Q. pedunculiflora*, сообщества которого представлены здесь двумя вариантами: дубравник с преобладанием молочая (*Quercus etumephorbosum*) и дубравник с развитым подлеском (*Quercus etumfruticosum*). В составе древостоя в качестве примеси произрастает *Acer campestre* L. Сомкнутость крон первого яруса 0,6–0,7, состав древостоя 7ДЗК. Возобновление древесного яруса обеспечивается большим количеством подроста самого эдификатора и клена. Однако высокая надземная и подземная конкурентность в будущем может привести к гибели половины подроста. Подлесок представлен кустарниками — *Crataegus curvicepala* Lindm., *Crataegus pentagyna* Waldst. et Kit., *Mespilus germanica* L., *Prunus caspica* Kovalev et Ekimov, *Rosa corymbifera* Borkh., *Rubus anatolicus* (Focke) Focke ex Hausskn., *Hedera helix* L., *Smilax excelsa* L. Сомкнутость подлеска низкая 0,1–0,3. Проективное покрытие травянистого яруса колеблется от 40 до 70 %, в среднем 50–60 %. В травянистом покрове леса преобладающими являются 27 видов, среди которых ценообразующие: *Euphorbia amygdaloides* L., *Poa trivialis* L., *Viola sieheana* W. Becker, *Geum urbanum* L., *Asparagus verticillatus* L., *Ornithogalum sintenisii* Freyn, *Ranunculus villosus* DC., *Geranium pusillum* L., *Calystegia sylvatica* (Kit.) Griseb. С более низкой отметкой обилия (2–3 балла) отмечены *Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavarra et Grande, *Berula erecta* (Huds.) Cov., *Rumex conglomerates* Murray.

В распределении растений травянистого яруса и некоторых кустарников наблюдается влияние режима освещения. Так, в местах повышенной сомкнутости крон доминирует *Euphorbia amygdaloides*. В более светлых изреженных участках леса произрастают виды, характерные для лесных полян: *Poa trivialis*, *Ranunculus villosus*, *Asparagus verticillatus* L., *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult., а также *Prunus caspica*. В нарушенных местах и на окраинах леса встречаются *Sambucus ebulus* L., *Equisetum ramosissimum* Desf., *Cichorium inthybus* L., *Xeranthemum cylindraceum* Sibth. et Sm, *Senecio vernalis* Waldst. et Kit.), *Tripolium vulgare* Ness, *Chenopodium album* L., *Teucrium hircanicum* L., *Pimpinella peregrina* L., *Verbena officinalis* L.,

Euphorbia boissieriana (Woronow) Prokh., *Froriepia subbipinnata* (Ledeb.) Baill., *Acroptilon repens* (L.) DC. и *Hordeum leporinum* Link. Существенных антропогенных воздействий здесь не обнаружено. Однако состояние древесных пород находится под угрозой массового поражения лишайниками *Ramalina polinaria* и *Evernia prunastri*. Двухлетние наблюдения за состоянием леса показали, что распространение лишайников проходит весьма активно. По-видимому, здесь создается благоприятный режим для их развития. Если в 2017 г. на окраине леса было поражено всего 15 деревьев *Pinus eldarica*, а в самом лесу лишайниками были покрыты единичные экземпляры деревьев и кустарников, то в 2018 г. все сосны были полностью подвержены усыханию, а также вдвое увеличилось число пораженных лишайниками деревьев дубового леса.

Второй Яламинский лес, находящийся в 5–6 км от берега моря представлен двумя вариантами: дубово-грабовый с подлеском (*Quercuseto-carpinusetumfruticosum*) и грабово-дубовый с травянистым покровом (*Carpinuseto-quercusetumherbosum*). Как и предыдущий лес, обследуемая территория пересекается речной артерией, что вызывает неравномерный режим увлажнения. Высота древостоя достигает 20–25 м, состав 4Д4Г2К. В первом древесном ярусе, наряду с *Q. pedunculiflora* и *Carpinus caucasica* Grossh., произрастают 2 вида клена (*Acer campestre* L., *A. laetum* C. A. Mey.). Сомкнутость крон выше, чем в предыдущем лесу 0,7–0,8. Возобновление древесного яруса у граба и клена выше, чем у дуба. Подлесок включает виды *Cornusmas* L., *Crataegus curvicepala* Lindm., *Mespilus germanica* L., *Rubus caesius* L., *Rosa corymbifera* Borkh. и *Vitis silvestris* C. C. Gmel. Сомкнутость крон 0,3. Покров травянистого покрова в сравнении с вышеуказанным лесом несколько выше (70–80 %). Здесь насчитывается 17 доминирующих видов: *E. amygdaloides*, *G. urbanum*, *Allium paradoxum* (M. Bieb.) G. Don., *O. sintenisii*, *R. villosus*, *Viola sieheana*, *Rumex conglomerates*, *Senecio vernalis*, *Prunella vulgaris* L., *Allia riapetiolata*, *Galium rubioides*, *Calycocorsus tuberosus* (Fisch. & C. A. Mey. ex DC.) Rauschert, *Ophrys caucasica* Woronowex Grossh., *Orobanche hederæ* Duby, *Equisetum ramosissimum*, *Nonea lutea* (Desr.) DC., *Poa trivialis* L. На участках пересекаемых речкой возрастает обилие таких видов, как *O. sintenisii*, *R. villosus* и *Calycocorsus tuberosus*. На менее увлажненных местах преобладают виды молочая. Исследования показали, что основными факторами, влияющими на распределение растений, являются выпас скота и условия экотопа.

На территории обследуемого лесного массива были обнаружены два редких краснокнижных вида [Красная книга..., 2013] — *Tulipa biebersteiniana* (1-й лес) и *Ophrys caucasica* (2-й лес). На 100 м² отмечено 376 экземпляров *Tulipa biebersteiniana*, из которых преобладали особи генеративного периода — 225 (g₁ — 152, g₂ — 46, g₃ — 27); численность молодых особей — несколько меньше — 151 (j — 19, im — 40 и v — 92); особи постгенеративного периода не наблюдались. На такой же площади насчитывалось 549 особей *Ophrys caucasica*, из которых наибольшее число составляли особи прегенеративного периода (j — 98, im — 112 и v — 125); генеративных (g₁ — 96, g₂ — 64, g₃ — 27) и постгенеративных (ss — 18, s — 9) экземпляров было значительно меньше. Преобладание молодых особей у обоих исследуемых видов указывает на их удовлетворительное состояние, однако все же существует угроза снижения их численности вследствие природных (сели и оползни) антропогенных (сбор туристами на букеты и выпас) факторов.

Литература

Красная книга Азербайджана. Редкие и исчезающие виды растений и грибов. 2-е издание. 2013. Баку: Гарб-Шарг (на азерб. яз.). 676 с. Прилико Л. И. 1954. Лесная растительность Азербайджана. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР. 485 с. Прилико Л. И. 1974. Растительный покров Азербайджана. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР. 280 с. Экологический атлас. 2010. Баку. Бакинская картографическая фабрика. 176 с. (на азерб. яз.).

ОКОПНИК КАВКАЗСКИЙ (*SYMPHYTUM CAUCASICUM* M. BIEB.) ВО ФЛОРЕ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

А. А. Ахкубекова, А. Я. Тамахина

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, Россия
aida17032007@yandex.ru

Окопник кавказский (*Symphytum causicum* M. Bieb.) является эндемиком Кавказа. На Северном Кавказе произрастает рассеянно на низменности и в нижнегорном поясе (светлые леса, лесные поляны, опушки, берега рек) [Галушко, 1980]. Вид является зимо- и холодостойким, довольно требовательным к условиям увлажнения, плодородия и кислотности почв, предпочитая плодородные, рыхлые, водопроницаемые, но обеспеченные влагой, некислые почвы [Медведев, Сметанникова, 1981].

Ввиду высокой хозяйственной ценности как кормового, медоносного и лекарственного растения *S. causicum* был введен в культуру в Средней России и Сибири, где приобрел статус инвазионного, расселяющегося и натурализующегося в нарушенных, полуестественных и естественных местах обитания, и занесен в «Черную книгу» Средней России и Сибири [Виноградова и др., 2010; «Черная книга» флоры Сибири, 2016]. В условиях интродукции окопник кавказский не дает самосева, характеризуется высокой естественной вегетативной подвижностью [Крохмаль, Кряж, 2009], слабо поражается болезнями и вредителями, отличается высокой урожайностью надземной фитомассы [Медведев, Сметанникова, 1981; Разумова и др., 2015; Фролов, 1994].

В границах первичного ареала окопник кавказский исследован довольно слабо. В связи с этим целью работы стало изучение состояния ценопопуляций и химического состава зеленой массы *S. caucasicum* на территории Центрального Кавказа на примере Кабардино-Балкарской Республики (КБР).

Материал и методы исследования. Полевые исследования проведены в 2016–2018 гг. на территории Зольского, Черекского и Майского районов КБР (250–560 м над ур. моря).

Для изучения онтогенетической структуры ценопопуляций *S. caucasicum* в пределах каждого фитоценоза было заложено 3 трансекты размером $1 \times 50 \text{ м}^2$, в пределах каждой трансекты — по 10 площадок размером 1 м^2 . На каждой площадке подсчитывали число особей окопника кавказского. Признаками онтогенетического состояния особей служили число и состояние побегов: ювенильное (один генеративный розеточный побег), имматурное (несколько вегетативных розеточных побегов), генеративное (центральный репродуктивный побег в фазе бутонизации или цветения и боковые вегетативные розеточные побеги) [Фролов, 1994]. Возрастное состояние ЦП оценивали индексами возрастности Δ [Уранов, 1975], эффективности ω [Животовский, 2001] и восстановления I_v [Жукова, 1987]. Тип ЦП определяли по координатам «дельта-омега» [Животовский, 2001].

Агрохимический анализ почв включал определение плотности, содержания гумуса (по Тюрину), pH_{KCl} , подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову). В надземной фитомассе *S. caucasicum* определяли содержание сырого протеина, калия, кальция, фосфора и сырой золы.

Результаты исследования и обсуждение.

На обследуемой территории было обнаружено несколько ЦП *S. caucasicum*: ЦП 1 — в окрестностях с. Этоко (северо-западная часть Зольского района, в районе Этокских озер на высоте 550 м над ур. моря); ЦП 2 — на территории станицы Александровская (южная часть Майского района, на высоте 250 м над ур. моря); ЦП 3 — окрестности п. Кашхатау (центральная часть Черекского района, предгорная равнина в долине р. Черек, на высоте 560 м над ур. моря).

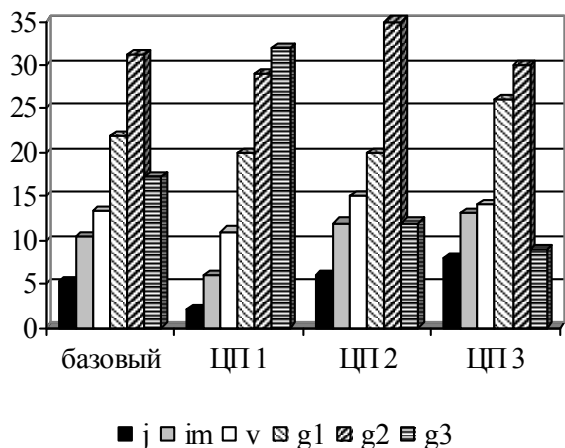
Климат районов исследования варьирует от умеренно теплого (ЦП 1) до влажно-умеренного (ЦП 2, ЦП 3). Почвы мест произрастания *S. caucasicum* характеризуются нейтральной pH, низким содержанием гумуса и подвижного фосфора и очень высоким — обменного калия. Плотность почв варьирует от низкой в ЦП 2 и ЦП 3 до высокой в ЦП 1 (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика почвенно-климатических условий мест произрастания *S. caucasicum*

№ ЦП	Ср. T января, $^{\circ}\text{C}$	Ср. T июля, $^{\circ}\text{C}$	Среднегодовое кол-во осадков, мм	Содержание гумуса, %	pH_{KCl}	P_2O_5 , мг/кг почвы	K_2O , мг/кг почвы	Плотность почвы, г/см^3
1	-4	+27,0	540	3,2	6,5	32,0	495,6	1,4
2	-2,5	+23,0	650	2,9	7,4	28,0	270,1	1,2
3	-3,0	+20,0	800	3,0	7,3	26,4	250,0	1,1

В изученных экотопах *S. caucasicum* формирует заросли площадью $10\text{--}18 \text{ м}^2$ с нижним ярусом из многолетних злаковых трав *Bromopsis riparia* (Rehmann) Holub, *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult., *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., *Poa angustifolia* L., *P. pratensis* L., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Dactylis glomerata* L., *Helictotrichon pubescens* Huds.) Pilg. Разнотравье представлено *Filipendula vulgaris* Moench, *Galium verum* L., *Plantago media* L., *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston, *Thalictrum minus* L., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench, *Thymus marschallianus* Willd., *Carex humilis* Leyss., *Trifolium pratense* L., *Lotus corniculatus* L., *Taraxacum officinale* F. H. Wigg., *Rhinanthus minor* L., *Achillea millefolium* L., *Geranium sanguineum* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Primula macrocalyx* Bunge, *Origanum vulgare* L., *Vincetoxicum hirundinaria* Medikus, *Vicia tenuifolia* Roth, *Coronilla varia* (L.) Lassen.



Онтогенетические спектры ЦП *S. caucasicum* в фитоценозах КБР

Исследованные ЦП *S. caucasicum* нормальные неполночленные. Базовый онтогенетический спектр односторонний правосторонний с максимумом на особях среднего возраста генеративного состояния (рис.). Аналогичные спектры имеют ЦП 2 и ЦП 3 с той лишь разницей, что в них доля особей

старого генеративного состояния снижается на 6–9 %, а ювенильных и имматурных — возрастает на 1–3 %. В спектре ЦП 1 отмечено смещение максимума на старые генеративные растения, снижение доли прегенеративных особей на 10 % по сравнению с базовым спектром.

Наличие в спектрах исследованных ЦП ювенильных особей свидетельствует о том, что в границах первичного ареала *S. caucasicum* успешно размножается не только вегетативным, но и семенным способом. Однако успешность семенного возобновления снижается при повышении уплотнения почвы, что отмечено рядом авторов [Медведев, Сметанникова, 1981]. В этих условиях активизируется вегетативное возобновление за счет прироста корневищ и образования 3–4 вегетативных зачатков, что способствует образованию рыхлых зарослей.

По данным Ю. М. Фролова (1994) соотношение онтогенетических состояний в спектре *S. caucasicum* зависит от погодных условий в период формирования семян. Так, в условиях интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми доля растений, перешедших в генеративное состояние из ювенильного, минуя имматурное, составила около 16 %. Данный тип биоморф наряду с ювенильными особями в условиях Севера имели пониженную зимостойкость. Почвенно-климатические условия КБР (мягкие зимы и достаточное количество осадков) благоприятны для выживания прегенеративных особей *S. caucasicum*.

Исследованные ЦП окопника кавказского относятся к зрелым (ЦП 1), переходным (ЦП 2) и зреющим (ЦП 3) типам (табл. 2). Индекс возрастности варьирует от 0,29 в зрелых до 0,54 в зреющих ЦП. При повышении значений *I*_v отмечено снижение значений индексов эффективности и возрастности.

Таблица 2

Характеристика возрастного состояния ЦП окопника кавказского

ЦП	<i>I</i> _v	Δ	ω	Тип ЦП
1	0,23	0,45	0,76	зрелая
2	0,49	0,39	0,69	переходная
3	0,54	0,31	0,66	зреющая

Высота растений окопника кавказского 82–105 см, площадь листовой ассимилирующей поверхности 1 побега 93–94 см², а всего растения с 5–6-ю побегами 530–588 см². Урожай надземной массы (воздушно-сухой вес) окопника кавказского в естественных фитоценозах КБР составляет 0,272–0,344 кг/м², а второго укоса — около 30 % от первого (0,082–0,103 кг/м²).

По данным фитохимического анализа в надземной фитомассе окопника кавказского в фазе бутонизации-цветения содержится в среднем 11,2 % сырого протеина, 16,31 г/100 г кальция, 2,65 г/100 г фосфора, 5,6 г/100 г калия, 17,22 % золы (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав зеленой массы окопника кавказского в фазе бутонизации-цветения

ЦП	Сырой протеин, %	Кальций, г/100 г	Фосфор, г/100 г	Калий, г/100 г	Зола, %
1	10,9	15,62	2,73	5,8	16,99
2	11,2	16,58	2,65	5,5	17,40
3	11,5	16,73	2,58	5,4	17,38

Полученные результаты свидетельствуют о том, что химический состав зеленой массы, а также урожай второго укоса *S. caucasicum* определяются почвенно-климатическими условиями места произрастания. Так, по данным В. В. Разумовой с соавторами (2015) при интродукции окопника кавказского в Воронежскую область в зеленой массе содержалось 3,66–6,47 % сырого протеина, а урожайность второго укоса составляла 26,5 % от первого. В Ленинградской области среднее содержание протеина в надземной массе о. кавказского составило 17,4 %, а урожай второго укоса — 34 % от первого [Медведев, Сметанникова, 1981].

Заключение. На территории КБР ареал *Symphytum caucasicum* M. Vieb. охватывает нижнегорную зону и низменность от 200 до 600 м над ур. моря с умеренно теплым и умеренно-влажным климатом, почвами с нейтральной рН, высоким содержанием обменного калия и низким — гумуса и подвижного фосфора. Распространение вида лимитируют вырубка лесов, уплотнение и низкая влажность почв. Основными типами ЦП являются зреющие и зрелые. В естественных фитоценозах КБР окопник кавказский размножается вегетативным и семенным способами, дает 2 укоса зеленой массы с высоким содержанием сырого протеина и золы, что позволяет считать данный вид перспективным для культивирования в предгорной зоне республики с целью производства силоса и травяной муки.

Литература

- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. 2010. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС. 512 с. Галушко А. И. 1980. Флора Северного Кавказа. Определитель. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета. Т. 2. 352 с. Животовский Л. 2001. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. № 1. С. 3–7. Жукова Л. А. 1987. Динамика ценопопуляций луговых растений в естественных фитоценозах. Динамика ценопопуляций травянистых растений. Киев: Наукова думка. С. 9–19. Крохмаль И. И., Кряж Н. 2009. Успешность интродукции декоративных видов коллекции теневых и теневыносливых травянистых многолетников Донецкого ботанического сада НАН Украины в зависимости от их феноритмотипа // Бюллетень Никитского ботанического сада. Вып. 99. С. 13–17. Медведев П. Ф., Сметанникова А. 1981. Кормовые растения европейской части СССР: справочник. Л.: Колос. Ленинградское отделение. 336 с. Разумова В. В., Калюш О. А., Волошина Е. В. 2015. Интродукция окопника кавказского в ЦЧР // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 66-й студенческой научной конференции. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. Ч. III. С. 136–138. Уранов А. А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. № 2. С. 7–34. Фролов Ю. М. 1994. Интродукция хозяйственно-ценных видов родов *Symphytum* L. сем. Boraginaceae: автореф. ... д-ра биол. наук: 03.00.05 Ботаника. СПб. 50 с. «Черная книга» флоры Сибири. 2016 / науч. ред. Ю. К. Виноградова, отв. ред. А. Н. Куприянов; РАН, Сибирское отделение; ФИЦ Угля и углехимии [и др.]. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 440 с.

ФАУНА НИЗШИХ ПОЗВОНОЧНЫХ СТАРИЦ ВЕРХОВЬЕВ Р. ХОПЁР В УСЛОВИЯХ НАРУШЕННОГО ВОДНОГО РЕЖИМА

И. В. Башинский¹, В. В. Осипов²

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия, ivbash@mail.ru

² Государственный природный заповедник Приволжская лесостепь, Пенза, Россия, osipovv@mail.ru

Введение. Малые водоемы выполняют множество важных экосистемных функций, увеличивая не только локальное, но и региональное биоразнообразие [Lemmens et al., 2013]. Одними из наиболее распространенных типов малых водоемов являются пойменные озера и старицы. Зависимость таких водоемов от гидрологического режима делает их уязвимыми для антропогенного воздействия, которое, прежде всего, и проявляется в нарушении этого режима. В настоящее время, по всей Европе наблюдается гидрологическая изоляция пойменных водоемов от основной реки, что приводит к постепенному снижению водного биоразнообразия [Hill et al., 2017]. Особенно важную роль подобные нарушения старичных водоемов играют в лесостепной зоне, где имеется большой антропогенный пресс и наблюдается нехватка стоячих и слабопроточных водоемов [Измайлова, Драбкова, 2016].

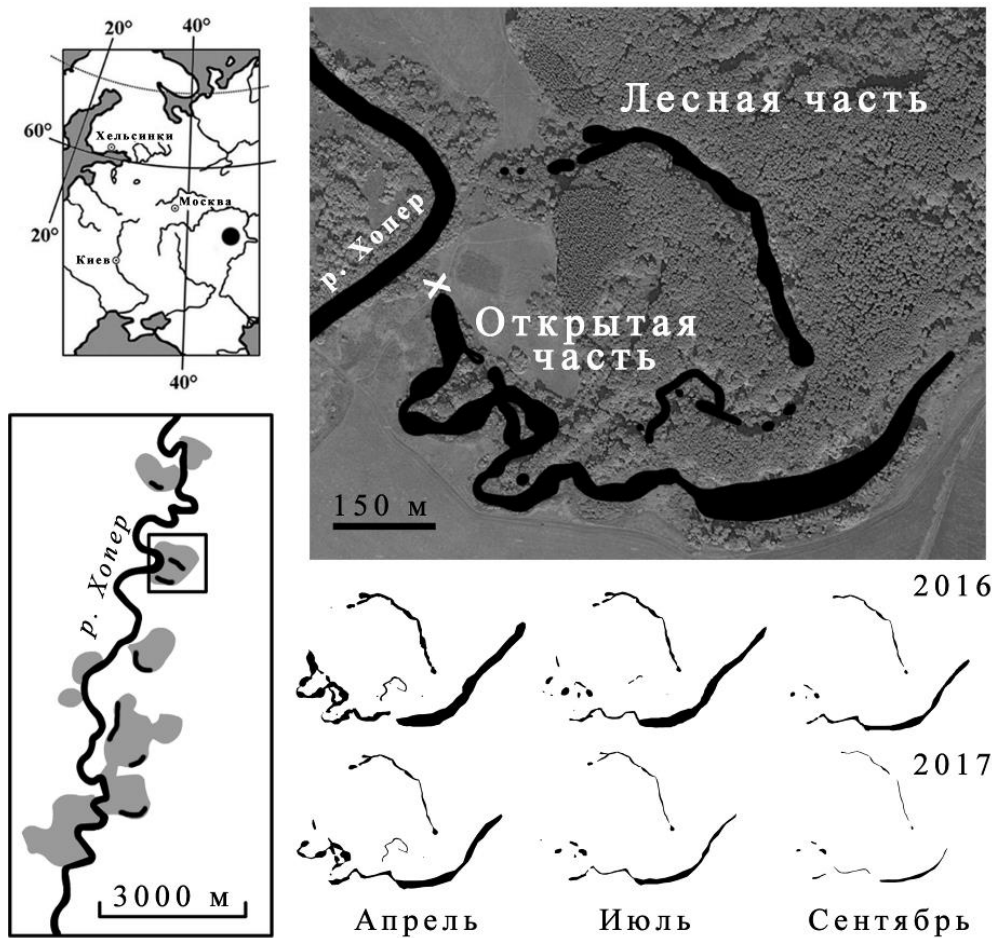
Недостаточно изученными в плане оценки их роли в экосистемах стариц остаются наиболее значимые по биомассе группы водных организмов — рыбы и амфибии. Имеющиеся работы по оценке роли таких водоемов для рыб, либо проведены в других природно-ландшафтных комплексах [Miranda et al., 2014; Goetz et al., 2015], либо являются лишь небольшой частью фаунистических региональных исследований [например, Дудкин, Иванов, 2014; Иванчев и др., 2014]. Несмотря на важность стариц для размножения амфибий, подобных исследований немного [например, Ермохин и др., 2014; 2017]. Недостаточно внимания уделяется личинкам амфибий, которые во многих малых водоемах являются основой биомассы, и в некоторых экосистемах могут играть роль «ключевых видов» [Whiles et al., 2006; Arribas et al., 2014].

Таким образом, целью нашей работы было исследование фауны рыб и амфибий лесостепных стариц р. Хопёр (в верхнем течении) в условиях нарушенного водообмена с главной рекой.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2016–2017 годах в Пензенской области, на территории заповедника Приволжская лесостепь (участок Островцовская лесостепь, N 52°48'58.4" E 44°27'40.4"). В ходе реализации проекта была изучена старичная система реки Хопёр, которая состояла из двух частей, «лесной» и «открытой» (рис.).

Почти все водоемы каждого участка в период весеннего снеготаяния соединялись друг с другом. Водообмен между лесными и открытыми старицами не происходил в течении минимум десяти лет. Абиотические условия стариц определялись, прежде всего, гидрологическим режимом и режимом освещенности, которые сформировались под влиянием деятельности человека. Многолетнее сельскохозяйственное освоение данной территории, в том числе вырубка прибрежных лесов и распашка полей, привело к существенным различиям режима освещенности водоемов и изменению температурного режима. Открытая часть старичной системы была перегорожена дорожной насыпью, высотой около 2 метров, что не позволяло талой воде спускаться в Хопёр. Это приводило к большому уровню воды весной и интенсивному высыханию в течение лета.

Для исследований ихтиофауны использовался набор сетей с диаметром ячеи 10, 20, 30, 40 мм, длиной 20 м, высотой 1,5 м, подъемник 1 × 1 м с ячейкой 3 мм, а также 6 ловушек (типа верша). Всего выполнено 5 постановок вершей с общим объемом наблюдений 24 ловушек/суток и 6 постановок сетей с общим наблюдением 8 сетей/суток. Все пойманные рыбы определялись и подсчитывались. Также определялась относительная плотность рыб на единицу рыболовного усилия и на число экземпляров рыб на м². Пойманную рыбу подвергали биологическому анализу, который включал измерение длины и массы тела, определение пола и стадии зрелости гонад, оценку возраста.



Исследованная старичная система р. Хопёр (крестом показано расположение дорожной насыпи)

Исследования населения амфибий стариц состояло из нескольких этапов. Весной в период размножения были обследованы водоемы для обнаружения нерестовых скоплений и определения видового состава. В летнее время были проведены учеты головастиков методами сачкового облова [Хейер и др., 2003]. В 2016 году были установлены 8 заборчиков с ловчими цилиндрами по периметру водоемов, которые отработали 30 суток в июне-июле. Кроме этого, головастики взвешивались дважды в течение своего развития.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований в составе рыбного населения стариц р. Хопёр выявлено 4 вида рыб: золотой карась (*Carassius carassius*), серебряный карась (*Carassius auratus*), верховка (*Leucaspilus deliniatus*), вьюн (*Misgurnus fossilis*). Открытая и лесная части старицы различались по видовому составу и численности рыб. В открытой части в 2016 году рыбы вообще не были обнаружены, но в 2017 были пойманы два экземпляра вьюна. В структуре уловов, как по численности, так и по биомассе доминировал золотой карась (табл. 1).

Таблица 1

Общая структура уловов рыбного населения стариц р. Хопёр

Вид	Общая численность		Общая биомасса	
	N, особей	%	Q, кг	%
Карась золотой	370	73,7	4,868	80,5
Верховка	29	5,8	0,046	0,8
Вьюн	16	3,2	0,276	4,6
Карась серебряный	87	17,3	0,855	14,1
Всего:	502	100	6,045	100

Возрастная структура золотого карася была представлена пятью возрастными группами от 0+ до 4+. В уловах доминировали двух- и трехлетки, вместе составляя 90,5 % от всего улова. Доля сеголеток составила всего 3 % от всего улова, что связано с селективностью орудий лова. В половой структуре карася доминировали самцы — 69 %.

Лесная часть комплекса, несмотря на меньшую площадь водного зеркала, выделялась большим био-разнообразием по сравнению с открытой частью, что связано более благоприятными факторами среды. В первую очередь это обусловлено более стабильным уровнем воды и меньшей изоляцией от р. Хопёр. Так как эта часть не отделена земляной насыпью, то в периоды высокого весеннего паводка рыбе легче сюда проникнуть.

В старичных водоемах нерестились 5 видов амфибий — обыкновенный тритон (*Lissotriton vulgaris*), краснобрюхая жерлянка (*Bombina bombina*), чесночница (*Pelobates vespertinus*), остромордая (*Rana arvalis*) и озерная лягушка (*Pelohpylax ridibundus*). В весеннее время наиболее предпочтительными местами нереста амфибий являлись открытые старицы, где фиксировались наиболее массовые хоры. Наиболее массовым видом на нерестилищах была чесночница, вторым массовым видом была краснобрюхая жерлянка. На уровне личинок, чесночницы также были самой массовой группой, значительно превышавшей остальные виды по численности (в 4–8 раз) и биомассе (в 3,5–11 раз). Наибольшей численности головастики достигали в старицах открытой части, водоемы которой отличались лучшей освещенностью (табл. 2). По этой же причине личинки чесночницы набирали максимальную массу быстрее, чем в лесной части.

Таблица 2

Относительная численность личинок амфибий (особей/м²)

Старицы	Год	Тритон	Жерлянка	Чесночница	Остромордая	Озерная
Открытые	2016	2,67	0,98	12	0,92	1,68
	2017	0,48	0,13	2,21	0,7	< 0,1
Лесные	2016	< 0,1	< 0,1	1,6	0,36	< 0,1
	2017	< 0,1	2,2	< 0,1	1,3	< 0,1

Параллельно с развитием головастиков шли процессы высыхания водоемов. Наиболее резкие изменения происходили в открытой части в 2016 году, где многие водоемы высохли до окончания метаморфоза амфибий. Нами была обнаружена массовая гибель личинок в нескольких местах, и нам удалось подсчитать примерное количество высохших особей в одной из стариц — 5 400 штук (чесночница). Оценки абсолютной численности в соседних старицах (от 4 600 до 11 000 экземпляров) позволяют предположить, что высыхание водоемов привело к гибели около 25 % личинок. Основной причиной этого является нарушенная связь водоемов с руслом Хопра. В 2017 году массовой гибели личинок не наблюдалось.

Абиотические условия стариц определялись, прежде всего, гидрологическим режимом и режимом освещенности, которые сформировались под влиянием деятельности человека. В зависимости от степени проявления этих факторов, старицы превращались в цепочки динамичных временных и пересыхающих водоемов (открытая часть), либо оставались в стабильной фазе (лесная часть). Особенности этих двух направлений развития водоемов определяли особенности фауны низших позвоночных.

Литература

- Дудкин Е. А., Иванов А. И. 2014. Биологические инвазии в экосистемах пойм рек Суры и Хопра в пределах Пензенской области // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. № 5 (21). С. 71–77. Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. 2014. Фенология нерестовых миграций чесночницы обыкновенной — *Pelobates fuscus* (Pelobatidae, Amphibia) в долине р. Медведица (Саратовская область) // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 342–350. Ермохин М. В., Табачишин В. Г., Иванов Г. А. 2017. Динамика структуры нерестовых таксоценозов бесхвостых амфибий пойменных озер в долине р. Медведица (Саратовская область) // Современная герпетология. Т. 17, № 3–4. С. 147–156. Иванчев В. П., Сарычев В. С., Иванчева Е. Ю. 2013. Состав ихтиофауны бассейна верхнего Дона // Вопросы ихтиологии. Т. 53, № 3. С. 278–285. Измайлова А. В., Дробкова В. Г. 2016. Проблемы лимнологической изученности Российской Федерации в свете нарастающего антропогенного воздействия на водные ресурсы // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы V Междунар. науч. конф., 12–17 сент. 2016 г., Минск–Нарочь. Минск: Изд. центр БГУ. С. 75–77. Хейер В. Р., Доннелли М. А., Мак Дайермид Р. В., Хэйек Л.-Э. С., Фостер М. С. 2003. Измерение и мониторинг биологического разнообразия: стандартные методы для земноводных / пер. с англ. М.: Т-во науч. изд. КМК. 380 с. Arribas R., Diaz-Paniagua C., Gomez-Mestre I. 2014. Ecological consequences of amphibian larvae and their native and alien predators on the community structure of temporary ponds // Freshwater Biology. Vol. 59. P. 1996–2008. Goetz D., Miranda L. E., Kröger R., Andrews C. N. 2015. The role of depth in regulating water quality and fish assemblages in oxbow lakes // Environmental Biology of Fishes. Vol. 98. P. 951–959. Hill M. J., Death R. G., Mathers K. L., Ryves D. B., White J. C., Wood P. J. 2017. Macroinvertebrate community composition and diversity in ephemeral and perennial ponds on unregulated floodplain meadows in the UK // Hydrobiologia. Vol. 793, No. 1. P. 95–108. Lemmens P., Mergeay J., De Bie T., Van Wichelen J., De Meester L., Declerck S. A. J. 2013. How to Maximally Support Local and Regional Biodiversity in Applied Conservation? Insights from Pond Management // PLoS ONE. Vol. 8 (8). P. 1–13. Miranda L. E., Andrews C. S., Kroger R. 2014. Connectedness of land use, nutrients, primary production, and fish assemblages in oxbow lakes // Aquatic Sciences. Vol. 76 (1). P. 41–50. Whiles M. R., Lips K. R., Pringle C. M., Kilham S. S., Bixby R. J., Brenes R., Connelly S., Colon-Gaud J. C., Hunte-Brown M., Huryn A. D., Montgomery C., Peterson S. 2006. The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems // Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 4. P. 27–34.

ОДНОЛЕТНИЕ ВИДЫ КЛЕВЕРА — БИОИНДИКАТОРЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

С. А. Бекузарова, И. А. Датиева

Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства ВНЦ РАН, с. Михайловское,
Пригородный район, Республика Северная Осетия — Алания, Россия
bekos37@mail.ru

На сегодняшний день все более острой проблемой сельского хозяйства становятся тревожные результаты интенсивных антропогенных факторов, в частности, накопления доз тяжелых металлов в почвах на сельскохозяйственных угодьях [Покровская, 1995]. Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения, и затем в организмы животных, поступают затем к человеку, обладая опасным свойством к постепенному накоплению в организме [Ягодин и др., 1996].

Основным источником накопления доз тяжелых металлов в почве, помимо атмосферных осадков, является использование в агропромышленной отрасли, так называемых минеральных удобрений, содержащих опасные соединения [Лебедевский, 2012]. Вследствие этого возникла проблема очистки почвы от доз тяжелых металлов, в частности, цинка (Pb) и свинца (Zn), которые в списке основных металлов-загрязнителей почвенного покрова занимают первое место, и содержание которых в почве в несколько раз превышает допустимую норму [Лукин и др., 1999; Минкина и др., 2006].

Загрязнение цинком (Pb) почв подавляет микробиологическую деятельность и снижает их биологическую продуктивность. Содержание цинка в почве колеблется от 10 до 800 мг/кг, хотя чаще всего она составляет 30–50 мг/кг. Накопление избыточного количества цинка отрицательно влияет на большинство почвенных процессов: вызывает изменение физических и физико-химических свойств почвы, снижает биологическую деятельность, подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, вследствие чего нарушаются процессы образования органического вещества в почвах. Избыток цинка в почвенном покрове затрудняет ферментацию разложения целлюлозы, дыхания, действия уреазы, вызывает подавление роста растений, синтез хлорофилла, деградацию хлоропластов, нарушения в поглощении питательных элементов и грозит растениям хлорозом, особенно у молодых листьев, а также замедление роста растений и некроз тканей.

Наиболее токсичен свинец (Zn), отравление которым вызывает негативные последствия. Содержание в почве свинца обычно колеблется от 0,1 до 20 мг/кг. Наибольшую опасность из массово применяемых минеральных удобрений представляет суперфосфат, в котором содержится от 7 до 92 мг/кг свинца, а также концентрированные калийные удобрения и сложные удобрения, такие как азофоска, нитрофоска, карбофоска [Лебедевский, 2012]. Свинец отрицательно влияет на биологическую деятельность в почве, ингибирует активность ферментов уменьшением интенсивности выделения двуокси углерода и численности микроорганизмов, в результате чего многие кормовые культуры накапливают свинец, который передается по пищевым цепям и далее обнаруживается в мясной и молочной продукции сельскохозяйственных животных [Лукин и др., 1999; Минкина и др., 2006; Гончарук и др., 1977].

Поэтому загрязнение почв токсическими дозами тяжелых металлов должно быть взято под строгий контроль [Покровская, 1995; Методические указания..., 1993]. Необходимо разработать наиболее экологически безопасные меры борьбы с загрязнением почв дозами тяжелых металлов. Среди таких методов наиболее эффективным можно с уверенностью назвать методику посева, скашивания и удаление с поверхности почвы культур однолетних видов клевера (*Trifolium L.*), которые существенно снижают концентрацию доз тяжелых металлов в почве [Бекузарова, 2018].

В наших исследованиях для снижения соединений цинка и свинца в почве послужили однолетние бобовые культуры клевера инкарнатного (*Trifolium incarnatum*), александрийского (*Trifolium alexandrinum*) и шабдар (*Trifolium resupinatum*), обладающие высокими сорбционными свойствами, а также биопрепарат «Никфан», положительно влияющий на азотфиксирующую способность данных растений [Нугманова, 1995].

Для достижения поставленных задач в нашем исследовании послужила методика, заключающаяся в том, что на загрязненном участке мы высевали смесь трех видов однолетних видов клеверов инкарнатного, александрийского и шабдар в соотношении 1:1:1, семена которых замачивали в 0,1 % растворе биопрепарата «Никфан», растворенного в водном растворе парааминобензойной кислоты (ПАБК) в концентрации 0,05 %, а после укоса всей надземной массы трех видов, в фазе начала цветения клевера инкарнатного и утилизации всей биомассы, осуществляли внекорневую подкормку скошенного травостоя в такой же концентрации.

Однолетние виды клевера инкарнатный (*Trifolium incarnatum L.*), шабдар (*Trifolium resupinatum L.*) и александрийский (*Trifolium alexandrinum L.*) обладают высокой сорбционной способностью как растения-аккумуляторы. Одновременно эти виды накапливают биологический азот за счет клубеньковых бактерий, расположенных на их корнях в верхней части ризосферы. Учитывая аккумулярующие способности всех

трех видов клевера и их биологию развития, можно регулировать их азотфиксирующие способности с помощью биопрепарата «Никфан», который стимулирует этот процесс.

Препарат «Никфан» в концентрации 0,1 % водного раствора достигает высокой эффективности на загрязненных почвах тяжелыми металлами. Особенно его эффективность проявляется при растворении приготовленного раствора в 0,05 % водном растворе парааминобензойной кислоты (ПАБК). Такая доза ПАБК обоснована ее стимулирующим действием, как активатора живых организмов, в том числе и различных штаммов [Нугманова, 1995].

«Никфан» активизирует работу клубеньковых бактерий, обеспечивая 2–3 полных укоса, рыхление и влажность почвы в верхнем пахотном горизонте с одновременным мульчированием, усиливает корнеобразование и фотосинтез, сопротивляемость к болезням, улучшает симбиоз с азотфиксирующими бактериями. За счет активной деятельности растений увеличивается их аккумулирующая деятельность, снижаются в почве содержание доз тяжелых металлов. Основными активными компонентами препарата являются продукты метаболизма продуцента: аминокислоты, ферменты, ростовые вещества, в том числе фитогормоны (цитокинины, ауксины), а также компоненты, содержащие гуминовые вещества и вещества, обеспечивающие стабильность свойств препарата в процессе гарантийного срока годности. Наблюдаемые биологические эффекты воздействия биопрепарата достигаются за счет улучшения питания вегетативных органов, стимуляции фотосинтеза, регуляции работы собственных генов растений на молекулярном уровне по принципу гормональных сигналов в растения за счет проникновения активных частей препарата с помощью белков — рецепторов через клеточную оболочку растения [Нугманова, 1995].

Такое же действие отмечается при предпосевной обработке семян высеванных культур, которые увеличивают всхожесть на 2–4 дня выше контрольного варианта.

В результате наших исследований, проведенный анализ перед уборкой показал, что содержание доз цинка и свинца в почве достигали 82,3 % и 5,2 % по сравнению с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) — 35 % и 2,2 %.

В одиночном варианте эксперимента с обработкой семян «Никфаном», содержание цинка и свинца в почве снизилось до 56,8 % и 4 % по сравнению с контролем, а в варианте с обработкой семян «Никфаном» + ПАБК содержание тяжелых металлов снизилось до 42,6 % и 2,8 % по сравнению со 2 вариантом эксперимента — обработкой семян биопрепаратом «Никфан».

В варианте эксперимента с предпосевной обработкой семян и подкормкой после укоса содержание цинка и свинца в почве понизилось до 38,6 % и 2,1 %, а в варианте эксперимента с посевами 2-х и 3-х видов клевера с подкормкой содержание цинка и свинца в почве понизилось до 48,2 % / 2,2 % и 39,6 % и 2,1 % соответственно.

Предлагаемая нами методика фитоиндикации показала максимально высокий результат снижения цинка и свинца в почве, составивший 21,4 % и 1,6 % по сравнению с остальными вариантами эксперимента и удовлетворивший пределы максимально допустимых концентраций содержания цинка и свинца в почве (35 % и 2,2 %).

Полученные результаты исследования свидетельствуют, что данная методика фитоиндикации с применением однолетних видов клевера и биопрепарата «Никфан» существенно снижает содержание цинка и свинца в почве не только по сравнению с остальными вариантами эксперимента, но и по сравнению с показателями предельно допустимых концентраций (ПДК).

Таким образом, за счет использования совместного воздействия экологически чистых растений с биопрепаратом-стимулятором снижаются затраты на осуществление мер по снижению токсичности почв. Очистка поля от соединений цинка и свинца обеспечивает получение качественной продукции и за счет применения совместного посева трех культур повышается эффективность данной методики фитоиндикации.

Литература

- Бекузарова С. А. 2018. Изобретение «Способ ремедиации и мелиорации почв». Патент № 2659231, опубликован 29.06.2018, бюл. № 19, МПК А01В 79/02 (2006.01). Гончарук Е. И., Соколов М. С. 1977. Применение модели «растение-почва» для нормирования химических веществ в почве // Гиг. и сан. № 2. С. 73–78. Лебедовский И. А., Яковлева Е. А. 2012. Минеральные удобрения как фактор трансформации тяжелых металлов в системе почва-растение на примере чернозема выщелоченного Кубани // Научный журнал КубГАУ. № 77 (03). С. 13–16. Лукин С. В., Солдат И. Е., Пендюрин Е. А. 1999. Закономерности накопления цинка в сельскохозяйственных растениях // Агрохимия. № 2. С. 79–82. Минкина Т. М., Мотузова Г. В., Назаренко О. Г. 2006. Взаимодействие тяжелых металлов с органическим веществом чернозема обыкновенного // Почвоведение. № 7. С. 423–442. Методические указания по определению тяжелых металлов в кормах и растениях и их подвижных соединений в почвах. 1993. М.: ЦИНАО. Нугманова Т. А. 2011. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур с использованием нового инновационного биотехнологического продукта «Биоудобрение «Никфан-ж» // АгроHighTech — XXI: инновации, модернизация и доходность агробизнеса: материалы международной агротехнологической конференции, 16–19 февраля 2011 г. Красная Поляна. С. 35–36. Покровская С. Ф. 1995. Приемы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции развития: сб. Вып. 3. М. С. 51–59. Ягодин Б. А., Кидин В. В., Цвирко Э. А., Маркелова В. Н., Саблина С. М. 1996. Тяжелые металлы в системе почва — растение // Химия в сельском хозяйстве. № 5. С. 43.

**ДИСТАНЦИОННЫЙ БИОМОНИТОРИНГ
АКУСТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ НАСЕКОМЫХ (*INSECTA*) КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ
И ГУМАННЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ФАУН «ПОЮЩИХ» ВИДОВ
(на примере личного опыта авторов)**

А. А. Бенедиктов¹, А. П. Михайленко²

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

¹ entomology@yandex.ru, ² caelifera@yandex.ru

Окружающий нас мир нельзя представить без звуков птиц, животных и насекомых. Изучением звуковых сигналов насекомых в России занимаются немногие специалисты. Их работы, главным образом, касаются вопросов систематики, а также проблем кодирования и приема-передачи информации. Вместе с тем до настоящего времени использование акустических сигналов насекомых в эколого-природоохранных целях у нас никем не применяется. Авторы — профессиональные энтомологи, в своих полевых исследованиях на протяжении многих лет практикуют дистанционный биомониторинг акустически активных видов насекомых, позволяющий избежать уничтожения или нанесения вреда не только фауне, но и флоре. При этом решается ряд важных вопросов: от создания базы данных акустических сигналов и составления кадастровых списков насекомых, до выявления редких и уязвимых видов для обоснования выделения новых особо охраняемых территорий.

Современная объективная реальность уязвимости природы заставляет нас разрабатывать и использовать новые методы ее исследования без причинения дополнительного ущерба. Биолог-практик, занимающийся исследованиями непосредственно в природе, должен использовать все знания о биологии живых объектов и направлять эти знания на их охрану, а не на уничтожение. Вместе с тем бесконтактный метод исследования «поющих» насекомых способен максимально снизить антропогенное воздействие на биоту, вплоть до его полного исключения.

Способность продуцировать коммуникационные звуки может быть использована в качестве удобного примера, позволяющего дистанционно проводить исследование фауны акустически активных насекомых на любой территории, где они обитают. Не секрет, что до сих пор биоакустический мониторинг применяется у нас лишь для выявления видового состава и учета позвоночных животных, так как это не только падающий метод, но и гораздо менее трудоемкий, чем непосредственная добыча (сбор).

В основу метода положено знание о видоспецифичности звуковых сигналов насекомых: каждому виду присущ характерный только ему звуковой призывный сигнал самца, имеющий особые частотные и/или амплитудно-временные характеристики, который, по сути, является «паспортом вида». По звукам можно намного точнее определить видовую принадлежность, т. к. морфологические признаки часто подвержены значительной изменчивости и у близких таксонов перекрываются.

Среди насекомых существуют группы, которые могут быть легко выявлены и определены на слух: это большинство прямокрылых насекомых (*Orthoptera: Tettigoniidae, Acrididae, Gryllidae*), а также певчие цикады (*Homoptera, Cicadidae*). Некоторые клопы (*Heteroptera*) и личинки жуков (*Coleoptera*) способны издавать громкие звуки. Некоторые из них малодоступны для традиционных методов учета, поскольку ведут скрытный образ жизни (в норах, под водой, в кронах или стволах деревьев), или же при приближении человека замолкают и затаиваются.

Модельным объектом биоакустических исследований являются прямокрылые насекомые — кузнечики, сверчки и саранчовые, часть из которых относятся к потенциальным вредителям сельскохозяйственных культур. Уже с середины XX века зарубежные ученые стали использовать признак различия звуковых сигналов самцов прямокрылых как основной для таксономической идентификации. В то же время, возможность использования *Orthoptera* в качестве индикаторов состояния экосистем с применением их определения по акустическим сигналам, уже более 20 лет обсуждается исследователями всего мира в рамках биоакустического мониторинга. Впервые эта идея была озвучена нами в 1994 г. на одном из международных рабочих совещаний, материалы которого были опубликованы только спустя 4 года [Бенедиктов, 1998]. В это же время в 1998 г. независимо от нас та же идея была опубликована в иностранной литературе. В последнее время, и в России [Бенедиктов, 2007], и за рубежом (обзор зарубежных статей по этой теме дан в работах) [Benediktov, 2015; Бенедиктов, Михайленко, 2017a], ведутся дискуссии на тему создания автономного компьютерного способа идентификации живых объектов по их акустическим сигналам. Однако компьютерный анализ записанного природного акустического фона (особенно дневного) с автоматическим вычленением отдельных сигналов и дальнейшим программным определением по ним видов является весьма сложной и дорогостоящей задачей. Недавно зарубежными коллегами была создана автономная киберинфраструктура, способная самостоятельно в реальном времени регистрировать акустические сигналы живых организмов и идентифицировать их по звукам. Для демонстрации системы авторы представили данные о звуковой активности птиц, лягушек, насекомых и млекопитающих из Пуэрто-Рико и Коста-Рики. Но, как сами они указывают, идентификация насекомых имеет самый низкий процент точности. В связи с этим в настоящее время исследователям приходится полагаться на свой слух и после-

дующую «ручную» обработку на компьютере записей акустического фона, хотя работы в направлении автоматизации процесса продолжаются.

Нельзя не отметить перспективность метода, которая заключается в возможности создания многокомпонентной базы данных, когда после анализа акустического фона и определения «поющих» видов (не только насекомых!), можно будет получить данные по пищевым цепочкам, паразитам, хищникам, а также растительным сообществам и прочим характеристикам биотопа, который они населяют. Отметим, что такой подход к исследованиям полностью соответствует концепции устойчивого экологического развития.

Но это в будущем, а пока в своей практике мы проводим биоакустический мониторинг «на слух» во время полевых экскурсий, когда исследователем идентифицируются «поющие» виды насекомых дистанционно (по различию в звуках) и осуществляются цифровые записи акустического фона для последующего компьютерного анализа и расшифровки. Что же нам удалось осуществить данным методом? Перечислим основные направления, подведя промежуточный итог нашей деятельности.

1. Заповедное дело. Сотрудничество с государственными природными заповедниками, национальными парками и заказниками показало их заинтересованность в перспективном подходе к исследованиям. Метод позволил провести успешную инвентаризацию фауны «поющих» насекомых в Государственном природном комплексном заказнике «Выборгский», где впервые за 110 лет по звуку на материковой части России найдено саранчовое *Chorthippus brunneus brevis* Kling. [Бенедиктов, 2017a], а также в Национальном парке «Самарская Лука» и Жигулевском государственном природном биосферном заповеднике им. И. И. Спрыгина, где по звукам было найдено 3 вида, новых для кадастра: *Platycleis albopunctata* (Goeze) (*P. intermedia* Auct.), *Melanogryllus desertus* (Pall.), *Chorthippus dorsatus* (Zett.) [Бенедиктов, 2017б].

2. Красные книги. На протяжении более 10 лет авторы принимают активное участие в мониторинге акустически активных насекомых для целей ведения Красных книг г. Москвы (ККМ) и Московской области (ККМО). Во время работы над 2-м изданием ККМ по звукам впервые внутри кольцевой автодороги была обнаружена локальная популяция нового для г. Москвы короткокрылого кузнечика *Conocephalus dorsalis* Latr. [Benediktov, 2014]. Случаем, опосредовано связанным с биоакустикой насекомых, можно считать обнаружение по звуковым сигналам самцов также нового для г. Москвы вида паука-волка (Araneae, Lycosidae) *Hygrolycosa rubrofasciata* (Ohlert) [Бенедиктов, 2006а]; в настоящее время этот вид готовится к включению в 3-е издание ККМ. В ходе мониторинга популяций редких видов насекомых исключительно с помощью этого метода был найден ряд редких и уязвимых видов прямокрылых и равнокрылых насекомых, впоследствии включенных в ККМО. На юге Московской области впервые по звуку обнаружены новые для этого региона бескрылые кузнечики [Михайленко, 2008] *Isophya modesta rossica* В.-Bien. и *Onconotus servillei* F.-W. Новые находки по акустическим сигналам редких и занесенных в Красные книги насекомых могут быть основанием для расширения существующих заповедных территорий и выделения новых.

3. Региональные фаунистические исследования. Биоакустический метод незаменим при инвентаризации фауны, поскольку позволяет выявлять не только скрытно живущие или малодоступные для традиционных методов виды, но и морфологически трудноразличимые виды-двойники. Так, в Московской области по звуку обнаружены популяции еще трех видов прямокрылых насекомых, новых для ее фауны (*Tettigonia caudata* (Charp.), *Modicogryllus frontalis* (Fieb.), *Chorthippus macrocerus purpuratus* (Vor.)) [Михайленко, 2008; Бенедиктов, Михайленко, 2014] и одного вида певчих цикад (*Cicadetta cantilatrix* Sueur et Puiss.) — нового для фауны России [Михайленко, Бенедиктов, 2016; Benediktov, Mikhailenko, 2017]. Места обитания многих из них предложены нами к включению в состав особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Биоакустические исследования в Туве и Северной Монголии позволили впервые обнаружить на территории азиатской части России и возле ее границ кузнечика *Platycleis affinis* Fieb. [Sergeev et al., 2018], саранчовых *Chorthippus mollis* (Charp.) и *Ch. karelini* (Uv.) (= *Ch. albomarginatus* auct.) [Бенедиктов, 1997; 2005], а также дальневосточного кузнечика *Conocephalus chinensis* (Redt.) [Бенедиктов, 1997; 2006б]. Кроме этого, по звуку впервые обнаружены в Воронежской области кузнечик *Metrioptera (Roeseliana) roeselii* (Nag.) [Бенедиктов, 2008], а в Самарской — саранчовое *Chorthippus maritimus* Mistsh. [Бенедиктов, Михайленко, 2017б].

Как оказалось, возможен поиск не только новых чистых видов, но и межвидовых гибридов, самцы которых обладают гибридными звуковыми сигналами, часто с нестабильными характеристиками, не похожими на таковые родителей. Это подтверждает обнаружение по акустическим сигналам самца гибридной особи на севере Калужской области [Бенедиктов, 2013]. Причины межвидовой гибридизации в природе обсуждаются.

4. Защита растений. По звуку оперативно могут быть выявлены расселяющиеся «поющие» виды потенциально опасных инвайдеров, некоторые из которых отслеживаются авторами. К ним относятся многие саранчовые, в некоторых регионах являющихся серьезными вредителями сельскохозяйственных культур, например, темнокрылая кобылка, *Stauroderus scalaris* (F.-W.), для которой на протяжении всего ареала показан высокий акустический консерватизм [Benediktov, Belyaev, 2019]. Это же касается

стволовых вредителей, в том числе, входящих в список карантинных объектов, например, жуки-усачи рода *Monochamus* Dej., для звуков личинок которых в древесине обнаружена видоспецифичность амплитудно-временных параметров [Бенедиктов, 2015].

Важно еще раз отметить, что во время всех работ массового отлова и уничтожения насекомых не проводилось, а полевые исследования занимали не более 1–2 дней в каждой точке. Дистанционный биоакустический мониторинг с идентификацией насекомых по их звуковым сигналам, в том числе с применением специальной аудиотехники и компьютерного анализа, несомненно, должен успешно использоваться, особенно на ООПТ, как один из перспективных вспомогательных методов.

Исследования осуществляются при финансировании из госбюджета: А. А. Бенедиктов — № ЦИТИС АААА-А16-116021660095-7; А. П. Михайленко — № ЦИТИС АААА-А16-116021660099-5.

Литература

- Бенедиктов А. А. 1997. Обзор данных по прямокрылым (*Orthoptera*) Тувы // Устойчивое развитие малых народов Центральной Азии и степные экосистемы: труды V Убсунурского международного симпозиума. Кызыл, 27 июля – 3 августа 1997. Кызыл; М.: Слово. Т. 1. С. 117–120. Бенедиктов А. А. 1994. Акустическая коммуникация саранчовых (*Orthoptera, Acrididae*), как модель для мониторинга геосистем // Комплексное изучение аридной зоны Центральной Азии: материалы международного рабочего совещания, Кызыл, 12–14 сентября 1994. Кызыл. С. 89–90. Бенедиктов А. А. 2005. Фауна и акустические сигналы саранчовых рода *Chorthippus* Fieb. (*Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae*) Южной Сибири // Труды Русского энтомологического общества. СПб. Т. 76. С. 118–130. Бенедиктов А. А. 2006а. Кто поет, когда насекомые молчат? // Химия и жизнь. № 7. С. 63. Бенедиктов А. А. 2006б. Интересные находки видов прямокрылых насекомых (*Insecta, Orthoptera*) в Южной Сибири и факторы, ограничивающие их возможное расселение // Энтомологические исследования в Северной Азии: материалы VII Межрегионального совещания энтомологов Сибири и Дальнего Востока (в рамках Сибирской зоологической конференции). 20–24 сентября 2006 г. Новосибирск. С. 28–29. Бенедиктов А. А. 2007. С ноутбуком на природу. Акустический биомониторинг и дистанционный анализ биоты // Экология и жизнь. № 5 (66). С. 35–36. Бенедиктов А. А. 2008. Наблюдения за поющими прямокрылыми насекомыми (*Orthoptera*) в июне 2007 года в окрестностях биоцентра «Веневиново» Воронежского государственного университета // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Химия. Биология. Фармация. № 1. С. 80–85. Бенедиктов А. А. 2013. Находка по акустическому сигналу самца природного гибрида саранчового из группы «*Chorthippus biguttulus*» (*Orthoptera, Acrididae*) в Калужской области (Россия) // Эверсмания. № 36. С. 8–10. Бенедиктов А. А. 2015. Звуковые сигналы личинок жука-усача *Monochamus urusovi* (F.-W.) (*Coleoptera, Cerambycidae*) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 120, № 2. С. 58–61. Бенедиктов А. А. 2017а. К познанию редких видов саранчовых заповедных территорий северо-запада России: *Chorthippus brunneus brevis* (*Orthoptera, Acrididae*). Nature Conservation Research // Заповедная наука. Т. 2, № 2. С. 33–38. DOI: 10.24189/ncr.2017.003. Бенедиктов А. А. 2017б. Дополнения и исправления к кадастру прямокрылых насекомых (*Orthoptera*) Самарской Луки на основании анализа акустических сигналов самцов. Nature Conservation Research // Заповедная наука. Т. 2. Suppl. 2. С. 1–8. DOI: 10.24189/ncr.2017.031. Бенедиктов А. А., Михайленко А. П. 2014б. Звуковая и вибрационная сигнализация самцов саранчового *Chorthippus macrocercus purpuratus* (Vorontsovsky, 1928) (*Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae*) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 119, № 4. С. 30–36. Бенедиктов А. А., Михайленко А. П. 2017а. Использование биоакустического мониторинга для анализа фауны поющих насекомых (*Insecta*) заповедных территорий: особенности и перспективы // Самарская лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 26, № 4. С. 130–133. Бенедиктов А. А., Михайленко А. П. 2017б. Заметка о северной границе распространения *Chorthippus maritimus* (*Orthoptera, Acrididae*) в европейской части России // Труды Ставропольского отделения Русского энтомологического общества. Ставрополь. Т. 13. С. 34–36. Михайленко А. П. 2008. О новых для фауны Московской области видах длинноусых прямокрылых (*Orthoptera: Tettigoniidae, Gryllidae*) // Эверсмания. № 15–16. С. 72–82. Михайленко А. П., Бенедиктов А. А. Новый вид России вид певчей цикады (*Homoptera: Cicadidae*) из лесостепи Московской области // Эверсмания. 2016. № 45–46. С. 14–20. Benediktov A. A. 2014. Vibro-acoustical signals of the meadow katydids from the subfamily *Conocephalinae* (*Orthoptera, Tettigoniidae*) in the European part of Russia // Moscow University biological sciences bulletin. Vol. 69, № 4. P. 180–183. Benediktov A. A. 2015. The possibility of using computer analysis of the acoustic background twilight stridulation in community *Orthoptera* insects (*Orthoptera, Tettigoniidae, Gryllidae*) for example agrocenosis in Eastern Bulgaria // Entomological Review. Vol. 95. № 9. С. 1174–1181. DOI: 10.7868/S0044513415080036. Benediktov A. A., Belyaev O. A. 2019. New data on acoustic signals of *Stauroderus scalaris* (*Orthoptera: Acrididae*) from different local populations with note about its parasite from the genus *Blaesoxipha* (*Diptera: Sarcophagidae*) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. Vol. 4. № 1. DOI: 10.24189/ncr.2019.001. Benediktov A. A., Mikhailenko A. P. 2007. Acoustic repertoire of the singing cicada, *Cicadetta cantilatrix* Sauer et Puissant, (*Homoptera, Cicadidae*) from Russia // Entomological Review. 2017. Vol. 97, № 3. С. 277–281. DOI: 10.7868/S0044513417010044. Sergeev M. G., Storozhenko S. Yu., Benediktov A. A. 2018. An annotated check-list of *Orthoptera* of Tuva and adjacent regions. Part 1. Suborder Ensifera // Far Eastern Entomologist. Vol. 372. P. 1–24. DOI: 10.25221/fee.372.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА РЕДКИХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. И. Варлыгина, Е. Г. Сулова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
tat-varlygina@yandex.ru, lena_susl@mail.ru

За десятилетие, прошедшее со времени выхода предыдущего издания Красной книги Московской области (2008), усилилось антропогенное воздействие на территорию региона, а также резко сократилась его площадь при расширении границ г. Москва. Происходило отторжение территории и нарушение природных комплексов при строительстве, прокладке дорог и коммуникаций, а также увеличение рекреационной нагрузки, связанное с ростом населения, как на территории города, так и в области. Это не могло не отразиться на состоянии природных комплексов и редких видов растений, входящих в их состав.

На территории Московской области ведется регулярный мониторинг состояния популяций редких видов флоры и фауны. За последние 10 лет для ряда видов сосудистых растений, мхов и лишайников была

получена новая информация, которая существенно дополнила представление об их распространении и численности на территории области. Это привело к изменению их статуса в новом издании Красной книги Московской области (ККМО). В марте 2018 г. утвержден обновленный Список объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Московской области [Распоряжение..., 2018], а в конце года вышло третье издание ККМО (2018), в котором представлено 206 видов сосудистых растений, 25 видов мохообразных и 40 видов лишайников.

За период 2008–2018 гг. специалистами-ботаниками, в том числе сотрудниками МГУ имени М. В. Ломоносова в составе Природоохранного Фонда «Верховье» (www.verhovye.ru), были обследованы все действующие ООПТ областного значения, а также территории, перспективные для создания новых ООПТ, и участки, на которых ранее отмечали редкие виды растений и лишайников, занесенные в ККМО.

В таких природных комплексах, где минимизировано антропогенное воздействие, можно наиболее продуктивно заниматься мониторингом и сохранением биоразнообразия. В 2017 г. утверждена новая редакция Схемы развития и размещения ООПТ Московской области, благодаря реализации которой их площадь к концу десятилетия значительно возрастет. Практически на всех ООПТ, уже созданных или проектируемых, охраняются или будут охраняться места обитания редких и исчезающих видов флоры и фауны.

В 2008 г. был создан электронный Банк данных объектов животного и растительного мира, занесенных в ККМО. В последующие годы туда помещали все сведения о местах обитания охраняемых видов животного и растительного мира, в том числе из научных публикаций и гербариев: MW, МНА, LE и др. Это позволило нанести на карту все точки известных находок видов с 1900 г. по настоящее время, что и нашло отражение в новом издании Красной книги области.

Анализ полученных картосхем по каждому виду показал, что за прошедшее десятилетие изученность флоры и фауны Подмосковья значительно улучшилась, однако, и сейчас остается ряд видов и территорий, нуждающихся в дальнейших исследованиях.

Вызывает тревогу состояние в области нескольких видов растений, отнесенных в новом издании к категориям редкости «0» и «4», срок давности находок которых приближается к 100-летнему порогу. Уже в следующем издании ККМО по регламенту (отсутствие вида на территории 100 и более лет) они могут попасть в список исчезнувших: Плаун трехколосковый — *Lycopodium tristachyum* Pursh (4 категория), дремлик темно-красный — *Epipactis atrorubens* (Hoffm.) Besser (0 категория), триостренник приморский — *Triglochin maritimum* L. (0 категория), *Ranunculus gmelinii* DC. (0 категория), *Petasites frigidus* (L.) Fr (0 категория), заразиха пурпурная — *Orobanchе purpurea* Jacq. (1 категория). Специалистам следует продолжить специальный поиск этих видов в Московской области в последующие годы.

Большое число видов, занесенных в ККМО, находится в Подмосковье на границе или периферии своего ареала, что делает их особо уязвимыми. За последнее десятилетие несмотря на неоднократные поиски, так и не обнаружены редкие орхидеи: венерин башмачок крапчатый (*Cypripedium guttatum* Sw.), ятрышник шлемовидный (*Orchis militaris* L.), ятрышник обожженный (*Orchis ustulata* L.), надбородник безлистный (*Epipogium aphyllum* Sw.), бровник одноclubневой (*Herminium monorchis* (L.) R. Br.), дремлик темно-красный (*Epipactis atrorubens* (Hoffm.) Besser), офрис насекомоносный (*Ophrys insectifera* L.), тайник сердцевидный (*Listera cordata* (L.) R. Br.) и некоторые другие виды.

Сюда можно отнести гладыш широколистный (*Laserpitium latifolium* L.), последние сведения о произрастании которого в области относятся к концу 1950-х годов, а неоднократно предпринятые проверки единственного известного места его обитания не дали положительного результата.

Не найдены в последние десятилетия и такие растения с категорией редкости 1 и 2, как: гроздовник ромашколистный (*Botrychium matricariifolium* A. Br. ex W. D. J. Koch) — с 1980-х годов; остролодочник волосистый (*Oxytropis pilosa* (L.) DC.) — с 1976 г.; бодяк паннонский (*Cirsium pannonicum* (L. fil.) Link) — с 1946 г., солонечник льновидный (*Galatella linosyris* (L.) Rchb. fil.) — с 70-х годов, крестовник татарский (*Senecio tataricus* Less.) — с 80-х годов, монция ручейная (*Montia fontana* L.) — с 1984 г., солнцезвезд монетолистный (*Helianthemum nummularium* (L.) Mill.) — с 1977 г., черногоричник горный (*Oreoselinum nigrum* Delarbre) — с 1982 г., заразиха бледноцветковая (*Orobanchе pallidiflora* Wimm. et Grab.) — с середины 70-х; горечавка горьковатая (*Gentiana amarella* L.) — с 1988 г. Пока не найдена болотница пятицветковая (*Eleocharis quinqueflora* (Hartmann) O. Schwarz) — 4-я категория редкости, последний раз которую находили в долине р. Москвы в Одинцовском и Рузском районах и по р. Оке (у д. Ганькино, 1988 г.).

При неоднократном обследовании известного места произрастания и специальных поисков горца живородящего (*Polygonum viviparum* L.) в Лотошинском районе также не удалось обнаружить этот редкий вид.

Для некоторых видов отмечено сокращение ареала в области. Так поиск известного по литературе и гербариям местонахождения березы приземистой (*Betula humilis* Schrank) в г. о. Серебряные Пруды в окр. СТ Лобаново и д. Красновские Выселки в долине р. Свинки. Береза на обследованном участке (Е. Г. Сулова, А. Н. Швецов, К. Ю. Теплов) не выявлена, склоны долины заросли довольно густым лесом. При этом в других известных местонахождениях на западе, севере и востоке области она по-прежнему обильна.

Одними из основных причин сокращения численности или исчезновения редких видов в области можно назвать следующие: а) масштабное осушение болот и добыча торфа, проводившиеся в разные годы в северных и восточных районах; б) обширные пожары 1972 и 2010 гг.; в) хозяйственное освоение территорий и их застройка с одной стороны и прекращение сенокосения, выпаса и зарастание залежей — с другой; г) изменение гидрологического режима многих рек, зарегулирование стока и создание водохранилищ, что привело к трансформации или исчезновению пойменных лугов; д) появление и массовое внедрение агрессивных инвазионных видов на луга и в леса; е) усиливающееся рекреационное воздействие. Менее масштабные преобразования местообитаний редких видов связаны с нарушением растительного и почвенного покрова квадрантами и повреждением еловых лесов короедом-типографом.

За последние годы было уточнено распространение в области большинства редких видов, включенных в первые два издания ККМО, подтверждено нахождение на ее территории ранее указанных видов, а также обнаружены новые редкие виды.

Вновь включены в ККМО 10 видов сосудистых растений. По результатам мониторинга 5 из них перенесены в основной Перечень из Списка растений, нуждающихся в контроле и наблюдении в МО. Это сделано в связи с ухудшением их состояния на территории области: *Botrychium multifidum* (S. G. Gmel.) Rupr. — занесен сразу с категорией 2 — вид, сокращающийся в численности, *Botrychium lunaria* (L.) Sw. — 4, вид, неопределенного статуса, а *Ophioglossum vulgatum* L. *Pedicularis palustris* L. и *Lathyrus palustris* L. — с категорией 3, редкий вид.

Гроздовник многораздельный (*Botrychium multifidum* (S. G. Gmel.) Rupr.) — число местонахождений вида и численность особей сократилось в последние десятилетия. За период с 2008 г. найден в лесах Госкомплекса НП «Завидово», в окр. Вербилков, в заказнике «Черустинский лес» и нескольких заказниках на р. Поля в г.о. Шатура.

Гроздовник полулунный (*Botrychium lunaria* (L.) Sw.) — число ранее известных местонахождений вида значительно сократилось. Он сохранился на территории НП «Лосиный остров», где в 2013 г. его наблюдал К. Ю. Теплов. Современное состояние вида в области нуждается в уточнении.

Ужовник обыкновенный (*Ophioglossum vulgatum* L.) — встречается спорадически, преимущественно в северных и западных районах области. Большая популяция обнаружена К. Ю. Тепловым в окрестностях пос. Темпы на лугах и опушке вдоль канала Москва – Волга.

Чина болотная (*Lathyrus palustris* L.) — встречается небольшими группами, как правило, по пойменным лугам, которых сохранилось очень мало. В последние годы вид отмечен только по р. Дубне у пгт. Вербилки (MW) и на окраине бывшего Татищевского болота в Дмитровском городском округе [ККМО, 2018].

Мытник болотный (*Pedicularis palustris* L.) — в Московской обл. распространен преимущественно в северной половине (MW). За время наблюдения отмечено исчезновение ряда местонахождений вида. В последние годы отмечали малочисленные популяции в г.о. Дмитровском, Шаховской, Рузском, г. Дубна, Сергиево-Посадском и Щелковском р-нах. Крупная популяция приурочена к закустаренным болотам Госкомплекса НП «Завидово» [Нотов, 2010].

Еще 5 новых видов в ККМО — растения, присутствие которых в области недавно подтверждено, или они найдены здесь впервые. На юге области: *Verbascum phoeniceum* L. — категория 1, *Aconogonon alpinum* All. — 2, *Polygala sibirica* L. — 4 и *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt — 4, на севере — *Juncus stygius* L. — 1.

Аконогон (или Таран) альпийский (*Aconogonon alpinum* (All) Schur) — найден в 2012–2013 гг. А. П. Михайленко и Е. Г. Суловой на луговых склонах балки к западу от д. Крутовец и д. Лишняги и в устье р. Свинки (г.о. Серебряные Пруды). Популяция у д. Крутовец увеличивается в размерах, к настоящему времени ее площадь выросла почти вдвое.

Истод сибирский (*Polygonum sibiricum* L.) — найден А. П. Михайленко, А. Н. Швецовым и К. Ю. Тепловым в нескольких местонахождениях на остепненных склонах долины р. Полосни к югу от д. Лишняги (г.о. Серебряные Пруды) на участках с выходами коренных пород.

Коровяк фиолетовый (*Verbascum phoeniceum* L.) — ранее отмечался как заносный вид по обочинам дог в южной части области. В естественном местообитании впервые обнаружен в 2009 г. Т. И. Варлыгиной на остепненном лугу к западу от с. Подхожее (г.о. Серебряные Пруды) в числе 20 генеративных экземпляров. В 2017 г. там же его отмечал и К. Ю. Теплов.

Кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt) — небольшая разреженная популяция вида найдена Т. И. Варлыгиной в 2013 г. в долине р. Ока в Серпуховском районе в окр. с Прилуки в сосновом бору на песках.

Ситник стигийский (*Juncus stygius* L.) — северный вид, находящийся в Московской обл. на южной границе ареала. Впервые обнаружен в 2009 г. А. А. Нотовым на территории Коротовского болота в Госкомплексе НП «Завидово» в г.о. Клин [Нотов, 2010].

В результате проведенных мониторинговых исследований у 39 видов была изменена категория. Для 14 из тех, которые ранее имели категорию 4 (вид, статус которого не определен), полученные новые данные позволили уточнить категорию редкости.

Для 6 редких видов отмечена положительная динамика их состояния на территории области, что отразилось в изменении их категории в лучшую сторону. Это, прежде всего, относится к двум видам (*Betula nana* L. и *Saxifraga hirculus* L.), которые в предыдущем издании ККМО имели категорию «0». После их находок, в новом издании ККМО категория редкости изменена на 1.

Береза карликовая (*Betula nana* L.) — вид вновь найден на территории Дубненского болотного массива на Костолыгинском болоте («Журавлиная родина»), а в начале XXI в. он обнаружен на Коротовском болоте в Госкомплексе НП «Завидово» в г.о. Клин [Нотов, 2010]. Небольшая популяция вида наблюдалась там Варлыгиной Т. И. по берегу внутриболотного озера в 2013 году.

Камнеломка болотная (*Saxifraga hirculus* L.) — на болотах в г.о. Луховицы вид, вероятно, исчез еще после пожаров 1972 г. В 2009 г. единичные особи камнеломки найдены А. А. Нотовым в ГК НП «Завидово» (г.о. Клин) на Коротовском болоте в осоково-гипново-сфагновом сосняке с тростником [Нотов, 2010].

Еще у 4-х видов категория редкости также изменена в связи с новыми находками на территории области.

Сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All.) — новая находка в 2018 г. сделана в старичном озере в окр. д. Лисьи Норы (г.о. Луховицы), а также, по сообщению Т. Левченко, сальвиния обитает в этом же округе в заводях р. Оки у д. Ганькино. Категория редкости вида в новом издании изменена с 1-й на 2-ю — вид, сокращающийся в численности.

Дремлик болотный (*Epipactis palustris* (L.) Crantz) — были подтверждены известные места произрастания вида и сделаны новые находки, преимущественно на севере и западе области. Число известных популяций вида заметно возросло. Категория редкости вида в новом издании изменена со 2-й на 3-ю — редкий вид.

Пальчатокоренник балтийский (*Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski) — обследования, проведенные по всей области, позволили выявить много новых местонахождений этого вида в различных районах, преимущественно в г.о. Можайский, Шаховская и Рузский. Ареал вида в области имеет тенденцию к расширению. Категория редкости вида в новом издании изменена со 2-й на 3-ю.

Жимолость голубая (*Lonicera caerulea* ssp. *pallasii* (Ledeb.) Browicz) — подтверждено произрастание вида в Талдомском г.о. на территории заказника «Журавлиная родина». В последние годы вид найден К. Ю. Тепловым в г.о. Дмитровский. Категория редкости вида в новом издании изменена с 1-й на 2-ю.

Из 3-го издания ККМО исключено 8 видов и местонахождение еще одного отошло к территории г. Москва. Причина их удаления из основного списка в том, что одни стали распространяться по вторичным местообитаниям, часто нарушенным, встречаться на пустырях, по обочинам дорог, водные — в искусственных водоемах, у некоторых видов оказалось, что известные популяции имеют культурное происхождение.

Среди исключенных видов следует отметить сливу колючую, или терн (*Prunus spinosa* L.) — вид, который встречается только на остепненных участках на юге области. За прошедшее десятилетие он был обнаружен в ряде новых местонахождений. Взятие вида под охрану и прекращение сенокосения привело к тому, что на отдельных участках он стал сильно разрастаться, занимая места произрастания других редких видов, приводя к сокращению численности их популяций, и даже их исчезновению. Возникла необходимость в регулировании его численности в подобных случаях. Он перенесен в список видов, нуждающихся в контроле и мониторинге.

В заключении следует подчеркнуть необходимость и важность проведения мониторинговых исследований состояния редких видов в регионах. Работа по ведению красных книг в регионах России:

- а) стимулирует поиск новых местонахождений редких видов;
- б) способствует накоплению данных о состоянии их популяций;
- в) дает возможность точнее определить категорию редкости вида и уровень его охраны;
- г) позволяет отслеживать изменения, происходящие с ареалом вида.

Присутствие редких видов на определенной территории часто является основанием для создания ООПТ различных уровней.

Авторы выражают глубокую благодарность Природоохранному фонду «Верховье» и К. Ю. Теплову за сотрудничество и предоставленные данные.

Литература

Красная книга Московской области. 2008 / отв. ред. Т. И. Варлыгина, В. А. Зубакин, Н. А. Соболев. М.: Товарищество научных изданий КМК. 828 с. Красная книга Московской области. 2018 / отв. ред. Т. И. Варлыгина, В. А. Зубакин, Н. Б. Никитский, А. В. Свиридов. Московская обл.: ПФ «Верховье». 810 с. Распоряжение Министерства экологии и природопользования Московской области от 20.03.2018 г. № 103 РМ. Об утверждении списка объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Московской области. Нотов А. А. 2010. Национальный парк «Завидово». Сосудистые растения, мохообразные, лишайники / отв. ред. В. И. Фертиков; Федер. служба охраны РФ, Гос. комплекс «Завидово», Твер. гос. ун-т. М.: Деловой мир. 367 с.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ КАК ИНДИКАТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ (на примере пруда на ул. Бронная г. Самары)

Э. Е. Воробьева¹, Ю. Л. Герасимов², А. И. Никифоров¹

¹ Московский государственный институт международных отношений (университет)
Министерства иностранных дел Российской Федерации, Москва, Россия

² Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
elinavorobyeva@yandex.ru

Изучению экологического благополучия городских прудов, несмотря на их высокое значение с точки зрения формирования качества городской среды, до недавнего времени уделялось совершенно недостаточно внимания. Являясь малыми водоемами комплексного назначения, пруды находятся в разных ландшафтах, широко распространены на самых различных территориях. Несмотря на их относительно небольшую величину, в целом в них обитает большое количество разнообразных живых организмов, составляющих значительную долю видового богатства пресных вод. В малых замкнутых водоемах иногда сохраняются виды, вымершие в реках и крупных озерах из-за антропогенного воздействия, и, таким образом, водоемы комплексного назначения могут выполнять важные экосистемные функции, являясь своего рода рефугиумами биологического разнообразия гидробионтов [Никифоров, 2018].

В связи с острой необходимостью в защите, консолидации и увеличении ресурсов малых водоемов в 2004 году в Женеве была создана Европейская сеть по сохранению прудов (EPCN). Ее цель — способствовать осознанию, пониманию и сохранению небольших водных объектов в разных ландшафтах.

Целью настоящего исследования было выяснение состояния экосистемы пруда, расположенного на ул. Бронной в г. Самаре, сравнение полученных результатов с данными, полученными в ходе проведенных ранее (в 2007, 2015 гг.) исследований, и передача итоговых результатов в территориальные органы охраны природы и администрацию г. Самара для последующей разработки мероприятий по снижению экологического риска, а также планированию и разработке мер по реконструкции городских водоемов.

Пруд на ул. Бронная в г. Самара является одним из самых крупных в городе (длина котловины до 200 м, ширина до 100 м). С трех сторон пруд окружен жилым поселком, поэтому существенное значение имеет его санитарное состояние. Загрязнения поступают в пруд с атмосферными выпадениями, а также с береговыми стоками. Вдоль берега проходит грунтовая автомобильная дорога, и в дождливую погоду грязь с дороги непосредственно стекает в пруд. Берега не благоустроены, завалены бытовым мусором, но, тем не менее, пользуются популярностью для отдыха (купания и рыбной ловли) у жителей города.

Одной из задач исследования являлось получение заключения об основном тренде изменений экологического состояния данного водоема. Так, экологическое состояние пруда в 2015 г. ухудшилось по сравнению с 2007 г., поэтому была выдвинута гипотеза, что в 2016 г. возможно получение результатов, указывающих на ухудшение состояния пруда по сравнению с прошлым годом. Собственно, именно это обусловило актуальность данного исследования, поскольку ряд нарушений экологического состояния водоема представляет риск для здоровья людей, отдыхающих на берегах и живущих поблизости, то есть является экологическим риском. Также значительный интерес к экологическому состоянию данного водоема определялся тем, что он расположен в зоне благоустройства территории, прилегающей к месту нахождения стадиона «Самара-Арена» и проведения Чемпионата Мира по футболу 2018 г.

В задачи исследования входило: изучение видового состава ракообразных пруда; изучение численности ракообразных; изучение численности кишечной палочки в воде; изучение химического состава воды; определение сапробного статуса пруда; определение степени токсичности воды для *Daphnia magna* Straus; обработка и систематизация полученных данных; передача данных в органы власти городского округа г. Самары.

Для оценки состояния экосистемы пруда использовались следующие методы: метод биоиндикации по видовому составу и численности ракообразных, метод биотестирования на дафниях, определение сапробного статуса пруда, проведение микробиологических и гидрохимических исследований.

Пробы воды из пруда отбирались по общепринятым методикам [Жадин, 1960] с середины мая по середину октября 2016 г. Гидрохимический анализ проводился в лаборатории ГБОУ ДОД СОДЭБЦ [Герасимов, Воробьева, 2017], определение видовой принадлежности беспозвоночных выполнялось в лабораториях кафедры зоологии, генетики и общей экологии Самарского национального исследовательского университета [Цалолихин, 1994; Цалолихин, 1995].

В ходе исследования видового состава и численности ракообразных пруда и сравнению с результатами исследований 2015 г. было выяснено, что в 2016 г. ракообразных оказалось на 9 видов больше, чем в 2015 г. Численность видов, за исключением *E. graciloides*, *C. strenuous*, *A. guttata*, *P. aduncus*, в 2016 г. выросла. Суммарная численность всех ракообразных оба года почти одинакова, но изменился характер ее динамики. В 2015 г. численность достигла своего максимального значения к началу июля (210,5 экз./л), а в 2016 г. — к началу августа (178,529 экз./л). С мая по июль численность в 2015 г. была выше, чем в 2016 г.,

а далее, до начала октября, наоборот — в 2016 г. выше, чем в 2015 г. К концу октября мы можем наблюдать резкий рост численности в 2015 г. на фоне резкого спада численности в 2016 г.

Было выяснено, за счет каких отрядов изменилась динамика численности сообщества ракообразных и сравнения 2015 и 2016 гг.

В 2015 году численность отряда Веслоногих намного больше, чем Ветвистоусых до середины июля, а затем численности отрядов сопоставимы. В 2016 г. превосходство Веслоногих над Ветвистоусыми в начале лета намного меньше. Сдвиг максимальной численности в 2016 г. на август происходит у обоих отрядов. В целом, сезонная динамика численности в 2015 г. определялась Веслоногими, а в 2016 г. вклад отрядов сходен.

В результате проведенных исследований, было выяснено, что наибольшую часть всех ракообразных сообщества в 2015 г. и в 2016 г. составляет семейство Cyclopidae — 43,8 и 47,51 % соответственно. По сравнению с 2015 г., вклад семейства Eudiaptomidae в 2016 г. в общую численность сообщества значительно ниже и составляет 0,27 %. Вклад семейств Cyclopidae, Chydoridae, Daphnidae, Sididae в общую численность семейств в 2016 г. выше, чем в 2015 г. Также стоит отметить, что в 2016 г. обнаружены виды семейств Macrothricidae и Cyprididae, которых не было в 2015 г.

Причин изменений видового состава и численности ракообразных может быть несколько. Во-первых, в 2016 г., вследствие большего объема снега и улучшения водного питания пруда, уровень воды по сравнению с 2015 г. увеличился примерно на 1 метр. Во-вторых, это повлекло изменение температурного режима пруда — температура воды в 2016 г. в среднем была несколько ниже, чем в 2015 г., что благоприятно для дыхания животных. Также, определенную роль могло сыграть проведенное осенью 2015 года выкашивание водо-воздушных растений, вследствие чего развитие зарослей шло медленнее.

Заращение пруда макрофитами оба года было примерно одинаковое, но эти заросли в августе 2016 года не обсохли, значит улучшились условия жизни зарослевых видов, прежде всего *Sida cristallina*, видов сем. Chydoridae и подкласса Ostracoda — и их численность действительно выросла.

По-видимому, все эти обстоятельства способствовали увеличению численности и видового разнообразия планктонных ракообразных.

Относительно гидрохимических показатели можно отметить, что основная их часть находилась в пределах установленных норм для вод городских водоемов (кальций 3,6 мг/л; магний 1,8 мг/л; сульфат-ионы 320 мг/л; хлорид-ионы 63,9 мг/л; нитрат-ионы 20,0 мг/л; нитрит-ионы 0,25 мг/л; карбонат-ионы 48,0 мг/л; гидрокарбонат-ионы 183,0 мг/л), и лишь по концентрации железа и жесткости были несколько превышены ПДК (жесткость общая 9,6 мг-экв/л; железо общее 0,80 мг/л). Вода пруда имела щелочную реакцию, величина pH воды с мая по октябрь менялась в диапазоне от 8,03 до 8,48. Также гидрохимическое исследование показало значительное уменьшение концентрации кадмия по сравнению с 2015 г. и отсутствие меди.

Токсичность воды для дафний значительно уменьшилась: так, гибель дафний в неразбавленной прудовой воде не превышала 5 %, в отличие от 2015 года, когда к концу эксперимента неразбавленная вода вызвала гибель 64 % дафний.

Микробиологическое исследование воды из пруда выявило высокую численность кишечной палочки — в поле зрения было, в среднем, 15 единиц. Это соответствует 15 000 000 кишечных палочек в 1 л воды. Получается огромное превышение величины коли-индекса — по норме он должен быть не более 3 кишечных палочек в 1 л воды.

По результатам исследований были сделаны следующие выводы: увеличилось количество видов ракообразных без значительного увеличения численности по сравнению с 2015 г.; уменьшилось химическое загрязнение воды и токсичность воды для дафний; по видам-индикаторам пруд относится к В-мезосапробной зоне; численность кишечных палочек значительно превышает санитарные нормы [Герасимов, Воробьева, 2017].

Выдвинутая нами гипотеза не подтвердилась — экологическое состояние пруда в 2016 г., наоборот, несколько улучшилось по сравнению с 2015 г., сообщество зоопланктона начало восстанавливаться после депрессии, наблюдавшейся в 2015 году. В прежних публикациях мы предполагали, что эта депрессия была вызвана ростом загрязнения воды в пруду соединениями азота, фосфора и ионами кадмия, а также уменьшением объема пруда [Герасимов, 2016]. Полученные в 2016 г. результаты показывают, что эти предположения были правильными. Отмеченный рост численности беспозвоночных определяется, в числе прочих факторов, объемом популяций пелагических видов коловраток — величина которого явно зависит от водного режима изучаемого объекта. Если в 2015 г. экологическая ниша зарослевых видов резко сократилась из-за обсыхания мелководий, то в 2016 г. она оказалась намного обширнее, что и повлекло за собой как рост численности представителей сем. Chydoridae, так и присутствие не встреченных в 2015 г. видов.

Полученные результаты исследований были переданы в Департамент городского хозяйства и экологии Администрации городского округа Самара для разработки комплекса мероприятий по снижению экологического риска и улучшения качества городской среды. Они были использованы при составлении плана работ по очистке пруда на ул. Бронной г. Самара и благоустройству прилегающей территории.

Литература

- Герасимов Ю. Л., Воробьева Э. Е. 2017. Мониторинг состояния водоема на ул. Бронной в г. Самара // Эколого-географические проблемы регионов России: материалы VIII всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Самара: СГСПУ; СаГа. С. 145–147.
- Герасимов Ю. Л. 2016. Изменение экосистемы пруда на ул. Бронной г. Самары // Проблемы и перспективы изучения естественных и антропогенных экосистем Урала и прилегающих регионов: сб. материалов VI всероссийской заочной научной конференции г. Стерлитамак. Уфа: РИЦ БашГУ. С. 64–67.
- Жадин В. И. 1960. Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа. 189 с.
- Никифоров А. И. 2018. Пути повышения эффективности хозяйственного использования биологических ресурсов водоемов комплексного назначения // Рыбоводство и рыбное хозяйство. № 2 (145). С. 17–23.
- Цалолыхин С. Я. (ред). 1994. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1: Низшие беспозвоночные. СПб.: Наука. 394 с.
- Цалолыхин С. Я. (ред). 1995. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2: Ракообразные. СПб.: Наука. 627 с.

СОСТАВ И ДИНАМИКА ЭНТОМОФАУНЫ НА ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ОПЫТЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РГАУ-МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА

В. В. Гриценко

Российский государственный аграрный университет — РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия
vaceslavgricenkol@gmail.com

Точное земледелие — автоматизированная технология возделывания сельскохозяйственных культур, использующая навигационное и компьютерное оборудование. Оно обеспечивает адекватное и рациональное выполнение агрономических операций, в том числе, дифференцированное внесение удобрений и обработку пестицидами [Шпаар и др., 2009]. В настоящее время опытные участки Тимирязевской сельскохозяйственной академии (РГАУ–МСХА) представляют уникальный аграрный анклав внутри мегаполиса. На Полевой опытной станции с 2007 г. существует опыт точного земледелия, служащий полигоном для учебной и научной работы. Опыт занимает около 4 га и представлен 4-польным севооборотом, в который входят посевы 2 зерновых культур — озимой пшеницы и ярового ячменя. Схема опыта включает 2 основных фактора с 2 вариантами: обработка почвы (отвальная — минимальная или нулевая) и технология возделывания (традиционная — точная) в 4 комбинациях [Беленков и др., 2011; Белошапкина и др., 2012]. Среди различных исследований в опыте ведется регулярный фитосанитарный энтомологический мониторинг, основные цели которого — определение общего состава энтомофауны, выявление вредоносных объектов и оценка их угрозы урожаю, оценка влияния факторов опыта на численность доминирующих видов [Гриценко, 2010]. В настоящей работе представлены суммарные результаты за 2011–2015 гг., с анализом основного состава наземной энтомофауны зерновых культур, его годичной динамики и влияния факторов опыта.

Методика. В опыте преимущественно вели учеты энтомофауны травостоя кошением энтомологическим сачком. В каждом из 4 вариантов, представленных 2 повторностями, проводили по 4 пробы по 25 взмахов сачком. Таким образом, каждый учет суммарно представлен 32 пробами кошения. Ежегодно на посевах проводили от 2 до 4 учетов в фазы выхода в трубку — колошения и налива зерна — молочной спелости. Первичное определение и подсчет насекомых проводили на кафедре защиты растений. В статистической обработке данных использовали преимущественно парные сравнения средних по критерию t-Стьюдента и схемы дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Представление об общем составе энтомофауны зерновых культур и его годичной динамике дают суммарные, по учетам за год, данные 2011–2015 гг., среди которых не проведены только учеты на ячмене в 2013 г. (табл. 1, 2). Несмотря на локальное изолированное положение посевов состав энтомофауны травостоя вполне обычен для посевов зерновых Центрального региона [Великань и др., 1980]. В нем подавляюще преобладают фитофаги злаков, среди которых постоянно доминируют сосущие вредители (клопы, цикадки, тли, трипсы) и злаковые мухи. Наиболее массовыми среди клопов являются хлебный клопик и луговой клоп, более редок странствующий клоп. Небольшим, но характерным «южным» элементом, периодически встречающимся на озимой пшенице, являются остроголовый хлебный клоп и маврская черепашка. Среди цикадок преобладают 6-точечная и темная, реже встречаются зеленая, полосатая и др. Тли в подавляющем большинстве представлены большой злаковой. Среди злаковых трипсов преобладают пшеничный и пустоцветный. В группе злаковых мух значительно доминируют шведские мухи, гораздо менее обильны меромиза, черная пшеничная муха и др. виды. В целом менее представлены жесткокрылые фитофаги, наиболее обычны из которых хлебные блошки. Только на посевах ячменя 2011–2012 гг. листовая хлебная блошка достигала заметной массовости.

Группа энтомофагов представлена обычными на посевах зерновых преимущественными афидофагами: божьими коровками (7, 13, 5, 2, 14-точечные), златоглазками, журчалками. Многоядные хищные жуки мягкотелки чаще встречаются на озимой пшенице. Среди наездников преобладает группа халцидовых, менее обильны афидииды, бракониды, ихневмониды. Основным хищником злаковых трипсов служит полосатый трипс. Сапрофаги, встречающиеся в травостое, представлены, в основном, комариками сциари-

дами и настоящими мухами. В целом, состав фауны на озимой пшенице несколько более разнообразен, чем на ячмене, что вероятно связано с большей долговременностью культуры.

В составе энтомофауны наблюдалась значительная годичная динамика. В 2011 г. доминировали, особенно на озимой пшенице, злаковые тли. В 2012 г. произошел резкий спад тлей, а численность лугового клопа достигла максимума. В 2013 г. при снижении численности лугового клопа достиг своего пика хлебный клопик; численность тлей и, особенно, трипсов возросла. В 2014 г. среди сосущих вредителей безраздельно доминировали злаковые тли. В 2015 г., при снижении численности тлей, отмечается рост численности трипсов и, на озимой пшенице беспрецедентный рост цикадок. Шведские мухи представляют несколько варьирующий, но всегда значимый компонент энтомофауны.

Анализ степени сходства в составах энтомофауны на разных культурах и в разные годы проведен путем парных сравнений с использованием в качестве критерия коэффициента количественного сходства фауны: $K_c = 1 - (\sum |n_{iA}/N_A - n_{iB}/N_B|)/2$, где n_i/N — доля каждого вида (группы видов) в общей численности для сравниваемых совокупностей А и В. В среднем, сходство фауны на разных культурах за один год оказалось выше (0,623), чем на одной культуре в разные годы (0,548 — озимая пшеница, 0,565 — ячмень), т. е. размах годичной динамики на каждой культуре превосходит различия между ними.

Таблица 1

Характеристика годичного варьирования состава энтомофауны травостоя озимой пшеницы в опыте точного земледелия (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева) по суммарным данным учетов кошением сачком

Группы насекомых		Доля группы в общем составе, %				
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Фитофаги	Хлебный клопик	4,1	3,9	20,0	5,6	1,1
	Луговой клоп	9,3	23,5	6,2	2,3	1,7
	Остроголовые клопы	0	3,9	1,3	0	0,3
	Черепашки	0	1,3	0,3	0	0
	Др. клопы	1,5	0,7	0	0,4	0,1
	Цикадки	8,4	4,1	6,7	1,3	29,6
	Злаковые тли	38,5	1,6	11,4	36,5	16,6
	Злаковые трипсы	9,1	2,0	13,7	7,5	21,4
	Листовая хлебная блошка	1,4	2,3	0,3	0,2	1,1
	Стеблевые хлебные блошки	0,9	4,3	0,4	0,2	0,1
	Щелкуны	0,2	0,2	0	0	0,4
	Др. жесткокрылые	0	0,4	0,6	0	0,4
	Шведские мухи	10,8	17,9	22,3	24,1	15,7
	Меромиза	1,0	0,4	0,7	2,0	1,7
	Черная пшеничная муха	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1
	Др. двукрылые	0	0,3	0	0	0,1
	Травяные пилильщики	3,4	4,0	0,9	0	0,2
	Др. фитофаги	0	0,9	0	0	0,1
	Всего	88,9	72,1	84,9	82,2	93,0
Энтомофаги	Клопы охотники	0,4	0,6	0	0	0,1
	Божьи коровки	0,6	0,1	2,8	1,6	0,2
	Мякотелки	0,5	4,6	2,8	1,7	0,4
	Наездники	3,6	1,8	3,6	4,0	1,6
	Златоглазки	0,4	0,1	0,5	0,2	0,3
	Журчалки	0,5	0	0,6	0,5	0,1
	Полосатый трипс	1,6	0,9	1,3	1,3	1,7
	Пауки	0,5	2,5	0,4	0,1	0,2
	Др. энтомофаги	0,1	0,1	0	0	0,1
	Всего	8,3	9,8	11,9	9,5	4,7
	Сапро-фаги	Сциариды	0,8	17,8	1,1	2,2
Настоящие мухи		0	0,3	2,1	6,2	2,0
Др. сапрофаги		0,4	0	0	0	0,2
Всего		1,2	18,1	3,2	8,3	2,3
Всего (кол-во, экз.)		100 (1943)	100 (1426)	100 (3108)	100 (1674)	100 (4053)

Характеристика годичного варьирования состава энтомофауны травостоя ячменя в опыте точного земледелия (РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева) по суммарным данным учетов кошением сачком

Группы насекомых		Доля группы в общем составе, %			
		2011 г.	2012 г.	2014 г.	2015 г.
Фитофаги	Хлебный клопик	3,0	6,1	3,5	11,0
	Луговой клоп	11,3	18,0	0,7	1,6
	Остроголовые клопы	0	0,3	0	0
	Др. клопы	0	0,1	0,1	0
	Цикадки	4,8	1,5	1,5	3,1
	Злаковые тли	22,6	6,9	40,9	15,9
	Злаковые трипсы	10,8	11,8	2,4	11,2
	Листовая хлебная блошка	16,6	5,7	0,2	0,9
	Стеблевые хлебные блошки	1,5	2,0	0,1	0,1
	Др. жесткокрылые	0	0,8	0	1,9
	Шведские мухи	18,3	30,2	26,5	23,2
	Меромиза	1,2	0,8	4,2	1,6
	Черная пшеничная муха	0,2	1,1	0	0
	Др. двукрылые	0	0,3	0	5,8
	Бабочки огневки, моли	0	0	5,2	0
	Травяные пилильщики	0,2	0,1	0	0
	Др. фитофаги	0	0,6	1,8	0,9
Всего	91,3	86,6	87,1	77,7	
Энтомофаги	Божьи коровки	0,6	0	0,2	0
	Мягкотелки	0	0,8	0,1	0
	Наездники	2,3	1,6	3,1	4,1
	Златоглазки	0,2	0,1	0,4	0,1
	Журчалки	0	0	0,5	0,2
	Полосатый трипс	2,6	0,9	0,1	10,8
	Пауки	0,3	0,4	0,1	0,2
	Др. энтомофаги	0,4	0	0,2	0
	Всего	6,4	3,8	4,6	15,4
Сапро-фаги	Сциариды	0,3	9,2	1,6	2,7
	Настоящие мухи	0,2	0,4	6,6	4,0
	Др. сапрофаги	0,2	0	0,1	0,2
	Всего	0,7	9,6	8,3	6,9
Всего (кол-во, экз.)		100 (1786)	100 (752)	100 (3506)	100 (955)

Анализ связи годичной динамики некоторых фитофагов и их известных энтомофагов показывает существенную сопряженность. Коэффициент корреляции рангов по Спирмэну (r_s) численности злаковых трипсов их хищника полосатого трипса составил +0,73, для злаковых тлей и суммы их энтомофагов (божьи коровки, златоглазки, журчалки, афидииды) — +0,72 ($P < 0,01$).

Оценка влияния факторов опыта на численность доминирующих фитофагов получена путем суммирования результатов парных сравнений средних значений по факторам в отдельных учетах за все годы исследований. Обобщенные результаты показывают более сильное и, вероятно, более прямое действие фактора обработки почвы, с преобладающей тенденцией к снижению численности при отвальной обработке. Влияние фактора оказалось значимым в 44,8 % учетов на озимой пшенице и в 30,0 % — на ячмене. Технология возделывания, обладая только косвенным влиянием, значительно реже сказывается на численности фитофагов. Этот фактор был значимым в 6,9 % учетов на озимой пшенице и в 15,0 % — на ячмене. Кроме того, нередко отмечались эффекты местоположения вариантов относительно краев поля и мест прошлогоднего посева зерновых.

Заключение. В целом, работа с энтомофауной зерновых культур в условиях полевого опыта РГАУ–МСХА демонстрирует ее как достаточно богатую, динамичную и интересную базу для исследований и учебной практики в области энтомологии и защиты растений.

Литература

Беленков А. И., Железова С. В., Березовский Е. В., Мазиров М. А. 2011. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. № 6. С. 90–100. Белошаникина О. О., Беленков А. И., Гриценко В. В., Полин В. Д. 2012. Сравнительная эффективность технологий возделывания зерновых культур в опыте ЦТЗ // Земледелие. № 4. С. 44–46. Великань В. С., Голуб В. Б., Гурьева Е. Л. 1980. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей зерновых культур в СССР. Л.: Колос. 335 с. Гриценко В. В. 2010. Первичная характеристика состава энтомофауны посевов зерновых культур в опыте точного земледелия // Доклады ТСХА. В. 282. С. 285–288. Шнаар Д., Захаренко В. В., Якушев В. П. и др. 2009. Точное сельское хозяйство = Precision Agriculture. СПб.; Пушкин. 397 с.

АНАЛИЗ КАЛЕНДАРНОГО ВОЗРАСТА РАМЕТ *PYROLA ROTUNDIFOLIA* ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ

С. А. Дубровная, З. Ш. Бикмухаметова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
sdubrovnyaya@inbox.ru, zaliya.95@mail.ru

В настоящее время, исследование онтогенетической структуры популяции травянистых растений остается одним из важных разделов популяционной биологии, имеющим выходы в задачи биоиндикации, сохранения и рационального использования природных ресурсов [Уранов, 1960].

В условиях меняющейся экологической обстановки большое значение имеет изучение внутривидовой изменчивости ценопопуляций. При изучении неоднородности популяций травянистых растений, как в естественных, так и в антропогенно нарушенных экосистемах очень важным является популяционно-онтогенетический подход [Работнов, 1950]. Ценность популяционных исследований заключается в том, что они представляют собой биологическую основу для разработки способов рационального использования естественных растительных ресурсов и их охраны, разработки практических рекомендаций для создания и сохранения длительной продуктивности посевов многолетних трав, а также для сохранения редких и исчезающих видов растений [Олейникова, 2015].

Цель исследования: выявление календарного возраста растений для интерпретации механизма формирования онтогенетической структуры ценопопуляции (ЦП) грушанки круглолистной (*Pyrola rotundifolia* L.).

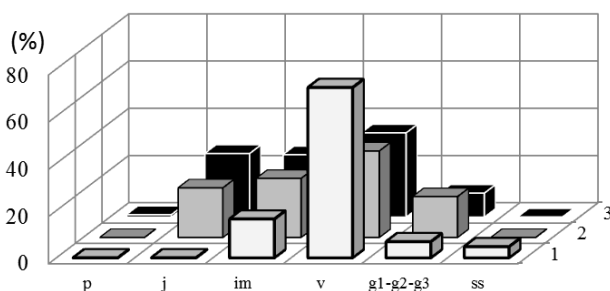
Методика исследования. Объектом исследования были растения грушанки круглолистной (*Pyrola rotundifolia* L.). Исследования ЦП грушанки круглолистной проводились в зоне южной тайги Республики Марий Эл (березняк грушанковый, березняк орляковый) и хвойно-широколиственных лесов Республики Татарстан (сосняк елово-липовый).

В работе использовались морфолого-анатомические методы изучения растений, популяционно-онтогенетические методы анализа ценопопуляций [Животовский, 2001]. Анализ календарного возраста грушанки круглолистной проводили путем подсчета годичных колец надземных рамет (парциальных побегов) растений различных онтогенетических состояний [Бобров, 2009].

Результаты исследования. Проведенные нами исследования показали, что все ценопопуляции по классификации дельта-омега являются молодыми, что связано с высоким участием в онтогенетической структуре особей прегенеративного периода (рис.). Доля растений генеративного периода варьировала от 7–18 %. Наличие цветущих растений определяло возможность полового процесса. Высокое участие растений прегенеративного периода в структуре ценопопуляций может быть обусловлено различными причинами. Во-первых, недавним заселением местообитания, что возможно при восстановлении подходящих эколого-ценотических условий, во-вторых, хорошо выраженными процессами вегетативного размножения, в-третьих, медленным развитием растений, что ведет к накоплению в структуре ценопопуляций рас-

тений данных возрастных групп [Дубровная, 2016].

Основным способом самоподдержания численности всех ценопопуляций *P. rotundifolia* является вегетативное размножение. Об интенсивных процессах вегетативного размножения свидетельствует показатель удельной рождаемости (табл. 1). В условиях южной тайги данный показатель варьировал от 0,5 до 0,6. Интенсивность вегетативного размножения в зоне хвойно-широколиственных лесов в сосняке была значительно ниже. В 2017 г. показатель удельной рождаемости был равен нулю.



Онтогенетические спектры ЦП грушанки круглолистной:
1 — сосняк елово-липовый; 2 — березняк орляковый;
3 — березняк грушанковый

Таблица 1

Изменчивость демографических показателей ценопопуляции *P. rotundifolia*

Местообитания	Показатели	Дельта-омега	Тип ЦП	g_2/v	Удельная рождаемость	Плотность (шт./м ²)
Сосняк елово-липовый		0,22–0,37	молодая	0,09	0	8,6
Березняк орляковый		0,23–0,45	молодая	0,5	0,5	20,0
Березняк грушанковый		0,20–0,40	молодая	0,3	0,6	33,3

Проведенные исследования показали, что в ЦП грушанки круглолистной на территории Республики Татарстан (сосняк елово-липовый) в группе особей виргинильного онтогенетического состояния преобладают 4–5 летние растения, в то время как в условиях южной тайги преобладающий возраст виргинильных растений составлял 2–3–4 года (табл. 2). Высокие показатели календарного возраста, вероятно, связаны с затруднением перехода растений в генеративный период.

Таблица 2

Календарный возраст растений *P. rotundifolia* виргинильного онтогенетического состояния

Местообитания	Показатели	n	Медиана	Варьирование признака (min–max)	Доверительный интервал для медианы	p-level парные сравнения
Сосняк елово-липовый		32	4	2–7	4–5	1/3 = 0,000002
Березняк орляковый		29	4	3–5	3–4	2/3 = 0,03
Березняк грушанковый		47	3	2–5	2–4	

Таким образом, анализ календарного возраста растений позволяет иначе трактовать онтогенетический спектр ЦП *P. rotundifolia*. Преобладание виргинильных растений с высокими показателями календарного возраста в сообществе сосняка елово-липового связано не с преобладанием молодых рамет, а рамет, не способных к переходу в генеративный период, что является одним из механизмов адаптации ценопопуляции к эколого-ценотическим условиям сообщества.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Изученные ЦП *P. rotundifolia* являются молодыми, что связано с высоким участием в онтогенетической структуре особей прегенеративного периода.

2. Анализ календарного возраста позволяет оценить развитие растений, так на границе ареала, в зоне хвойно-широколиственных лесов в ЦП *P. rotundifolia* преобладают длительно живущие виргинильные растения.

3. Ценопопуляция *P. rotundifolia* с высоким участием растений не способных к цветению и низкой плотностью особей находится в состоянии деградации.

Литература

- Бобров Ю. А. 2009. Грушанковые России: монография. Киров: ВятГГУ. 137 с. Дубровная С. А. 2016. Жизненный цикл и регенерационные ниши травянистых растений в лесных сообществах // Сибирский лесной журнал. № 3. С. 24–33. Животовский Л. А. 2001. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. № 1. С. 3–7. Олейникова Е. М. 2015. Стержнекорневые травы юго-востока средней России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Воронеж. 43 с. Работнов Т. А. 1950. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. Вып. 1. С. 465–483. Уранов А. А. 1960. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 65, вып. 3. С. 77–92.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭПИГЕОБИОНТНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ДЛЯ ИНДИКАЦИИ НАРУШЕННОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВДОЛЬ ЭКОТРОП НА ТЕРРИТОРИИ БИОСФЕРНОГО РЕЗЕРВАТА «ВОРОНЕЖСКИЙ»

В. М. Емец, Н. С. Емец

Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В. М. Пескова, Воронеж, Россия
emets.victor@yandex.ru

Введение. Программа ООН «Человек и биосфера» (МАБ) на 2015–2025 гг. [A New Roadmap..., 2017] рассматривает сохранение биоразнообразия биосферных резерватов как основу их устойчивого развития и предусматривает разработку и внедрение биоиндикационного контроля нарушенности экосистем биосферных резерватов, используемых для экологического туризма. В 2017 году на территории биосферного резервата Воронежский (Воронежская область, юго-восточная окраина Воронежского заповедника) начали интенсивно функционировать две экологические тропы (Большая и Малая Черепахинская), расположенные вблизи реки Усмани (квартала 441, 464, 487, 508). Соответственно возникла необходимость индикации рекреационной нарушенности лесных экосистем (сосняков, дубняков), расположенных вдоль

экологических троп, используя оценку состояния различных компонентов биоты. В 2018 году начато регулярное (ежегодное) обследование почвенной (эпигеобионтной) мезофауны в лесных экосистемах вдоль Большой и Малой Черепихинской экотроп. Данное сообщение посвящено оценке (на основе данных 2018 года) состояния эпигеобионтной мезофауны в лесных экосистемах вдоль Большой и Малой Черепихинской экотроп, подвергающихся рекреационной нагрузке.

Материал и методы исследования. Почвенная мезофауна (комплекс крупных почвенных беспозвоночных) — весьма чувствительный биоиндикатор рекреационной нагрузки на лесные экосистемы [Грюнталь, 1987; 2004; Емец, 2002; Hodkinson, Jackson, 2005; Рахлеева, Строганова, 2008; Pulleman et al., 2012; Кузнецов и др., 2014; Дорохов и др., 2016; Nsengimana et al., 2018]. При оценке рекреационной деградации лесных экосистем информативными критериями являются показатели видового и макротаксономического разнообразия группировок почвенной мезофауны, а также показатели численности (плотности) ключевых групп почвенных беспозвоночных: дождевых червей, пауков (в частности, пауков-волков), муравьев, двукрылых насекомых-сапрофагов (в частности, комаров-толстоножек) [Емец, 2002; Грюнталь, 2004; Кузнецов и др., 2014; Дорохов и др., 2016]. Эпигеобионтная мезофауна (ЭМ) или комплекс крупных беспозвоночных, населяющих подстилку и поверхностный (0–5 см) слой почвы, — важный и, самое главное, сравнительно легко учитываемый в полевых условиях при ручной разборке почв компонент почвенной мезофауны [Гиляров, 1987].

Число семейств относится к числу наиболее простых и информативных показателей макротаксономического богатства ЭМ [Емец, 2002]. В условиях Усманского бора для учета макротаксономического богатства (числа семейств) почвенной мезофауны на участке достаточно взять 12 почвенных проб по 0,25 м² (50 см × 50 см) [Емец, 2002]. По результатам многолетних (1988–1996 гг.) исследований в Усманском бору были разработаны нормы макротаксономического богатства ЭМ, представленные в таблице 1 [Емец, 2002].

Нормы таблицы 1 можно использовать при оценке состояния ЭМ в лесных экосистемах вдоль Большой и Малой Черепихинской экологических троп [Емец, 2014]. Очень низкое (ниже нормы) число семейств в группировках ЭМ лесных экосистем вдоль экотроп должно вызывать беспокойство и может указывать на необходимость принятия административных решений в плане уменьшения рекреационной нагрузки на лесную экосистему вдоль данного участка экотропы.

Таблица 1

Нормы числа семейств в группировках ЭМ в лесных экосистемах бассейна малой реки (лесостепная зона Европы) [Емец, 2002]

Расположение лесной экосистемы в бассейне малой реки	Нормы числа семейств в группировках ЭМ, населяющих различные лесные экосистемы:	
	сосняки	дубняки
А. Водораздел	2–14	5–16
Б. Верхняя позиция склона	10–28	21–30
В. Нижняя позиция склона	–	21–55

На Большой и Малой Черепихинской экологических тропах были выделены 6 контрольных стационарных участков, которые были привязаны к ключевым точкам маршрутов (рис.).

На Большой Черепихинской экотропе (3 км) было выделено 4 контрольных стационарных участка для мониторинга состояния ЭМ: 1) вблизи точки 008 (кв. 487) — сосняк ландышевый; 2) вблизи точки 019 (кв. 464) — сосняк-черничник; 3) вблизи точки 020 (кв. 464) — сосняк возле места отдыха экскурсантов; 4) вблизи точки 027 (кв. 464) — сосняк возле места отдыха экскурсантов. На Малой Черепихинской экотропе (1,5 км) было выделено 2 контрольных стационарных участка для мониторинга состояния ЭМ: 1) вблизи точки 034 (кв. 487) — дубняк с эфемероидами (хохлатками); 2) вблизи точки 044 (кв. 487) — дубняк.

В 2018 году в весенний период (в период с 1-го по 6-е мая) на каждом контрольном стационарном участке было взято 12 почвенных проб 0,25 м². В лесных экосистемах вдоль Большой Черепихинской экотропы было взято 48 почвенных проб размером 0,25 м² и в лесных экосистемах вдоль Малой Черепихинской экотропы 24 почвенные пробы размером 0,25 м². Взятие почвенных проб и учет ЭМ в подстилке и поверхностном (0–5 см) поверхностном слое почвы осуществляли по стандартной методике [Гиляров, 1987].

Для оценки состояния группировок ЭМ вдоль Большой и Малой экологических троп использовали 8 показателей: 1) средняя плотность дождевых червей (Lumbricidae) ($M_1 \pm m$, экз./0,25 м²); 2) средняя плотность пауков-волков (Lycosidae) ($M_1 \pm m$, экз./0,25 м²); 3) средняя плотность муравьев (Formicidae) ($M_1 \pm m$, экз./0,25 м²); 4) средняя плотность комаров-толстоножек (Bibionidae) ($M_1 \pm m$, экз./0,25 м²); 5) средняя плотность ЭМ ($M_{\text{общ}} \pm m$, экз./0,25 м²); 6) средняя плотность ЭМ в логарифмическом масштабе ($M_{\text{ln.общ}} \pm m$, ln_{экз.}/0,25 м²); 7) среднее число макротаксонов (семейств) ЭМ ($M_{\text{сем}} \pm m$, n/0,25 м²); 8) общее число макротаксонов (семейств) в ЭМ в серии (12) почвенных проб (на 3 м²), $N_{\text{сем}}$.

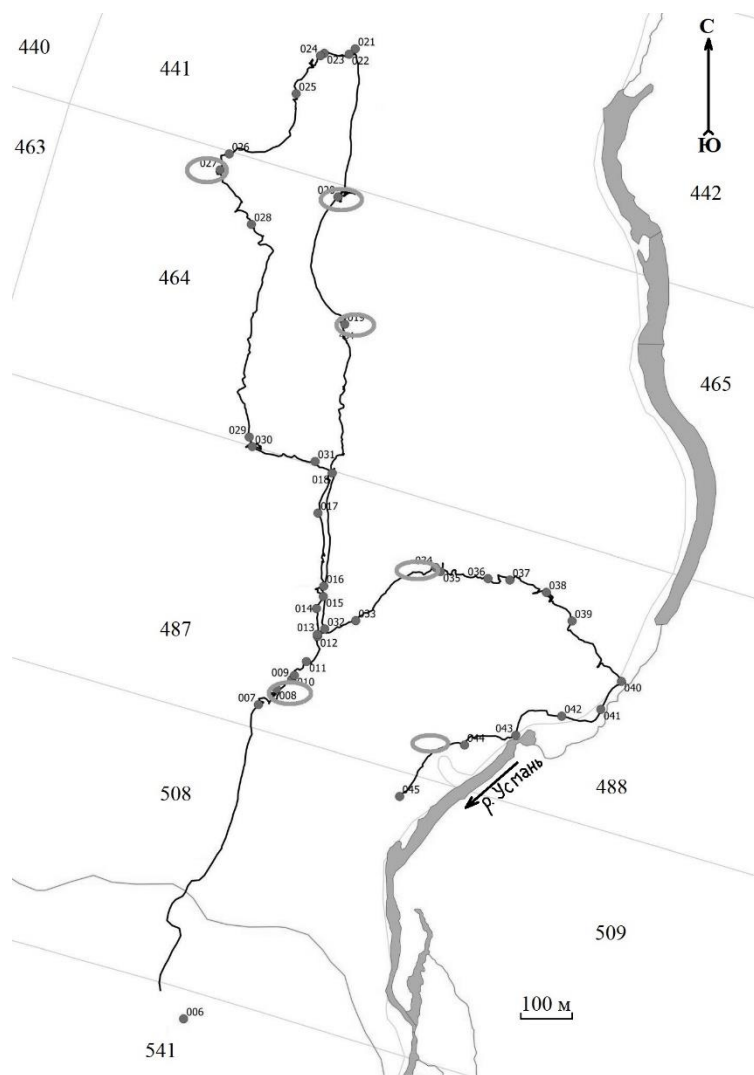


Схема расположения контрольных участков и ключевых точек маршрута Большой и Малой экологических троп (составлена ст. научным сотрудником А. С. Мишиным по GPS-навигатору, с доп.)
 Овалами показаны 6 контрольных стационарных участков, привязанных к ключевым точкам экотроп. В 2018 году (в период с 1-го по 6-е мая) на каждом контрольном стационарном участке было взято 12 почвенных проб $0,5 \text{ м} \times 0,5 \text{ м}$ с целью оценки состояния группировок ЭМ

Результаты и обсуждение. Данные по показателям группировок ЭМ в лесных экосистемах вдоль Большой и Малой экологических троп в 2018 году обобщены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что в 2018 году ЭМ сосняков Б. Черепихинской экотропы характеризовалась отсутствием или небольшой плотностью дождевых червей, тогда как ЭМ дубняков М. Черепихинской экотропы (пойма реки Усмань) отличалась довольно высокой плотностью дождевых червей ($1,08\text{--}10,67 \text{ экз./м}^2$). Средняя плотность пауков-волков в ЭМ сосняков и дубняков была небольшой, в одной точке (044 — пойма реки Усмань) пауки-волки не были обнаружены вообще в серии почвенных проб (табл. 2). Средняя плотность и ошибка средней плотности муравьев в ЭМ сосняков и дубняков сильно колебались, что связано с попаданием в отдельные почвенные пробы гнезд мелких видов муравьев. Средняя плотность комаров-толстоножек в ЭМ сосняков и дубняков также сильно колебалась, что может быть связано с массовым выходом имаго из куколок. Средняя плотность ЭМ в сосняках и дубняках также сильно колебалась, в 3 группировках ЭМ (точки 020, 027 и 034) это явно связано с высоким уровнем средней плотности и большой ошибкой средней плотности муравьев; минимальная средняя плотность ЭМ (4,58) отмечена в сосняке (точка 019) и максимальная (38,42) в дубняке (точка 034) (табл. 1). При переводе средней плотности ЭМ в логарифмический масштаб прослеживаются достоверные различия по средней плотности ЭМ между группировками ЭМ точки 019 (минимальная средняя плотность ЭМ) и группировками ЭМ четырех других точек (008, 020, 034, 044): $t \geq 2,32$; $p < 0,05$.

В 2018 году среднее число макротаксонов (семейств) в ЭМ сосняков (Б. Черепихинская экотропа) было несколько ниже — 2,3–3,5, чем в ЭМ дубняков (М. Черепихинская экотропа) — 3,4 и 4,3. Общее число

макротаксонов (семейств) ЭМ, зарегистрированных в отдельных контрольных стационарных участках сосняков вдоль Б. Черепихинская экотропы, было сходно с таковым в отдельных участках дубняков М. Черепихинской экотропы: 12–19 и 14–18 соответственно (табл. 2). Значения макротаксономического богатства группировок ЭМ в сосняках Большой Черепихинской экотропы находятся в пределах установленных нормативов (табл. 1) [Емец, 2002]. Значения макротаксономического богатства группировок ЭМ в дубняках Малой Черепихинской экотропы, напротив, являются пониженными (ниже установленных нормативов табл. 1) [Емец, 2002].

Таблица 2

Показатели группировок ЭМ в лесных экосистемах вдоль Большой и Малой Черепихинских экотроп в 2018 году

Показатели ЭМ	Большая Черепихинская экотропа				Малая Черепихинская экотропа	
	сосняк ландышевый, кв. 487 (т. 008)	сосняк-черничник, кв. 464 (т. 019)	сосняк, кв. 464 (т. 020)	сосняк, кв. 464 (т. 027)	дубняк, кв. 487 (т. 034)	дубняк, кв. 487 (т. 044)
1 Средняя плотность дождевых червей (Lumbricidae) ($M_1 \pm m$), экз./0,25 м ²	0,25 ± 0,18	0,17 ± 0,11	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,08 ± 0,42	10,67 ± 1,67
2 Средняя плотность пауков-волков (Lycosidae) ($M_1 \pm m$), экз./0,25 м ²	0,25 ± 0,13	0,33 ± 0,19	0,33 ± 0,14	0,42 ± 0,15	0,33 ± 0,14	0,00 ± 0,00
3 Средняя плотность муравьев (Formicidae) ($M_1 \pm m$), экз./0,25 м ²	8,33 ± 3,16	1,75 ± 0,37	16,50 ± 9,68	23,42 ± 19,44	33,42 ± 21,56	1,33 ± 0,56
4 Средняя плотность комаров-толстоножек (Bibionidae) ($M_1 \pm m$), экз./0,25 м ²	4,17 ± 0,93	1,17 ± 0,75	0,00 ± 0,00	1,50 ± 1,50	0,67 ± 0,28	0,08 ± 0,08
5 Средняя плотность ЭМ ($M_{\text{общ}} \pm m$), экз./0,25 м ²	14,33 ± 3,05	4,58 ± 0,93	19,25 ± 9,44	26,92 ± 19,26	38,42 ± 21,19	14,17 ± 2,33
6 Средняя плотность ЭМ в логарифмическом масштабе ($M_{\text{лн.общ}} \pm m$), лн.экз./0,25 м ²	2,52 ± 0,15	1,37 ± 0,15	2,19 ± 0,32	2,11 ± 0,37	2,48 ± 0,41	2,49 ± 0,18
7 Среднее число макротаксонов (семейств) ЭМ ($M_{\text{сем}} \pm m$), n/0,25 м ²	3,50 ± 0,42	2,25 ± 0,28	3,08 ± 0,36	2,92 ± 0,29	4,33 ± 0,57	3,42 ± 0,53
8 Общее число макротаксонов (семейств) в ЭМ в серии (12) почвенных проб (на 3 м ²), $N_{\text{сем}}$	15	12	19	15	18	14

Выводы. 1. В 2018 году плотность ключевых таксонов ЭМ в сосняках (4 точки) Большой Черепихинской экотропы и в дубняках (2 точки) Малой Черепихинской экотропы сильно колебалась. Низкие (минимальные в ряду стационарных участков) средние плотности пауков-волков, муравьев и комаров-толстоножек группировки ЭМ дубняка (точка 044) М. Черепихинской экотропы — явное следствие затопления пойменного контрольного участка в период весеннего половодья реки Усмань.

2. В 2018 году среднее число макротаксонов (семейств) в ЭМ сосняков (4 точки) Б. Черепихинской экотропы было несколько ниже — 2,3–3,5, чем в ЭМ дубняков (2 точки) М. Черепихинской экотропы — 3,4 и 4,3.

3. В 2018 году состояние группировок ЭМ в сосняках вдоль Б. Черепихинской экотропы можно считать нормальным.

4. В 2018 году значения макротаксономического богатства (число семейств) группировок ЭМ в дубняках М. Черепихинской экотропы были пониженными (ниже нормы), что частично (данные с контрольного участка вблизи точки 044) можно связать с природным экологическим фактором — затоплением в период весеннего половодья реки Усмани.

Литература

- Гиляров М. С. 1987. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауна). Количественные методы в почвенной зоологии. М. С. 9–26. Грюнталь С. Ю. 1987. Влияние рекреационного лесопользования на почвенное население сосняков. Природные аспекты рекреационного использования леса. М. С. 137–141. Грюнталь С. Ю. 2004. Почвенные беспозвоночные в условиях рекреационного лесопользования. Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. М. С. 215–248. Дорохов К. В., Шелуха В. П., Кустерный Г. А. 2016. Сравнительное влияние антропогенных факторов на состав, трофическую структуру и плотность мезофауны // Лесной журнал. № 5. С. 9–21. Емец В. М. 2002. Пространственно-временная динамика разнообразия животного населения почв на рекреационно используемых и заповедных лесных территориях (на примере крупных беспозвоночных Усманского бора). Воронеж: Воронеж. гос. ун-т. 151 с. Емец В. М. 2014. Методическая основа контроля над состоянием лесного комплекса на экологической тропе «Черепихинская» (Воронежский заповедник) // Творческое наследие Н. М. Пржевальского и современность. 4-е междунар. науч. чтения памяти Н. М. Пржевальского (материалы конф.). Смоленск. С. 82–85. Захаров А. А., Бызова Ю. Б., Уваров А. В., Залес-

ская Н. Т. и др. 1989. Почвенные беспозвоночные рекреационных ельников Подмосковья. М.: Наука. 233 с. Кузнецов В. А., Стома Г. В., Бодров К. С. 2014. Состояние сообщества мезопедобионтов в московских лесопарках как индикатор рекреационной нагрузки и формирования импактных зон вдоль тропинок // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. № 1. С. 44–52. Рахлеева А. А., Строганова М. Н. 2008. Состав и структура почвенной мезофауны парковых территорий г. Москвы // Лесные экосистемы и урбанизация. М. С. 152–172. A New Roadmap for the Man and the Biosphere (MAB) Programme and its World Network of Biosphere Reserves. MAB Strategy (2015–2025). Lima Action Plan (2016–2025). Lima Declaration. 2017. Paris: UNESCO. 55 p. Hodkinson I. D., Jackson J. K. 2005. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems // Environmental Management. № 35. P. 649–666. Nsengimana V., Kaplin B. A., Francis F., Nsabimana D. 2018. Use of soil and litter arthropods as biological indicators of soil quality in forest plantations and agricultural lands: A Review // Faunistic Entomology. Vol. 71. P. 1–12. Pulleman M., Creamer R., Hamer U., Helder J. et al. 2012. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services — an overview of European approaches // Current Opinion in Environmental Sustainability. № 4. P. 529–538.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ Г. ЙОШКАР-ОЛЫ

Р. Р. Иванова^{1,2}, И. И. Митякова¹, Д. В. Терентьев¹

¹ Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия

² Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия
ivanova.rufina@yandex.ru

Проблема загрязнения окружающей среды нефтепродуктами в настоящее время актуальна не только для районов нефтедобычи и нефтепереработки, но и для больших и малых городов. Загрязнение городских почв нефтепродуктами является неизбежным последствием использования автотранспорта, что отмечается многими исследователями [Хазиев и др., 1988; Захаров, Житин, 2008; Михайлова и др., 2011; Околелова и др., 2013; Васильченко, Галактионова, 2015; и др.]. Загрязнение почвенного покрова нефтепродуктами происходит повсеместно в городах, вокруг АЗС, вдоль дорог, везде, где проходит связанная с нефтью деятельность человека [Шамраев, Шорина, 2009]. С быстрым развитием автотранспортных коммуникаций на урбанизированных территориях увеличиваются масштабы и степень загрязнения компонентов окружающей среды нефтепродуктами, продуктами их сгорания и горюче-смазочными веществами. Нефтепродукты попадают в почвенный покров и водные объекты, а продукты неполного сгорания топлива аэрогенным путем воздействуют на все компоненты урбоэкосистемы: приземный слой воздуха, растения, почву и человека [Михайлова и др., 2009; Околелова и др., 2013].

Происходит и точечное загрязнение почвенно-растительного покрова углеводородами бензина, дизельного топлива, моторного масла вследствие технических неисправностей автотранспорта, ведущих к утечке горюче-смазочных материалов. Загрязнение городской среды нефтепродуктами носит долговременный характер и может выйти за рамки локального воздействия, что первоначально приводит к изменению структурных, функциональных особенностей урбоэкосистем, а в дальнейшем к их неустойчивости [Захаров, Житин, 2008].

Поскольку нефть и нефтепродукты входят в число наиболее распространенных в настоящее время загрязнителей почв урбанизированных территорий, то данная проблема вызывает усиление интереса к изучению как степени загрязнения городских территорий нефтепродуктами, так и влияния данного загрязнения на экологию городской среды.

Основным источником загрязнения почвы урбанизированных территорий нефтепродуктами является автотранспорт [Михайлова и др., 2009; Околелова и др., 2013; Васильченко, Галактионова, 2015]. Постоянный рост числа автомобилей, заполнение машинами всей территории города, непосредственная близость автомагистралей к жилым районам и высокая токсичность выбросов автотранспорта приводит к ухудшению экологического состояния городской среды. Основным топливом для автотранспорта являются бензин, керосин и мазут, возрастание объемов использования которых ведет к распространению нефтепродуктов в окружающей среде. Основными источниками поступления нефтепродуктов в городские почвы и грунты являются проливы нефтепродуктов в местах автостоянок, автозаправок и попадание в почву с дождевыми и тальными стоками. Нефтепродукты впитываются почвой за счет капиллярных сил и могут удерживаться в таком состоянии длительное время, полностью насыщая почву и лишая ее плодородия. Рост содержания нефтепродуктов в почве урбанизированных территорий отмечают многие исследователи [Хазиев и др., 1988; Захаров, Житин, 2008; Михайлова и др., 2011; Околелова и др., 2013; Васильченко, Галактионова, 2015].

Данная проблема актуальна и для г. Йошкар-Олы, так как автомобили становятся основным видом транспортных перевозок. Резко выросло число автомобилей в личном пользовании, что привело к использованию территорий вокруг жилых домов в качестве автостоянок. Поэтому целью работы было изучение степени загрязнения почв селитебной зоны города Йошкар-Олы нефтепродуктами.

В качестве объектов исследования были выбраны территории жилых районов в разных частях города Йошкар-Олы. Фоновое содержание нефтепродуктов определяли в Центральном парке культуры и отдыха (ЦПКиО). Исследования проводились в августе – сентябре 2018 г. На объектах были отобраны пробы почвы согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 (1984), пробы отбирались на прилегающих к жилым домам территориях.

Определение содержания нефтепродуктов в почве проводили согласно Методике измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом [Методика..., 2010].

Результаты исследований представлены в таблице. Как видно из таблицы, содержание нефтепродуктов в пробах почвы с территории ЦПКиО составило 18,09 мг/кг почвы, то есть территория, выбранная как фоновая в городской среде, соответствуют региональному фону загрязнения нефтепродуктами. Содержание нефтепродуктов в пробах почвы обследованных территорий города варьировало от 15,87 мг/кг на ул. Медицинской до 813,71 мг/кг на ул. Машиностроителей (табл.). При этом в 97,37 % проб почвы содержание нефтепродуктов превышает таковое на фоновой территории в 1,8–45 раз.

Содержание нефтепродуктов в почве селитебной зоны г. Йошкар-Олы

№ пробы	Объект исследования	Содержание нефтепродуктов, мг/ кг	Степень (уровень) загрязнения почвы
1	ул. Фестивальная	33,32	2 — региональный фон
2	ул. Димитрова	115,68	3 — слабозагрязненные почвы
3	ул. Васильева (двор)	278,30	4 — среднезагрязненные
4	ул. Кырли	211,94	3 — слабозагрязненные
5	ул. Прохорова (двор)	61,96	3 — слабозагрязненные
6	ул. Строителей, д. 32	540,40	4 — среднезагрязненные
7	ул. Анциферова, д. 15	460,90	4 — среднезагрязненные
8	ул. Школьная	126,48	3 — слабозагрязненные
9	ул. Транспортная	148,24	3 — слабозагрязненные
10	ул. Водопроводная	219,48	3 — слабозагрязненные
11	ул. Крылова	117,84	3 — слабозагрязненные
12	ул. Б. Чигашево — ул. Крылова	38,37	2 — региональный фон
13	ул. Б. Чигашево	98,89	3 — слабозагрязненные
14	ул. Б. Чигашево — Кокшайский тракт	64,60	3 — слабозагрязненные
15	ул. Луначарского	115,18	3 — слабозагрязненные
16	ул. Голикова — ул. Луначарского	190,66	3 — слабозагрязненные
17	ул. Эшкинина, д. 6	99,4	3 — слабозагрязненные
18	ул. Петрова, д. 13А	52,42	3 — слабозагрязненные
19	ул. Кирова	138,81	3 — слабозагрязненные
20	ул. З. Космодемьянской, д. 128	88,91	3 — слабозагрязненные
21	ул. Медицинская	15,87	2 — региональный фон
22	ул. К. Либкнехта, д. 66	121,20	3 — слабозагрязненные
23	ул. Кирпичная, д. 5	37,50	2 — региональный фон
24	ул. Комсомольская	380,83	4 — среднезагрязненные
25	ул. Комсомольская, д. 92 (двор)	74,03	3 — слабозагрязненные
26	ул. Карла Маркса, пр. 1	178,32	3 — слабозагрязненные
27	ул. Карла Маркса, д. 121, пр. 2	537,50	4 — среднезагрязненные
28	ул. К. Маркса — Ледовый дворец проба 3	114,42	3 — слабозагрязненные
29	ул. Советская	354,15	4 — среднезагрязненные
30	ул. Красноармейская, пр. 1	434,01	4 — среднезагрязненные
31	ул. Красноармейская (Сом), проба 2	178,18	3 — слабозагрязненные
32	ул. Красноармейская (двор), проба 3	59,42	3 — слабозагрязненные
33	ул. Машиностроителей, д. 8, пр.1	813,71	4 — среднезагрязненные среднезагрязненные
34	ул. Машиностроителей, пр. 2	70,47	3 — слабозагрязненные
35	ул. Машиностроителей, пр. 3	735,97	4 — среднезагрязненные
36	ул. Серова	169,46	3 — слабозагрязненные
37	ул. Панфилова, д. 30	200,0	3 — слабозагрязненные
38	ул. Пролетарская, д. 71	225,00	3 — слабозагрязненные
39	ЦПКиО (фон)	18,09	2 — региональный фон
	Норматив для РМЭ	1 000,00	

При анализе результатов исследования для степени загрязнения почвы селитебной зоны нефтепродуктами нами использована градация, предложенная В. С. Хомич (2005): первый уровень — содержание нефтепродуктов в почве менее 5 мг/кг, соответствует естественному фону; второй уровень — 5–50 мг/кг, региональный фон, формируется под влиянием регионального загрязнения; третий уровень — 50–250 мг/кг, слабозагрязненные почвы, наиболее часто встречается в городах; 4 уровень — 250–1000 мг/кг, среднезагрязненные почвы. Пятый (1000–5000 мг/кг, сильнозагрязненные почвы) и шестой (более 5000 мг/кг, очень сильнозагрязненные почвы) уровни загрязнения почв приурочены к локальным источникам загрязнения среды нефтепродуктами.

В результате анализа установлено, что во всех отобранных пробах почвы селитебной зоны содержатся нефтепродукты, и уровень их содержания выше естественного фона (табл.). Пробы почвы, загрязненные на уровне регионального фона, составили 13 %, к ним следует отнести почву с улиц Медицинская (15,87 мг/кг), Фестивальная (33,32 мг/кг), Крылова (38,37 мг/кг), ул. Кирпичная (37,50 мг/кг) — это улицы окраин города с малоэтажной застройкой.

В 65,8 % проб почвы обследованных улиц содержание нефтепродуктов варьировало от 59,42 мг/кг (ул. Красноармейская, двор) до 225,00 мг/кг (ул. Пролетарская, д. 71). Содержание нефтепродуктов соответствует третьей степени загрязнения, почвы оцениваются как слабозагрязненные нефтепродуктами (табл.). Так содержание нефтепродуктов в пробах почвы с улиц в районе Б. Чигашево варьировало в пределах 64,60–98,89 мг/кг; улиц в районе Ширияково — 115,18–190,66 мг/кг; улиц в районе Тарханово — 126,48–148,24 мг/кг; улиц в микрорайоне Сомбатхей — 138,81–178,18 мг/кг; улиц в 9-м микрорайоне — 61,96–227,30 мг/кг; улиц в микрорайоне Ремзавод — 88,91–121,20 мг/кг.

Пробы почвы с наиболее высоким содержанием нефтепродуктов составили 23,7 %, к ним относятся пробы с улиц Васильева (278,30 мг/кг), Советская (354,15 мг/кг), Машиностроителей (пр. 3 — 735,97; пр. 1 — 813,71 мг/кг), ул. Карла Маркса, д. 121 (537,50 мг/кг), что соответствует четвертому уровню загрязнения — среднезагрязненные почвы.

Результаты исследований согласуются с данными, полученными нами ранее, и литературными данными. Так, ранее нами установлено, содержание нефтепродуктов в почве промышленной зоны города в среднем составляет $251,30 \pm 55,95$ мг/кг, в почве придорожных полос — $310,45 \pm 59,61$ мг/кг, территории АЗС — $733,87 \pm 91,49$ мг/кг [Иванова и др., 2018].

Околелова А. А. с соавторами (2013) отмечают, что содержание нефтепродуктов в почвах жилого массива г. Волгограда при наблюдении с 2009 по 2012 годы варьирует от 130 до 349 мг/кг. По данным В. С. Хомич (2005), содержание нефтепродуктов в почве г. Минска колеблется в пределах 31,4–535,5 мг/кг. Михайлова А. А. с соавторами (2011) установили, что среднее содержание нефтепродуктов в почвах г. Архангельска колеблется от 67 до 670 мг/кг, сильнозагрязненные почвы составляют 67 %, средняя степень загрязнения нефтепродуктами имеют 27 % проб, 6 % — слабую.

Таким образом, исследования показали, что все пробы почв, отобранные в селитебной зоне города Йошкар-Олы, содержат нефтепродукты. Содержание нефтепродуктов в почве колеблется от 15,87 до 813,71 мг/кг, характеризуется большой вариабельностью и неравномерностью распределения.

Пробы почвы, загрязненные на уровне регионального фона, составили 13 %, почвы 65,80 % обследованных улиц соответствуют третьей степени — слабозагрязненные нефтепродуктами почвы; 23,7 % проб соответствуют четвертой уровню загрязнения — среднезагрязненные почвы.

Фоновая городская территория ЦПКиО по степени загрязнения почвы нефтепродуктами соответствует региональному фону. В 97,37 % проб почвы содержание нефтепродуктов превышает таковое на фоновой территории в 1,8–45 раз, что свидетельствует о накоплении нефтепродуктов в почве селитебной зоны города. Во всех отобранных пробах почвы содержание нефтепродуктов не выходит за пределы экологической нормы для РМЭ (1000 мг/кг).

Литература

- Васильченко А. В., Галактионова Л. В. 2015. Оценка токсического загрязнения почв нефтепродуктами в результате деятельности автозаправочных станций с использованием метода биотестирования // Современные проблемы науки и образования. Оренбург. № 2–2. *Загрязнение почв* городов Самарской области. URL: <http://pogoda-sv.ru/publications/488/> Захаров А. В., Житин Ю. И. 2008. Влияние нефти и нефтепродуктов на водные свойства почвы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. Вып. 1–2 (16–17). С. 25–28. Иванова Р. Р., Терентьев Д. В., Воскресенский В. С. 2018. Содержание нефтепродуктов в почве на разных территориях г. Йошкар-Олы // Современные проблемы медицины и естественных наук: сб. ст. Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола. Вып. 7. С. 424–428. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом. 2010. М. 41 с. Михайлова А. А., Попова Л. Ф. 2011. Влияние автотранспорта на загрязнение урбоземосистемы Архангельска // Экология урбанизированных территорий. № 1. С. 47–52. Околелова А. А., Баева Е. В., Мерзлякова А. С., Суркова Я. В. 2013. Нефтепродукты в почвах Волгограда // Молодой ученый. № 4. С. 161–163. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почвы для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. 1985. М.: Изд-во стандартов. 11 с. Хазиев Ф. Х., Тишкина Е. И., Киреева Н. А. 1988. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты экосистемы // Агрохимия. № 2. С. 56–61. Хомич В. С. 2005. Загрязнение почв нефтепродуктами в Беларуси // Природные ресурсы. № 2. С. 43–53. Шахраев А. С., Шорина Т. В. 2009. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестник ОГУ. № 6 (100). С. 642–646.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЕЛИ КОЛЮЧЕЙ (на примере города Йошкар-Олы)

Р. Р. Иванова^{1,2}, О. В. Тамарова¹

¹ Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия

² Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия
ivanova.rufina@yandex.ru

Городская среда — основная среда жизни современного человека, важнейшим элементом которой являются зеленые растения, которые благотворно действуют на эмоциональную сферу человека, имеют большую эстетическую и рекреационную ценность, способствуют сохранению гармонии окружающей среды и человека даже в условиях таких антропогенно-измененных экосистем, как города [Башаркевич и др., 2003; Гетко, 1989; Ерохина, 2015; Касимов, 2004; Кремер, 2000]. Но в городской среде формируются специфические условия жизни не только для человека, но и для древесных, кустарниковых и травянистых растений. Городские растения испытывают множество негативных воздействий, связанных с изменением природных и преобладанием антропогенных факторов. Основные экологические факторы в городской среде существенно отличаются от тех, которые влияют на растения в природной обстановке.

Световой режим городских растений характеризуется значительным снижением прихода солнечной радиации из-за запыления и задымленности воздуха, многоэтажность и теснота застройки создают условия прямого затенения, освещение улиц нарушает естественные суточные ритмы растений [Ерохина, 2015; Кремер, 2000]. Кремер Б. П. (2000) отмечает, что загазованность городского воздуха способствует проникновению вредных веществ внутрь растения, нарушает обмен веществ, препятствует газообмену и фотосинтезу; засоление и уплотнение почвы изменяет ее водно-солевые характеристики и водный режим и ведет к физиологическим нарушениям вплоть до гибели растений; неправильные и стихийные посадки деревьев приводят к утрате естественной формы кроны и формированию горизонтально-сомкнутых крон; посадки теряют свою защитную функцию и другие нарушения.

Многолетние исследования В. С. Николаевского показали, что загрязнение воздуха приводит к сокращению жизненного срока листьев и ускорению развития древесных видов, снижается прирост и продуктивность растений, сокращаются сроки вегетации, сдвигается цветение, листва опадает преждевременно [Николаевский и др., 2001]. Гетко Н. В. отмечает, что техногенные эмиссии оказывают влияние на пигментную систему листа, изменяя соотношение пигментов и окраску листвы [Гетко, 1989]. Вредные соединения попадают внутрь растения и отравляют его, поэтому очень часто в городской черте расположенные у больших дорог или парковок газоны и деревья выглядят вяло, быстро желтеют или погибают [Павлов, 2005]. У многих древесных растений тормозятся ростовые процессы, сдвигается цветение, сокращается вегетационный период, происходит преждевременный листопад, изменение других фенофаз. Продолжительность жизни деревьев в городе меньше, чем в лесу: деревья начинают отмирать в 40–50 лет, т. е. как раз в том возрасте, когда они дают наибольший декоративный и средообразующий эффект [Ерохина, 2015].

В городском озеленении преобладают лиственные породы, хвойные породы используются реже, что связано с их низкими адаптивными возможностями. Но и среди хвойных растений имеются виды, перспективные для применения в городских насаждениях. Имеется ряд публикаций, свидетельствующих о хорошем жизненном состоянии ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) в городских насаждениях [Башаркевич и др., 2003; Бухарина, 2015; Пашкова, 2015 и др.].

В системе озеленения г. Йошкар-Олы также преобладают лиственные деревья и кустарники, но и ель колючая нашла достаточно широкое применение, хотя на долю хвойных деревьев в целом приходится около 0,5 %. Исследованию состояния ели колючей в условиях г. Йошкар-Олы посвящены единичные работы. Так, Е. А. Старикова и др. (2016) изучили содержание фотосинтетических пигментов в хвое второго года жизни ели колючей, произрастающей в условиях города Йошкар-Олы. Авторы установили, что хлорофиллы а и b, а также каротиноиды выполняют адаптивную функцию у растений ели колючей в условиях разной антропогенной нагрузки. Поскольку ель колючая является перспективным видом для пополнения фитоценоза города Йошкар-Олы, представляет интерес исследовать ее состояние в разных функциональных зонах города по морфометрическим показателям.

Целью работы является оценка воздействия городской среды на состояние ели колючей (*Picea pungens* Engelm.), произрастающей на территории г. Йошкар-Олы.

В пределах города были выбраны объекты с максимальным количеством посадок ели колючей в разных функциональных зонах города, отличающихся по экологическому состоянию. Перед выбором объектов исследования проводилось предварительное изучение уровня антропогенной нагрузки и анализ состояния окружающей среды на территории г. Йошкар-Олы по данным Информационного отчета «Проведение мониторинга состояния атмосферного воздуха на территории городского округа «Город Йошкар-Ола» 2017».

В число изучаемых объектов вошли следующие посадки ели колючей: ул. Комсомольская возле театра им. М. Шкетана (театр им. М. Шкетана); ул. К. Маркса, около ОАО завода «Контакт» (завод «Контакт»); Центральный парк культуры и отдыха (ЦПКиО); ул. Красноармейская около ТЦ «Дом Быта» (ТЦ Дом Быта). Контролем служили посадки ели колючей в Ботаническом саду ПГТУ.

Обследование деревьев и отбор растительного материала производились в конце августа и начале сентября 2017 года. Для анализа использовали только средневозрастные растения. Отбор проб растительного материала ели колючей и изучение морфометрических показателей проводились в соответствии с рекомендациями А. И. Федоровой, А. Н. Никольской (2003). Для определения жизнеспособности ели колючей была использована пятибалльная шкала визуальной оценки деревьев Е. Г. Мозолева и др. (2004). Результаты исследований статистически обработаны по программе «STATISTIKA 6».

При визуальной оценке состояния растений ели колючей было установлено, что в Ботаническом саду высота обследованных деревьев варьировала от 12 до 16 м. Ели — без внешних признаков повреждения, крона, величина прироста, хвоя, почки соответствуют норме для данного вида и условий произрастания. Жизнеспособность деревьев оценивается в 1 балл, категория — здоровые. В центре города у театра им. М. Шкетана и в ЦПКиО высота ели колючей варьировала от 6 до 15 м. Крона деревьев слабоажурная с усыханием отдельных ветвей, хвоя темно-зеленой и голубой окраски, почки средней величины. От 20 до 30 % обследованных деревьев имеют признаки повреждения (сухие, голые ветви), их жизнеспособность оценивается в 2 балла, категория — ослабленные. У ТЦ Дом быта высота обследованных деревьев составляет около 10–14 м, 22 % елей с признаками повреждения (сухие, голые ветви, сухая хвоя, асимметричная крона), крона слабоажурная с усыханием отдельных ветвей, почки мелкие, местами недоразвитые, до 25 % почек прошлого года погибло, хвоя имеет бело-голубую окраску. Жизнеспособность деревьев оценивается в 2 балла, категория — ослабленные. Ели, произрастающие у завода «Контакт», имеют высоту около 12 м, крона слабоажурная с усыханием отдельных ветвей, почки мелкие, хвоя темно-зеленой и голубой окраски. Жизнеспособность деревьев оценивается в 2 балла, категория — ослабленные.

Результаты исследования и анализ динамики длины годовых побегов ели колючей с 2014 года по 2017 год представлены в таблице 1. Длина годового прироста побегов у ели колючей варьировала в среднем от 7 до 11 см, изменения по годам составили в среднем 1–3 см. В тоже время следует отметить, что на участках Театр им. М. Шкетана и Ботанический сад были самые высокие показатели годовых приростов длины побегов ели колючей ($11,50 \pm 0,61$ см и $11,00 \pm 0,98$ см соответственно), наименьшие приросты отмечены у растений в районе завода «Контакт» и ТЦ Дом быта ($7,90 \pm 0,46$ см и $6,91 \pm 0,70$ см соответственно), то есть на улицах с высокой автотранспортной нагрузкой и, как следствие, более загазованных. При этом у ели в районе ТЦ Дома быта (табл. 1) отмечено четкое уменьшение годовых приростов по годам в направлении от 2014 к 2017 году. Если в 2014 году годовой прирост у ели колючей составил $11,06 \pm 0,89$ см, то в 2017 году только $6,91 \pm 0,70$ см, то есть в 1,6 раза меньше (при $p \leq 0,05$).

Таблица 1

Показатели годовых приростов длины побегов ели колючей (см, $x \pm m$)

Побеги \ Объект	Ботанический сад	Театр им. Шкетана	Завод «Контакт»	ЦПКиО	Дом быта
Побеги 2014 года	$10,75 \pm 1,14$	$9,90 \pm 0,82$	$9,02 \pm 0,68^*$	$8,58 \pm 0,69$	$11,06 \pm 0,89^*$
Побеги 2015 года	$9,25 \pm 0,47$	$11,08 \pm 0,64^*$	$7,90 \pm 0,46$	$10,00 \pm 0,77^*$	$8,57 \pm 1,33$
Побеги 2016 года	$11,50 \pm 0,61^*$	$8,61 \pm 0,77$	$9,07 \pm 0,72^*$	$9,80 \pm 1,04$	$7,80 \pm 0,89$
Побеги 2017 года	$10,50 \pm 0,99$	$11,00 \pm 0,98^*$	$8,22 \pm 0,88$	$10,02 \pm 0,60^*$	$6,91 \pm 0,70$
Среднее за 4 года	$10,53 \pm 0,27$	$10,14 \pm 0,21$	$8,55 \pm 0,29$	$9,60 \pm 0,23$	$8,58 \pm 0,25$

Примечание: * — различия статистически достоверны по сравнению с наименьшими значениями показателей на объекте ($p \leq 0,05$).

В целом четкой закономерности в изменении длины годичного побега ели колючей, произрастающей на обследованных объектах города и Ботаническом саду, по годам не выявлено. Но при анализе усредненных показателей отмечается некоторая тенденция к уменьшению годового прироста побегов у ели колючей, произрастающей в городской среде по сравнению с Ботаническим садом (табл. 1).

Результаты изучения таких морфометрических показателей как длина и ширина хвои ели колючей, произрастающей на разных территориях города Йошкар-Олы, приведены в таблице 2. Было установлено, что ширина хвоинок варьирует в пределах 0,8–1,2 мм, а длина — в пределах 18–32 мм. Наибольшая длина хвоинок отмечена в Ботаническом саду ($24,2 \pm 0,090$ мм) и ЦПКиО ($25,27 \pm 3,506$ мм). У елей, произрастающих у театра им. Шкетана, завода «Контакт» и ТЦ Дом быта длина хвоинок была существенно меньше по сравнению с показателями, отмеченными в Ботаническом саду ($p \leq 0,05$). Различия по ширине хвоинок ели колючей из разных мест произрастания были несущественными (табл. 2). Наиболее значимые изменения в сторону уменьшения ширины хвоинок по сравнению с Ботаническим садом ($0,98 \pm 0,003$ мм) выявлены у елей, произрастающих в районе ТЦ Дом быта ($0,93 \pm 1,001$ мм, $p \leq 0,05$).

Таблица 2

Морфометрические показатели длины и ширины хвои ели колючей (мм, $x \pm m$)

Показатели \ Объекты	Ботанический сад	Театр им. М. Шкетана	Завод «Контакт»	ЦПКиО	ТЦ Дом быта
Длина хвоинок, мм	24,2 ± 0,090	21,57 ± 0,048*	19,74 ± 0,021*	25,27 ± 3,506	21,27 ± 0,050*
Ширина хвоинок, мм	0,98 ± 0,003	1,035 ± 0,001	0,99 ± 0,004	0,97 ± 0,003	0,93 ± 1,001*

Примечание: * — различия статистически достоверны по сравнению с Ботаническим садом ($p \leq 0,05$).

Результаты изучения морфометрических показателей состояния веток ели колючей представлены в таблице 3. Наибольшее количество осевых побегов ($5 \pm 0,28$ шт.) отмечено в Ботаническом саду, наименьшее — возле ТЦ Дом быта ($3 \pm 0,3$ шт.), то есть в городской среде прослеживается четкая тенденция к уменьшению ветвления в среднем на 20–40 %.

Таблица 3

Морфометрические показатели состояния веток ели колючей ($x \pm m$)

Показатели \ Объекты	Ботанический сад	Театр им. М. Шкетана	Завод «Контакт»	ЦПКиО	Дом быта
Ветвление, шт.	5 ± 0,28	4 ± 0,24*	4 ± 0,32*	4 ± 0,24*	3 ± 0,30*
Почки, шт.	2 ± 0,17	1 ± 0,22*	1 ± 0,17*	1 ± 0,23*	1 ± 0,23*
Сближенность хвоинок, мм	3,74 ± 0,48	4,3 ± 0,21*	4,5 ± 0,22*	4,2 ± 0,17*	5,1 ± 0,37*
Абсолютно сухая масса хвои, г	5,56 ± 0,39	5,71 ± 0,49	5,52 ± 0,30	4,6 ± 0,34*	3,9 ± 0,60*
Кол-во хвои на 10 см побега, шт.	175 ± 2,98	183 ± 4,02	190 ± 19,77*	180 ± 6,63	190 ± 4,42*

Примечание: * — различия статистически достоверны по сравнению с Ботаническим садом ($p \leq 0,05$).

Количество верхушечных почек на побеге у ели колючей (табл. 3) в Ботаническом саду составило $2 \pm 0,17$ шт., на всех исследованных объектах городской среды количество верхушечных почек на побеге уменьшается в 2 раза. Сближенность хвоинок на побеге (табл. 3) в Ботаническом саду составила $3,74 \pm 0,48$ мм, на всех исследованных объектах городской среды прослеживается четкая тенденция к увеличению расстояния между хвоинками, наиболее выраженная у елей, произрастающих у ТЦ Дом быта ($5,1 \pm 0,37$ мм, $p \leq 0,05$). Число хвоинок на 10 см побега ели колючей в Ботаническом саду составило $175 \pm 2,98$ шт./на 10 см (табл. 3). На всех исследованных объектах городской среды прослеживается тенденция к увеличению числа хвоинок в среднем на 3–8,5 %.

Абсолютно сухая масса 1 000 хвоинок ели колючей (табл. 3) в Ботаническом саду составила $5,56 \pm 0,39$ г. В городской среде отмечено значительное снижение абсолютно сухой массы хвои у ели, произрастающей в ЦПКиО ($4,6 \pm 0,34$ г) и у ТЦ Дома быт ($3,9 \pm 0,6$ г) (различия статистически достоверны по сравнению с Ботаническим садом ($p \leq 0,05$)).

Продолжительность жизни хвои на ветке у ели колючей на всех обследованных объектах составляет 4–5 лет.

При определении степени выраженности хлорозов и некрозов хвои ели колючей в отобранных пробах установлено, что наименьшее количество повреждений хвои у ели колючей было в Ботаническом саду: пятнистость 13 % и усыхание 6 %. Наибольшее количество повреждений хвои наблюдается у ели колючей на участках у завода «Контакт»: пятнистость 42 % и усыхание 14 %, и у ТЦ Дом быта: пятнистость 39 % и усыхание 21 %, что свидетельствует о неблагоприятии окружающей среды на данных территориях и является характерным признаком неблагоприятного газового состава атмосферы.

Анализ поражений хвои ели колючей некрозами и хлорозами показал, что количество хвои с хлоротическими повреждениями разной степени значительно увеличивается в городской среде по сравнению с Ботаническим садом. Хлорозы с большим числом желтых и черных пятен в Ботаническом саду составили 8 %, а у ТЦ Дом быта — 95 %; в среднем в городской среде количество хлоротичной хвои составляет от 13 до 28 %. Некрозы кончиков хвои в виде усыханий на 2–5 мм в Ботаническом саду составили 5 %, а в городской среде на 2–6 % больше.

Результаты исследований согласуются с данными, полученными другими исследователями в разных городах России. Отмечается, что у древесных растений в городской среде наблюдается снижение фотосинтетической способности ассимиляционного аппарата, что вызывает ухудшение их морфометрических характеристик. У лиственных пород происходит снижение числа листьев, их площади и массы, у хвойных снижается возраст хвои и масса хвоинок [Бухарина и др., 2015; Павлов, 2005; Пахарькова и др., 2010].

Таким образом, проведенные исследования показали, что под влиянием факторов городской среды у ели колючей происходит ухудшение общего состояния и морфометрических показателей. Так жизнеспособность растений ели колючей, произрастающей в Ботаническом саду, оцениваются в 1 балл — здоро-

вые; в городской среде соответствует 2 баллам — ослабленные. Под влиянием условий городской среды у ели колючей выявлена тенденция к уменьшению длины годового побега, к уменьшению ветвления в среднем на 20–40 %, к уменьшению количества верхушечных почек на 50 %, уменьшению длины хвоинок, к увеличению расстояния между хвоинками на 0,56–1,36 мм, увеличению числа хвоинок в среднем на 3–8,5 %. В городской среде на большинстве объектов отмечается уменьшение сухой массы хвоинок на 1–3 г. Наибольший процент повреждения хвои наблюдается в городской среде (пятнистость до 42 %, усыхание до 21 %, хлороз разной степени) значительно увеличивается по сравнению с Ботаническим садом.

Литература

Бухарина И. Л., Пашкова А. С. 2015. Особенности фотосинтетического аппарата ели колючей (*Picea pungens*) и ели европейской (*Picea abies* L.) в условиях городской среды // Современные проблемы науки и образования. Вып. № 3. С. 1–8. Гетко Н. В. 1989. Растения в техногенной среде: Структура и функция ассимиляционного аппарата. Минск: Наука и техника. 208 с. Ерохина О. В. Растительность в городе. URL: <http://textarchive.ru/c-2058452-pall.html>. Информационный отчет. 2017. Проведение мониторинга состояния атмосферного воздуха на территории городского округа «Город Йошкар-Ола» 2017 год. Йошкар-Ола. 46 с. Кремер Б. П. 2000. Древесные растения. М.: Наука. С. 156–159. Мозолевская Е. Г., Жеребцова Г. П., Соколова Э. С. и др. 2007. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке и пересадке: учеб.-метод. пособие. М.: ГОУ ВПО МГУЛ. 40 с. Николаевский В. С., Васина В. И., Николаевская Н. Г. 2001. Влияние некоторых факторов городской среды на состояние древесных пород. Новосибирск: Наука. 119 с. Пашкова А. С. 2015. Биоэкологические особенности *Picea abies* L. и *Picea pungens* Engelm. в условиях городской среды: дис. ... канд. биол. наук. Оренбург. 141 с. Павлов И. Н. 2005. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. 370 с. Пахарькова Н. В. и др. 2010. Различия в акклимационных стратегиях сосны обыкновенной и ели сибирской на загрязнение воздушной среды // Хвойные бореальной зоны. Т. XXVI, № 3–4. С. 232–237. Старикова Е. А., Воскресенская О. Л., Сарбаева Е. В. 2016. Изменение пигментного комплекса ели колючей в условиях городской среды // Биологические науки. Вып. Октябрь. Экология города. 2004 / отв. ред. Н. С. Касимов. М.: Научный мир. 624 с. Федорова А. И., Никольская А. Н. 2003. Практикум по экологии охране окружающей среды: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС. 288 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИНАНТРОПНОЙ ФЛОРЫ ЮЖНОГО УРАЛА (ЮУГПЗ) И ПРЕДУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

М. Г. Ишмурзина¹, И. В. Суюндуков¹, А. Р. Ишбирдин², М. Ш. Барлыбаева³

¹ Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета, г. Сибай, Россия

² Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

³ Южно-Уральский государственный природный заповедник, д. Реветь, Россия
ismurzina82@mail.ru

Значительное влияние на биоразнообразие оказывают географические условия природы и антропогенные факторы, такие как освоенность территории населенными пунктами, постройки различных видов дорог и др., которые приводят к постепенной синантропизации растительного покрова [Горчаковский и др., 2005].

Влияние антропогенного пресса испытывают и особо охраняемые природные территории (ООПТ), в т. ч. заповедники [Горчаковский и др., 2005; Сайфуллина, Ямалов, 2007; Подгаевская, 2000 и др.]. Поскольку в заповедниках полного уничтожения растительного покрова не происходит, ведущей формой антропогенного воздействия является синантропизация, т. е. процесс адаптации растительности к условиям среды, измененным или созданным в результате деятельности человека [Назаренко, 2009].

Задачей данной работы было проведение оценки уровня синантропизации растительного покрова Южного Урала на примере Южно-Уральского государственного природного заповедника (ЮУГПЗ) и сравнение результатов со схожими синантропными местообитаниями Предуралья Республики Башкортостан (РБ).

В качестве метода исследования синантропной флоры заповедника нами выбран метод геоботанических описаний, с учетом разнообразия нарушенных местообитаний. Полевой материал был собран в период 2007–2013 годов. Для количественной оценки участия видов на пробных площадках была использована шкала Браун-Бланке [Миркин, Наумова, 1998]. Для выявления степени антропогенной нарушенности различных типов сообществ, а также уровня синантропизации флор различных типов местообитаний использовали концепцию гемеробии [Ишмурзина, 2017]. Индекс гемеробии сообществ рассчитывали как отношение числа видов с присутствием *b-c-p-t* составляющих в спектре гемеробности к видам с *a-o-m* составляющими. При расчете долей в спектрах гемеробии за 100 % принято общее число видов парциальной флоры. Чем больше индекс гемеробности, тем выше уровень нарушенности экотопов и выше синантропизация флор. Результаты сравнивались со схожими синантропными местообитаниями Предуралья РБ. При сравнительном анализе синантропных флор Предуралья РБ и заповедника, данные по синантропной флоре Предуралья нами заимствованы из работ др. авторов [Ишбирдин и др., 1988]. Сравнивались парциальные флоры возделываемых огородов, вытаптываемых местообитаний, железнодорожных путей.

Сравнительный анализ таксономического состава трех парциальных флор Предуралья и ЮУГПЗ показал, что в двух из них — в вытаптываемых местообитаниях и на железнодорожных насыпях число видов,

родов и семейств существенно выше в ЮУГПЗ, чем в Предуралье (табл. 1). По видимому, этому способствует богатое по видовому составу флористическое разнообразие Южного Урала. Лишь в парциальных флорах возделываемых огородов ЮУГПЗ и Предуралья РБ число видов, родов и семейств близко по значению. Это в большей степени объясняется со сходным уровнем их хозяйственной эксплуатации.

Таблица 1

Таксономический состав синантропных местообитаний Предуралья РБ и ЮУГПЗ

Синантропные местообитания	Число видов		Число родов		Число семейств	
	Предуралье*	ЮУГПЗ	Предуралье	ЮУГПЗ	Предуралье	ЮУГПЗ
Возделываемые огороды	70	73	59	45	29	21
Вытаптываемые местообитания	28	182	24	131	11	35
Железнодорожные насыпи	34	134	32	114	17	32

Примечание: * данные А. Р. Ишбирдина и др. (1988).

На железнодорожных насыпях Предуралья численно преобладают виды семейств Poaceae (5), Asteraceae (4) и Chenopodiaceae (4). На возделываемых огородах лидируют виды семейства Asteraceae (14), а также Brassicaceae (8) и Lamiaceae (6). В парциальной флоре вытаптываемых местообитаний также доминируют виды семейств Poaceae (6), Asteraceae (4) и Brassicaceae (4). Численное преобладание этих семейств на данной территории подтверждается исследованиями и других авторов [Говоров, 2001]. Следует отметить, что близким таксономическим спектром характеризуются и парциальные флоры заповедника.

Сравнительный анализ растительных сообществ Предуралья и ЮУГПЗ по отношению к культуре выявил общие закономерности: высокий показатель индекса гемеробиальности установлен в парциальной флоре возделываемых огородов с высокой долей антропофитных видов (*Urtica urens*, *Sonchus oleraceus*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* и др.) (табл. 2). В данных местообитаниях происходит непреднамеренное расселение рудеральных видов — занос человеком вместе с культурными растениями.

Таблица 2

Показатели гемеробиальности синантропных местообитаний Предуралья РБ и ЮУГПЗ

Синантропные местообитания	Предуралье РБ*	ЮУГПЗ
	Индекс гемеробиальности: (b-c-p-t)/(a-o-m)	Индекс гемеробиальности: (b-c-p-t)/(a-o-m)
Возделываемые огороды	2,5	1,8
Вытаптываемые местообитания	1,8	1,1
Железнодорожные насыпи	1,4	1,2

Примечание: *данные А. Р. Ишбирдина и др. (1988).

В вытаптываемых местообитаниях Предуралья индекс гемеробиальности составляет — 1,8, в ЮУГПЗ — 1,1. Это лишний раз свидетельствует, что Башкирское Предуралье является более хозяйственно освоенным регионом. Незначительная разница в индексах гемеробиальности выявлена только в парциальных флорах железнодорожных насыпей Предуралья (1,4) и ЮУГПЗ (1,2). Это, возможно, является следствием сходной антропогенной нагрузки на железных дорогах. В то же время относительно меньшая синантропизированность железнодорожных путей ЮУГПЗ связана с прохождением этих дорог через лесные сообщества заповедника. Необходимо отметить, что в данной парциальной флоре ЮУГПЗ часто встречаются виды луговых (*Achillea millefolium*, *Chamaenerion angustifolium*, *Origanum vulgare*, *Senecio jacobaea* и др.) и лесных (*Angelica archangelica*, *Fragaria vesca*, *Solidago virgaurea*) сообществ [Ишмурзина, Ишбирдин, 2013].

Таким образом, сравнительный анализ флор заповедника и Предуралья показал, что растительные сообщества ЮУГПЗ менее синантропизированы. Это объясняется не только с заповедным режимом территории ЮУГПЗ, но и препятствованием лесной растительности распространению адвентивных видов. Синантропизация флоры Предуралья связана с большей хозяйственной освоенностью и антропогенной нагрузкой [Атлас..., 2005]. Также одним из определяющих факторов в синантропизации растительных сообществ является положение в зонально-поисковой системе растительного покрова [Горчаковский, 1998]. В отличие от флоры ЮУГПЗ, расположенной в горной части Южного Урала, флора Предуралья имеет большее разнообразие ценологических элементов. Последняя включает в свой состав не только лесные, но и луговые, степные и другие виды, среди которых больше синантропных элементов.

Литература

Атлас Республики Башкортостан. 2005. Уфа: Китап. 419 с. Говоров Е. В. 2001. Особенности флоры населенных пунктов сельского типа лесостепной зоны башкирского Предуралья. Итоги биологических исследований. Уфа. Вып. 7. Горчаковский П. Л. 1998.

Синантропизация растительного покрова: сущность, методы оценки и экологические последствия // Информационный бюллетень РФФИ. Т. 6. Горчаковский П. Л., Золотарева Н. В., Коротева Е. В., Подгаевская Е. Н. 2005. Фиторазнообразие Ильменского заповедника в системе охраны и мониторинга / под ред. В. А. Мухина. Екатеринбург: Изд-во Гошицкий. 192 с. Ишибирдин А. Р., Миркин Б. М., Соломеч А. И., Саханов М. Т. 1988. Синтаксономия, экология и динамика рудеральных сообществ Башкирии. Уфа. 161 с. Ишмурзина М. Г., Ишибирдин А. Р. 2013. Анализ железнодорожных насыпей на территории Южно-Уральского заповедника // Устойчивое развитие территорий: тория и практика: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. Сибай. С. 181–183. Ишмурзина М. Г. 2017. Синантропизация флоры Южно-Уральского государственного природного заповедника: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 18 с. Сайфуллина Н. М., Ямалов С. М. Анализ флоры заброшенных деревень горно-лесного пояса Южного Урала (Республика Башкортостан) // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 9. С. 1399–1407. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. 1998. Наука о растительности. Уфа: Гилем. Т. 5. 413 с. Назаренко М. Н. 2009. Синантропизация флоры и растительности национальных парков «Зюраткуль» и «Таганай» // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. Т. 14, № 2. С. 436–440. Подгаевская Е. Н. 2000. Синантропная растительность одного из кордонов Ильменского государственного заповедника (Южный Урал) // Состояние и динамика природных комплексов особо охраняемых территорий Урала: 70 лет Печеро-Ильчского гос. природ. заповеднику: тез. докл. Сыктывкар. С. 127–128. Харитонова О. В. 2003. Синантропная растительность Печеро-Ильчского государственного биосферного заповедника // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы X молодеж. конф. Сыктывкар. С. 224–226.

МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ЕЛЬНИКА ЗЕЛЕНЧУКОВОГО ПОСЛЕ ГИБЕЛИ ДРЕВОСТОЯ В ОЧАГЕ ПОРАЖЕНИЯ КОРОЕДОМ-ТИПОГРАФОМ

А. А. Каплевский, Н. Г. Уланова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Dron_of_geobot@list.ru

Изменение лесной растительности в очагах усыхания ели после вспышек численности короеда типографа (*Ips typographus*) до сих остается неизученным явлением, так как в европейской части России с конца XIX столетия не наблюдалось таких масштабных вспышек [Малахова, Лямцев, 2014; Маслов и др., 2014]. В Московской области неожиданная вспышка массового размножения короеда типографа началась в 1999 г. и продолжалась до 2002 г. Вторая вспышка началась в 2009 г. после засушливого лета и достигла максимума в 2012 г. [Маслов и др., 2011; Уланова и др., 2011; Ермаков, Маслов, 2012]. Массовое назначение сплошных санитарных рубок погибшего древостоя ели за несколько лет привело к увеличению площади сплошных вырубок, на которых произошло образование луговых сообществ. Альтернативный способ ведения лесного хозяйства (сохранение погибшего древостоя и естественное возобновление леса) возможен лишь в лесах, имеющих статус заповедности.

Выдвинута гипотеза: сохранение сухостоя ели в очагах усыхания древостоя ели после вспышки численности короеда-типографа позволяет сохранить лесное сообщество, близкое к исходному. В образовавшемся сообществе динамика фитоценоза будет направлена на восстановление лесного сообщества уже в первые годы после гибели древостоя.

Цель проведенных исследований — выявление особенностей изменения структуры травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова ельника после гибели древостоя в сравнении с фитоценозами после вырубки сухостоя и исходным лесом.

На территории Звенигородской биостанции МГУ (Московская область) в 2013 г. рядом заложены три постоянные пробные площади (ППП) одинакового размера (800 м²) в ельнике зеленчуковом: с погибшим в 2012 г. древостоем ели (короедник), на сплошной вырубке сухостоя ели зимой 2012–2013 гг. и с живым древостоем ели (контроль). Исследования проведены в августе 2014, 2015, 2016 и 2017 гг. по единой методике. На ППП заложены по три трансекты длиной 40 м и шириной 40 см. На каждом метре трансект изучена корневая встречаемость видов травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ). Для ее определения использована жесткая рамка размером 40 × 100 см, разделенная съёмными нитями на квадраты 20 × 20 см.

Проведена ординация описаний (встречаемости всех видов ТКЯ и мхов) площадок размером 0,4 м² методом DCA по трем ППП для трех трансект с 2014 по 2017 г. Ординация проведена с помощью программы PCord. Сравнительный анализ ТКЯ и мхов с контролем и между площадями двух технологий уборки сухостоя проведен с использованием статистических методов.

Идентификация осей ординации проведена при помощи индикационных шкал Г. Эллэнберга с использованием балловых характеристик 36 видов по 4 факторам среды [Уланова, Жмылев, 2014] согласно принятой методики [Уланова, 1995].

Для общей оценки сходства травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова исследуемых фитоценозов в 2014–2017 гг. был вычислен коэффициент сходства Жаккара.

Доля видов, характерных для исходного ельника зеленчукового в 2014 г., были в короеднике в 2 раза больше, чем на вырубке. На площадке, где древостой был вырублен и вывезен, больше половины присутствующих видов появились после вырубки древостоя, видовой состав травяно-кустарничкового яруса существенно отличался от такового в контроле.

Ценогический спектр видов травяно-кустарничкового яруса в короеднике в 2017 г. схож со спектром контрольной площади, изменяются только соотношения групп (рис. 1). На обеих площадях преобладают лесные виды (*Asarum europaeum*, *Oxalis acetosella*, *Galeobdolon luteum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria*

holostea и др.). Кроме собственно лесных, на площадках в контроле и короеднике были отмечены растения из групп: лесолуговые (*Ajuga reptans*, *Equisetum pratense*, *Luzula pallescens*), сорные (*Geum urbanum*, *Impatiens parviflora*), сорно-лесные (*Rubus idaeus*). Произошло увеличение доли сорно-лесных (*Urtica dioica*) и лесолуговых (*Galium mollugo*) видов. Увеличение вклада сорных видов связано с исчезновением части лесных видов, в частности *Athyrium filix-femina*. В 2015 г. в короеднике появился луговой вид (*Campanula patula*). Появление различий короедника и контроля по соотношению ценологических групп можно объяснить повышением освещенности в короеднике.

Если по составу эколого-ценологических групп видов короедник и контроль сходны, то вырубка резко отличается от них числом и составом эколого-ценологических групп. Значительные изменения флористического состава вырубки по сравнению с контролем произошли в результате гибели ТКЯ, нарушений мохового и почвенного покрова при вывозе древесины, сжигании рубочных остатков и последующего вселения новых видов. На вырубке происходит вселение луговых (например, *Centaurea scabiosa*) и сорно-луговых (*Calamagrostis epigeios*, *Taraxacum officinale*) видов, в два раза увеличивается доля сорных видов за счет *Galeopsis bifida*, *Cirsium vulgare*, *Erigeron annuus*, *Sonchus vulgaris* и других. Суммарная доля собственно лесных видов уменьшается. При этом появляются виды, не встречавшиеся в контроле: лесные (*Paris quadrifolia*) и сорно-лесные виды (*Chamerion angustifolium*), *Moehringia trinervia*, *Solidago virgaurea*).

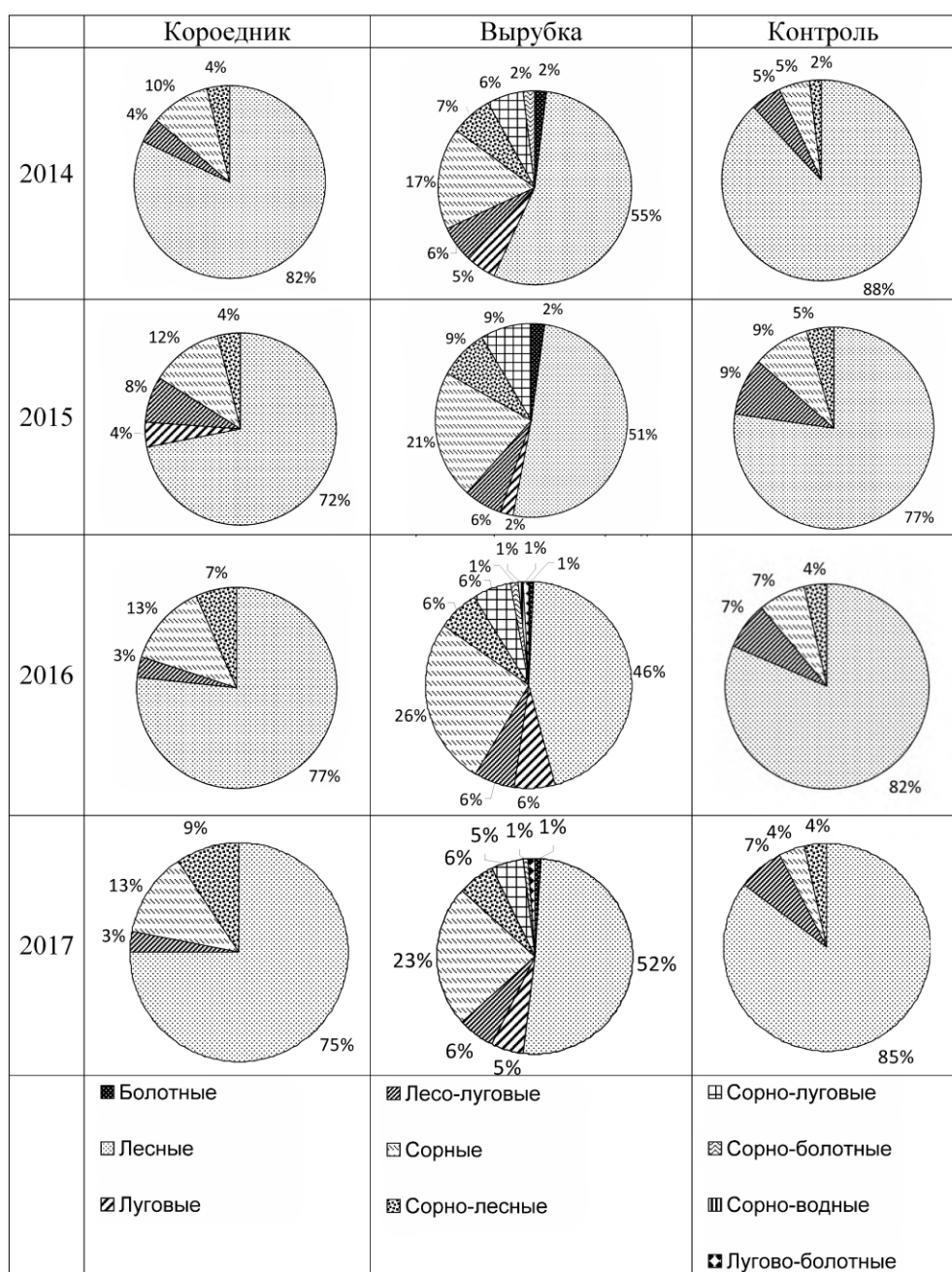


Рис. 1. Ценологические спектры видов травяно-кустарничкового яруса на постоянных пробных площадях в 2014–2017 гг.

Гибель древостоя не привела к существенным изменениям мохового покрова короедника. Уменьшение встречаемости большинства видов мхов в короеднике связано с уменьшением освещенности за счет зарастания окон лещиной и разрастания ТКЯ. В ельниках Чехии в короедниках не происходит вселения новых видов [Jonášová, Prach, 2008].

При сравнении ординационных диаграмм за четыре последовательных года исследований можно отметить, что зона наибольшей плотности площадок ельника с погибшим древостоем ели в 2016–2017 гг. размывается, но не совпадает ни вырубкой, ни с контрольной площадью (рис. 2). Такое изменение положения площадок говорит о самобытности развития фитоценоза ельника после гибели ели.

Площадки короедника в 2014 г. образуют компактное скопление (рис. 2), с ходом развития фитоценоза разброс площадок на ординационной диаграмме увеличивается, что говорит о повышении гетерогенности микроусловий. Это повышение связано с ветроломом уничтоженных короедом елей, приводящим к повреждению подлеска и образованием микросайтов расположенных под нависающими на небольшой высоте над землей упавшими стволами и местам опадения ветвей, образующих в некоторых местах сплошной покров. После зарастания образовавшихся при повреждении подлеска окон образуется новая мозаика освещенности, связанная с разрастанием кустов лещины.

Площадки вырубки в 2014 г. образуют на ординационной плоскости отдельное крупное скопление, не пересекаются со скоплениями ельника с погибшим древостоем ели и нетронутого леса. Растительность вырубки более разнообразна, образует широкую область с большим числом отдельно расположенных участков. На вырубке выражена мозаичность ТКЯ, связанная с гетерогенностью экологических условий и разной степенью нарушенности почвы. Сходные исследования динамики ТКЯ и мохового покрова в лесах Чехии также выявили различия в динамике фитоценозов вырубки и короедника [Jonášová, Prach, 2008].

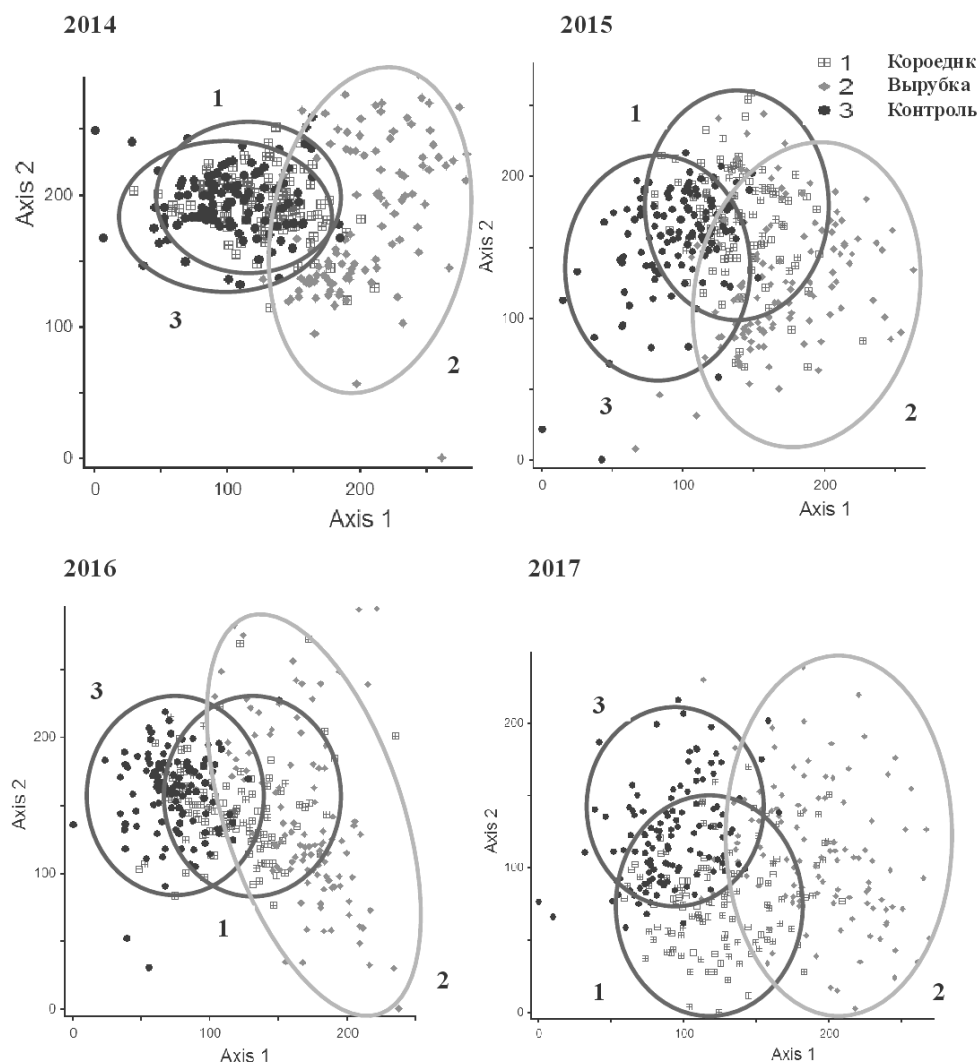


Рис. 2. Ординация растительности (травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова) площадок трех пробных площадей (контроль, короедик и вырубка) в 2014–2017 гг.

В ходе развития сообщества вырубки в 2014–2017 гг. разнообразие микросайтов сохраняется и увеличивается. При этом, частично происходит смена видов (место *Impatiens parviflora* занимает *Rubus idaeus* и *Aegopodium podagraria*, место *Stellaria nemorum* — густой подрост осины и ели), образующих пятна мозаики, но их разнообразие сохраняется.

Зона локализации площадок контроля на протяжении четырех лет исследования сохраняется стабильной и значительно не размывается. Стабильность положения площадок на ординационной диаграмме свидетельствует о отсутствии динамических процессов в фитоценозе ельника зеленчукового.

В травяно-кустарничковом ярусе короедника виды сохранили свое доминирование после гибели древостоя ели. Появились новые светолюбивые виды с небольшой встречаемостью. На вырубке сухостоя ели произошли кардинальные изменения травяно-кустарничкового яруса, количество видов увеличилось в 2 раза. Доминирование перешло к другим видам. Значительные нарушения почвенного покрова привели к высокой мозаичности травяно-кустарничкового яруса.

Спектры ценотических групп растений травяно-кустарничкового яруса в короеднике и исходном фитоценозе близки, преобладают лесные виды. Присутствие сорных и сорно-лесных видов связано с большой рекреационной нагрузкой в лесу. На вырубке доля лесных видов значительно сокращена, возросла доля луговых и сорно-луговых. Фитоценоз вырубки можно отнести к лесолуговому типу.

Ординация всех описаний площадок методом DCA выявила близость растительности короедника и ненарушенного ельника. Площадки вырубок удалены от скоплений площадок короедника и контроля. За три года после вырубки леса возник другой луговой фитоценоз с выраженной мозаичностью.

Общая динамика развития фитоценоза короедника направлена на восстановление сообщества, близко к исходному. Большинство происходящих изменений в фитоценозе с сохранившимся сухостоем ели носят количественный, а не качественный характер. Естественный ход восстановления сообщества ведет к формированию устойчивого широколиственного леса уже в первые годы после гибели елей. Заращение вырубки приводит к образованию мозаичного сообщества, значительно отличающегося от исходного.

Литература

- Ермаков А. Л., Маслов А. А. 2012. Породный состав естественного возобновления в очагах усыхания ели от короеда типографа в Московской области // Изв. Самарского НЦ РАН. Т. 14, № 1 (5). С. 1236–1238. Малахова Е. Г., Лямцев Н. И. 2014. Распространение и структура очагов усыхания еловых лесов Подмосквы в 2010–2012 годах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Т. 207. С. 193–201. Маслов А. Д., Комарова И. А., Котов А. С. 2014. Динамика размножения короеда-типографа в Центральной России в 2010–2013 гг. и прогноз на 2014 г. // Лесохоз. информация. Т. 1. С. 38–46. Маслов А. Д., Комарова И. А., Котов А. С. 2011. Состояние и динамика очагов размножения короеда-типографа в Центральной России в 2010 и первой половине 2011 г. // Лесохоз. информация. Т. 1. С. 39–46. Уланова Н. Г. 1995. Математические методы в геоботанике. М.: Изд-во МГУ. 109 с. Уланова Н. Г. 2006. Восстановительная динамика растительности сплошных вырубок и массовых ветровалов в ельниках южной тайги (на примере европейской части России): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М. 46 с. Уланова Н. Г., Жмылев П. Ю. 2014. Эколого-ценотический анализ растительных сообществ: учебное пособие. М.: МАКС Пресс. 80 с. Уланова Н. Г., Маслов А. А., Синичкина Д. С. 2011. Лесовосстановление на шестой год после усыхания ели в ельнике-кисличнике // Тр. Звенигор. биол. станции. Т. 5. С. 152–157. Jonášová M., Prach K. 2008. The influence of bark beetles outbreak vs. salvage logging on ground layer vegetation in Central European mountain spruce forests // Biological conservation. Vol. 141. P. 1525–1535. Kupferschmid A. D., Bugmann H. 2005. Predicting decay and ground vegetation development in *Picea abies* snag stands // Plant Ecology. Vol. 179. P. 247–268.

ОЦЕНКА ПЫЛЕУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В РАЙОНАХ Г. ЙОШКАР-ОЛЫ

Д. С. Криницын, Е. А. Скочилова

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, lagaut318@gmail.com

Развитие промышленности, рост автотранспорта приводят к загрязнению окружающей среды. Особенно сильно происходит загрязнение атмосферного воздуха крупных городов, что является важным фактором роста заболеваемости населения. Кроме того, повышение концентраций загрязняющих веществ в атмосфере оказывает влияние на растения, которые являются необходимым элементом создания облика города.

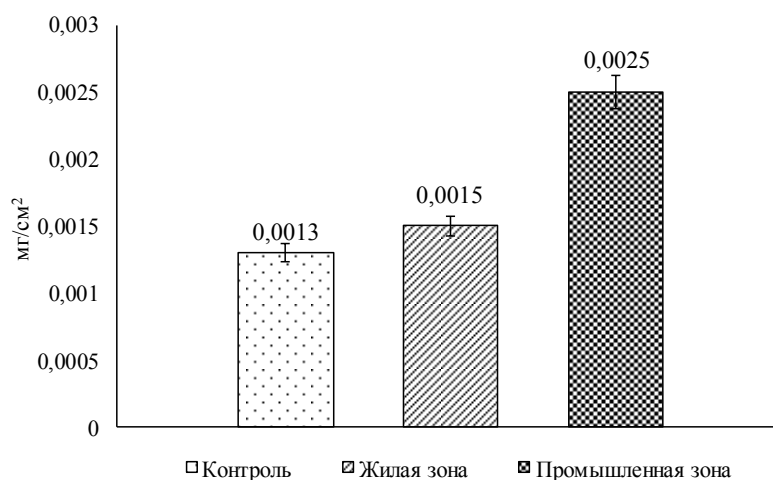
Роль зеленых насаждений в населенных пунктах трудно переоценить. Каждый элемент городской системы озеленения выполняет следующие основные функции: участвует в организации территории и формировании архитектурно-художественного облика города, обеспечивает рекреационные потребности населения, защищает от транспортного и других шумов, от выхлопных газов и пыли, регулирует температурно-влажностный, радиационный и ветровой режимы в пределах объекта и на прилегающих территориях, а также создает условия, способствующие продлению сроков жизнедеятельности самого насаждения. Большое значение при этом имеет способность растений улавливать и осажать на своих листьях атмосферную пыль. Известно, что пылеосаждающая эффективность листьев разных видов деревьев и кустарников зависит от видовых особенностей строения листовой пластинки (размеров, изрезанности, наличия складчатости, опушения и т. д.) [Ерохина, 1987]. Пыль, оседающая на листьях растений в основном состоит из пыли нетоксической (взвешенных веществ), являющейся неспецифическим загрязняющим веще-

ством (ЗВ), всегда присутствующем в атмосферном воздухе. Виды специфической пыли (неорганической с высоким содержанием диоксида кремния, древесной, зерновой, металлов, цемента, абразивной и др.) поступают в атмосферный воздух с выбросами предприятий. В связи с этим целью данной работы является сравнительная оценка пылеулавливающей способности листьев березы повислой на маршрутных постах в районах г. Йошкар-Олы (Республика Марий Эл).

Одним из наиболее широко используемых видов при озеленении городов является береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Береза повислая, как правило, одноствольное дерево [Серебряков, 1962]. По классификации жизненных форм [Жукова и др., 1989] она относится к прямоствольному, немногоствольному (плейокормному) непартикулирующему (с единой корневой системой) дереву. Сбор материала осуществляли с 10 средневозрастных генеративных растений. С каждого дерева брали по 10 побегов, с каждого укороченного побега — по 10 листьев. Онтогенез березы повислой описан, согласно концепции дискретного описания онтогенеза. В ходе выполнения данной работы были собраны листья березы повислой в 3 районах г. Йошкар-Олы: контроль — ООПТ лесопарк «Сосновая роща», жилая зона — ул. Кирова, промышленная зона — перекресток улиц Строителей-Крылова. Для проведения исследования на изучаемых территориях была использована методика определения запыленности листьев растений, проведен весовой анализ пыли на собранных листьях [Федорова, Никольская, 2001]. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программы «Statistica 6.0». Достоверность различий оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %.

Определяющим фактором качества атмосферного воздуха в городе является поступление в атмосферу загрязняющих веществ в результате деятельности предприятий и организаций промышленного и аграрного комплексов, расположенных на территории города, а также автотранспортных средств [Калюкова, 2015].

Проведенный анализ пылеулавливающей способности листьев березы повислой показал, что между контролем и жилой зоной по данному показателю статистически значимой разницы не обнаружено (рис.). Вероятно, это связано с отсутствием промышленных предприятий в жилой зоне и незначительным влиянием автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха.



Пылеулавливающая способность листьев *Betula pendula* в районах г. Йошкар-Олы

Запыленность листьев, выбранных для исследования в промышленном районе, была в 1,9 раз выше, чем средняя запыленность листьев в контроле. Основными факторами загрязнения атмосферного воздуха в этом районе являются выбросы промышленных предприятий и автотранспорта.

Аналогично складывается ситуация в промышленной зоне, по сравнению с жилой, где запыленность листьев была выше в 1,7 раза из-за отсутствия промышленных предприятий и меньшего количества большого грузового автотранспорта.

Литература

- Жукова Л. А., Заугольнова Л. Б., Мичурин В. Г. и др. 1989. Программа и методические подходы популяционного мониторинга у растений // Биологические науки. № 12. С. 65–75. Ерохина В. И. 1987. Озеленение населенных мест: справочник. М.: Стройиздат. 480 с. Калюкова Е. Н. 2015. Экологический мониторинг атмосферы. Ульяновск. 131 с. Серебряков И. Г. 1962. Экологическая морфология растений. М.: Высш. шк. 378 с. Федорова А. И., Никольская А. Н. 2001. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС. 288 с.

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И. А. Кузнецова, Н. С. Мухина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия, *kuznetsova@ipae.uran.ru*

На территории Свердловской области особо охраняемые природные территории (ООПТ) занимают 6,73 % (1 307 396,82 га). Для контроля состояния природной среды этих территорий в 2005 г. специалистами Института экологии растений и животных УрО РАН разработана «Система мониторинговых наблюдений за состоянием биоты на территории Свердловской области». В 2007 г. Правительством области принято Постановление от 03.08.2007 г. № 751-ПП «О порядке ведения мониторинга ООПТ областного значения». В 2008 г. система мониторинговых наблюдений была доработана [Комплексный экологический..., 2008], и с 2012 г. она реализуется на территории трех природных парков и природно-минералогического заказника, выполняющих помимо природоохранной функции еще и рекреационную и просветительскую.

Для оценки состояния биосистем прослеживается динамика растительных сообществ (продуценты), сообществ донных водных беспозвоночных, группы видов рыжих лесных муравьев, орнитокомплексов (консументы) и сообществ дереворазрушающих грибов (редуценты). Наблюдения ведутся на участках, подверженных рекреации, и на биотопически соответствующих им контрольных ненарушенных участках. Регламент мониторинга предполагает ежегодный многолетний контроль состояния биоиндикаторов, вплоть до получения исчерпывающих данных, позволяющих судить о биоразнообразии исследуемых сообществ и их межгодовой динамике. В дальнейшем повторность исследований составляет один раз в 3–4 года. Подобное изменение регламента позволяет организовать контроль состояния природных комплексов на иных участках охраняемых территорий, и, в первую очередь, в местах организации новых туристических маршрутов и зон отдыха, способствуя тем самым оптимальной оценке ресурсного потенциала охраняемых территорий. Однако подобная временная схема подходит не ко всем контролируемым параметрам, прежде всего, это касается растительных сообществ. Ботанические наблюдения целесообразно продолжать ежегодно, делая максимальный акцент на оценку проективного покрытия исследуемых участков, контроль наличия и состояния синантропных видов и видов, занесенных в Красные книги Российской Федерации и Свердловской области, а также инвазивных (заносных) видов растений. Следует продолжать ежегодные наблюдения и за состоянием водных экосистем основных рек охраняемых территорий: полученная информация позволяет судить о состоянии территории всего водосбора горных экосистем Среднего Урала. Для полноценной оценки состояния природной территории региона необходимо соблюдать синхронность экологического мониторинга с закладкой реперных (типичных для данного региона) участков почв — это позволит при оценке состояния биоты обширной территории избежать ошибок, обусловленных естественными флуктуациями состояния природных комплексов. Кроме того, мониторинг состояния биоты желательно дополнить контролем атмосферных выпадений загрязняющих веществ, анализируя химический состав суммарного снежного покрова, депонирующего все поступления за снежный период (полгода и более). Подобная совокупность сведений позволит выявить особенности динамики состояния природной среды с учетом различных форм антропогенного воздействия, оценить последствия рекреации, проследить степень и характер распространения промышленного загрязнения.

За семь лет наблюдений (2012–2018 гг.) в природных парках «Оленьи ручьи», «Река Чусовая», «Бажовские места», природно-минералогическом заказнике «Режевской» определено видовое разнообразие исследованных сообществ, получены фактические данные, характеризующие их состояние с учетом многолетней динамики. Полученная информация позволяет на фоне изменений, обусловленных естественной динамикой состояния природных комплексов, оценивать характер и степень антропогенного, в частности, рекреационного, воздействия. Фактический материал, получаемый в ходе мониторинга, ежегодно публикуется и доступен всем заинтересованным лицам [Кузнецова, 2005; 2008; Кузнецова и др., 2012; 2013; 2014; 2015; 2017; 2018].

Результаты многолетних исследований позволяют заключить, что состояние природных комплексов особо охраняемых природных территорий на настоящий момент удовлетворительное. Нарушения, выявленные на рекреационных участках, критических значений не достигают, локальны и практически ограничены непосредственно территорией рекреации. Как и следовало ожидать, в наибольшей степени на нарушенных участках страдает от присутствия человека растительный покров, степень трансформации которого может быть, от умеренной до очень сильной. На нарушенных участках, в составе растительных сообществ, увеличивается доля сорных видов, наблюдается сдвиг в сторону видов, характерных для открытых типов местообитаний, отсутствуют виды, определяющие региональное своеобразие флоры (эндемики и субэндемики). Видовое богатство и разнообразие сообщества дереворазрушающих грибов на участках леса с высокой рекреационной нагрузкой на всех охраняемых природных территориях также сокращается, происходит подавление генеративной и конкурентной активности видов дереворазрушающих грибов по сравнению с микокомплексами ненарушенных лесов. Животные страдают от присутствия чело-

века в значительно меньшей степени. Состояние индикаторного объекта лесных экосистем — рыжих лесных муравьев уже на прилегающих к нарушенным территориям участках оценивается как оптимальное. Население птиц вообще практически не страдает от присутствия человека, и представляет собой в природных парках и заказнике в целом мало нарушенные сообщества. (Попутно следует отметить, что для оценки воздействия рекреации на конкретные ограниченные участки, в том числе туристические маршруты и смотровые площадки, птицы в роли биоиндикаторов вообще оказались малопригодны — их индивидуальные участки, как правило, превышают размеры рекреационных зон, вследствие чего они довольно успешно избегают негативного воздействия присутствия человека.) Реки контролируемых территорий, несмотря на активное использование их в качестве рекреационных и туристических объектов, в границах ООПТ не страдают от присутствия человека, и их состояние соответствует категории «чистые» и «очень чистые», о чем свидетельствуют количественные и качественные показатели состояния макрозообентоса.

В 2016–2018 гг. аналогичные исследования проведены на участке охранной зоны Висимского государственного природного заповедника, на котором создана экологическая тропа, визит центр и смотровая площадка. Территория формируемых рекреационных маршрутов в охранной зоне биосферного резервата, в целом, соответствует категории «мало нарушенная». Последствия антропогенного воздействия на затронутых человеком участках (дороги и т. п.) проявляются, главным образом, в присутствии синантропных видов растительности. Интересными оказались результаты исследования населения птиц: система доминирования меняется в зависимости от удаленности рекреационных участков от населенных пунктов. Таким образом, на территории охранной зоны Висимского заповедника, можно провести определение границ распространения антропогенного воздействия на незадействованной в хозяйственной деятельности человека территории. Полученные сведения характеризуют состояние природного комплекса до начала активной рекреационной и туристической нагрузки, что придает им особую ценность, позволяя проследить реакцию природной среды на антропогенное воздействие на самых начальных этапах.

Подводя итог многолетним исследованиям можно с уверенностью констатировать, что при сохранении существующей рекреационной политики особо охраняемых природных территорий Свердловской области реально возможно сохранение природной среды этих территорий, расположенных в самом центре промышленно-урбанистического узла Среднего Урала. Целесообразно расширение рекреационного обеспечения, такого как туристические тропы, дополнительные навесы, смотровые площадки, ограждения на скальных выходах и тому подобное, которое хотя и нарушит целостность биоты, тем не менее, обеспечит сохранность растительного покрова за пределами непосредственно рекреационных зон, тем самым «разгружая» ныне существующие нарушенные территории.

Литература

Кузнецова И. А. 2005. Система мониторинговых наблюдений за состоянием биоты на территории Свердловской области. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 205 с. Кузнецова И. А. 2008. Комплексный экологический мониторинг состояния природной среды особо охраняемых территорий Свердловской области. Екатеринбург: Урал. следопыт. 216 с. Кузнецова И. А. и др. 2012. Мониторинг состояния природной среды особо охраняемых природных территорий Свердловской области (природные парки «Оленьи ручьи», «Река Чусовая», «Бажовские места», природно-минералогический заказник «Режевской»). Екатеринбург: УИПЦ. 160 с. Кузнецова И. А. и др. 2013. Результаты мониторинга состояния природной среды особо охраняемых природных территорий Свердловской области. Екатеринбург: УИПЦ. 230 с. Кузнецова И. А. и др. 2014. Итоги мониторинга состояния природной среды особо охраняемых природных территорий Свердловской области. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 204 с. Кузнецова И. А. и др. 2015. Особо охраняемые природные территории Свердловской области: мониторинг состояния природной среды. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 189 с. Кузнецова И. А. и др. 2017. Мониторинг состояния биоты особо охраняемых природных территорий Свердловской области. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 170 с. Кузнецова И. А. и др. 2018. Экологический мониторинг состояния природных комплексов на территории Свердловской области. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 168 с.

МОНИТОРИНГ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТЬЕВ И ПЛОДОВ *MALUS MILL.* (ROSACEAE)

Т. Х. Кумахова¹, М. М. Пикуненко², А. С. Воронков³

¹ Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия, tkumachova@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова Научно-учебный музей землеведения и Экоцентр МГУ, Москва, Россия, pikulenkomarina@mail.ru

³ Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Россия, voronkov_as@mail.ru

В связи с увеличивающимся ежегодно антропогенным прессингом и изменяющимися условиями внешней среды, сохранение биоразнообразия сосудистых растений вызывает обеспокоенность, поскольку наблюдается систематическое обеднение и сокращение ареалов, вплоть до исчезновения отдельных видов и как следствие нарушения целостности экосистем. Как известно, в организме, пребывающем в неблагоприятных условиях, происходят изменения структурных, физиолого-биохимических, генетических и иммунных систем, при этом индикаторная значимость биологической системы определяется экологической толерантностью. В пределах зоны толерантности организм способен поддерживать свой гомеостаз, а любой фактор, если он выходит за пределы «зоны комфорта» для него является стрессовым.

Своевременный мониторинг состояния структурно-функциональных параметров отдельных видов (культурных форм) и целых экосистем обусловлен необходимостью отбора наиболее приспособленных, несущих в себе высокий потенциал генетических признаков для их интродукции и выращивания в условиях культуры, а также ведения адаптивного сельского хозяйства в зонах рискованного земледелия и техногенных ландшафтов. Поэтому выявление маркеров структурных и физиологических приспособительных реакций вегетативной и репродуктивной сферы сосудистых растений к неблагоприятным условиям среды является актуальной проблемой для фундаментальных и прикладных исследований.

Целью данной работы было исследование морфофункциональных особенностей листьев и плодов дикорастущих видов и культурных форм яблони, произрастающих в горных биоагроценозах на юге России.

Методы и объекты исследования. Для оценки реакции растительных организмов (отдельных органов, тканей, клеток) к условиям произрастания в последние годы используются экспресс-методы: КриоСЭМ и флуориметрия.

Разработан целый комплекс флуориметрических анализаторов, позволяющих определять состояния фотосинтетического аппарата растительных организмов, а также созданы приборы, не повреждающие клетки и ткани. Комплексное использование флуориметрической аппаратуры дает информацию о пространственно-временной изменчивости биоагроценоза, а также может служить составной частью экологического мониторинга. Широкое распространение для контроля состояния функциональных систем живых организмов получили также люминесцентные методы, которые обладают достаточно высокой чувствительностью и позволяют проводить количественные измерения в реальном времени и автоматизированном режиме.

В наших опытах мы использовали зрелые листья и созревающие плоды яблони, срезанные утром в день исследований при температуре воздуха около 18 °С. Измерения проводили с помощью флуориметра РЕА (Plant Efficiency Analyzer, Hansatech, Англия) на срезах наружных слоев плодов толщиной 2–4 мм, площадью около 1,5 см². Образцы листьев и плодов адаптировали к темноте в течение 5 мин, а затем освещали красным светом (максимум при 650 нм, интенсивность 1500 мкмоль/(м²с), длительность освещения 2 с). Измерения параметров флуоресценции хлорофилла проводили по методике [Кумахова и др., 2008; Страсбургер и др., 2007.]. Следует отметить, перспективы использования данных флуориметрического анализа растительных организмов в сочетании со спутниковой ГИС — информацией.

В последние годы метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием криофиксации активно применяют для анализа поверхности различных биологических объектов, структуры сообществ и идентификации видов, образующих биопленки. Особенно, это информативно для объектов, имеющих сложную микроморфологию поверхности, а также для изучения «интерфейса» биоразнообразия, в частности микобиоты (рис. 1, 2а, б).

Для КриоСЭМ метода материал (зрелые листья и плоды яблони) был собран в горных биоагроценозах Северного Кавказа, в которых условия произрастания растений изменяются не только соответственно смене времен года, но также напрямую зависят от высоты расположения над уровнем моря (300–1 500 метров над уровнем моря). Для исследований фрагменты (1 см²) вырезали из средней части между главной жилкой и краем листовой пластинки, а также в области экватора плода. Образцы помещали на столик замораживающей приставки «DebenCoolStage», охлаждали до –30 °С и изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) LEO — 1430 VP (Carl Zeiss) в режиме высокого вакуума.

Результаты и обсуждение. Особенности фотохимических и темновых стадий фотосинтеза хлоропластов плодов, в сравнении с фотосинтезом листьев, исследуют, в основном, для оценки зрелости плодов. В настоящее время отсутствует ясность, способны ли зеленые плоды к самостоятельной фиксации CO₂ или же они только потребляют ассимиляты, поступающие из донорных листьев, что немаловажно для экологической оценки биоагроценоза. Мощный приток органических соединений в развивающиеся плоды может определять специфику их фотосинтеза и изменений под воздействием неблагоприятных факторов разной этиологии.

Один из способов выявления особенностей фотосинтетического аппарата плодов в ходе развития и адаптации к внешним условиям состоит в сравнении индукционных кривых флуоресценции, измеряемых на листьях и плодах. Индукционные кривые флуоресценции листьев яблони включали три фазы нарастания (O-J-I-P) в соответствии с результатами, полученными на других растениях. Вместе с тем, по индукционным кривым флуоресценции срезы наружных частей плодов существенно отличались от листьев. Основное отличие состояло в том, что в индукционных кривых плодов при комнатной температуре наблюдался переход O-K-J, который отсутствовал в листьях. По данным литературы пик К обычно проявляется после тепловой обработки (40 °С) листьев и сопряжен с понижением квантовой эффективности ФС2, что объясняют нарушением кислород-выделяющего комплекса и дисбалансом притока-оттока электронов на уровне ФС2. В наших опытах без тепловой обработки пик К достигался при 400 мкс; его появление не сопровождалось снижением квантового выхода переноса электронов в ФС2. Полученные значения параметра Fv/Fm в плодах яблони составили 0,708–0,886; т. е. были аналогичны показателям фотосинтетической активности листьев. Одна из причин наблюдаемых различий может быть связана с изменением путей газообмена в процессе созревания плодов. В отличие от листьев, в которых газообмен

с внешней средой происходит при участии устьиц, в созревающих плодах появление довольно мощной кутикулы затрудняет функционирование замыкающих клеток.

Модельными объектами для описания особенностей тонкого строения поверхности листьев и плодов, а также «интерфейса» биоразнообразия, в частности микобиоты были дикорастущий вид *Malus orientalis* и культурная форма *Malus domestica* (рис. 1, 2а, б). Анализ полученных данных при исследовании поверхности листьев и плодов яблони с помощью КрисСЭМ свидетельствует о том, что особенности строения наружных тканей играют немаловажную роль в формировании устойчивости при воздействии различных стрессоров (рис. 1, 2а, б).

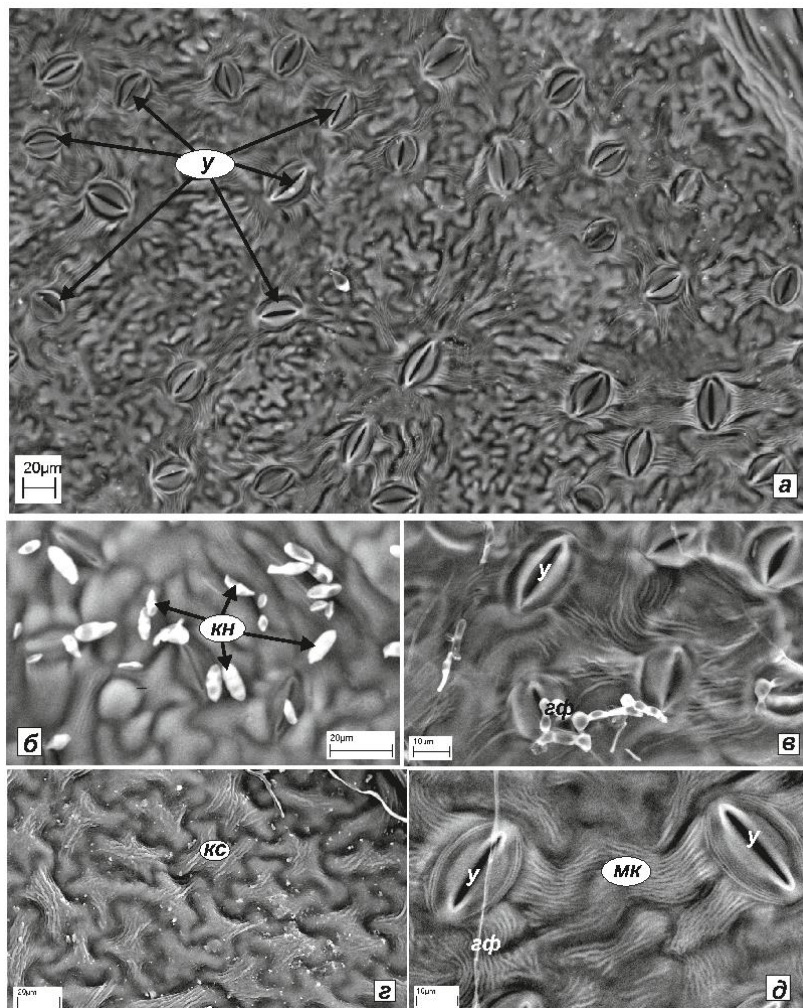


Рис. 1. Фрагменты поверхности листьев *Mallus* Mill. (Rosaceae), СЭМ-микрографии, а, б, в — *Mallus domestica*: а — абаксиальная поверхность с многочисленными устьицами; б — участок поверхности с конидиями; в — участок поверхности с гифами в области устьиц; г, д — *Mallus orientalis*: г — кутикулярная складчатость на адаксиальной поверхности; д — устьица с перистоматическими кольцами и микротяжками на абаксиальной поверхности. Обозначения: гф — гифы, кн — конидии, кс — кутикулярная складчатость, мк — микротяжи, у — устьица

Согласно полученным данным для листьев яблони как дикорастущей, так и культурной формы характерна гипостоматность — устьица расположены только на нижней стороне. Кроме того, на верхней и нижней сторонах поверхности листовой пластинки наблюдается кутикулярная складчатость (рис. 1а, б). При этом верхняя и нижняя поверхности различаются спецификой организации микрорельефа, обусловленная функциональной нагрузкой эпидермальной ткани листьев. На нижней стороне поверхности, наряду с многочисленными радиально расходящимися во всех направлениях микротяжками, в области устьиц формируются перистоматические кольца, опоясывающие замыкающие клетки (рис. 1а, б). Как известно, кутикулярные складки изменяют характер смачиваемости поверхности листьев, водяные капли вследствие высокого поверхностного натяжения касаются только верхних кромок кутикулярных гребней и легко скатываются с поверхности эпидермы [Страсбургер и др., 2007]. Вероятно, аналогичным образом происходит смывание дождем спор (конидий) грибных патогенов, они не могут прочно удержаться на складках кутикулы, особенно у дикорастущей яблони, поражаемой по нашим наблюдениям в значительно меньшей степени, прежде чем начнется процесс прорастания (рис. 1б, в, д).

Что касается ультраскульптуры поверхности плодов, то она представлена мощными восковыми и кутикулярными отложениями разной конфигурации — чешуйками и пластинами (рис. 2а).

Обнаружены участки, где кутикула более рыхлая и слоистая, а в других местах она представлена крупными пластинами с неравномерными восковыми отложениями в виде гранул. Кроме того, на поверхности плода *Malus domestica* обнаружены гифы гриба на стадии внедрения во внутренние ткани околоплодника (рис. 2б).

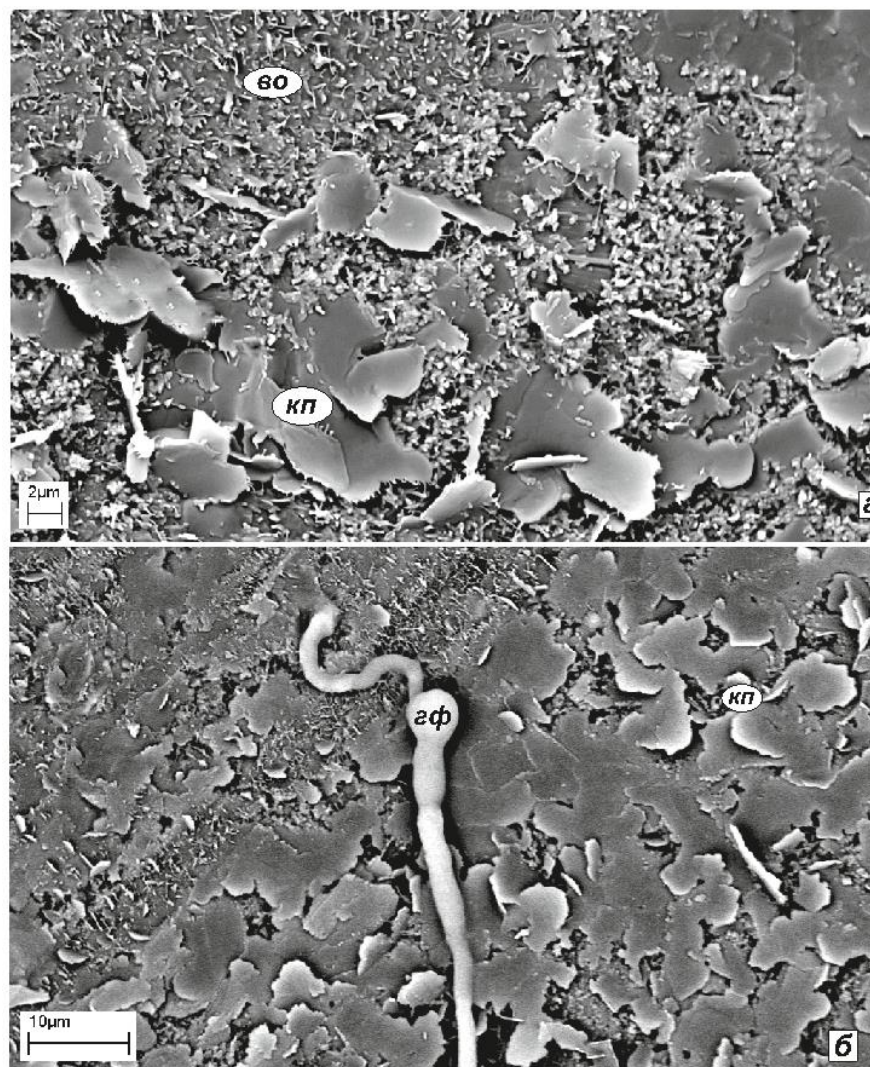


Рис. 2. Фрагменты поверхности плода *Malus domestica* Borkh (Rosaceae), СЭМ-микрографии, а — общий вид восковых и кутикулярных отложений; б — участок поверхности с чешуйчатыми восковыми отложениями и гифой гриба. Обозначения: во — восковые отложения, гф — гифы, кп — кутикулярные пластины

Проведенный флуориметрический и КрисиСЭМ-скрининг поверхностных тканей листьев и плодов яблони (*Malus Mill.*) позволяет дать экспресс-оценку экологического состояния в биоагроценозах, установить по характеристикам (пик К) тепловое воздействие на ткани плодов в процессе созревания, а также получить информацию о структуре и отдельных видах в сообществе микобиоты, что немаловажно для оценки их экофизиологического состояния. Как нам представляются эти сведения могут быть положены в основу методов прогнозирования и ранней регистрации структурно-функциональных изменений в тканях листьев и плодов *Malus Mill.*

Литература

Кумахова Т. Х., Булычев А. А., Крупенина Н. А., Пикуленко М. М. 2008. Активность фотосинтетического аппарата как маркер структурно-функциональных изменений клеток растений при адаптации к горным условиям на примере плодов яблони // Доклады ТСХА. Вып. 280. С. 122–126. Страсбургер Э. и др. 2007. Ботаника. М.: Академия. 362 с. Pikulenko M. M., Bulychev A. A., Komarova A. V., Kumakhova T. Kh. 2016. Differences of induction curves chlorophyll fluorescence of the apple fruits and of the leaves under the natural development. Abstracts of 7-th International Meeting «Photosynthesis Research for Sustainability — 2016: in honor of Nathan Nelson and T. Nejat Verziroglu». Pushchino. С. 152.

ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ УПРАВЛЯЕМОЙ СУКЦЕССИИ В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

И. А. Луханова, Е. Г. Кузнецова, Т. Н. Пыстина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
likhanova@ib.komisc.ru

На Севере в связи с активизацией в последние годы промышленного освоения природных ресурсов, обуславливающей увеличение площади нарушенных земель, становится все более актуальной проблема восстановления посттехногенных экосистем. В северных условиях темпы естественного зарастания техногенных экотопов замедлены, поэтому ускоренное восстановление разрушенных природных экосистем возможно только при проведении биологической рекультивации.

Исследовали особенности формирования растительности в ходе управляемой сукцессии (после проведения лесной рекультивации) на отработанных карьерах по добыче строительных материалов (песка) в подзоне средней тайги северо-востока европейской части России (Республика Коми).

Объектами изучения послужили четыре карьера, расположенные в 3–4 км к западу от г. Сыктывкара. «Даса» (площадь 5,3 га), «Човью» (5,9 га), «Юршор» (3,5 га), «Важель-Ю» (5 га). Технический этап рекультивации включал планировку поверхности. Через 1–2 года в ходе биологического этапа была произведена посадка 2-летних сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*).

Карьер «Даса» характеризуется песчаным составом субстрата, «Човью», «Юршор» — песчано-супесчаным, «Важель-Ю» — суглинистым. Карьеры различаются также условиями дренированности: наиболее сухим является карьер «Даса», на карьерах «Юршор» и «Човью» в пониженных элементах рельефа имеются участки с повышенным увлажнением, которые составляют примерно 10 и 30 % от площади карьеров, соответственно.

Исследования проводились на 5-й и 13-й годы после биологического этапа рекультивации. На карьерах с учетом экотопических условий было заложено по 10 постоянных пробных площадок размером 100 м² каждая. На площадках исследовали состав и структуру формирующихся растительных сообществ общепринятыми геоботаническими методами [Методы..., 2002]. Изучение посадок сосны вели по методике исследования лесных культур [Огиевский, Хиров, 1964]. Для обработки геоботанических материалов применен табличный эколого-фитоценотический анализ [Нешатаев, 1987].

Результаты изучения биометрических показателей древесных пород показали, что на песчаном и песчано-супесчаных карьерах к пятому году восстановительного процесса высота сосны составляла 30–40 см. Лучший рост культур отмечен при использовании в качестве посадочного материала сеянцев с закрытой корневой системой. Активно внедряются мелколиственные породы деревьев и кустарников (*Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth, *Salix caprea* L., *S. phylicifolia* L. и др.).

В напочвенном покрове, общее проективное покрытие (ОПП) которого составляет около 30 %, преобладают синантропные виды с широкой экологической амплитудой: *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Tussilago farfara* L., *Trifolium repens* (L.) C. Presl., *T. hybrida* (L.) C. Presl., *Trifolium pratense* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. При повышенном увлажнении доминирование переходит к *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Carex cinerea* Poll., *Juncus filiformis* L. (ОПП — 40 %). Понижения со стоячей водой зарастают *Typha latifolia* L. с *Equisetum fluviatile* L. В околородных сообществах (ОПП 90 %) доминирует *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin., формируется кустарниковый ярус из *Salix myrsinifolia* Salisb., *Salix phylicifolia*, *S. viminalis* L., *S. dasyclados* Wimm.

Во втором десятилетии сукцессии древесный ярус развивается за счет высаженной сосны. Высота тринадцатилетних культур — около 3 м. Высокая сохранность (80–85 %) обеспечивает густоту древостоя около 3 тыс. шт./га. Сосны смыкаются в рядах, но широкие междурядья еще открыты. В травяном ярусе (ОПП 40–60 %) преобладают *Calamagrostis epigeios*, *Chamaenerion angustifolium*, *Agrostis tenuis* Sibth., *Hieracium umbellatum* L., местами *Festuca pratensis* Huds., обычно примесь *Trifolium hybrida*, *T. repens*, *T. pratense*, *Equisetum arvense* L., *Leucanthemum vulgare* Lam, *Tussilago farfara*. Моховой покров (ОПП около 50 %) состоит из *Ceratodon purpureus* и *Polytrichum juniperinum* Hedw.

Переувлажнение субстрата (пониженные элементы рельефа карьера «Човью») вызывает сильное угнетение роста сосны (высота культур около 1,5 м), уменьшение сохранности (30 %) и густоты древостоя (1,2 шт./га). В травяном ярусе (ОПП — 80 %) преобладают *Deschampsia cespitosa*, *Carex cinerea*, *Agrostis gigantea* Roth, *Juncus filiformis*, постоянна примесь влаголюбивых *Juncus nodulosus* Wahlenb., *Carex lachenalii* Schkuhr., *Parnassia palustris* L., *Alopecurus aequalis* Sobol. и др. Моховой покров развит неравномерно, в нем доминируют *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr., *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske, *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum commune* Hedw. На участках с избыточным увлажнением на карьерах

«Юршор» и «Човью» формируются ивняки (*Salix myrsinifolia* и др.) моховые (*Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Moenk., *Aulacomnium palustre*) и пурпуровойниковые (*Calamagrostis purpurea*). В экотопах с устойчивым увлажнением, как и в первом десятилетии, содоминируют *Typha latifolia* и *Equisetum fluviatile*, значительно обилие *Comarum palustre* L., видов рода *Carex*.

На карьере «Важель-Ю», по-видимому, из-за неблагоприятных для сосны субстратных условий (суглинистый грансостав) наблюдался ее сильный отпад. Вместе с тем, темпы роста сосны достоверно не различаются с темпами роста культур на песчаном и песчано-супесчаных карьерах с посадкой сеянцев с открытой корневой системой. На пятый год сукцессии травянистый ярус из видов рода *Trifolium* и пионерного разнотравья (*Chamaenerion angustifolium*, *Tussilago farfara*, *Taraxacum officinale* Wigg.) имел ПП в пределах 80–90 % вследствие большего количества питательных элементов в суглинистом субстрате по сравнению с грунтами остальных карьеров, более легких по гранулометрическому составу. К концу наблюдений значительно увеличение луговых злаков (*Festuca pratensis* Huds., *Poa pratensis* L., *Phleum pratense* L. и др.). Сомкнутый разнотравно-злаковый ярус подавляет развитие мохового покрова (ПП около 10 %) из *Brachythecium salebrosum* (Web. et Mohr) S. G.

В первое пятилетие восстановительного процесса в зарастании карьеров принимают участие 104 вида из 23 семейств, во втором десятилетии — 172 вида из 38 семейств. Всего отмечено 187 видов сосудистых растений из 38 семейств, что составляет 31 % локальной флоры Сыктывкара [Мартыненко, Шмидт, 1981]. Во флористическом списке растений, зарегистрированных на территории карьеров, ведущими семействами являются Asteraceae (27), Poaceae (23), Fabaceae (13), Cyperaceae (12), Salicaceae (11). На их долю приходится 46 % флоры карьеров. По сравнению с локальной флорой значительно увеличивается роль семейств Fabaceae, Salicaceae. В отличие от флоры других техногенных экотопов (зарастающих промышленных площадок и обочин транспортных магистралей) в окрестностях г. Сыктывкара [Мартыненко, 1996] семейства Brassicaceae и Polygonaceae не относятся к преобладающим, что свидетельствует о снижении роли сорного компонента при зарастании карьеров.

Наиболее активную роль в формировании растительных сообществ играют местные виды-апофиты, заносных отмечено всего 4 вида: *Medicago lupulina* L., *Melilotus albus*, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Typha latifolia*.

Как и в локальной флоре [Мартыненко, 1994], из широтных групп абсолютно преобладает бореальная (75 %). Второе место занимает плюризональная (17 %), включающая водные и сорные виды растений. Среди долготных групп преобладают виды с голарктическими, евразийскими и европейскими типами ареала, что отмечено и для локальной флоры.

Проводимые нами параллельно исследования процессов самозарастания нарушенных территорий среднетаежной подзоны [Лиханова и др., 2014; Формирование..., 2015] показали, что лесорекультивационные работы позволяют сократить период формирования древесного яруса за счет уменьшения длительного этапа внедрения древесных растений. Уже на 13-й год управляемой сукцессии на основной части карьеров сформировался древесный ярус из культур сосны, биометрические показатели которых свидетельствуют об удовлетворительном состоянии древостоев. Отмечено поэтапное усложнение травяного яруса с переходом разнотравной стадии на разнотравно-злаковую и формирование мохового яруса (для песчано-супесчаных карьеров); внедрение лесных видов в напочвенный покров; увеличение видового состава сообществ, возрастание их проективного покрытия.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ Коми НЦ УрО РАН.

Литература

- Ипатов Л. Ф. 1974. Строение и рост сосны на Европейском Севере. Архангельск: Северо-Западное книжное изд-во. 108 с.
- Лиханова И. А., Холопов Ю. В., Лаптева Е. М. 2014. Формирование лесных экосистем в ходе самовосстановительной сукцессии на техногенных субстратах средней тайги северо-востока европейской части России // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: материалы Всерос. науч. конф. Новосибирск: Изд-во СО РАН. С. 341–343.
- Мартыненко В. А. 1996. Растительный покров техногенных экотопов г. Сыктывкар и его окрестностей // Биологическое разнообразие антропогенно трансформированных ландшафтов европейского Северо-Востока: тр. Коми НЦ УрО РАН. № 149. С. 7–13.
- Мартыненко В. А. 1994. Синантропная флора подзоны средней тайги европейского Северо-Востока // Ботанический журнал. Т. 79, № 8. С. 77–81.
- Мартыненко В. А., Шмидт В. М. 1981. Биометрическое сравнение бореальных конкретных флор Коми АССР // Ботанический журнал. Т. 66, № 5. С. 353–370.
- Методы изучения лесных сообществ / под ред. В. Т. Ярмишко, И. В. Лянгузовой. 2002. СПб.: НИИХимии СПбГУ. 240 с.
- Нешатаев Ю. Н. 1987. Методы анализа геоботанических материалов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 192 с.
- Огиевский В. В., Хиров А. А. 1964. Обследование и исследование лесных культур. М.: Лесная промышленность. 48 с.
- Формирование лесных экосистем на посттехногенных территориях в таежной зоне / под ред. И. Б. Арчеговой. 2015. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УРО РАН. 140 с.

МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ВОДНО-ЛЕДОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

И. А. Мельников

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия, migor39@yandex.ru

Морской арктический ледовый покров является ключевым компонентом экосистемы Северного Ледовитого океана (СЛО). Как прослойка между двумя различными физическими средами — водой и воздухом, лед оказывает существенное влияние на поддержание термодинамического равновесия между океаном и атмосферой вследствие изменения его среднеравновесной толщины, причем равновесие этой системы поддерживается и определяется стабильностью климатической системы в Арктике. В последние два десятилетия наблюдается четкий температурный тренд в сторону потепления. Как следствие потепления, в СЛО выявлено заметное уменьшение площади и толщины ледового покрова, повышение температуры и опреснение поверхностных арктических вод. Климатические изменения и связанные с ними изменения ледовой среды предполагают изменения биоразнообразия экосистемы морского льда. Наблюдения, выполненные в центральных районах СЛО в последние два десятилетия, показали, что такие изменения действительно произошли. В настоящей работе анализируются данные по видовому составу биоты морского льда, основанные на собственных наблюдениях в центральном Арктическом бассейне (АБ) на дрейфующих станциях «Северный полюс», начиная с середины 70-х прошлого века [Мельников, 1980; 1989] по настоящее время [Мельников, 2017; 2018].

Мониторинг охватывает районы Антициклонального круговорота в Американо-Азиатском суббассейне и Трансарктического дрейфа льда в околополюсном районе АБ. Наблюдения в Антициклональном круговороте соответствуют времени устойчивого существования ледяного покрова, в котором доминировали многолетние морские льды (1975–1981 гг.). В околополюсном районе Трансарктического дрейфа период наблюдений приходится на время активного таяния и сокращения многолетнего льда и, соответственно, возрастающей доли сезонных льдов в ледяном покрове АБ (2007–2015 гг.). В проводившихся исследованиях использовались методы, общепринятые в гидробиологической [Киселев, 1969] и криобиологической практике [Усачев, 1949]. Подходы и стратегия полевых работ, отбор водных и ледовых проб, а также методы лабораторной обработки проб на предмет таксономического анализа ледовой флоры и фауны сохранялись на всех этапах многолетнего мониторинга, что создает условия для качественного и количественного сравнения результатов наблюдений в контексте современных климатических изменений в СЛО. Для оценки динамики видового состава *ледовой флоры*, в качестве индикаторов были выбраны водоросли двух групп диатомовых — *Centricae* и *Pennatae*, связанных с обитанием в толще льда, а видового состава *ледовой фауны*, связанной с обитанием на нижней поверхности льда, соответственно, ракообразные — *Amphipoda* и *Copepoda*. Их выбор в качестве индикаторов биоразнообразия связан с тем, что виды этих групп являются самыми массовыми в водно-ледовой экосистеме АБ.

Морские ледовые термины даются здесь в соответствии с международной номенклатурой и терминологией по морским льдам [Волков, Трешников, 1968], а ледовой биоты по [Horner et al., 1992]. Анализ данных приводится здесь без обсуждения причин природного или антропогенного влияния на наблюдаемые изменения в биоразнообразии АБ.

Период 1975–1981 гг. (доминирование многолетнего льда)

Флора. Общий список идентифицированных диатомовых водорослей за весь период наблюдений насчитывает 148 видов, среди которых на долю пеннатных водорослей приходится 136 видов или 89 % численности всех диатомовых, а центрических, соответственно, 12 видов или 11 %. Можно уверенно считать, что ледовая диатомовая флора — это царство *Pennatae* в фитоценозе экосистемы арктического многолетнего морского льда.

Фауна. Общее число идентифицированных видов беспозвоночных, связанных с обитанием в контактном слое «вода-лед» и встреченных за период наблюдений, насчитывает 48 видов, среди которых доминируют *Copepoda* и *Amphipoda*. По степени биотопической связи она поделена на две экологические группировки: 1. Автохтонная фауна, включающая 6 видов амфипод и 2 копеподы; 2. Аллохтонная фауна из 9 видов (главным образом, планктонные копеподы).

В условиях квазистационарного климата в Арктике и устойчивого сохранения среднеравновесной толщины многолетнего льда его видовой состав флоры и фауны в этот период наблюдений был постоянен [Мельников, 1989].

Период 2007–2015 гг. (доминирование сезонного льда)

Флора. Общий список идентифицированных диатомовых водорослей насчитывает 85 видов, среди которых на долю центрических водорослей приходится 24, а пеннатных, соответственно, 61 вид. У диатомовых в группе *Centricae* отмечено устойчивое снижение с 12 видов в 2007 г. до 3 видов в 2015 г., а в группе

Pennatae, напротив, первоначальное значительное снижение количества видов с 24 в 2007 г. до 5 видов в 2008 г. сменилось заметным восстановлением численности до 27 видов в 2015 г. (табл. 1). Коэффициенты видового сходства Соренсена между диатомовыми сообществами, включавшие виды обеих групп, для последовательных годовых пар наблюдений изменялись в пределах 0,13–0,19.

Таблица 1

Общее количество видов диатомовых водорослей в группах *Centricae* и *Pennatae* для каждого года наблюдений, и коэффициенты видового сходства Соренсена между последовательными годовыми парами

Группа	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2015 г.
<i>Centricae</i>	12	6	8	7	4	3
<i>Pennatae</i>	24	5	16	10	14	27
Коэффициент Соренсена	0,13					
		0,17				
			0,19			
				0,17		
					0,13	

Фауна. Общее число идентифицированных видов беспозвоночных, связанных с обитанием в контактном слое «вода-лед» и встреченных за период наблюдений, насчитывает 25 видов, среди которых доминируют *Copepoda* (14) и *Amphipoda* (5) или 76 % от общей численности видов. Коэффициенты видового сходства Соренсена между сообществами, включавшие виды обеих групп ракообразных — *Amphipoda* и *Copepoda*, для последовательных годовых пар наблюдений изменялись в пределах 0,15–0,5 (табл. 2).

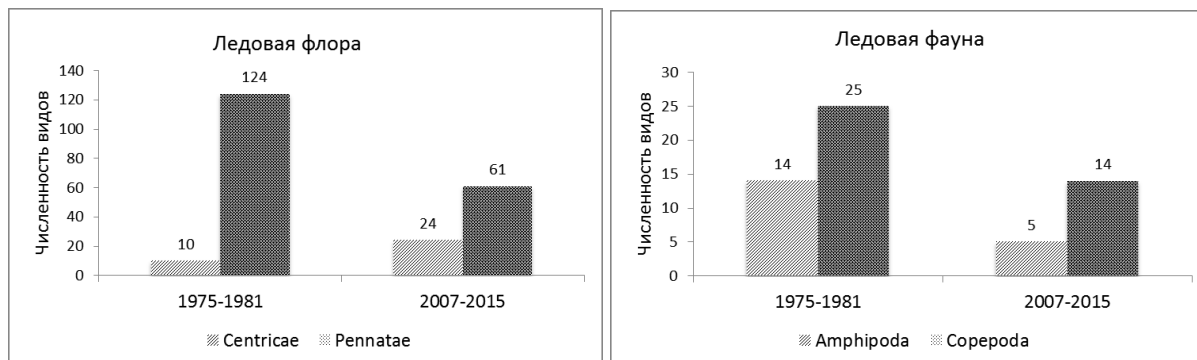
Таблица 2

Количество видов ледовой фауны, связанной с обитанием на нижней (морской) поверхности льда, и коэффициенты видового сходства Соренсена между последовательными годовыми парами

Группа	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2015 г.
<i>Amphipoda</i>	1	1	1	2	1	4
<i>Copepoda</i>	2	4	2	12	12	5
Коэффициент Соренсена	0,5					
		0,5				
			0,24			
				0,15		
					0,18	

Выявленное низкое сходство в биоразнообразии морского льда особенно ярко проявляется для всего периода наблюдений для растительных и животных сообществ (табл. 1, 2). Можно предполагать, что в современном СЛО, на открытых ото льда акваториях, в условиях постоянно обновляемой среды ежегодно формируются независимые друг от друга сообщества. Нестабильный характер касается обоих сообществ, несмотря на то, что флора более консервативна по отношению к фауне, поскольку первая связана с внутрикристаллической матрицей льда, а последняя — с гидродинамической системой в зоне контакта «вода-лед».

Различия в биоразнообразии морского льда особенно заметны при сравнении современных данных с данными наблюдений предыдущих десятилетий. На рисунке показаны численности видов диатомовых водорослей в группах *Centricae* и *Pennatae* и беспозвоночных животных в группах *Amphipoda* и *Copepoda* за периоды 1975–1981 гг. и 2007–2015 гг. Первый соответствует наблюдениям в Антициклональном круговороте в период доминирования многолетних льдов, а второй — в околуполосном районе Трансарктического дрейфа льда — в период доминирования сезонных льдов. Видно, что за прошедшие три десятилетия количество видов пеннатных водорослей уменьшилось вдвое, в то время как количество видов у центрических водорослей вдвое возросло. Аналогичный тренд в сторону уменьшения численности видов отмечен у амфипод и копепод, соответственно, втрое и вдвое. Этот факт следует рассматривать как свидетельство качественного и количественного перестроения биоразнообразия современного морского ледового покрова АБ, в котором функционирование экосистемы пелагиали перестраивается с цикла многолетнего на сезонный цикл развития сообществ, что, свою очередь подтверждает ранее высказанное предположение, что, если такая динамика сохранится, то со временем морская Арктика будет приобретать черты морской Антарктики [Мельников, 2008].



Численность видов флоры и фауны морских льдов, выявленная в период наблюдений в Антициклональном круговороте Бофорта (1975–1981 гг.) и в районе Северного полюса (2007–2015 гг.)

В проведении полевых работ и обработке собранных материалов в разные периоды наблюдений принимали участие сотрудники ИО РАН, МГУ, АНИИ, ГОИН и ВНИРО, которым автор искренне и бесконечно благодарен. Настоящее исследование выполнено в рамках темы госзадания № 0149–2018–0009 и частичной финансовой поддержке грантами РФФИ №18–05–00099 и РФФИ/РГО №17–05–41197.

Литература

Волков Н. А., Трешников А. Ф. 1969. О новой международной номенклатуре морских льдов // Проблемы Арктики и Антарктики. № 32. С. 17–29. Киселев И. А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука. Т. 1. 657 с. Мельников И. А., Виноградов М. Е. 1980. Экосистема арктического дрейфующего льда // Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука. С. 61–97. Мельников И. А. 1989. Экосистема арктического морского льда. М.: Ин-т океанологии РАН. 191 с. Мельников И. А. 2017. Оценка современного состояния и особенностей формирования биоты арктического морского льда: по материалам мониторинга в районе Северного полюса // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 28, № 1. С. 83–97. Мельников И. А. 2018. Характеристика биоразнообразия современного морского льда в районе Северного полюса // Доклады Академии наук. Т. 480, № 5. С. 596–600. Усачев П. И. 1949. Микрофлора полярных льдов // Тр. ИО АН СССР. М.: Наука. Т. 3. С. 216–259. Horner R. et al. 1992. Ecology of the sea ice biota. 1. Habitat, terminology, and methodology // Polar Biol. Vol. 12. P. 417–427.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ЛЕСОПАРКА «ДУБОВАЯ РОЩА»

И. И. Митякова, Ю. П. Демаков

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, Mityakovall@volgatech.net

Почва — важнейший компонент биогеоценозов, во многом определяющий их структурную организацию, продуктивность и динамику [Зонн, 1964; Константинов, 1988]. Она, в свою очередь, находится под мощным воздействием комплекса биотических и абиотических факторов, определяющих направление ее развития.

Известна большая роль растительности в процессе образования и развития почв. Многие авторы отмечают, что древесные растения воздействуют в биогеоценозах на температурно-гидрологический режим почв, состав атмосферных осадков, структуру подпочвенной растительности, численность и активность различных деструкторов органического вещества, что отражается на свойствах почв и процессе их развития. Воздействие одних и тех же видов растений на почву в разных биогеоценозах проявляется, неодинаково и во многом зависит от физико-географических условий [Карпачевский, 1981].

В качестве объекта исследования был выбран лесопарк «Дубовая роща», расположенный в непосредственной близости от г. Йошкар-Ола в пойменной части большой излучины реки Малая Кокшага. Общая площадь лесопарка составляет 150 га. Выбор объекта определялся разнообразием породного состава лесных биогеоценозов, часть из которых возникла или была создана искусственно на месте коренных пойменных лугов, выравненностью рельефа и однотипностью почвенно-экологических условий в пределах всей его территории.

Материал собран в 13 различных биотопах, в каждом из которых, проведено подробное описание растительности, заложены почвенные разрезы, сделано полное их морфологическое описание и взяты образцы из разных горизонтов для лабораторных анализов.

Для характеристики физико-химических свойств почв проведены следующие анализы: гумус — по И. В. Тюрину; гидролитическая кислотность — по Каппену; $pH_{\text{сол}}$ и $pH_{\text{вод}}$ вытяжки — потенциометрическим методом; сумма обменных оснований (Ca^{+2} , Mg^{+2}) — трилометрическим методом; подвижный фосфор и обменный калий — по А. Т. Кирсанову; степень насыщенности почв основаниями — вычислением.

Почвенный покров территории лесопарка «Дубовая роща» представлен аллювиально-луговой суглинистой и аллювиально-луговой глинистой почвой на глинистом аллювии. Гранулометрический состав почв под различными биогеоценозами в верхнем горизонте изменяется от легкосуглинистого до легкоглинистого, с глубиной как правило, наблюдается утяжеление гранулометрического состава.

Физико-химические свойства почв лесопарка представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства почвы лесопарка «Дубовая роща»

Горизонт, глубина, см	Значения показателей							
	рН		ГК	СОО	СНО, %	Гумус, %	K ₂ O	P ₂ O ₅
	H ₂ O	KCl	мг-экв. на 100 г				мг на 100 г	
пробная площадь № 1 (некосимый луг)								
A ₁ 4–15	5,92	4,30	8,58	26,4	75,5	3,67	3,00	следы
A ₁ B 17–36	5,86	3,63	7,18	8,0	52,7	1,01	2,00	следы
B ₁ 36–68	5,95	3,72	7,09	24,0	77,2	0,46	2,75	следы
B ₂ 68–101	6,8	5,40	1,93	38,0	95,2	0,34	2,75	13,50
B ₃ 101–150	8,53	7,49	0,61	31,2	98,1	0,05	4,00	7,15
пробная площадь № 2 (некосимый луг)								
A ₁ 1–10	5,31	4,15	12,0	42,0	77,8	6,03	5,0	2,0
A ₁ B 10–23	5,01	3,59	18,1	37,2	60,1	6,02	5,0	0,2
B ₁ 23–51	4,90	3,19	20,5	33,2	61,8	1,27	3,5	следы
B ₂ 51–70	5,02	3,41	15,5	47,6	75,4	0,72	5,0	следы
B ₂ C 70–97	5,85	4,43	8,8	58,0	71,5	1,22	5,0	0,6
C 97–120	6,36	4,74	6,4	43,6	87,2	0,38	5,0	6,0
пробная площадь № 3 (сенокосный луг)								
A ₁ ' 1–27	6,09	5,08	6,39	31,2	83,0	6,85	20,60	17,80
A ₁ '' 24–41	6,50	5,09	4,90	28,4	85,3	3,31	14,00	17,80
A ₁ B 41–70	6,84	5,10	2,45	29,2	92,3	0,78	17,20	19,60
B ₁ 70–105	6,93	5,03	2,01	30,4	93,8	0,74	17,20	28,60
B ₂ 105–150	6,92	5,21	2,45	24,0	90,7	не опр.	22,00	30,30
пробная площадь № 4 (сенокосный луг)								
A ₁ 2–17	5,65	4,35	9,98	36,0	78,3	3,62	20,75	3,25
A ₁ A ₂ 20–30	5,67	3,51	10,1	30,0	74,9	1,24	7,25	следы
A ₂ B 34–44	5,58	3,39	11,7	36,0	75,5	1,03	18,50	следы
B ₁ 60–70	5,59	5,51	11,0	28,0	98,2	0,87	27,50	следы
B ₂ 80–90	5,93	4,05	4,99	30,0	85,7	не опр.	29,75	9,00
B ₃ 125–135	7,06	4,72	1,70	26,0	93,9	не опр.	21,88	23,75
C 180–190	8,22	7,13	0,50	28,0	98,2	не опр.	16,25	28,25
пробная площадь № 5 (пахотные земли)								
A _{пах.} 0–20	7,25	5,95	2,90	33,0	91,9	3,21	28,63	25,63
A _{под.} 20–30	7,39	6,13	2,48	32,0	92,7	3,21	21,88	16,50
B ₁ 30–70	7,08	5,98	2,70	53,0	95,1	3,50	10,07	1,38
BC 70–100	7,82	5,90	1,30	37,0	96,7	1,26	14,57	16,75
пробная площадь № 6 (пахотные земли)								
A _{пах.} 1–25	7,22	6,31	1,74	58,0	97,1	1,31	10,0	следы
A _{под.} 25–32	7,31	6,37	1,74	51,6	96,7	1,29	10,0	8,0
B ₁ 32–53	7,18	6,28	2,6	48,0	94,9	2,72	10,0	8,0
B ₂ 53–76	6,97	6,19	18,6	32,0	63,2	2,53	4,0	6,0
B ₃ 76–98	7,12	6,11	4,0	56,8	93,4	1,47	5,0	8,0
C 98–120	7,15	6,04	3,8	60,0	94,0	1,74	5,0	8,0
пробная площадь № 7 (культуры лиственницы)								
A ₁ ' 1–22	6,00	4,52	8,14	26,4	76,4	5,60	3,00	5,70
A ₁ '' 22–37	6,20	4,41	7,26	26,0	78,2	1,29	2,50	5,30
B 37–68	7,45	6,50	1,14	34,4	96,8	0,64	2,75	5,70
BC 68–120	8,02	6,90	0,70	30,2	97,7	0,23	2,75	11,43

Горизонт, глубина, см	Значения показателей							
	рН		ГК	СОО	СНО, %	Гумус, %	K ₂ O	P ₂ O ₅
	H ₂ O	KCl	мг-экв. на 100 г				мг на 100 г	
пробная площадь № 8 (культуры ливневницы)								
A ₁ ' 1–22	5,77	4,66	8,35	49,6	85,6	8,46	10,0	4,0
A ₁ '' 22–37	5,68	4,37	7,7	49,6	85,6	3,74	5,0	2,0
A ₁ B 37–49	5,11	3,55	15,7	39,6	89,7	2,99	4,0	3,0
B ₁ 49–80	4,80	3,28	21,4	32,8	60,5	1,86	4,0	следы
B ₂ 80–101	4,80	3,23	19,7	30,8	61,0	0,93	5,0	следы
B ₃ 101–125	4,92	3,47	19,5	52,8	66,2	0,97	5,0	0,2
пробная площадь № 9 (культуры тополя бальзамического)								
A ₁ 1–29	6,54	4,45	5,16	34,4	87,0	7,84	29,40	23,20
A ₁ B 29–55	6,76	5,28	2,45	29,0	92,2	2,38	19,10	8,03
B ₁ 55–83	7,09	5,62	1,93	27,2	93,4	0,93	18,70	8,90
B ₂ 83–144	7,02	5,58	1,66	25,4	93,9	не опр.	18,70	23,20
BC 144–150	7,12	5,80	1,58	22,4	93,4	не опр.	20,60	35,60
пробная площадь № 10 (культуры тополя бальзамического)								
A ₁ 5–30	6,16	4,89	6,50	31,0	82,3	4,36	20,75	1,13
A ₁ B 32–42	5,82	4,20	6,98	22,0	75,9	1,58	11,75	следы
B ₁ 50–60	6,07	3,98	7,48	30,0	80,0	0,77	24,13	отсут.
B ₂ 70–80	6,41	4,70	2,90	26,0	89,9	0,34	17,38	3,25
B ₃ 95–134	7,01	5,01	3,50	38,0	93,8	не опр.	27,50	3,05
BC 134–170	8,35	7,14	0,99	40,0	97,6	не опр.	6,13	следы
C 210–230	8,10	7,29	1,50	40,0	96,4	не опр.	5,00	отсут.
пробная площадь № 11 (7Ос1Д1В1П)								
A ₁ 5–30	7,07	6,07	5,09	52,0	91,1	6,65	13,44	5,00
A ₁ B 45–55	7,47	6,17	1,49	38,0	96,2	4,04	20,75	11,50
B ₁ 50–70	7,42	6,70	2,30	30,0	72,7	0,39	14,00	23,75
B ₂ 86–96	7,65	6,43	1,89	32,0	94,4	0,19	23,00	23,0
пробная площадь № 12 (4Д4П2Ос+Лп)								
A ₁ 2–10	5,84	4,84	8,0	44,0	84,6	5,89	10,0	5,0
A ₂ 15–30	5,09	3,36	17,6	16,8	34,4	0,64	0,2	0,1
A ₂ B 30–49	5,03	3,80	11,8	23,6	35,4	0,62	3,5	5,0
B ₁ 49–75	6,02	4,57	7,65	46,8	72,6	0,22	5,0	4,0
B ₂ 75–105	7,78	6,92	1,74	32,4	94,9	0,19	3,5	5,0
B ₃ 105–125	7,96	7,04	1,6	32,7	95,3	0,31	5,0	8,0
пробная площадь № 13 (5Д3П2Лп+Ос)								
A ₁ 5–15	5,55	4,28	11,97	36,0	75,0	2,34	26,38	5,50
A ₁ A ₂ 23–39	5,17	3,40	13,37	14,0	51,2	0,92	17,38	1,50
A ₂ B 40–50	5,35	3,47	14,26	22,0	60,7	0,50	15,13	следы
B ₁ 60–70	5,56	3,65	9,68	26,0	72,9	0,36	26,38	2,50
B ₂ 90–100	7,15	4,75	1,96	28,0	93,5	не опр.	14,00	13,75
B ₃ 130–140	8,05	6,62	1,20	32,0	94,1	не опр.	16,25	22,25

Примечание: * Здесь далее: ГК — гидролитическая кислотность, СОО — сумма обменных оснований, СНО — степень насыщенности почвы основаниями.

Статистический анализ исходного цифрового материала показал, что характер изменения значений каждого из оцененных нами параметров сугубо специфичен и не соответствует в большинстве случаев закону нормального распределения (табл. 2). Наиболее значительно варьирует в изученных нами биогеоценозах значения гидролитической кислотности, а также содержания в почве гумуса и подвижных соединений фосфора. Меньше всего изменяются значения рН, степени насыщенности основаниями, суммы обменных оснований.

Показатели изменчивости параметров почвы в пойменных биогеоценозах

Параметр почвы*	Значения статистических показателей					
	M_x	min	max	S_x	m_x	V
Гумус, %	2,17	0,05	8,46	2,15	0,28	98,8
pH водное	6,48	4,80	8,53	1,00	0,12	15,5
pH солевое	5,02	3,19	7,49	1,23	0,15	24,5
ГК	6,53	0,50	21,40	5,62	0,67	86,1
COO	34,5	8,0	60,0	10,7	1,27	31,1
СНО	83,0	34,4	98,2	14,9	1,77	17,9
K ₂ O	12,3	0,20	29,8	8,54	1,01	69,6
P ₂ O ₅	8,3	0,00	35,6	9,28	1,10	112,2

Примечание: M_x — среднее значение параметра; min, max — минимальное и максимальное значения; S_x — среднеквадратическое (стандартное) отклонение параметра; m_x — ошибка среднего; V — коэффициент вариации, %.

Таким образом, почвенный покров лесопарка «Дубовая роща», несмотря на выравненность рельефа, довольно неоднороден: каждый из 13 выбранных нами объектов имеет особенности строения и состояния почв, которые связаны с пространственным расположением биотопов, характером их хозяйственного использования и развития растительности. Почвы на большинстве участков аллювиально-луговые среднетугмусные легкоглинистые на карбонатном глинистом аллювии, однако довольно часто встречаются легко и среднесуглинистые, а также среднеглинистые аллювиальные псевдоподзолистые. По характеру вертикального изменения величины pH все почвы относятся к кислотно-щелочному типу. Они, исходя из комплекса агрохимических свойств, пригодны не только для лесовыращивания высокопродуктивных насаждений разного породного состава, но также луговых трав и, после известкования и окультуривания, для выращивания сельскохозяйственных культур.

Литература

Зонн С. В. 1964. Почва как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука. С. 372–495. Константинов В. Д. 1988. Место и роль почвы в лесных экосистемах // Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука. С. 98–115. Карпачевский Л. О. 1981. Лес и лесные почвы. М.: Лесная пром-сть, 264 с.

СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРИХРАМОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ГОРОДЕ ЙОШКАР-ОЛЕ

И. И. Митякова, В. В. Рыжова

Поволожский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
Mityakovall@volgatech.net

Городские почвы являются биокосной многофазной системой, выполняющей определенные экологические функции. Почвы в городе живут и развиваются под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы, но антропогенный фактор здесь становится определяющим.

Городские почвы — сложный объект, располагающийся на стыке природных и техногенных систем, имеющий антропогенно созданный поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемещением, погребением или загрязнением естественной природной почвы непочвенными материалами и привозным органосодержащим грунтом [Артаманов, 1989].

Главные свойства городских почв (плодородие, сорбционная и очищающая способность) обеспечивают выполнение экологических функций лишь до определенного (критического) уровня антропогенной нагрузки. Утрата этой способности приводит к возникновению в городе долговременных негативных экологических явлений, в частности: снижение биологической продуктивности почвы и качества зеленых насаждений, резкое ухудшение санитарно-эпидемиологического состояния территории города из-за накопления в почвах опасных для здоровья человека веществ и микроорганизмов [Экологическая роль...].

Одной из проблем крупных городов является сохранение в нормальном состоянии различных по площади зеленых зон. От поддержания и сохранения парков, скверов, садов на территории города и вне его зависит, прежде всего, состояние здоровья городского населения [Васильченко, 2016].

Создание на территории храмов и церквей зеленых насаждений, имеет большое эстетическое значение, качество и сохранность которых во многом определяется почвенными условиями.

В качестве объекта исследования были выбраны почвы, на территории: Собора Вознесения Господня, Собора Воскресения Христова, Церкви Пресвятой Троицы, кладбищенской церкви в честь Тихвинской иконы Божьей Матери, Церкви Успенья Пресвятой Богородицы, Храма Рождества Христова, Храма в

честь иконы Матери Божией «Всех Скорбящих Радость», Церкви Преподобного Серафима Саровского г. Йошкар-Олы.

Образцы почвы отобраны согласно ГОСТ 28168-89 на глубину 0–20 см. В лаборатории определяли следующие физико-химические свойства: рН сол. — ГОСТ 26483-85, подвижный фосфор и обменный калий — ГОСТ 54650-2011, гранулометрический состав на лазерном анализаторе размеров частиц ANALYZETT 22.

Гранулометрический состав почв играет большое значение, от него зависит структура почвы, пористость, водопроницаемость, адсорбционная способность и влагоемкость, воздушный и тепловой режимы. Гранулометрический состав влияет на миграцию загрязнителей вниз по профилю, что особенно важно в городских условиях.

Гранулометрический состав почв представлен в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв прихрамовых территорий

№ п/п*	Размер механических элементов, мм и их содержание, %							Название почв по гранулометрическому составу
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01	
1	–	3,4	65,6	10,5	15,7	4,8	31,0	среднесуглинистые
2	0,2	20,0	59,4	6,5	10,2	3,7	20,4	легкосуглинистые
3	–	22,2	59,4	7,1	8,3	3,0	18,4	супесчаные
4	1,5	21,8	54,9	7,3	10,5	4,0	21,8	легкосуглинистые
5	14,4	28,6	37,1	5,9	10,4	3,6	19,9	супесчаные
6	–	8,5	68,8	7,6	11,1	4,0	22,7	легкосуглинистые
7	–	2,3	66,5	2,7	16,3	12,2	31,2	среднесуглинистые
8	7,6	22,5	50,9	6,1	9,4	3,5	19,0	супесчаные
9	2,0	24,9	47,5	7,4	13,8	4,4	25,6	легкосуглинистые
10	–	1,2	64,4	11,4	17,2	5,8	34,4	среднесуглинистые
11	27,9	30,3	26,6	5,0	7,5	2,7	15,2	супесчаные

Примечание: * здесь и далее 1 — Собор Вознесения Господня (аллея), 2 — Собор Вознесения Господня (вход в епархию), 3 — Собор Вознесения Христова, 4 — Церковь Пресвятой Троицы (общая территория), 5 — Церковь Пресвятой Троицы (партер), 6 — Кладбищенская Церковь в честь Тихвинской иконы Божьей Матери, 7 — Церковь Успения Пресвятой Богородицы (посадка ели), 8 — Церковь Успения Пресвятой Богородицы (общая территория), 9 — Храм Рождества Святого, 10 — Храм в честь иконы Матери Божьей всех скорбящих радость, 11 — Церковь Пресвятого Серафима Саровского (естественная территория).

Из таблицы видно, что по гранулометрическому составу почвы варьируют от супесчаных до среднесуглинистых. В городских условиях верхние горизонты почвы представляют собой, как правило, перемешанные грунты, поэтому гранулометрический состав во многом определяется, тем, какой грунт и в каком количестве был внесен в почву. Но, при подборе и посадке культурных растений, гранулометрический состав необходимо обязательно учитывать.

Содержание в почве доступных элементов питания и благоприятная реакция среды во многом определяют рост, сохранность и устойчивость растений. Физико-химические свойства почвы на изученных объектах представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические свойства почвы

№ п/п	рН _{KCl}	Обменный калий (K ₂ O), мг/100 г	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅), мг/100 г
1	6,6	29,12	56,52
2	6,7	46,94	36,02
3	6,6	23,90	50,74
4	6,8	51,29	38,83
5	6,8	13,47	34,52
6	6,4	14,34	24,03
7	6,0	34,33	25,37
8	5,7	14,77	24,50
9	6,6	27,38	49,48
10	5,9	16,08	13,97
11	6,6	8,25	11,21

Как правило, реакция среды у городских почв выше, чем у зональных. Повышенная щелочность городских почв связана с попаданием в них через поверхностный сток и дренажные воды преимущественно хлоридов кальция и натрия, а также других солей, используемых зимой в качестве противогололедных смесей. Другой причиной является высвобождение кальция под действием осадков из различных обломков, строительного мусора, цемента, кирпича и пр., имеющих щелочную реакцию. Реакция среды на изученных объектах нейтральная или близкая к нейтральной.

Почвы обеспечены обменным калием, на объектах 1, 2, 4, 7, 9 содержание очень высокое; на объекте 3 — высокое; на объектах 5, 6, 8, 10 — повышенное и на 11 объекте — среднее. Содержание подвижного фосфора очень высокое на объектах 1–5, 9; высокое — на 6–8 и средняя обеспеченность на объектах 10–11.

В целом почвы прихрамовых территорий характеризуются благоприятной реакцией среды, насыщены обменным калием и подвижным фосфором. Полученные данные могут быть использованы при подборе цветочных, древесно-кустарниковых растений при озеленении и благоустройстве прихрамовых территорий.

Литература

Артаманов В. И. 1989. Растения и чистота природной среды. М.: Наука. 172 с. Васильченко А. В. 2016. Современное эколого-геохимическое состояние почв парковых территорий г. Оренбурга в условиях интенсивной урбанизации // Современные проблемы науки и образования. № 4. С. 229. *Экологическая роль городских почв.* URL: <https://studfiles.net/preview/2959389/page:11> (дата обращения: 28.12.2018).

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СРЕДНЕ-ТИМАНСКОГО БОКСИТОВОГО РУДНИКА

Т. Н. Пыстина, Е. Г. Кузнецова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, t.pystina@ib.komisc.ru

Одним из крупных предприятий минерально-сырьевого комплекса в Республике Коми является АО «Боксит Тимана», деятельность которого на Средне-Тиманском бокситовом руднике (СТБР) оказывает значительное влияние на окружающую среду, проявляющееся как в существенном изменении рельефа территории при разработке месторождения карьерным способом, так и в загрязнении компонентов различными поллютантами. Предприятие постоянно наращивает объемы добычи руды, соответственно ежегодно расширяется площадь территорий, вовлеченных в производственную деятельность или испытывающих опосредованное воздействие производственной деятельности. Основным источником загрязнения является бокситовая пыль, содержащая преимущественно оксиды Al, Fe, Si и Ti, а также тяжелые металлы (Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Mn, Sr, Co и др.). Особую опасность для природных экосистем и здоровья человека представляют мелкодисперсные фракции [Lee et al., 2017], которые, как установлено, преобладают в гранулометрическом составе бокситов Вежаю-Ворыквинского месторождения [Котова, Вахрушев, 2011]. К поллютантам также относятся газообразные вещества и твердые частицы, образующиеся при сжигании топлива различным оборудованием на руднике, а также автомобильным и железнодорожным транспортом.

С целью выявления последствий техногенного воздействия на природные системы на территории расположения СТБР специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН с 2002 по 2016 гг. проводились комплексные наблюдения (экологический мониторинг) за состоянием основных компонентов лесных ландшафтов — растительности и почв.

На прилегающих к производственной зоне лесных участках в 2002–2003 и 2010 гг. было заложено 15 пунктов постоянных наблюдений (ППН) площадью 300 м² каждый. Площадки расположены на однородных дренированных участках водоразделов в старовозрастных ельниках преимущественно зеленомошной группы типов на разном удалении от производственных объектов. Выбор участков произведен с учетом розы ветров и предполагаемого стока загрязняющих веществ. Пункты ППН 1 и ППН 11 расположены в зоне влияния карьеров, ППН 5 и ППН 6 — шихтовального склада. ППН 15 — условно фоновая площадка, удалена на 2,5 км от промышленных объектов.

На ППН ежегодно выполняли обследование состояния древесного яруса, напочвенного покрова, лишенобиоты и бриофлоры.

В качестве основных критериев состояния деревьев были выбраны морфологические признаки. Методика исследований составлена на основе принципов и положений, применяемых в международной программе ICP Forest [Руководство..., 1998].

Ежегодно на каждом ППН проводили наблюдения за составом мхов и печеночников. Наряду с выявлением видового состава определяли общее проективное покрытие напочвенных мхов и проективное покрытие преобладающих видов. При оценке жизненного состояния мохообразных особое внимание уделяли выявлению признаков морфологической деградации и наличию органов генеративного размножения.

В первый год наблюдений на ППН был выявлен видовой состав кустистых и листоватых лишайников, обитающих на деревьях, кустарниках, почве и валежнике. Особое внимание уделяли изучению эпифитов, как наиболее чувствительных к аэротехногенному загрязнению окружающей среды. Затем ежегодно фиксировали изменения в видовом составе и жизненном состоянии лишайников. В качестве модельного вида был выбран широко распространенный листоватый лишайник *Hypogymnia physodes*, который относится к классу среднечувствительных к воздушному загрязнению видов [Трасс, 1985].

На пяти мониторинговых площадках (ППН 1, ППН 5, ППН 6, ППН 11, ППН 15) отбирали образцы растений (*Pleurozium schreberi*, *Hypogymnia physodes*) и почв для определения содержания загрязняющих веществ. Образцы почв отбирали один раз в два года из верхних горизонтов — органогенного А0 (подстилки) и расположенного под ним минерального А2, образцы растений — ежегодно. Химический анализ образцов почв и растений проводится в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН по аккредитованным методикам. В растениях определяли содержание тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn, Mn, Ni, Fe) и Al, в почвах — pH, содержание обменных Ca и Mg, подвижных форм оксидов Fe и Al, кислоторастворимых форм Pb, Ni, Co, Cu, Zn, Al, Fe, Mn. Для оценки загрязнения растительности в связи с отсутствием единых нормативов ПДК тяжелых металлов для растений были использованы показатели нормального и предположительно максимального их содержания, приведенные в работе С. Мелстеда [Melsted, 1973, по: Ильин, 1991]. Нормирование содержания Al давали по работе Е. Ниебоера с соавторами [Nieboer et al., 1978].

Многолетние наблюдения за состоянием древесного яруса на пробных площадях не выявили значительных изменений состояния деревьев ели, вызванных работами на СТБР. Интегральным показателем состояния дерева является дефолиация кроны. На начало наблюдений средняя дефолиация составила 8 %. В 2006 и 2007 гг. отмечен небольшой рост дефолиации (до 15 %), но после 2008 г. наблюдается устойчивое снижение потерь хвои до 9 % в 2016 г. (Торлопова и др., 2016).

Не выявлено существенных нарушений и нижних ярусов леса. В последние годы в результате проявления «краевого эффекта» или естественного выпадения деревьев ели и образования обширных «окон» изменились условия освещения на некоторых участках. Это привело к увеличению обилия разнотравья, особенно светолюбивых видов (*Chamaenerion angustifolium*, *Geranium sylvaticum*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Vicia sylvatica*, *Gymnocarpium dryopteris*), снижению обилия кустарничков (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Linnaea borealis*), внедрению новых видов в состав подлеска (*Rubusidaeus*).

На учетных площадях было выявлено 45 видов листостебельных мхов и печеночников, в 2016 г. — 39. Шесть видов произрастали на ППН, утраченных в результате расширения производственных площадей СТБР. В том числе исчез из списка печеночник *Schistochilopsis laxa*, включенный в Красную книгу Республики Коми (2009) с категорией охраны 3. Как показали исследования, бриофиты устойчивы к воздействию пылевого загрязнения. Многие виды, даже растущие на сильно загрязненных участках, формируют генеративные органы размножения, что также указывает на стабильность их существования.

Реакция эпифитных лишайников на техногенное загрязнение воздушной среды проявляется сильнее. Всего в границах ППН зафиксировано произрастание 55 видов лишайников, в 2016 г. — 54 (*Bryoria nadvornikiana* встречалась на ППН 9, утраченном в 2010 г.). Из них *Lobaria pulmonaria* и *Vulpicida juniperina* включены в Красную книгу Республики Коми (2009) с категориями охраны 2 и 3 соответственно, еще три вида (*Lobaria scrobiculata*, *Hypogymnia bitteri*, *Ramalina thrausta*) нуждаются в бионадзоре за их природными популяциями.

Эпифитные лишайники, а также стволы и ветви деревьев, растущих на участках, примыкающих к дорогам и шихтовальному складу, покрыты слоем красной пыли. Кислотность коры ели на загрязненных участках уменьшилась. Например, на ППН 6 в 2002 г. pH = 3,35, в 2016 г. — 4,37.

В зоне воздействия СТБР отмечено изменение состояния эпифитных лишайников и образуемых ими сообществ (выпадение особо чувствительных видов, снижение показателей обилия и жизненного состояния). Отмирание видов установлено только на самых «загрязненных» участках: в 2004 г. на ППН 5 исчезла *Lobaria pulmonaria*, в 2006 г. на ППН 6 — *L. scrobiculata*. На других площадках, примыкающих к промышленной зоне, изменений в видовом составе не выявлено, однако, начиная с 2004 г., фиксируются признаки угнетения. Проявляется это в значительном снижении обилия, особенно кустистых повисающих форм, отмирании талломов лишайников на стороне стволов, обращенных к источнику пылевого загрязнения. Многие виды, относящиеся к средне- и особо чувствительным к загрязнению, находятся в критическом состоянии: уменьшились размеры их талломов, изменилась типичная окраска верхнего корового слоя, появились некротические пятна.

За весь период наблюдений за модельным видом *Hypogymnia physodes* на пробных площадях, расположенных рядом с производственными объектами, зафиксировано снижение его обилия, увеличение площади некрозов (до 25–30 % от площади таллома), отмечены многочисленные морфологические повреждения: бугристость, утолщение, разрушение и побурение верхнего корового слоя, некроз центральных участков талломов и кончиков лопастей, уменьшение линейных размеров лопастей и талломов, появление деформированных лопастей, развитие лобулей на краевых участках лопастей, инвазия патогенными грибами. Наиболее заметные изменения обилия и морфологических характеристик лишайника фиксировались

в первые годы наблюдения, с 2007 г. рассматриваемые показатели стали стабилизироваться. На наш взгляд, связано это с адаптацией гипогимнии вздутой к хроническому загрязнению среды бокситовой пылью. Если в начальный период мониторинга наблюдалось массовое отмирание талломов лишайника, то позднее показатели обилия практически не изменялись, на коре модельных деревьев стали отмечаться более компактные талломы с укороченными лопастями. Предположительно, установилось равновесие между состоянием экосистем и уровнем техногенной нагрузки. Подтверждением этому являются не только отсутствие значимых изменений в характеристиках эпифитного лишайникового покрова, но и стабилизация параметров состояния древесного полога и напочвенного покрова. Возможно, важную роль здесь сыграло и применяемое с 2007 г. в летние месяцы водоорошение рабочих участков карьеров, подъездных дорог и приемной площадки штабелей для приготовления шихты, что существенно снизило количество поступающей на прилегающие леса пыли.

Наблюдения в начальный период проведения экологических работ (2002–2009 гг.) указывали на устойчивую тенденцию накопления всех анализируемых элементов (Al, Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Cu) мхами и эпифитными лишайниками даже на территориях, принятых за условно фоновые. Основными поллютантами являются Al и Fe, в меньшей степени Ni, Mn и Pb.

Максимальные концентрации загрязняющих веществ отмечены на ППН, расположенных вблизи шихтовального склада, карьеров и вдоль автомобильных дорог. Наибольшая кратность накопления зафиксирована для Fe и Al. Так, на самой загрязненной ППН 6 их содержание за данный период наблюдений в лишайниках возросло в 48 и 62 раза, во мхах — в 6 и 11 раз, соответственно.

С 2010 г. содержание многих металлов в растениях на большинстве ППН стабилизировалось, несмотря на возрастающий объем добычи руды. Связано это, по-видимому, с ограниченными способностями мхов и лишайников к биологической аккумуляции химических элементов и особенностями химического состава бокситовой пыли [Головки и др., 2018]. При загрязнении бокситовой пылью значительная часть попадающих в окружающую среду соединений металлов (прежде всего алюминия и железа) представлена в виде оксидов, имеющих низкую растворимость. Твердые частицы пыли, попадая на мхи и лишайники, концентрируются на их поверхности и могут смываться атмосферными осадками. При смывах было установлено, что в эпифитных лишайниках, собранных на загрязненных участках, значительная часть Fe и Al (до 90 %) локализована в пылевой фракции, которая аккумулируется как на поверхности таллома, так и внутри него.

Статистически значимое увеличение накопления металлов за второй период зафиксировано в основном на ППН 1: в лишайниках — Cu, во мхах — Cu, Fe и Al. Несмотря на стабилизацию показателей, содержание некоторых металлов (Al, Fe, в меньшей степени Ni, Mn и Pb) значительно (в десятки раз) превышает нормальное и предположительно максимальное значения, установленные для растительных образцов. Так, на ППН 6 в 2016 г. содержание алюминия в талломах лишайников достигало 21 тыс. мкг/г, что в 43 раза больше, чем на условно чистом участке ППН 15, и в 42 раза превышает норму, которая составляет 150–500 мг/кг [Nieboer et al., 1978].

Данные о накоплении тяжелых металлов в растениях на участках, испытывающих аэротехногенные нагрузки, можно расположить в ряды по их абсолютному содержанию (2016 г.):

в талломах лишайников: Al > Fe >> Mn > Zn > Ni > Cu > Pb

в куртинках мхов: Al > Fe >> Mn > Zn > Cu > Pb > Ni

Почвенный покров на площадках имеет сходный характер, его формируют почвы, которые характерны для рассматриваемой территории (глеподзолистые, буроземы). Почвы характеризуются низкими значениями pH (4,0–5,3), содержание гумуса в верхних минеральных горизонтах невысокое, питательные элементы (N, P, K) и обменные основания (Ca, Mg) за счет биогенного накопления сосредоточены в подстилке. В процессе мониторинга заметных изменений данных показателей в почвах на ППН не выявлено.

В первые годы наблюдений не было отмечено значительного загрязнения почв. Начиная с 2007 г., на ППН, расположенных вблизи карьеров и шихтовального склада, выявлена устойчивая тенденция повышения содержания кислоторастворимых формалюминия, железа, некоторых тяжелых металлов. Так, в 2013 г. на ППН 11 в органогенном горизонте почвы количество валового алюминия и железа по сравнению с фоном (ППН 15) было в 4 раза выше, меди в 24 раза, никеля и кобальта в 3 раза. В 2016 г. на ППН 6 содержание валового Al превышало фоновое в 7 раз, Fe — в 8, Mn — в 4, Pb — в 3, Ni, Cu и Co — в 6 раз. Большее количество тяжелых металлов, алюминия, железа и марганца в органогенных горизонтах по сравнению с минеральными связано с биогенной аккумуляцией этих элементов в результате пылевого загрязнения, особенно на ППН, расположенных вблизи шихтовального склада и карьеров.

Таким образом, по результатам многолетнего мониторинга в зоне влияния СТБР установлено, что аэрогенные загрязнения, прежде всего, влияют на растительность. Особенно чувствительны к загрязнению пылью эпифитные лишайники. Во мхах, формирующих преимущественно напочвенный покров, содержание некоторых металлов (Al, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni) значительно превышало нормальное и предположительно максимальное значения, установленные для растительных образцов. Отмечена положительная корреляция между содержанием этих веществ в растениях и почве, поскольку загрязняющие вещества проникают в осадками в почву, при этом часть их аккумулируется в органогенном слое, где для химических элементов создается биогеохимический барьер. Химические загрязнения опасны тем, что при про-

должительном сохранении внешне благополучного состояния экосистемы происходит изменение растений вследствие генетических нарушений. В конечном итоге это приводит к отрицательным изменениям природных биогеоценозов. Возможно также при длительном воздействии неблагоприятного фактора формирование у растений нового адаптационного механизма, повышающего порог устойчивости к этому фактору.

Литература

Головкин Т. К., Шелякин М. А., Захожий И. Г. и др. 2018. Реакция лишайников на загрязнение среды при добыче бокситовой руды в таежной зоне // Теоретическая и прикладная экология. № 2. С. 44–53. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. 1991. Новосибирск: Наука. 151 с. Красная книга Республики Коми. 2009. Сыктывкар. 792 с. Котова О. Б., Вахрушев А. В. 2011. Бокситы Тимана: минералого-технологические особенности // Вестник Института геологии Коми научного центра УРО РАН. № 3. С. 12–16. Руководство по методам и критериям согласованного отбора проб, оценки мониторинга и анализа влияния загрязнения воздуха на леса. 1998. Гамбург. Трасс Х. Х. 1985. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л. Т. 7. С. 122–137. Lee K. Y., Ho L. Y., Tan K. H. et al. 2017. Environmental and Occupational Health Impact of Bauxite Mining in Malaysia: A Review // International Medical Journal Malaysia. Vol. 16, № 2. P. 137–150. Nieboer E., Richardson D. H. S., Tomassini F. D. 1978. Mineral Uptake and Release by Lichens: An Overview // Bryologist. Vol. 81, № 2. P. 226–246.

МОНИТОРИНГ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА УФЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

А. А. Ревун

Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН, Уфа, Россия, cvetok.79@mail.ru

Озеленение населенных пунктов является одним из важнейших факторов улучшения санитарно-гигиенических, микроклиматических и эстетических условий труда и жизни людей. Зеленые массивы с красивыми цветниками и хорошими газонами позволяют снимать нервное напряжение, в котором находятся жители городов.

К сожалению, в городах Башкортостана (РБ) цветники в озеленении составляют незначительные площади и не отличаются особой красотой. Используются преимущественно однолетние цветочные растения очень ограниченного ассортимента. Многолетние цветочные растения встречаются редко, составляя в общей площади цветников даже в крупных городах — 1–10 %. Однако многолетние цветочные культуры дают возможность создавать цветники с меньшими затратами средств и времени на их содержание [Миранова и др., 2013].

Цветочное оформление городов Башкортостана может быть разнообразным и занимать соответствующие нормы площади. Для этого необходимы научно-обоснованные приемы оформления и содержания цветников, а также перспективный ассортимент цветочных культур для природно-климатических условий региона.

Цветочное оформление в РБ может быть самым разным. Здесь возможны стационарные и временные цветники различных типов.

Стационарные, постоянные в открытом грунте, цветники подразделяются на следующие типы: партеры, клумбы, рабатки, миксбордеры, группы, массивы, каменистые участки (рокарии), альпинарии.

Партеры, клумбы и рабатки — геометрической формы цветники — создаются при регулярной планировке объектов озеленения, а миксбордеры, группы, массивы — при ландшафтной (природной) планировке, характерной для парков, садов и скверов. У общественных зданий, на площадях и улицах целесообразны цветники геометрических форм, которые следует оформлять однолетними цветочными растениями и ежегодно менять рисунок оформления. Этого нельзя сделать с многолетними растениями, т. к. они произрастают на одном месте от 3 до 10 лет.

В садах, парках, скверах и частично на бульварах необходимо широко использовать в оформлении многолетники в чистых или смешанных группах, массивах и в виде солитерных посадок.

В городах разнообразное цветочное оформление территорий у общественных зданий, учреждений, на площадях можно создать путем использования переносных ваз и цветочниц. Этот тип оформления приемлем и необходим на участках с асфальтовым или другим покрытием поверхности, там, где нет открытых земельных пространств или где почвенно-грунтовые условия не позволяют иметь стационарные цветники.

Цветочное оформление является трудоемким и дорогостоящим элементом работ по озеленению объектов. Поэтому при проектировании цветочного оформления необходимо учитывать не только эстетическую эффективность, но и соблюдать определенную экономию средств.

Цветники из однолетников требуют больших затрат на выращивание рассады, посадку и уход. В связи с этим, где это возможно надо производить посев семян цветочных культур сразу в открытый грунт на постоянное место, с последующим разреживанием растений.

В северных районах РБ большинство видов цветочных растений необходимо выращивать через рассаду, высевая семена в теплицах за 2–4 месяца до посадки растений в цветник.

При использовании в оформлении двулетних и многолетних растений следует, прежде всего, подбирать зимостойкие виды, которые не погибнут от морозов под укрытием одного снега. Однако, при выращивании

экзотических растений, происходящих из регионов с мягким климатом, их необходимо укрывать на зиму лапником, торфом, листвой и другими материалами в первые один–два года после посадки.

В природных условиях Башкортостана произрастает большое количество многолетних цветочных растений. Среди них такие ценные, как: пион «Марьян корень», аквилегия, ирис, купальница, лилия, поповник, аконит, гвоздика, ветреница и многие другие [Реут, Миронова, 2012].

Наличие перечисленных видов растений в естественных условиях означает, что их можно успешно использовать в цветочном оформлении городов РБ, так как они зимостойки, морозоустойчивы и не требуют укрытия на зиму. Кроме того, они позволяют создавать цветники непрерывного цветения в течение всего вегетационного периода, с меньшими затратами средств, труда и с большим эффектом.

При выращивании многолетников рассадой семена надо сеять в ящики в феврале — апреле во влажную почву, проморозить на улице в течение 1–1,5 месяцев, а затем растить в теплице также как рассадку однолетников.

В открытый грунт рассадку многолетников можно высаживать одновременно с однолетниками, а при посеве семян в грунт — после доращивания в конце лета. Последний срок посадки в грунт многолетников — первая половина сентября, т. к. до наступления устойчивых холодов растения должны хорошо укорениться на новом месте. Для повышения их морозоустойчивости в почве должно быть достаточное количество фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O). Об этом необходимо побеспокоиться заранее при основной подготовке почвы или внести недостающие элементы с удобрениями при посадке растений.

В большинстве районов Башкортостана семена многолетников цветочных растений можно сеять в открытый грунт и весной, но при этом не все семена могут прорасти в этот год, и возможна их потеря.

В цветочном оформлении городов и других населенных пунктов РБ может быть использовано большое количество многолетних, двулетних и однолетних цветочных растений. Об этом свидетельствуют данные Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уже испытаны и вошли в культуру многие интродуцированные виды многолетних растений, а также представители местной природной флоры. По данным ботанического сада эти растения морозоустойчивы, могут нормально расти, развиваться, цвести, а на отдельных видах образуются семена.

На основании результатов обследований объектов озеленения городов РБ, а также интродукционного изучения декоративной травянистой флоры мира на базе ботанического сада, разработан ассортимент цветочных растений для использования в цветочном оформлении региона. Следует отметить, что кроме дикорастущих форм, описанных в данных рекомендациях, в озеленении могут широко использоваться и их культурные формы (сорта).

Ассортимент включает 336 видов многолетников, 19 — двулетников и 270 — однолетников, пригодных для озеленения городов РБ [Реут и др., 2007].

Цветочное оформление в любой природно-климатической зоне Башкортостана может быть таким же интересным и разнообразным, как и в зонах с более благоприятным климатом. Хорошее знание местных условий, тщательный подбор ассортимента растений и агротехники их выращивания, а также специальные приемы содержания цветников позволят выполнить цветочное оформление на высоком уровне.

Растения различаются по декоративным качествам (габитусу, форме и окраске цветов и листьев), по срокам цветения и по требованиям к условиям произрастания. Благодаря этим характеристикам каждое растение может быть использовано для определенных типов цветочного оформления или для срезки [Миронова и др., 2004].

Цветочные растения по высоте делятся на несколько групп.

Исполинские растения (борщевик, ревень, рудбекия рассеченолистная) достигают высоты 2 м и более. Их используют для маскировки заборов и хозяйственных построек, для создания простых одновидовых групп, в качестве фона для других растений.

Высокорослые растения (золотарник, дельфиниум) высотой от 1 м и более, хороши в массивах, в группах, на втором плане, пригодны для миксбордеров, рабаток и для срезки.

Среднерослые растения (большинство видов) высотой от 0,5 м до 1 м, применяются в большинстве типов цветочного оформления.

Низкорослые растения (незабудка, иберис, первоцвет и др.) высотой 25–50 см, пригодны для создания рисунка в рабатке, партера, вблизи дорог и аллей, для чистых групповых посадок, а отдельные из них — на срез.

Миниатюрные и карликовые растения (алиссум, маргаритка, очиток, ясколка, мускари, крокус и др.), достигающие высоты 10–25 см, хороши для бордюра, для выполнения рисунка в партере, альпинариев, каменистых участков, пригодны в качестве горшечной культуры.

Растения, образующие дернину, подушки (флокс дернистый, очиток и др.) могут быть использованы как заменители газонов.

Целесообразность использования цветочных растений в том или ином типе цветочного оформления определяется как свойствами растений, так и природно-климатической зоной, рельефом и другими условиями месторасположения объекта. При создании сложных композиций (миксбордеров, клумб, партеров) следует учитывать не только высоту, но время цветения, тональность окраски цветов.

По времени цветения растения делятся на 3 группы:
цветущие весной — апрель – первая половина июня;
цветущие летом — вторая половина июня – июль;
цветущие осенью — август – сентябрь.

Тональность окраски цветков принято делить на две группы: теплые тона — красный, оранжевый, желтый; холодные тона — фиолетовый, синий, голубой.

Цветки растений теплой и холодной гаммы могут иметь множество оттенков, а также быть переходной окраски, например, красные тона с добавлением синего или фиолетового уже воспринимаются как холодные тона.

Растения с цветками теплых, ярких тонов воспринимаются с большого расстояния, они хорошо видны при лунном и искусственном вечернем освещении, придают цветнику своеобразную объемность и могут располагаться на заднем плане.

Растения с цветками холодных тонов плохо воспринимаются в пасмурную погоду и при искусственном освещении. Их необходимо располагать всегда вблизи зрителя, иначе они «теряются», сливаясь с далью.

Белый цвет — принято считать нейтральным. Он хорошо виден издали, в ночное время и при искусственном освещении. Растения с белыми цветками позволяют сделать цветник более эффектным и нарядным, т. к. в сочетании с ними зрительно усиливается или осветляется окраска других цветков.

При создании цветников следует учитывать все качества цветочных растений. Необходимо помнить, что для клумб, рабаток, партеров и цветочниц, имеющих четкий контур и рисунок, как правило, пригодны однолетние культуры.

Многолетние цветочные растения предпочтительны в свободной (природной) планировке оформления (группы, миксбордеры, массивы, солитерные посадки). Из них возможно создавать цветники «непрерывного цветения», т. е. дающие красочный эффект в течение всего вегетационного периода.

Использование многолетних цветочных культур в оформлении городов позволяет уменьшить затраты средств и времени на их строительство и уход (они произрастают на одном месте от 3 до 10 лет и уход за ними проще). Экономия средств при использовании многолетников по сравнению с летниками на 1 га может составлять несколько тысяч рублей в зависимости от вида культур и сроков выращивания на одном месте.

В зонах со сложными природно-климатическими условиями, из-за трудностей с посадочным материалом, не следует стремиться к большим по площади цветникам. Их лучше заменить относительно небольшими цветочными фрагментами на зеленом фоне газона. Даже узкая полоса газона (шириной 30–50 см), расположенная между ограждениями и цветочным полем, значительно повысит эстетический эффект цветника. Кроме того, этот прием препятствует смыву земли с цветника и загрязнению прилегающей территории, что также влияет на качество цветочного оформления.

Не менее красиво на фоне газона будут выглядеть свободные группы из одних многолетников или в сочетании их с однолетними культурами. Используя разные виды растений, можно создавать цветники непрерывного цветения.

В партерных цветниках, при создании сложных композиций, наряду с растениями могут быть использованы инертные материалы (песок, керамзит, стекольный и фарфоровый бой, кирпичная крошка и т. п.). Сложные орнаменты — арабески — могут быть выполнены на фоне газона из одних инертных материалов.

В настоящее время в цветочном оформлении широко используются различные типы цветочниц, которые изготавливают из железобетона, дерева, керамики, металла, пластмасс и др. материалов. Разнообразие форм и конструктивных решений делает их применение практически неограниченным в любом регионе.

Сгруппировав несколько однотипных цветочниц вместе, можно составить партер или своеобразный модульный сад. Высаживая растения в пластиковые емкости, которые затем помещаются в железобетонные, деревянные или керамические вазы, можно несколько раз в сезоне проводить замену культур.

При выращивании рассады цветов целесообразно пикировать всходы сразу в пластмассовые емкости, в которых растения в нужный срок будут помещены в цветочницы.

Контейнеры с теплолюбивыми растениями могут выставляться из теплиц с целью оформления города. Этот прием позволяет создавать временную экспозицию по случаю праздников, торжественных дат.

Цветочницы могут быть с дном или без дна и устанавливаться на площадях с твердым покрытием или на газонах.

Весьма популярным приемом является строительство стационарных цветочниц. Их размер и форма могут быть самыми разнообразными и определяются обычно архитектурно-планировочным замыслом. Конструктивные особенности позволяют использовать стационарные цветочницы (цветники) практически во всех климатических зонах. В цветочницах могут выращиваться однолетние и многолетние растения.

Интересные возможности открывает использование горшечных декоративно-лиственных культур в открытом грунте. Наряду с использованием их в цветниках вместе с однолетними растениями можно создавать композиции из одних горшечных, размещая емкости с растениями среди камней или коряг. Растения

в горшках могут быть прикопаны в цветочницы или контейнеры, заполненные песком, торфом, керамзитом и т. п.

Интересным элементом цветочного оформления могут стать пни и стволы погибших деревьев, бревна и всевозможные коряги. Для этого в них выдалбливают полости или вычищают имеющиеся дупла, дезинфицируют и заполняют почвенным субстратом, в который затем высаживают растения. Основание пней и коряг декорируют небольшими группами невысоких растений. Для посадки пригодны растения, имеющие неглубокую корневую систему (лобелия, алиссум, агератум, настурция, гипсофила, герань, вербена, бегония, бадан, хоста и др.).

Большой интерес для практического использования представляет такой вид озеленения, как «каменистый сад». Не обладая строгостью клумб, он отличается изяществом и естественностью. Особенностью каменистого сада является то, что на небольшой площади может быть размещено значительное количество разных видов цветущих растений.

Приемы, приведенные в качестве примеров, позволят создать красивый цветочный наряд в городах, расположенных в районах со сложными природно-климатическими условиями, значительно обогатив и украсив их облик.

Литература

Миронова Л. Н., Реут А. А., Шипаева Г. В. 2013. Ассортимент декоративных травянистых растений для озеленения населенных пунктов Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, Башк. энцикл. 92 с. Миронова Л. Н., Воронцова А. А., Тухватуллина Л. А. 2004. Пионы. Руководство по выращиванию и размножению. Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ. 25 с. Реут А. А., Миронова Л. Н. 2012. Пионы. Биология и размножение. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 201 с. Реут А. А., Миронова Л. Н., Мингажева А. М. 2007. Каменистые горки. Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ. 36 с.

СУКЦЕССИЯ МИКРОМИЦЕТОВ ЧЕРНОЗЕМА ЗАПОВЕДНИКА «СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ» ПОД ВЛИЯНИЕМ МНОГОЛЕТНЕЙ АГРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

И. Д. Свистова¹, Л. Д. Стахурлова²

¹ Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Россия

² Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

i.d.svistova@mail.ru

Для ранней диагностики процессов, происходящих при вовлечении целинного чернозема в сельскохозяйственное использование, предпочтительно использовать показатели биологической активности почвы [Звягинцев и др., 2004; Стахурлова и др., 2007].

В работах по биоиндикации антропогенного воздействия на почвы важно выбрать контрольный вариант опыта. Во многих мониторинговых работах в качестве регионального фона используют эталонные почвы особо охраняемых природных территорий.

Уникальным объектом является государственный биосферный заповедник «Стрелецкая степь» им. В. В. Алехина, расположенный в юго-западной части Среднерусской возвышенности в бассейне р. Сейм, в 20 км от г. Курска. Здесь находятся залежные участки разнотравно-злаковой степи с черноземом типичным, которые с середины 17 века не распахиваются. В 1946 г. на территории заповедника заложен стационарный опыт по различным способам использования почвы.

Целью работы был выбор информативных параметров для микробиоиндикации чернозема типичного заповедника «Стрелецкая степь» под влиянием 70-летней агрогенной нагрузки. Объект исследования: чернозем типичный среднегумусный мощный тяжелосуглинистый на карбонатном суглинке. Варианты опыта: залежь некосимая с разнотравно-злаковой растительной ассоциацией (контроль), многолетний чистый пар и зерно-паро-пропашной севооборот (под озимой пшеницей). Пробы почвы отбирали в середине вегетации, анализировали смешанную пробу из пахотного слоя. Численность групп микроорганизмов определяли методом посева почвы на питательные среды. Таксономическую структуру микробного сообщества рассчитывали по отношению численности микромицетов на среде Чапека и бактерий-аммонификаторов на среде бобово-пептонный агар.

Видовую структуру микробного сообщества почвы изучали на примере комплекса микромицетов. Изоляты грибов идентифицировали по соответствующим определителям, типичными считали виды с частотой встречаемости выше 30 %. Рассчитывали показатели α - и β -разнообразия комплекса [Звягинцев и др., 2004].

Численность групп микроорганизмов и показатели таксономической структуры микробного сообщества залежного чернозема типичного (контроль) биосферного заповедника «Стрелецкая степь» (табл. 1) в целом соответствовали данным по черноземам других особо охраняемых природных территорий [Стахурлова и др., 2007; Свистова и др., 2016].

Распашка залежи и многолетнее поддержание почвы под чистым паром ведет к росту численности и доли в микробном сообществе микромицетов, что указывает на усиление споруляции почвенных грибов в условиях голодания. В варианте севооборота доля мицелиальных форм в составе микробного сообщества почвы менялась незначительно по сравнению с контролем.

Таблица 1

Таксономическая структура микробного сообщества чернозема типичного в вариантах опыта

Численность, млн КОЕ/г	Целина		Пар		Севооборот	
	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см
Бактерии-аммонификаторы	12,4	13,2	3,2*	7,7*	21,0*	23,0*
Микромицеты × 10 ³	14,2	11,8	29,3*	24,8*	13,3	16,3
[Грибы] × 10 ³ / [Бактерии]	1,2	0,9	9,2	3,2	0,6	0,7

Примечание: * P_{0,05} с контролем.

Всего из чернозема типичного Стрелецкой степи нами были выделены 35 видов микромицетов, из них из классов *Zygomycetes* и *Ascomycetes* — по 1 виду, остальные относились к классу *Deuteromycetes*, преобладали представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Состав комплекса микромицетов отражает специфику экосистем (табл. 2).

Таблица 2

Плотность основных родов почвенных микромицетов в вариантах опыта

Вариант опыта	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Zygomycetes</i>	Случайные виды
Целина	17	25	3	33
Бессменный чистый пар	68	23	1	8
Севооборот (озимая пшеница)	23	38	10	23

Для целины и пашни в севообороте характерны высокие показатели видового разнообразия комплекса микромицетов (табл. 3). В черноземе типичном природной экосистемы доля случайных видов составляла 22 %, а их суммарная плотность 33 %. В севообороте показатели видового богатства комплекса микромицетов чернозема отличались незначительно, а индекс видового разнообразия Шеннона даже несколько возрос. Комплекс достаточно выравнен, доминирование выражено слабо, показатели α -разнообразия свидетельствуют о высокой стабильности комплекса почвенных грибов. В то же время показатель β -разнообразия коэффициент сходства Серенсена свидетельствует об изменении видовой структуры комплекса микромицетов чернозема под влиянием разных видов агрогенной нагрузки.

Таблица 3

Показатели биоразнообразия комплекса микромицетов в вариантах опыта

Показатели	Целина	Пар	Севооборот
Видовое богатство	23	18	22
Из них типичных видов	18	9	19
Плотность типичных видов, %	67	92	77
Индекс разнообразия Шеннона	3,89	2,31	4,09
Индекс доминирования Симпсона	0,08	0,23	0,09
Коэффициент сходства Серенсена	1,00	0,56	0,73
	–	1,00	0,44

В почве многолетнего бессменного чистого пара видовое богатство микромицетов заметно снижалось. Доля случайных видов составляла 50 %, а их суммарная плотность всего 8 %. Такое резкое снижение плотности случайных видов грибов называют «концентрацией доминирования» комплекса, что подтверждается низким индексом выравненности и высоким индексом доминирования нескольких видов — экологическим следствием этого является снижение устойчивости комплекса почвенных грибов. Значения коэффициента Серенсена свидетельствуют о средней степени сходства видовой структуры комплекса микромицетов многолетнего пара, как с контролем, так и с вариантом севооборота, что указывает на зависимость хода грибной сукцессии в почве от типа агроэкосистемы.

Для понимания экологической направленности сукцессии микромицетов при разных видах агрогенной нагрузки нами были выделены две группы видов. Чувствительными считали виды грибов, которые полностью исчезали, переходили в ранг случайных или снижали плотность при определенных видах использования почвы по сравнению с контролем (табл. 4).

Биодинамика микромицетов целинного чернозема в вариантах опыта.
Жирным шрифтом выделены токсигенные виды грибов

Показатели	Многолетний пар	Севооборот
Чувствительные виды	<i>Aspergillus wentii</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Paecilomyces lilacinum</i>	
	<i>A. ustus</i> , <i>Mucor hiemalis</i> <i>Penicillium funiculosum</i> , <i>P. rubrum</i> <i>Stachybotrys chartarum</i> <i>Sporotrichum pulverulentum</i> <i>Fusarium solani</i> , <i>Alternaria alternata</i>	<i>Candidus</i> <i>Acremonium alternatum</i>
Индикаторные виды	<i>A. candidus</i> , <i>Acr. alternatum</i> , <i>P. tardum</i> , <i>P. simplicissimus</i>	<i>P. daleae</i> , <i>P. funiculosum</i> <i>P. rubrum</i> , <i>P. purpurogenum</i> <i>A. clavatus</i> , <i>Fusarium solani</i> <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Alternaria alternata</i>

Общей закономерностью является тот факт, что распашка целинного чернозема типичного привела к резкому снижению в агроэкосистемах ранга стенофильных для зоны степей олиготрофных ксерофильных видов грибов (*Paecilomyces lilacinum*, *Aspergillus terreus*, *Sporotrichum pulverulentum*).

В почве без растений, кроме того, снижается ранг или полностью исчезают виды грибов-гидролитиков, разлагающие растительные остатки (*Mucor hiemalis*, *Stachybotrys chartarum*, *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus ustus*), а также грибов-фитопатогенов (*Fusarium solani*, *Alternaria alternata*).

Индикаторными на агрогенную нагрузку считали виды, которые переходили из ранга случайных в типичные, или повышали плотность по сравнению с целиной (табл. 4).

Для разных видов агрогенной нагрузки индикаторными оказались виды с различными экологическими стратегиями. В почве многолетнего чистого пара заметно возрастает доля олиготрофных видов (*Aspergillus candidus*, *Acremonium alternatum*, *Penicillium tardum*, *P. simplicissimus*).

В почве севооборота под пшеницей возрастает ранг целлюлолитических грибов (*Penicillium daleae*, *P. funiculosum*, *P. rubrum*, *P. purpurogenum*, *Aspergillus clavatus*, *Trichoderma harzianum*), копиотрофов и фитопатогенов, вызывающих болезни злаков. Многие индикаторные виды для этого варианта опыта синтезируют микотоксины, что хорошо коррелирует с обнаруженным ранее ростом фитотоксической активности почвы.

Представляет интерес оценить наблюдаемые изменения микробного сообщества чернозема согласно предлагаемой градации «адаптивных зон. Сукцессия микромицетов в варианте севооборота соответствует переходу микробного сообщества почвы в адаптивную зону «стресса» — перегруппировка типичных видов по частотам встречаемости, такие изменения обратимы и могут регулироваться агротехническими приемами. Биодинамика на бессменном пару соответствует критериям перехода микробного сообщества почвы в адаптивную зону «резистентности» — смена видового состава сообщества.

Таким образом, продемонстрировано, что направленность сукцессии микромицетов залежного чернозема типичного при введении в сельскохозяйственное производство определяется способом его использования (распашка, вид агрофитоценоза). Показано, что видовой состав и показатели биоразнообразия комплекса микромицетов могут использоваться в качестве параметров биоиндикации черноземов в агроэкосистемах. Выявлены индикаторные виды грибов для чернозема типичного заповедника «Стрелецкая степь» с разными видами агрогенной нагрузки.

Литература

- Зягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. 2004. Биология почв. М.: Академия. 248 с. Свистова И. Д., Назаренко Н. Н. 2016. Почвенные микромицеты Ботанического сада им. Б. А. Келлера Воронежского госагроуниверситета // Современная микология в России: материалы 4-го Съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии. Т. 6. С. 272–274. Свистова И. Д., Стахурлова Л. Д., Каменев В. С. 2017. Адаптивные зоны реакции микробного сообщества целинного чернозема на агрогенную нагрузку // Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов. Воронеж. Вып. 19. С. 165–170. Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д., Щеглов Д. И. 2007. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах // Почвоведение. № 6. С. 769–774. Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д. 2017. Биологическая активность черноземов Каменной степи // Черноземы центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. Воронеж: ВГУ. С. 302–306.

РЕДКИЕ РАСТЕНИЯ В МЕСТАХ ОБИТАНИЯ СУРКА (*MARMOTA VOBAC*) В СЕЧЕНОВСКОМ РАЙОНЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Б. Силаева, А. А. Шкулёв

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия
tbsilaeva@yandex.ru

Степной сурок, или байбак — *Marmota bobak* Müll. принадлежит к семейству беличьих — *Sciuridae*, отряд грызуны — *Rodentia*. Это самый крупный представитель семейства: длина тела до 60 см, масса до 10 кг. Хвост короткий, 11–14 см. Тело вальковатое, покрыто сравнительно плотным однотонно песчано-желтым покровом. Ведет семейно-колониальный образ жизни. Образует крупные колонии. Активен в светлое время суток. Завидев опасность, сурок издает мелодичный свист. В выводках по 2–4, изредка до 8 сурчат. Половозрелыми особи становятся преимущественно на третий год. Выходя утром из нор, зверек умывает мордочку, повернувшись на восток, как бы совершая намаз, за что его почитают мусульмане. Кормовая специализация заключается в избирательном поедании сочных частей растения, которые находятся на начальных стадиях роста и развития. За нажировочный день сурок может поедать до 1,5 кг растительных кормов. Сурок зимой уходит в спячку, поэтому в убежищах нуждается на протяжении всей жизни. Рытье нор зверьками обуславливает своеобразный зоогенный микрорельеф, который в лесостепных и степных биоценозах увеличивает микрокомплексность почвенного и растительного покровов, а также группировок животных [Машкин, 1997; Леонтьева и др., 2017].

В недавнем прошлом сурки в степях были массовыми животными. В Европе обычным был степной сурок. Однако часто сплошная распашка степей коренным образом изменила среду обитания степных сурков и оттеснила их на залежи, остатки целины и неудобья. На оставшихся ограниченных площадях байбак подвергался стихийному промыслу и к началу XX столетия был почти истреблен на территории Украины и России [Машкин, 1997; 2015].

В северной части Приволжского федерального округа (ПФО) естественные реликтовые поселения сохранились только в Чувашии, где в 1961 г. насчитывалось не более 20 особей. В дальнейшем здесь была произведена реaclиматизация сурка. Они были выпущены на территории Нижегородской и Кировской областей, в республиках Чувашия, Мордовия и Марий Эл. В южной части ПФО естественные поселения степного сурка сохранились в южных районах Ульяновской области и северных районах Саратовской области. Для увеличения численности популяций и восстановления ареала проведена реaclиматизация в Ульяновской, Саратовской, Пензенской и Самарской областях [Машкин, 1997].

Многолетние исследования флоры и растительности в Нижегородской, Пензенской, Ульяновской областях, республиках Мордовия и Чувашия [Силаева, 2006; Письмаркина и др., 2011] показали, что в местах обитания сурков произрастают многие редкие растения. Летом 2018 г. нами проведены специальные исследования флоры на степных склонах с колониями степного сурка близ с. Болтинка Сеченовского района Нижегородской области. Вероятно, что сурки переселились сюда из соседнего Краснооктябрьского района, на территории которого известны многие и многочисленные колонии [Леонтьева и др., 2017].

Сеченовский район расположен на самом юго-востоке Нижегородской области. Он граничит на юге с Большеигнатовским и Ардатовским районами Республики Мордовия и Порецким районом Чувашской Республики. Административный центр — село Сеченово. В составе 7 сельских администраций и 53 населенных пункта. Площадь района 1 013 км². Лесистость Сеченовского района составляет лишь 2 % к общей площади. Распаханность района составляет 67 % площади. Почвы в районе в основном черноземы оподзоленные и выщелоченные. Сеченовский район всегда был и остается сельскохозяйственным районом. На его землях сельским хозяйством занимаются 18 сельскохозяйственных предприятий. Сеченовский район является узлом шоссейных дорог, так как граничит с республиками Мордовия и Чувашия. Через район проходят автомобильные дороги на города Нижний Новгород, Сергач, Ульяновск, Тольяти, Шумерля. Территория района находится в пределах бассейна реки Суры (правобережный приток Волги). Кроме Суры по территории района протекают Медяна, Киша, Медянка, Пьяна, Сум.

Во втором издании Красной книги Нижегородской области для Сеченовского района приводится 30 видов сосудистых растений из 23 родов и 16 семейств. В их числе 2 вида, включенных в Красную книгу Российской Федерации (2008): касатик безлистный (*Iris aphylla* L.), ковыль перистый (*Stipa penniflora* L.) и 2 вида, входят в список редких видов Европы: ленец бесприцветничковый (*Thesium ebracteatum*) и касатик безлистный (*Iris aphylla*) [Красная книга..., 2017].

В окрестностях с. Болтинка на территории склонов с местами обитания степного сурка нами зарегистрировано 102 вида сосудистых растений, в том числе 10 видов региональной Красной книги. Приводим их список:

Ветреница лесная — *Anemone sylvestris* L.

Колокольчик сибирский — *Campanula sibirica* L.

Козелец пурпуровый — *Scorzonera purpurea* L.

Крестовник Швецова — *Senecio schvetzovii* Korsh.

Наголоватка Ледебура — *Jurinea ledebourii* Bunge
Польнь широколистная — *Artemisia latifolia* Ledeb.
Коровяк фиолетовый — *Verbascum phoeniceum* L.
Тимьян Маршала — *Thymus marschallianus* Willd.
Чистец прямой — *Stachys recta* L.
Ковыль волосатик — *Stipa capillata* L.

Выявлены также виды растений из Приложения № 2 Красной книги Нижегородской области (список видов (подвидов, популяций), нуждающихся в особом контроле за их состоянием в природной среде на территории Нижегородской области):

Клубнекамыш приморский — *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla
Стальник полевой — *Ononis arvensis* L.
Остролодочник волосистый — *Oxytropis pilosa* (L.) DC.
Молочай тонкий — *Euphorbia subtilis* Prokh.
Горечавка крестовидная, или Соколий перелет — *Gentiana cruciata* L.
Вероника простертая — *Veronica prostrata* L.
Астра ромашковая — *Aster amellus* L.
Одуванчик бессарабский — *Taraxacum bessarabicum* (Hornem.) Hand.-Mazz.

Колония сурка расположена на степных склонах южной и юго-западной экспозиций, занятых тырсовой степью с доминированием ковыля волосатика (*Stipa capillata* L.) на большей части с проективным покрытием около 100 % и высотой травостоя более 50–60 см. Здесь нет никаких свидетельств выпаса скота. Эти фрагменты склонов, видимо, из-за отсутствия обзора местности для зверьков малопригодны для строительства жилищ. Норы сурков расположены на бортах крутых оврагов, где растительный покров разрежен. Только близ нор растения съедены, заметны тропинки (рис.).



Сурки на территории Сеченовского района Нижегородской области (фото авторов)

Приведенные списки растений, как и все материалы, весьма предварительны, в том числе из-за поздних сроков наблюдений (вторая половина августа). Однако они могут быть полезны в мероприятиях по ведению региональной Красной книги.

Литература

Красная книга Нижегородской области. 2017. Т. 2: Сосудистые растения, моховидные, водоросли, лишайники, грибы. Калининград: Издательский дом РОСТ-ДООАФК. 304 с. Леонтьева М. Н., Морозова Н. М., Парамонов Г. В. 2014. Степной сурок (байбак) — *Marmota bobac* Müll. // Красная книга Нижегородской области. Т. 1. Животные. Н. Новгород: ДЕКОМ. С. 57–59. Машкин В. И. 1997. Размещение и ресурсы. Европейский байбак: экология, сохранение и использование. Киров: Обл. тип. С. 10–18. Машкин В. И. 2015. Прошлое, настоящее и будущее сурков России // Прошлое, настоящее и будущее сурков Евразии: сб. науч. тр. М.: АБФ Медиа. С. 13–27. Письмаркина Е. В., Ивашина А. А., Варгот Е. В., Ханугин А. А. 2011. Флористические материалы для ведения Красной книги Нижегородской области за 2010 г. // Вестник Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. № 2 (2). С. 103–106. Силаева Т. Б. 2006. Флора бассейна реки Суры (современное состояние, антропогенная трансформация и вопросы охраны): дис. ... д-ра биол. наук. М., 2006. 907 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЭКОСИСТЕМ

Л. Г. Смирнова, И. Ю. Загайнова, А. К. Смирнов

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, *smirnova_lg@mail.ru*

С каждым годом проблема загрязнения окружающей среды нитратами становится все актуальнее. При обработке растений не малая доля азотных удобрений, попадая в почву, вымывается из нее, так как они хорошо растворяется в воде. Нитраты натрия, калия, кальция, аммония с почвенными и поверхностными стоками поступают в водоемы. Это является главной причиной загрязнения биогенными элементами водных объектов. Даже при низких концентрациях азотных удобрений в грунтовых водах они могут аккумулироваться в значительных количествах в водоемах. Таким образом, нитраты попадают в результате естественных процессов на стол к человеку в воде и пище и могут вызывать острые отравления. Но в небольших количествах они абсолютно не опасны для человека, однако имеют свойство накапливаться в организме, восстанавливаясь до нитритов, что может привести к заболеваниям желудочно-кишечного тракта.

Поэтому так актуальны работы, связанные с процессом снижения содержания нитратов и нитритов в биосистемах. Одним из методов очистки воды является применение синтетических сорбентов.

Целью данной работы было изучение процессов сорбции нитрат- и нитрит-ионов на анионитах АВ-17-8, АН-2-ФН, АН-1, АН-31, ЭДЭ-10П и определение поглотительной способности данных сорбентов, определение тепловых эффектов сорбционных процессов в системах «раствор-анионит», расчет термодинамических параметров систем (энтальпии, энергии Гиббса).

Подготовка анионитов и переводение их в OH^- форму проводилась по ГОСТовской методике.

Изучение процессов сорбции NO_3^- и NO_2^- ионов на синтетических смолах проводились в диапазоне концентраций 0,1–1 моль/л.

При определении нитрат — ионов использовались две методики: ГОСТовский метод фотометрического анализа с применением салициловокислого натрия и с использованием ионселективного электрода марки ЭЛИС-121 NO_3 . Нитрит-ионы определяли с реактивом Грисса.

На основе полученных данных были построены графики зависимости сорбционной емкости от времени для каждого анионита в течение 48 часов и определена максимальная поглотительная способность. Данные представлены на рисунках 1–5.

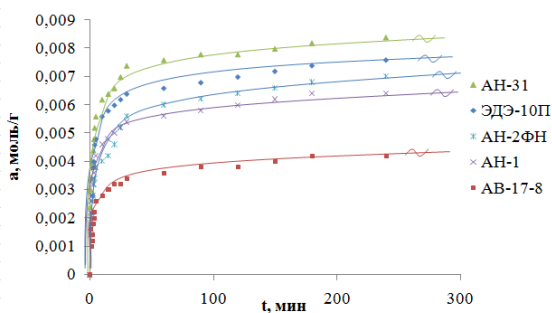


Рис. 1. Изотерма сорбции NO_3^- ионов с применением салициловокислого натрия

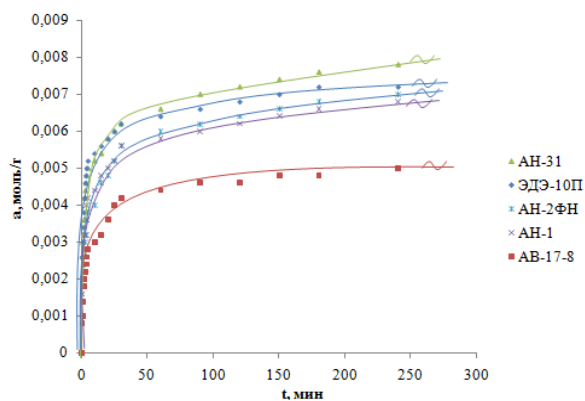


Рис. 2. Изотерма сорбции NO_3^- ионов на ионселективном электроде

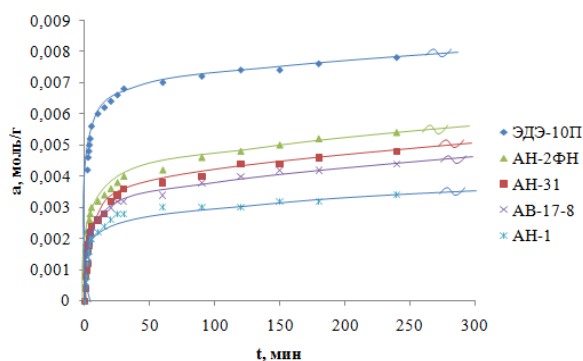


Рис. 3. Изотерма сорбции NO_2^- ионов с применением реактива Грисса

Значения поглотительной способности нитрат- и нитрит-ионов

Методики определения ионов в растворе	a_{\max} , моль/г				
	ЭДЭ-10П	АН-2ФН	АВ-17-8	АН-1	АН-31
NO_3^- ($\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$)	0,0085	0,0085	0,0040	0,0042	0,0095
NO_3^- (ионселективный электрод)	0,0076	0,0070	0,0050	0,0068	0,0078
NO_2^- (реактив Грисса)	0,0080	0,0054	0,0044	0,0031	0,0050

Как видно из приведенных зависимостей слабоосновный анионит АН-31 обладает наибольшей поглотительной способностью по отношению к NO_3^- -ионам, сильноосновный сорбент АВ-17-8 обладает наименьшей. Слабоосновный анионит ЭДЭ-10П обладает наибольшей сорбционной емкостью по отношению к NO_2^- -ионам, слабоосновный сорбент АН-31, соответственно, обладает наименьшей.

В настоящее время не существует единой теории описывающей процессы сорбции. Чаще всего для описания экспериментальных данных изотерм применяют модель сорбции Ленгмюра.

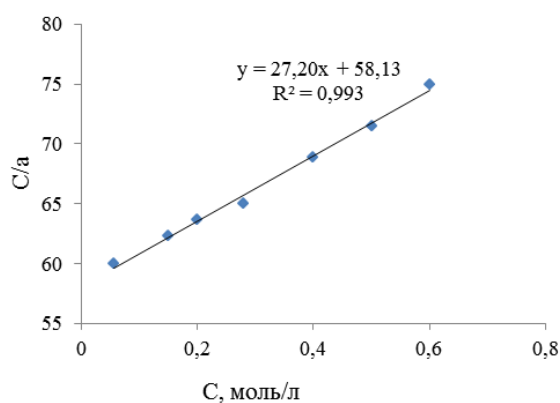


Рис. 4. Изотермы сорбции нитрат-ионов в координатах уравнения Ленгмюра для анионита ЭДЭ-10П

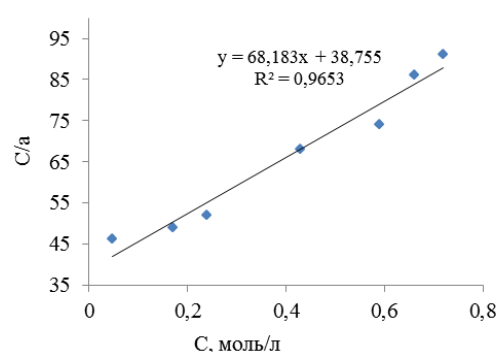


Рис. 5. Изотермы сорбции нитрат-ионов в координатах уравнения Ленгмюра для анионита АН-31

Полученные функции изотерм помогают рассчитать константы адсорбции, которые были использованы для определения энергии Гиббса (ΔG).

Таблица 2

Значения констант адсорбции (К) и свободной энергии Гиббса адсорбции нитрат-ионов

Анионит	Уравнение Ленгмюра	К	ΔG , Дж/моль
ЭДЭ-10П	$y = 27,20x + 58,13$	1,146	-333,789
АВ-17-8	$y = 50,83x + 69,69$	1,024	-60,0258
АН-2ФН	$y = 79,69x + 54,09$	1,473	-943,938
АН-1	$y = 103,4x + 47,80$	2,163	-1 879,57
АН-31	$y = 68,18x + 38,75$	1,759	-1 376,39

Все значения имеют отрицательный знак энергии Гиббса, что свидетельствует о самопроизвольности протекания процессов и термодинамической устойчивости исследуемых систем, наименьшим значением обладает анионит АН-1, а наибольшим АВ-17-8.

Наличие в системе «сорбат – сорбент» экзотермических и эндотермических эффектов играет важную роль при исследовании биосистем. С целью определения энтальпии (ΔH) адсорбции были проведены калориметрические исследования, сущность которых заключалась в определении изменения температуры непосредственно в процессе взаимодействия иона с сорбентом.

Для расчетов значений энергии сорбционного процесса были построены зависимости (рис. 6–7).

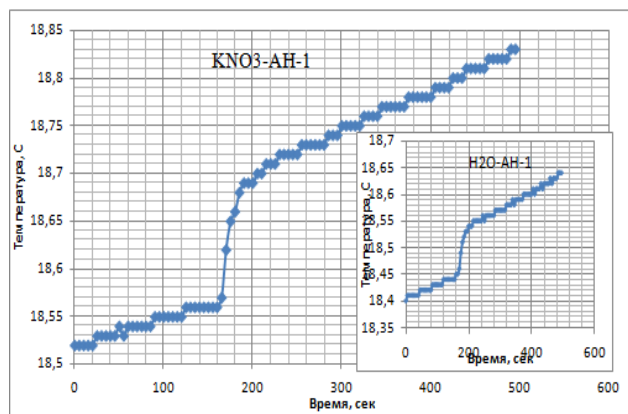


Рис. 6. Зависимость температуры системы раствор NO_3^- ($C = 0,5\text{M}$) анионит АН-1 в процессе сорбции

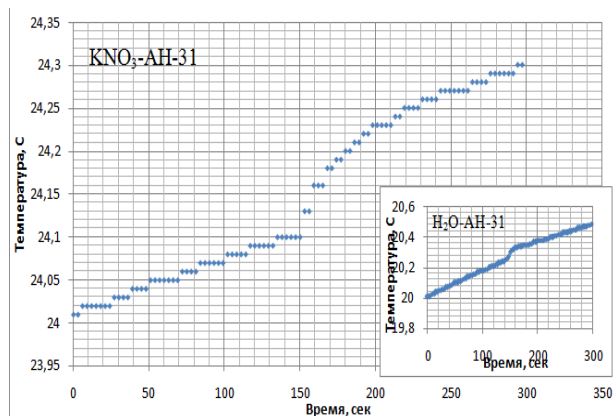


Рис. 7. Зависимость температуры системы раствор NO_3^- ($C = 0,5\text{M}$) анионит АН-31 в процессе сорбции

Как видно из представленных графиков, процесс взаимодействия всех сорбентов с нитрат- и нитрит-ионами сопровождается повышением температуры, то есть процесс адсорбции является экзотермическим. Следовательно, можно предположить, что адсорбция является физическим процессом.

Таким образом были изучены процессы сорбции NO_3^- и NO_2^- -ионов на синтетических сорбентах, которые можно использовать для снижения нитрат- и нитрит-ионов в биосистемах.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ ЛЕСОСТЕПИ И СТЕПИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

С. А. Соловьев¹, И. А. Швидко², Ф. С. Соловьев³

¹ Омский научный центр СО РАН, Омск, Россия

² БУ Омской области ООПТ природный парк «Птичья гавань», Омск, Россия

³ ОмГУ им. Ф. М. Достоевского, Омск, Россия

solov_sa@mail.ru

Изучение биоразнообразия и развитие методов его сохранения — одна из основных проблем биологических наук и природоохранной деятельности. Инвентаризация биотических компонентов экосистем и определение структурных особенностей природных биомов остаются фундаментальными направлениями современных экологических и биогеографических исследований. При этом анализируют фаунистические списки и соотношения видов по численности, биомассе или другим параметрам [Чернов, 1991; Соколов, Решетников, 1997]. Птицы представляют собой прекрасный объект зоогеографических исследований: от выявления зоогеографических областей земного шара в 1857 г. Ф. Склетером до работ по решению задач факторной зоогеографии. Слежение за состоянием животного мира определяется и необходимостью его инвентаризации и продолжения работ над Красными книгами РФ и ее субъектов. Это научный и гражданский долг зоологов, юридически закрепленный в ряде документов по охране и рациональному использованию животного мира России. Характеристики обилия и оценка антропогенного воздействия на птиц необходимы для выработки научных рекомендаций по их охране и для развития природоохранной орнитологии в России [Сыроечковский мл., 2006]. Основные территориальные изменения в орнитокомплексах сопряжены с таковыми в сообществах высших растений и беспозвоночных животных. Это позволяет использовать результаты изучения пространственно-временной организации населения птиц для исследования и сохранения экосистем в целом, и в частности для анализа сопоставления с исследованиями сообществ других групп животных или растений.

Учеты птиц проводили, как правило, без ограничения ширины трансекта, с последующим пересчетом на площадь по дальностям обнаружения интервальным методом [Равкин, 1967]. Обоснование этой методики, техника проведения учетов и обработка данных в последнее время вновь детально изложена в работах Ю. С. Равкина с соавторами (1999; 2006), а также С. Г. Ливанова и Ю. С. Равкина (2001). Для птиц, отмеченных летящими, внесены поправки на среднюю скорость их перемещения [Равкин, Доброхотов, 1963]. Наименьшей единицей рассмотрения принято население птиц ландшафтного урочища, выделяемого типологически, в среднем за I и II половины лета или зиму. В застроенной части городов и в парках были заложены постоянные маршруты, в остальных местообитаниях маршруты были постоянными, но не строго фиксированными. На реках птиц подсчитывали с гребных лодок, на 10 км береговой линии за каждую половину месяца. На открытых лесостепных озерах птиц учитывали во время одноразового прохода по берегу, и пересчитывали на заранее вычисленную площадь озера — также каждую половину

месяца. Во всех группах местообитаний учеты проводились зимой — в январе, феврале, и летом — с 16 мая по 31 августа. В выделенных местообитаниях с учетом проходили по 5 км за каждые две недели наблюдений. Данные учетов по половинам месяца усредняли за первую и вторую половину лета соответственно с 16 мая по 15 июля и после — до конца августа. Редких птиц, не попавших в основной учет, учитывали дополнительно во время переходов к месту учета и обратно, а также при посещении этих местообитаний во внеучетное время.

При описании распределения видов принята шкала балльных оценок обилия птиц, предложенная А. П. Кузьякиным (1962). Доминантами по обилию, биомассе, энергетике принято считать виды, участие которых в населении по суммарным показателям составляет 10 % и более. Лидерами считаются первые несколько видов обладающих наибольшими показателями по тем или иным характеристикам. Виды считаются фоновыми, если показатели их обилия равны 1 и более особей на 1 км². Для расчета биомассы населения (сумма сырой массы всех птиц на 1 км²), принадлежности к трофическим группам и ярусного распределения птиц использованы сведения из книг «Птицы Советского Союза» (1951–1954), «Птицы СССР» (1982; 1987; 1988), «Птицы России и сопредельных территорий» (1993), «Птицы Казахстана» (1960–1974), справочника «Определение пола и возраста воробьиных птиц фауны СССР» (1976) и ряда региональных монографий. Расчеты количества энергии, трансформируемой птицами, выполнены по формулам зависимости метаболизма от массы тела и окружающей температуры [Гаврилов, 1977].

При описании населения птиц использованы названия типов ярусного распределения птиц, описанные Ю. С. Равкиным и И. В. Лукьяновой (1976). Лесным типом считают такое распределение птиц по ярусам, когда наибольшая их часть кормится на деревьях, в основном в кронах, а так же и на стволах. При лесополевом распределении примерно 65 % птиц кормится на земле, а доля кронников колеблется в пределах 30–40 %. Полевой тип распределения, при котором не менее 70 % птиц собирает корм на земле, впервые отмечен в лесостепи Средней Сибири [Жуков, 2006]. Лесолуговым считается тип распределения, если около 50 % птиц питается на земле и примерно 40 % в кустарниках. Если около 70 % птиц кормится в кустах и примерно по 15 % на воде и земле, распределение считается низинно-болотным; если на земле собирают корм около 60 % птиц и 30 % в воде болотно-луговым.

Название типов фауны даются по Б. К. Штегману (1938). Видовые названия птиц приводятся по Л. С. Степаняну (2003). Обработка материалов и все основные расчеты проведены с использованием программ лаборатории зоологического мониторинга Института систематики и экологии животных (ИСиЭЖ СО РАН, Новосибирск).

Для анализа зоогеографической специфичности таксонов провинций исследуемого региона нами использован коэффициент общности фаун, предложенный В. С. Жуковым (2006).

$$K_j = C \times 100 \% / A + B - C,$$

где C — число общих видов в двух списках; A — число видов в первом списке; B — число видов во втором списке.

При классификации орнитокомплексов по сходству типологический подход, используемый в нашем исследовании, обеспечивает наибольшую степень упорядочения представлений. При этом выявляется собственная дискретность населения птиц, которая может определяться одним или несколькими факторами либо их сочетаниями, территориальной сопряженностью ландшафтов и рядом других причин. Схемы, полученные в результате классификации, весьма информативны, не связаны с одним или несколькими заранее заданными признаками, но требуют специальной интерпретации. Следует учитывать, что классификации, в том числе экологические и биогеографические, скорее служат отправным началом для дальнейших исследований, чем описаниями естественных структур. Основное назначение подобных классификаций — выявить взаимосвязи между признаками фаун или населения и факторами окружающей среды [Харвей, 1974; Hengeveld, 1990]. Пространственно-типологическую структуру населения птиц выявляют с помощью факторной классификации по коэффициентам сходства Жаккара для количественных признаков [Lassard, 1902; Наумов, 1964]. Это один из методов кластерного анализа [Трофимов, Равкин, 1980]. Пространственно-типологической организацией населения птиц считается его территориальная структура и определяющие ее факторы [Равкин, 1984]. В работе использован метод автоматической классификации, который подразделяет множество рассматриваемых объектов (орнитокомплексов) на незаданное число классов не столько по их сходству друг с другом, сколько по соотношению сходства каждого варианта населения со всеми остальными [Куперштох, Трофимов, 1975]. Крупные классы орнитокомплексов иерархически подразделяются на все более мелкие, пока для каждого из них удастся установить природный режим, определяющий его выделение [Равкин, 1984]. Для выявления пространственно-типологической структуры сообществ использована программа, разработанная В. А. Трофимовым (1978). Эта программа разделяет по сходству все варианты населения птиц на группы и оценивает силу связей между выделенными группами. Такое разделение демонстрируется рядами изменений выделенных групп орнитокомплексов. Каждый из рядов связывается с воздействием основного структурообразующего фактора среды и полученная схема ориентируется в факторном пространстве.

Таким образом, для получения и объяснения пространственно-типологических структур используются приемы классификации, которые сводятся к выделению и интерпретации дискретных групп сообществ, так и ординации, когда определяются и анализируются основные тренды изменений орнитокомплексов, и выделенные их группы определенным образом ранжируются в факторном пространстве. Именно сочетание классификации и ординации часто дает наилучший результат в биогеографических исследованиях, поскольку оно соответствует двойственной (дискретной и континуальной) природе сообществ [Hengeveld, 1990]. Пространственная организация орнитокомплексов рассматривается, как мера связи изменчивости факторов среды с территориальной неоднородностью населения птиц. Эта связь оценивается, как величина дисперсии коэффициентов сходства, учтенная (объясненная) каждым из выделенных факторов, их суммой, а также неразложимыми сочетаниями факторов или антропогенно-природными режимами [Равкин и др., 1994].

Литература

- Виноградова Н. В., Дольник В. Р., Ефремов В. Д., Паевский В. А. 1976. Определение пола и возраста воробьиных птиц фауны СССР: справочник. Л.: Наука. 189 с. Гаврилов В. М. 1977. Биоэнергетика миграций // Методы изучения миграций птиц: материалы Всесоюзной школы-семинара. М. С. 7–16. Жуков В. С. 1962. Птицы лесостепи Средней Сибири. Новосибирск: Наука. 492 с. Кузьякин А. П. 1962. Зоогеография СССР // Учен. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н. К. Крупской. Т. 109, вып. 1. С. 3–182. Куперитов В. Л., Трофимов В. А. 1975. Автоматическое выявление макроструктуры системы // Проблемы анализа дискретной информации. Новосибирск. Ч. 1. С. 67–83. Ливанов С. Г., Равкин Ю. С. 2001. Мониторинг разнообразия наземных позвоночных государственного биосферного заповедника «Катунский» (концепция, методы и вариант реализации) // Труды государственного природного биосферного заповедника «Катунский». Барнаул: Изд-во Алтайск. ун-та. Вып. 1. С. 55–110. Наумов Р. Л. 1964. Птицы в очагах клещевого энцефалита Красноярского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 19 с. Птицы Казахстана. 1960–1974. Алма-Ата: Наука. Т. 1. 469 с.; Т. 2. 779 с.; Т. 3. 646 с.; Т. 4. 367 с.; Т. 5. 479 с. Птицы России и сопредельных регионов: Рябкообразные, Голубеобразные, Кукушкообразные, Совообразные. 1993. М.: Наука. 400 с. Птицы Советского Союза. 1951–1954. М.: Сов. наука. Т. 1. 652 с.; Т. 2. 480 с.; Т. 3. 680 с.; Т. 4. 640 с.; Т. 5. 803 с.; Т. 6. 792 с. Птицы СССР. История изучения. Гагары, поганки, трубноносые. 1982. М.: Наука. 428 с. Птицы СССР. Курообразные, журавлеобразные. 1987. Л.: Наука. 528 с. Птицы СССР. Чайковые. 1988. М.: Наука. 416 с. Равкин Ю. С., Варпанетов Л. Г., Юдкин В. А. и др. 1994. Пространственно-типологическая структура и организация летнего населения птиц Западно-Сибирской равнины // Сиб. экол. жур. № 4. С. 303–320. Равкин Ю. С. 1967. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. С. 66–75. Равкин Ю. С. 1984. Пространственная организация населения птиц лесной зоны (Западная и Средняя Сибирь). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 264 с. Равкин Ю. С., Доброхотов Б. П. 1963. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М.: С. 130–136. Равкин Ю. С., Ливанов С. Г. 2006. Факторная зоогеография. Горно-Алтайск: РИО Горно-Алтайского гос. ун-та. 169 с. Равкин Ю. С., Ливанов С. Г., Покровская И. В. 1999. Мониторинг разнообразия позвоночных на особо охраняемых природных территориях (информационно-методические материалы) // Организация научных исследований в заповедниках и национальных парках. М. С. 103–142. Равкин Ю. С., Лукьянова И. В. 1976. География позвоночных южной тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 360 с. Соколов В. Е., Решетников Ю. С. 1997. Мониторинг биоразнообразия в России // Мониторинг биоразнообразия. М. С. 8–15. Степанян Л. С. 2003. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий в границах СССР как исторической области. М.: ИКЦ «Академкнига». 808 с. Сыроечковский Е. Е. (мл.) 2006. Перспективы развития природоохранной орнитологии в России // Орнитологические исследования в Северной Европе: тезисы XII Международной орнитологической конф. Северной Евразии. Ставрополь. С. 26–29. Трофимов В. А. 1978. Качественный факторный анализ матриц связей в пространстве разбиений со структурой // Модели агрегирования социально-экономической информации. Новосибирск. С. 91–106. Трофимов В. А., Равкин Ю. С. 1980. Экспресс-метод оценки связи пространственной неоднородности животного населения и факторов среды // Количественные методы в экологии животных. Л. С. 135–138. Харвей Д. 1974. Научное объяснение в географии. М.: Изд-во Прогресс. 502 с. Чернов Ю. И. 1991. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи современ. биологии. Т. 111, вып. 4. С. 499–507. Штегман Б. К. 1938. Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Фауна СССР. Птицы. М., Л. Т. 1, вып. 2. 156 с. Hengeveld R. 1990. Dynamic biogeography. Cambridge, University press. 249 p. Jaccard P. 1902. Lois de distribution florale dans la zone alpine // Bull. Soc. Vaund. Sci. Nat. Vol. 38. P. 69–130.

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ У ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Е. А. Старикова, П. С. Садовин, О. Л. Воскресенская

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, katya-starikova@mail.ru

Техногенное воздействие, связанное со стремительным ростом количества автотранспорта в городах, а также расположением на городских территориях промышленных объектов, затрагивает все компоненты урбосреды и оказывает на них отрицательное влияние. К таким компонентам относится и биота, представленная в урбосистемах растениями. Поступающие в атмосферный воздух загрязняющие вещества (твердые частицы, кислые газы и др.) оказывают негативное влияние на растения [Меркулова и др., 2018]. В тканях растительных организмов они способствуют развитию окислительного стресса, связанного с повышенной продукцией активных форм кислорода (АФК). Поэтому для предотвращения негативного влияния АФК у растений работает антиоксидантная система защиты, состоящая из антиоксидантных ферментов и низкомолекулярных органических соединений. Одним из главных ферментов участвующих в нейтрализации АФК, образующихся при стрессе является каталаза [Воскресенская и др., 2015].

Хвойные виды растений чувствительны даже к незначительному загрязнению окружающей среды. Поэтому их можно использовать в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды.

Цель исследования — определение показателей активности каталазы в хвое и коре можжевельника казацкого и ели колючей, произрастающих в городских условиях.

Объектами исследования являлись хвойные виды растений, широко используемые в озеленении города — ель колючая (*Picea pungens* Engelm.) и можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.). Исследования проводились во второй декаде августа 2018 года в различных функциональных зонах г. Йошкар-Олы: парковая зона (ЦПКиО им. XXX-летия ВЛКСМ), селитебная (бульвар Чавайна), промышленная (ул. Строителей). Активность каталазы определяли в хвое второго года жизни и двухлетнем побеге (коре) хвойных растений, газометрическим методом [Воскресенская и др., 2018]. Полученные данные были обработаны статистически с помощью программы «STATISTICA 6.0».

Город Йошкар-Ола относится к городам с умеренным уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Основные загрязняющие воздух вещества: диоксид и оксид азота, оксид углерода, диоксид серы, пыль (взвешенные вещества), формальдегид [Информационный отчет..., 2017].

Каталаза (КФ 1.11.1.6) — это железосодержащий фермент, являющийся одним из наиболее чувствительных при воздействии факторов городской среды на растительные организмы [Воскресенская и др., 2015; Серебрякова и др., 2015].

Как показали результаты наших исследований (рис. 1), в хвое растений можжевельника казацкого, произрастающих в парковой и селитебной зонах, активность каталазы была достаточно высокой. В хвое особей данного вида, произрастающих в промышленной зоне города, уровень каталазы уменьшился в 2 раза ($p < 0,05$). У растений ели колючей, произрастающих в различных функциональных зонах города, уровень активности фермента был низким и существенных отличий по исследуемому показателю не выявлено ($F = 1,989$, $P = 0,1584$).

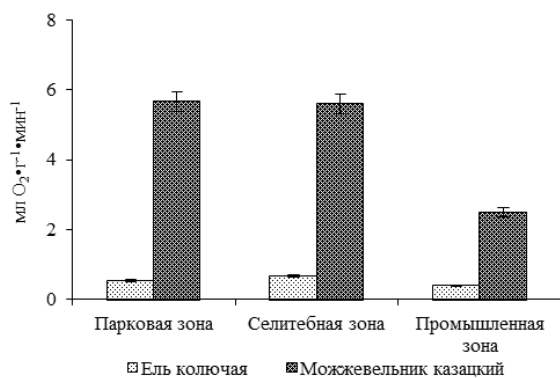


Рис. 1. Активность каталазы в хвое

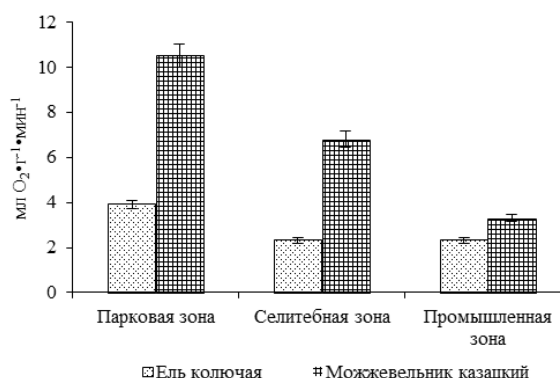


Рис. 2. Активность каталазы в коре

В коре побегов изученных видов хвойных растений (рис. 2), произрастающих в парковой зоне, активность фермента была максимальной: у можжевельника казацкого — $10,5 \text{ мл O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$, у ели колючей — $4,0 \text{ мл O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$. У растений, произрастающих в селитебной зоне, изученный параметр уменьшился по сравнению с предыдущим районом исследования на 37 %. У особей можжевельника казацкого, произрастающих в промышленной зоне г. Йошкар-Олы, активация фермента снизилась в 3 раза, у ели колючей — в 1,7 раза ($p < 0,05$) по сравнению с парковой зоной.

Изучая активность каталазы в хвое и коре данных видов хвойных растений, выявили следующую тенденцию: в коре растений активность фермента больше, чем в хвое, так у ели колючей в 5 раза, у можжевельника казацкого в 1,5 раза. По снижению активности фермента каталазы в хвое и коре хвойных растений районы исследования г. Йошкар-Олы располагаются в следующей убывающей последовательности: парковая зона > селитебная зона > промышленная зона.

Таким образом, при увеличении антропогенного загрязнения среды у изученных видов хвойных растений происходит инактивация фермента каталазы в хвое и коре побегов по сравнению с парковой зоной. Активность каталазы в хвое у можжевельника казацкого во всех исследуемых зонах была выше, чем у ели колючей в среднем 9 раз, в коре побегов — в 2 раза. Это может быть связано с физиолого-биохимическими особенностями вида и со специфической реакцией можжевельника казацкого на условия городской среды.

Литература

- Воскресенская О. Л., Алябьева Е. А., Сарбаева Е. В., Воскресенский В. С. 2018. Методы эколого-биологических исследований: учебно-методическое пособие / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. 128 с.
- Воскресенская О. Л., Сарбаева Е. В., Старикова Е. А. 2015. Изменение активности антиоксидантных ферментов у интродуцированных хвойных растений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. № 2 (30). С. 56–59.
- Информационный отчет 2017. «Проведение мониторинга состояния атмосферного воздуха на территории городского округа «Город Йошкар-Ола» 2017 год». 46 с.
- Меркулова С. В., Кочуров Б. И., Меркулов П. И., Ивашкина И. В. 2018. Озеленение как фактор улучшения экологической обстановки урбанизированных территорий (на примере города Саранска) // Экология урбанизированных территорий. № 3. С. 13–18.
- Серебрякова Н. Е., Карасева М. А., Карасев В. Н., Гранца Ю. В. 2015. Диагностика жизнеспособности древесных растений г. Нижнекамска по активности фермента каталазы // Российский журнал прикладной экологии. № 4 (4). С. 39–43.

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТАКТИКИ И СТРАТЕГИИ ВЫЖИВАНИЯ *CONVALLARIA MAJALIS* L. И *MAIANTHEMUM BIFOLIUM* (L.) F. W. SCHMIDT В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. Сулейманова^{1,2}, Т. Л. Егошина^{1,2}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства
им. Б. М. Житкова, Киров, Россия

²Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров, Россия
venera_su@mail.ru

Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.) и майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt) виды, широко распространенные на территории Кировской области, выступающие в качестве доминантов или субдоминантов травяно-кустарничкового яруса лесных фитоценозов [Егошина, 2003; Сулейманова, Егошина, 2014]. *C. majalis* ценное лекарственное растение, *M. bifolium* потенциальный ресурсный вид, индикатор для оценки экологического состояния и мониторинга лесных экосистем.

Цель исследования — изучение онтогенетических тактик и стратегий выживания *C. majalis* и *M. bifolium* в южно-таежных и подтаежных лесах Кировской области, для выявления механизмов поддержания устойчивости и характера реагирования на стресс к изменяющимся условиям среды.

Сбор материала производился в течение вегетационных периодов 2003–2006 гг. Всего исследовано 10 ценопопуляций (ЦП) *C. majalis* расположенных в подзоне хвойно-широколиственных лесов и 10 ЦП *M. bifolium* описанных в подзоне южной тайги Кировской области.

В исследуемых растительных сообществах с *C. majalis* и *M. bifolium* сделаны полные геоботанические описания, согласно общепринятым геоботаническим методологическими подходами [Методы изучения..., 2002], с подробной характеристикой видового состава (проективное покрытие, сомкнутость крон, обилие, высота растений, фенофаза, жизненность и др.) и физико-географических условий (увлажнение, экспозиция, рельеф местности (тип почвы и т. д.). Таксационные характеристики древесного яруса определены в соответствии с общепринятыми методами [Методы изучения..., 2002].

Типы онтогенетических тактик, отражающие тенденции на уровне варьирования отдельных морфогенетических параметров выполнены по методике, предложенной Ю. А. Злобиным (1989; 2009). Оценка онтогенетической тактики необходима для выявления адаптации растений к условиям обитания. Разнообразие форм онтогенетических тактик позволяет видам растений оптимизировать условия жизнедеятельности отдельных особей либо путем их дифференциации, либо путем унификации [Злобин, 2009].

Оценка вариабельности морфологических параметров изучаемых видов показала общие закономерности и тенденции в проявлениях онтогенетических тактик. Большинство исследованных признаков *C. majalis* и *M. bifolium* проявляют конвергентную или дивергентно-конвергентную тактику, то есть в неблагоприятных условиях роста признаки всегда имеют относительно низкую изменчивость. Установлено, что для *C. majalis* характерны как чистые дивергентные или конвергентные, так и комбинированные дивергентно — конвергентные или конвергентно-дивергентные онтогенетические тактики. Для *M. bifolium* характерно 3 типа онтогенетических тактик: конвергентная, дивергентно — конвергентная и неопределенная [Сулейманова и др., 2007; 2012].

Конвергентная тактика проявляется в уменьшении изменчивости признака при усилении стресса. Выявлена для морфологических признаков *C. majalis* таких как диаметр и масса надземного побега. Максимальная степень изменчивости диаметра надземного побега ($CV = 23,63\%$), достигается в наилучших условиях обитания ($IVC = 1,12$), при ухудшении условий среды ($IVC = 0,99$) изменчивость признака падает ($CV = 10,25\%$).

Аналогичные с *C. majalis* закономерности изменчивости морфологических признаков: длины нижнего листа, длины нижнего листа с черешком, ширины нижнего листа (правая и левая доли), выемки нижнего листа (правая и левая доли), ширины верхнего листа (правая и левая доли), числа цветков установлены для *M. bifolium*. При этом изменчивость признака на градиенте ухудшения условий обитания понижается.

Дивергентная онтогенетическая тактика выявлена только у *C. majalis* для такого признака как длина соцветия. При ухудшении условий роста изменчивость признака возрастает. Наибольшая вариабельность длины соцветия ($CV = 31,82\%$) отмечена при нарастании стресса ($IVC = 0,99$), при благоприятных условиях среды ($IVC = 1,06$) вариабельность признака увеличивается.

Дивергентно — конвергентную тактику проявляет изменчивость следующих морфологических признаков *C. majalis*: длина и ширина нижнего листа, длина и ширина верхнего листа. На градиенте ухудшения условий роста изменчивость признаков вначале возрастает, при дальнейшем усилении стресса — снижается.

Дивергентно — конвергентная тактика у *M. bifolium* установлена для изменчивости следующих морфологических признаков: длины междоузлия 2 метамера надземной части, длины оси соцветия до 1 цветка, длины черешка нижнего листа, длины верхнего листа, длины верхнего листа с черешком. При этом изменчивость признака при ухудшении условий обитания сначала повышается, а затем понижается.

Конвергентно-дивергентная тактика на градиенте ухудшения условий обитания характерна для количества цветков и длины надземного побега *C. majalis*. В наиболее благоприятных условиях, усиление стресса приводит сначала к снижению, а затем к увеличению изменчивости признаков.

Неопределенная тактика выявлена только у *M. bifolium* для изменчивости длины репродуктивного побега, длины междоузлия 1 метамера надземной части и длины соцветия. При этом характерны неопределенные изменения уровня варьирования признака.

Согласно разработкам А. Р. Ишибирдина и М. М. Ишмуратовой (2004; 2005) выделяется четыре типа онтогенетических стратегий растений: 1. Защитная онтогенетическая стратегия (с усилением стресса происходит усиление координации развития растений, повышается морфологическая целостность растения). 2. Стрессовая онтогенетическая стратегия (с усилением стресса ослабляется координация развития, снижается морфологическая целостность растения). 3. Защитно-стрессовая онтогенетическая стратегия (при нарастании стресса происходит сначала усиление, а затем ослабление координации развития растений). 4. Стрессово-защитная онтогенетическая стратегия (при нарастании стресса сначала происходит ослабление, а затем усиление координированности развития, чередование стрессовой и защитной компонент).

В онтогенетической стратегии *C. majalis* и *M. bifolium* наблюдается только стрессовая компонента. С ухудшением условий роста происходит разрушение координированности развития растения на морфологическом уровне. Это выражается в снижении индекса морфологической целостности от 0,56 до 0,20 % у *C. majalis*, от 0,52 до 0,19 % у *M. bifolium*.

В разных частях ареала онтогенетическая стратегия вида может изменяться. Например, в условиях Битцевского лесопарка (окрестности г. Москва) *C. majalis* характеризуется как стресс-толерантный вид. Онтогенетическая стратегия вида — уменьшение количества семенных особей и увеличение количества особей вегетативного происхождения, максимально продолжительный переход особей в генеративное состояние [Истомина и др., 2017].

Таким образом, большинство морфологических признаков изучаемых видов проявили конвергентную или дивергентно-конвергентную тактику. У *C. majalis* встречаются как чистые дивергентные или конвергентные, так и комбинированные дивергентно — конвергентные или конвергентно-дивергентные онтогенетические тактики. Для *M. bifolium* характерно 3 типа онтогенетических тактик: неопределенная, конвергентная и дивергентно-конвергентная. В онтогенетической стратегии *C. majalis* и *M. bifolium* наблюдается только стрессовая компонента.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0766-2014-0002 «Разработка системы мониторинга биологических ресурсов охотничьего хозяйства для совершенствования методов их сохранения и рационального использования» (этап 18.1; пункт Программы ФНИ 18) Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства.

Литература

- Сулейманова В. Н., Егошина Т. Л. 2014. Эколого-фитоценотическая характеристика *Convallaria majalis* L. в подзоне хвойно-широколиственных лесов Кировской области // Вестник Удмуртского государственного университета. Вып. 1. С. 49–56. Егошина Т. Л. 2003. Эколого-биологические особенности некоторых лекарственных растений Кировской области // Современное состояние недревесных растительных ресурсов России / под ред. Т. Л. Егошиной. Киров: ВНИИОЗ. С. 162–177. Методы изучения лесных сообществ. 2002. СПб.: НИИХимии СПбГУ. 240 с. Злобин Ю. А. 1989. Принципы и методы изучения ценоценозов растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 146 с. Злобин Ю. А. 2009. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография. Сумы: Университетская книга. 263 с. Сулейманова В. Н., Ишмуратова М. М., Ишибирдин А. Р. 2007. Экологические характеристики и стратегии жизни *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt в лесах Европейского сектора подзоны южной тайги // Вестник БашГУ. № 4 (12). С. 41–42. Сулейманова В. Н., Ишмуратова М. М., Егошина Т. Л. 2012. Состояние ценопопуляций *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt (*Liliaceae*) в южно-таежной подзоне Кировской области // Растительные ресурсы. Т. 48, вып. 4. С. 504–517. Ишибирдин А. Р., Ишмуратова М. М. 2004. К оценке виталитета ценопопуляций *Rhodiola iremelica* Boriss. по размерному спектру // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: материалы VI Всероссийского популяционного семинара. Нижний Тагил. С. 80–85. Ишибирдин А. Р., Ишмуратова М. М., Журнова Т. В. 2005. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich на территории Башкирского государственного заповедника // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. № 1. С. 85–98. Истомина И. И., Павлова М. Е., Терехин А. А., Федорова Т. А. 2017. Возрастной спектр ценопопуляций как показатель стратегии вида в условиях антропогенного стресса (на примере редких и охраняемых видов природно-исторического парка «Битцевский лес») // Вестник РУДН. Серия агрономия и животноводство. № 1. С. 66–75.

ИЗУЧЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ПОСЕЩАЕМЫХ ТУРИСТИЧЕСКИХ СТОЯНОК НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ВОДЛОЗЕРСКИЙ»

М. А. Сытина, Т. Н. Ефимова, Т. Е. Шведова

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, mariyasytina@mail.ru

В условиях современной социально-экономической и экологической ситуации все более актуальное значение приобретает развитие сферы отдыха и туризма, ориентированной на внутренние рекреационные ресурсы. Поэтому одной из наиболее важных социальных задач на сегодняшний день является отдых и оздоровление людей в естественной природной среде. Местные рекреационные системы должны формироваться для удовлетворения потребностей населения в отдыхе вблизи мест постоянного проживания на

базе водоемов, благоприятных для организации массовых видов кратковременного отдыха, а также продолжительного отдыха в летний период. В этой связи задача изучения рекреационно-туристского потенциала территории и разработка рекомендаций по оптимизации форм туристского природопользования приобретает особую актуальность. Сохранение природной среды — одна из главных задач каждого человека, при этом антропогенные нагрузки не должны превышать пределов устойчивости природно-рекреационных систем, поскольку, в противном случае, последние утрачивают ценные для рекреации свойства.

Целью настоящих исследований было изучение рекреационной емкости с учетом стадий дигрессии основных посещаемых туристических стоянок в Национальном парке «Водлозерский», которые довольно длительное время подвергаются рекреационному воздействию.

Национальный парк «Водлозерский» был создан 20 апреля 1991 года. Располагаясь на территориях Республики Карелия и Архангельской области, занимает площадь в 0,5 млн. га и является биосферным резерватом UNESCO (статус присвоен в 2001 г.). Создан с целью сохранения типичных и уникальных природных, историко-культурных комплексов Европейского Севера России и создания условий для отдыха, туризма и экологического просвещения [Национальный парк...].

В мае – июне 2018 г. нами были проведены полевые работы, в ходе которых по стандартной методике были выполнены следующие исследования:

- проведено описание напочвенного покрова на 13 туристических стоянках.
- установлена степень рекреационной дигрессии напочвенного покрова для каждой стоянки, а так же интенсивность их посещения.

Исходные данные по исследуемым 13 туристическим стоянкам Национального парка «Водлозерский» представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные таксационного описания туристических стоянок

№ кв./выд.	Использ. S выд., га	ТЛУ	Преобл. порода/возраст	Стадии дигрессии	Сомкнутость	Проходимость	Просматриваемость	Класс эстетической оценки
ТС «Рагуново»								
120/14	0,2		Б60	3	0,3	Хор	Хор	2
ТС «Луднаволоок»								
120/20	0,9	ЧР	Б55С55	3	0,3	Ср	Ср	2
ТС «Озеро Навдозеро»								
187/24	1	ДЛ В4	Е180С160Б90	2	0,9	Плох	Плох	2
Берег озера у дороги								
165/13	0,7	ЧР В2	Е100 С100Б55	4	0,4	Плох	Ср	2
ТС «Вавдиполье» — контроль								
156/2	2,2	ДЛ	Е140С140Б90с90	1	0,2	Отл	Отл	2
ТС «Вавдиполье»								
156/2	2,2	ДЛ	Е140С140Б90с90	1	0,8	Хор	Ср	2
ТС «Вама – кордон»								
156/18	3,5	ЧР	Е200Е120С180Б110Ос120	2	0,8	Ср	Плох	2
ТС «Река Вама»								
156/18	3,5	ЧР	Е200Е120С180Б110Ос120	1	0,9	Плох	Плох	2
ТС «Вама» (около плотины)								
156/18	3,5	ЧР	Е200Е120С180Б110Ос120	4	0,5	Ср	Ср	2
ТС «Великостров № 1»								
153/11	3,7	КС С2	Е220 С220 Б120	5	0,7	Ср	Ср	2
ТС «Шуйостров № 1»								
138/7	1,3	ЧС В2	Б90 Ос90 С200 Е 160	4	0,9	Плох	Плох	2
ТС «Шуйостров № 2»								
138/1	7,5	ЧР В2	Е180 С180 Б90 Ос90	4	0,7	Ср	Плох	2
ТС «Пелгостров»								
120/7	7	ЧР А2	Б55С55Е55	5	0,6	Ср	Хор	2

Расчет рекреационной емкости зависит от количества посетителей, которые допустимы в лесах рекреационного значения без нанесения больших изменений природной среде [Пронин и др., 1980].

Используя предложенные нормативы В. В. Загреева с соавторами, нами исследовано наличие оптимально возможного количества посетителей для лесных территорий, кварталов или же объекта в целом [Преображенский, 1975]. Эти данные служат для регулирования учета посетителей на территории парка в зависимости от природных условий, вида рекреационного пользования.

Предельно допустимая рекреационная нагрузка на 1 га фонда в различных условиях лесорастительных зон хвойных, смешанных и лиственных лесов подразделяется на три возрастные категории: молодняки, средневозрастные и приспевающие насаждения, спелые и перестойные насаждения. Расчет рекреационной емкости насаждений в функциональных зонах проводился по группам типов лесов с учетом преобладающей породы и возраста, с корректировкой по стадиям дигрессии [ОСТ 56-100-95].

Коэффициенты пересчета рекреационной емкости по стадиям дигрессии приняты с учетом ОСТ 56-100-95 и составляют: I стадия — 0,99; II стадия — 0,95; III стадия — 0,90; IV стадия — 0,75; V стадия — 0,5.

Исходя из исходных данных, была вычислена рекреационная емкость туристических стоянок Национального парка «Водлозерский» (табл. 2).

Пример расчета маршрута ТС «Рагуново» квартал 120, выдел 14:

ЕМД чел./га = $0,2 \times 4,8 = 0,96$ чел./га;

ПРЕ с учетом П (породы) и А (возраста), чел./га = $0,2 \times 1,8 = 0,36$ чел./га;

ЕМД, чел./га = $4,8 \times 0,95 = 4$ чел./га;

ПРЕ с учетом П и А, чел./га = $1,8 \times 0,95 = 2$ чел./га.

Таблица 2

Расчет рекреационной емкости туристических стоянок

№ кв./выд.	Использ. S выд., га	ТЛУ	Преобл. порода/возраст	Нормы		РЕ выделов		Стадии дигрессии	РЕ с учетом стадии	
				ЕМД нагруз. чел./га	ПН с учетом П и А, чел./га	ЕМД, чел./га	ПРЕ с учетом П и А, чел./га		ЕМД, чел./га	ПРЕ, чел./га
ТС «Рагуново»										
120/14	0,2	ЧР	Б60	4,8	1,8	1	1	3	4	2
ТС «Луднаволоок»										
120/20	0,9	ЧР	Б55С55	4,8	1,8	4	2	3	4	2
ТС «Озеро Навдозеро»										
187/24	1	ДЛ В4	Е180С160Б90	4,0	2,2	4	2	2	4	2
Берег озера у дороги										
165/13	0,7	ЧР В2	Е100 С100Б55	4,8	1,6	4	1	4	4	1
ТС «Вавдиполье» — контроль										
156/2	2,2	ДЛ	Е140С140Б90с90	8,0	2,2	18	5	1	8	2
ТС «Вавдиполье»										
156/2	2,2	ДЛ	Е140С140Б90с90	4,8	2,2	11	5	1	5	2
ТС «Вама – кордон»										
156/18	3,5	ЧР	Е200Е120С180Б110Ос120	8,0	2,2	28	8	2	8	2
ТС «Река Вама»										
156/18	3,5	ЧР	Е200Е120С180Б110Ос120	4,8	2,2	17	8	1	5	2
ТС «Вама» (около плотины)										
156/18	3,5	ЧР	Е200Е120С180Б110Ос120	8,0	1,2	18	4	4	6	1
ТС «Великостров № 1»										
153/11	3,7	КС С2	Е220 С220 Б120	4,8	1,2	28	4	5	2	1
ТС «Шуйостров № 1»										
138/7	1,3	ЧС В2	Б90 Ос90 С200 Е 160	4,0	1,8	5	2	4	3	1
ТС «Шуйостров № 2»										
138/1	7,5	ЧР В2	Е180 С180 Б90 Ос90	4,8	1,8	36	13	4	4	1
ТС «Пелгостров»										
120/7	7	ЧР А2	Б55С55Е55	4,0	1,8	28	13	5	2	1

По расчетным данным было выявлено, что наибольшая рекреационная емкость с учетом породы и возраста среди исследуемых стоянок — на туристической стоянке «Вама – кордон». Решение проблемы повышения рекреационной устойчивости насаждений может быть достигнуто только при условии разработки и реализации научно-обоснованных систем лесоводственных мероприятий, учитывающих специфику конкретных лесорастительных условий, биологические особенности основных пород-лесообразователей, таксационные показатели насаждений и уровень рекреационной нагрузки.

Интенсивность рекреационного воздействия на насаждения Национальный парк «Водлозерский» варьирует в значительных пределах и зависит от удаленности участка от транспортных маршрутов перемещения граждан. Наличие тропинойной сети с твердым покрытием позволяет регулировать перемещение рекреантов по площади и резко снижает отрицательное влияние рекреации на все компоненты насаждения.

Литература

ОСТ 56-100-95. 1995. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. М. 8 с. Преображенский В. С. 1975. Методические указания по характеристике природных условий рекреационного района // Географические проблемы организации туризма и отдыха. М. 429 с. Пронин М. И. и др. 1980. Рекреационное использование леса при кратковременном отдыхе / ЦБНТИ Гослесхоза СССР. М. 219 с. Национальный парк «Водлозерский». URL: <http://vodlozero.ru/> (дата обращения: 11.05.2018).

ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ УФИМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

О. В. Тагирова¹, А. А. Крестьянов², А. Ю. Кулагин³

¹ Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия, olecyi@mail.ru

² Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Республики Башкортостан», Уфа, Россия, czl102@rcfh.ru

³ Уфимский институт биологии РАН, Уфа, Россия, coolagin@list.ru

Древесные насаждения промышленных центров в значительной части подвержены аэротехногенным и механическим повреждениям, что является причиной попадания спор и дальнейшего развития грибницы и плодовых тел на деревьях. Распространение стволовых заселений микогенного характера происходит очень быстро и наносит значительный ущерб лесному хозяйству. Основными признаками воздействия микогенов является преждевременное старение и усыхание деревьев, потеря биологической устойчивости, ухудшение качества древесины [Кулагин, Тагирова, 2015].

Общая площадь лесного фонда составляет 21587 га. Естественные леса города Уфы широколиственные. Преобладающими являются мягколиственные насаждения, составляющие 63,3 % от покрытой лесом площади. Они представлены (%): липой — 54,4, ольхой черной — 17,8, березой — 8,1, осокорем — 7,1, тополями — 6,0, ивой (древовидные) — 3,6, осинкой — 2,6, ольхой серой — 0,4. Твердолиственные насаждения составляют 27,3 % и представлены: дубом низкоствольным — 42,0, ильмовыми — 39,5, ясенем — 9,8, кленом — 5,3 и дубом высокоствольным — 3,4. Хвойные насаждения составляют 4,2 %, в т. ч. сосна — 51,3 %, ель — 33,7 %, лиственница — 14,7 %. Прочие породы и кустарники занимают 5,2 %. Лесной фонд характеризуется неравномерной возрастной структурой по всем группам пород (молодняки — 5,4 %; средневозрастные — 42,1 %; приспевающие — 20,1 %; спелые и перестойные — 32,4 %). Наблюдается накопление площади приспевающих, спелых и перестойных насаждений на 52,5 % [Лесохозяйственный регламент..., 2011].

При проведении сравнительного анализа состояния древесных насаждений Уфимского промышленного центра в вегетационный период 2016 года был выявлен ряд повреждений микогенного характера [Журавлев и др., 1979].

Одним из основных заболеваний микогенного характера на территории Уфимского промышленного центра является **мучнистая роса**. В основном подвержены повреждениям такие древесные породы как дуб (мучнистая роса дуба — возбудитель сумчатый гриб *Microsphaera alphitoides* Gr. et Maubl. (конидиальная стадия *Oidium dubium* Jacz.)) и клен (мучнистая роса клена — возбудитель сумчатый гриб *Sawadaia bicornis* (Wallr.: Fr.) Miyabe (= *Uncinula aceris* Sacc.)). В вегетационный период на листьях древостоев и подроста был выявлен паутинистый налет мицелия белого цвета, который с началом развития конидиальной стадии становился порошистым, мучнистым. С помощью ветра конидии заселяют здоровые насаждения в течении вегетационного периода. Основными последствиями воздействия приведенного заболевания являются нарушения физиологических функций (фотосинтез, дыхание, транспирация), а далее — засыхание листьев и отмирание побегов. Особое воздействие мучнистая роса оказывает на молодые культуры, которые плохо растут и приобретают кустообразную форму.

Выявлена **черная пятнистость клена** возбудителем которой является сумчатый гриб *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. Повреждения листьев были обнаружены в начале вегетационного периода в парках на единичных экземплярах подроста.

В березовых насаждениях города обнаружена **чернь листьев**, возбудителем которой являются сапротрофные грибы (*Apiosporium (Capnodium)*, *Fumago*, *Dematium*, *Antennaria*), которые питаются сахаристыми выделениями, образующимися в результате нарушения обмена веществ или повреждения тлями, щитовками, а также поверхностными наносами (пыль и др.). Вследствие чего происходят нарушения процессов ассимиляции, затрудняется доступ воздуха и света к листьям. Известно, что развитию черни способствует засушливая погода.

Некроз березы возбудителем которого является сумчатый гриб *Hypoxylon fuscum* Fr. Чаще проявлялся на ветвях и изредка на стволах в местах механических повреждений. Вызывает белую гниль с черными линиями.

В рекреационной зоне Уфимского промышленного центра были выявлены единичные экземпляры нескольких разновидностей многолетних грибов **трутовиков**, которые вызывают стволовую гниль древесных растений, что приводит к увеличению доли ветровальных повреждений древостоев. В основном поражаются древостои березы и осины. Обнаружены стволовые заселения **ложным** трутовиком (*Phellinus igniarius* (L. ex Fr.) Quel.) с размещением плодовых тел по одной вертикали (от 3 до 7 тел); трутовиком **лучистым** или радиально-морщинистый (*Inonotus radiatus* (Sow. ex Fr.) Karst.); трутовиком **настоящим** (*Fomes fomentarius* (L.) Gill.); **ложным осиновым** трутовиком (*Phellinus tremulae* Bond. (Bond. et Boriss.)); плоским трутовиком (*Ganoderma applanatum* (Wallr.) Pat.); **темнопоровым** трутовиком (*Bierkandera adusta* (Willd.) Karst.); **скошенным** трутовиком (*Inonotus obliquus* (Pers.) Pil.).

В экстремальных условиях промышленных центров одним из основных мероприятий по сокращению повреждений являются санитарные рубки пораженных деревьев и их вывоз и утилизация. Мониторинг состояния лесных насаждений является основой надлежащего фитосанитарного состояния лесов.

Литература

Журавлев И. И., Селиванова Т. Н., Черемисинов Н. А. 1979. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников. М.: Лесная пром-ть. 247 с. Кулагин А. Ю., Тагирова О. В. 2015. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Уфа: Гилем, Башк. энцикл. 196 с. Лесохозяйственный регламент для городских лесов, расположенных в черте городского округа город Уфа Республики Башкортостан. 2011. 282 с.

ОСОБЕННОСТИ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РАЗЛИЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ Г. МОСКВЫ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ МГУ

В. М. Телеснина, О. В. Семенюк, Л. Г. Богатырев

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия, vtelesnina@mail.ru

Городские древесные насаждения имеют ряд специфических отличий от зональных лесных фитоценозов, что выражается как в монодоминантном составе древостоя, так и в своеобразии напочвенного покрова. Последний, в отличие от древостоя, как правило формируется без целенаправленного антропогенного вмешательства и может служить некоторым индикатором лесорастительных условий, а также антропогенной нагрузки [Кузнецов, Стома, 2013].

Цель настоящей работы — сравнить особенности флористического состава, а также эколого-ценотической структуры напочвенного покрова городских насаждений, различающихся как по видовому составу древостоя, так и по характеру ухода.

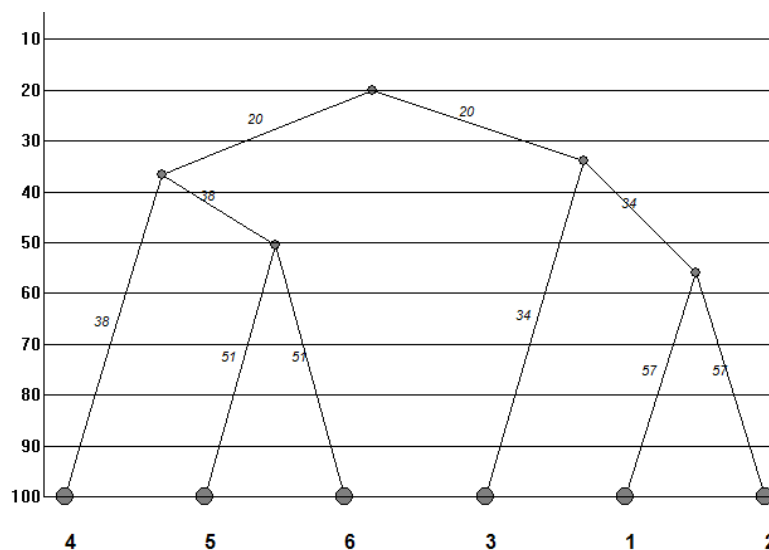
Изучение особенностей флористического состава насаждений проводили на территории Московского государственного университета, а именно на территориях, принципиально различающихся по характеру ухода — в Ботаническом саду МГУ и на парковой территории. И второй и в другой зоне были выбраны три типа насаждений одного возраста и густоты посадки — насаждениями березы (*Betula pendula* Roth.), липы (*Tilia cordata* Mill.) и клена (*Acer platanoides* L.). Для парковой территории характерно отсутствие подроста и подлеска и периодическая уборка листьев после листопада. Кошение травостоя производится раз в несколько лет, т. е. нерегулярно. Эти мероприятия, а также некоторая рекреационная нагрузка создают условия для проникновения в напочвенный покров видов, не свойственных лесным сообществам. На территории же ботанического сада обеспечивается максимальное сходство с естественными фитоценозами — с одной стороны, в полной мере развита вертикальная структура сообщества, с другой — она же лимитирует разнообразие травяного яруса, который также в этих условиях максимально приближен к естественному фитоценозу. В каждом из 6 изученных насаждений на площади 10 м × 10 м было проведено полное геоботаническое описание, при этом особое внимание уделяли напочвенному покрову. Поскольку большую долю в последнем занимают эфемероиды, описание проводили дважды — в 20-х числах мая и в 20-х числах июня. Каждому виду присвоен балл по шкалам Л. Г. Раменского (влажность, трофность), шкалам Е. Ландольта (влажность, кислотность почвы, содержание элементов питания). Кроме того, учитывалась принадлежность каждого вида к эколого-ценотическим группам [Ниценко, 1969] и биоморфологическим группам. Для обработки данных использованы программы Excel и GRAPHS [Новаковский, 2004].

Прежде всего стоит отметить различие структуры фитоценоза в условиях разного ухода за насаждениями. Так, во всех насаждениях ботанического сада наблюдается кустарниковый ярус (от 2 видов в кленовнике до 7 видов в березняке), а также подрост из 1–4 видов. В насаждениях парковой зоны подобные ярусы отсутствуют. Мохово-лишайниковый ярус не был выявлен ни в одном из изученных насаждений. Общее проективное покрытие (ОПП) травяного яруса существенно различается в зависимости как от типа ухода, так и от состава древостоя. Так, в березняке ботанического сада ОПП составляет 70–90 % за счет бурного развития *Aegopodium podagraria*, тогда как в березняке парковой зоны 40–70 %. В липовых насаждениях ботанического сада ОПП выше, чем в парковой зоне главным образом за счет эфемероидов. В кленовых насаждениях по причине сильного затенения, которое в условиях ботсада усиливается подлеском и подростом, ОПП самое низкое — 10–30 %. Число видов в напочвенном покрове также отражает влияние древесных пород как эдификаторов вкупе с антропогенным фактором. Применительно ко всем типам насаждений напочвенный покров парковой территории более флористически богат, что объясняется как ослаблением фактора затенения, так и уходом, который дает преимущество видам, которые не растут при наличии лесной подстилки, но при этом выдерживают периодическое кошение. Кроме того, парковая территория более открыта для распространения разнообразных растений, не свойственных естественным фитоценозам — луговых, сорно-рудеральных и т. п. Максимальным числом видов характеризуются березовые насаждения, минимальным — кленовые из-за повышенной затененности (табл.).

Особенности флористического состава травяного яруса в изучаемых насаждениях

Показатели	Береза		Липа		Клен	
	ГБС	ГЗ	ГБС	ГЗ	ГБС	ГЗ
Число видов общее	26	19	17	12	7	13
Число видов в травяном ярусе	14	17	9	10	5	12
Число семейств	10	12	9	7	5	7
Доминирующее семейство по числу видов	Liliaceae	Asteraceae	Liliaceae	Poaceae	Ranunculaceae	Ranunculaceae
Доминирующее семейство по покрытию	Ariaceae	Primulaceae	Fumarioideae	Asteraceae	Campanulaceae	Ranunculaceae

Для определения степени флористического сходства между изучаемыми фитоценозами был использован критерий Серенсена-Чекановского (рис.). Для наглядности матрица сходства показана в виде дендрита, построенного с помощью программы GRAPH5. Видно, что фитоценозы ботанического сада и фитоценозы парковой зоны образуют две отдельные группы. Это значит, что характер ухода в данном случае является более определяющим фактором, чем вид-эдификатор. Интересно, что среди насаждений ботанического сада липняк имеет больше сходства с березняком, чем с кленовником. По-видимому, клен создает более интенсивное затенение поверхности почвы, а также более мощную лесную подстилку. Что касается насаждений парковой зоны, здесь выделяется березняк. По-видимому, именно это насаждение характеризуется самой высокой освещенностью — сочетание специфического строения крон березы с отсутствием подлеска и подростов.



Коэффициенты флористического сходства изучаемых фитоценозов по критерию Серенсена – Чекановского. Территория ботанического сада: 1 — березняк; 2 — липняк; 3 — кленовник. Парковая зона: 4 — березняк; 5 — липняк; 6 — кленовник

Эколого-ценотическая структура напочвенного покрова также существенно изменяется в зависимости от вида древесного эдификатора, сколько от характера ухода. Во всех насаждениях ботанического сада в напочвенном покрове преобладают по ОПП виды неморальных свит: в березовом насаждении — полунеморальной (*Aegopodium podagraria*, *Polygonatum multiflorum*), в липовом — неморальной весенней (*Corydalis solida*), в кленовом — неморальной весенней (*Corydalis solida*, *Ficaria verna*) и неморальной высоко-травной полянной (*Campanula latifolia*).

В липняке и кленовнике ботанического сада также встречается представитель сорной прижилищной свиты *Impatiens parviflora*. Совершенно другая картина наблюдается в насаждениях парковой территории. В травяном ярусе березняка более 60 % составляют виды луговой и мезофильно-луговой обогащенной свит (*Poa pratense*, *Lysimachia nummularia*), и более 20 % — нитрофильно-луговой свиты (*Dactylis glomerata* и *Taraxacum officinale*). В парковых насаждениях клена и липы набор свит примерно тот же, но в липняке доля нитрофильно-луговых составляет более 50 %, а в кленовнике появляется сорно-рудеральная свита (*Arctium lappa*) и составляет до 10 % по ОПП. Таким образом, если в условиях ботанического сада, максимально приближенных к естественным условиям мелколиственных и широколиственных лесов, в травяном ярусе преобладают различные неморальные лесные свиты, то при многолетнем антропогенном воздействии в парковых условиях лесные свиты замещаются на луговые, а также на разнообразные сорно-рудеральные свиты — рудерально-ольховую (*Chelidonium majus*), сорно-залежную (*Viola tricolor*), собственно сорно-рудеральную (*Galinsoga parviflora*, *Arctium lappa*).

С помощью шкал Л. Г. Раменского (1956) для напочвенного покрова были определены средневзвешенные баллы увлажнения и богатства почв методом средневзвешенной середины интервала. При этом существенных различий между баллами, полученными для насаждений в ботаническом саду и на парковой территории не обнаружено, как и существенных различий между баллами, полученными для насаждений из разных древесных пород. Однако, после определения экологической валентности [Полянская, 2007] по шкале богатства почв для каждого вида напочвенного покрова, выявлены некоторые закономерности. Так, в насаждениях липы и клена на территории ботанического сада в напочвенном покрове наблюдаются исключительно стеновалентные виды, в то время как в аналогичных насаждениях парковой территории доля мезовалентных видов составляет 40 %. В меньшей степени различается напочвенный покров насаждений березы — в березняках ботсада и парковой территории доля мезовалентных видов — соответственно 16 и 30 %. По-видимому, в условиях неполной вертикальной структуры фитоценоза, а также уборки подстилки и периодического скашивания травостоя, увеличивается разнообразие экологических ниш внутри фитоценоза. В то же время воздействие рекреации и мероприятий по уходу не столь интенсивное, чтобы флористическое и эколого-ценотическое разнообразие снижалось.

Для оценки соотношения видов разных экологических групп для всех видов напочвенного покрова были также определены баллы по шкалам Е. Ландольта (1977), а именно — отношению к затененности, увлажнению, кислотности почвы и обогащенности почвы элементами питания. В напочвенном покрове всех изученных фитоценозов встречаются как преимущественно теневые, так и полутеневые и преимущественно световые виды, но соотношение их проективных покрытий существенно различается. Применительно ко всем типам насаждений, в парковом варианте, в отличие от ботанического сада, всегда встречаются световые виды, доля которых составляет от 20 % (кленовник) до 60 % (липняк), в то время как в ботаническом саду доля световых видов в напочвенном покрове не превышает 5 %. Существенных различий в соотношении экологических групп по отношению к влажности почв не выявлено, за исключением кленовых насаждений — доля видов сухих местообитаний в парковой зоне превышает этот показатель в ботаническом саду (соответственно 10 и 3 %), тогда как доля видов сырых местообитаний выше в ботаническом саду, чем в парке (соответственно 30 и 8 %). По-видимому, постоянная уборка мощной влагоемкой кленовой подстилки создает существенно более сухие условия для растений напочвенного покрова. Соотношение доли видов разных экологических групп по отношению к почвенной кислотности практически одинаковое в березняках ботанического сада и парковой территории, а применительно к широколиственным породам выявлены весьма существенные различия. Доля нейтрофильных видов в липовых и кленовых насаждениях ботанического сада составляет 60 и 35 %, в парковых же вариантах абсолютно преобладают виды, не имеющие определенной приуроченности к кислотности почвы (средняя градация). Доля видов, соответствующих богатому азотом и другими элементами питания почвам, в насаждениях ботанического сада превышает соответствующий показатель в насаждениях парков на 20 % (березняк и липняк), а в случае кленовых насаждений — на 50 %.

Таким образом, в результате исследования выявлено следующее. В условиях городского ландшафта флористический состав и эколого-ценотическая структура напочвенного покрова насаждений березы, липы и клена во многом определяется характером ухода за насаждениями. Упрощение вертикальной структуры фитоценоза приводит к изменению условий освещенности, что расширяет экологический спектр для растений напочвенного покрова. Уборка лесных подстилок, богатых кальцием и другими зольными элементами, что особенно относится к насаждениям широколиственных пород, приводит к уменьшению поступления этих элементов в почву, что не может не отражаться на биологическом круговороте и, как следствие, почвенно-растительных условиях, но что и указывает соотношение определенных экологических

групп видов в напочвенном покрове. Изменение условий затенения и увлажненности в сочетании с нерегулярным выкашиванием травостоя и рекреационным воздействием, приводит к существенному изменению соотношения в напочвенном покрове эколого-ценотических групп (свит) — лесные неморальные свиты, характерные для естественных лиственных насаждений, практически полностью замещаются луговыми, а также разнообразными сорно-рудеральными. Общий флористический состав насаждений парковой зоны по сравнению с насаждениями ботанического сада обеднен по причине исчезновения подлеска и подроста, в то же время флористический состав напочвенного покрова парковых территорий, напротив, более разнообразен и проективное покрытие напочвенного покрова в целом выше. Таким образом, в особенностях флористического состава и эколого-ценотической структуры напочвенного покрова городских насаждений березы, липы и клена характер ухода играет гораздо большую роль, чем вид древесной породы — эдификатора.

Литература

Кузнецов В. А., Стома Г. В. 2013. Влияние рекреационной нагрузки на лесные городские ландшафты (на примере национального парка «Лосиный остров» г. Москвы) // Вестник МГУ. Сер. 17, № 3. С. 27–33. Ниценко А. А. 1969. Об изучении экологической структуры растительного покрова // Бот. журн. Т. 54, № 7. С. 1002–1014. Новаковский А. Б. 2004. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS» // Автоматизация научных исследований. Вып. 27. Сыктывкар. С. 2–29. Полянская Т. А. 2007. Анализ экологической валентности растений бореальной эколого-ценотической группы [Классификация растительности темнохвойных лесов] // Актуальные проблемы геоботаники. Петрозаводск. Ч. 2. С. 128–131. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. 1956. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М. 470 с. Landolt E. 1977. *Ökologische Zeigerwertszur Sweizer Flora*. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. Н. 64. S. 1–208.

МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПОСЛЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ «КАТАСТРОФ» В ЕЛЬНИКАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Н. Г. Уланова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, NUlanova@mail.ru

Остановимся на мало изученном аспекте динамики видового состава (альфа-разнообразии) растений в ельниках южной тайги и хвойно-широколиственных лесов европейской части России после «катастрофических» нарушений.

Естественный природный механизм распада древостоя ели, как конечный этап динамики еловых фитоценозов на заключительной стадии сукцессии в европейской части России, реализуется массовыми ветровалами, пожарами или очагами сухостоя при вспышках численности короеда-типографа.

Итак, каковы причины гибели ельников за последние 15 лет? Экстремально теплые весны и лета, засухи способствуют ухудшению физиологического состояния елей, особенно если они растут на бедных сухих почвах. Возникающие пожары также губят ельники. Ослабленные деревья гибнут при массовых ветровалах. Таким образом, именно климатические факторы служат триггерным механизмом, определяющим снижение устойчивости древостоев ели и их гибели [Leuschner, Ellenberg, 2017]. Избыток кормовой базы на свежих ветровальных участках и в лесу при благоприятных жарких условиях весны и лета создает условия для расширения локальных очагов размножения ксилофагов (короеда-типографа) и других стволовых вредителей ели в пандемические [Маслов, 2010].

1. Интенсивность нарушения фитоценозов после природных и антропогенных катастроф. Катастрофические природные явления, вызывающие гибель ельников, создают разные по масштабу нарушения. При пожарах происходит гибель значительной части древостоя и подполовой растительности, при этом диапазон почвенных повреждений очень велик. При массовых ветровалах происходит варьирование масштабов гибели древостоя и напочвенного покрова при незначительных нарушениях почвенного покрова [Уланова, 2000; Уланова, 2004; 2006]. При частичном сохранении древостоя и подроста на ветровалах в травяно-кустарничком ярусе (ТКЯ) происходит лишь перераспределение доминирования видов с незначительным изменением видового состава [Уланова, Чередниченко, 2012]. В очагах усыхания ели при вспышках численности короеда-типографа почва и напочвенный покров практически не страдает, однако доля погибших елей изменяется от 0 до 100 %. Степень нарушения экосистемы при катастрофах, ведущих к гибели ельников, и определяет скорость восстановления растительности на горельниках, ветровальных и в очагах усыхания ели [Burton, 2008].

2. Увеличение биоразнообразия: видового богатства и структурного разнообразия. Природные и антропогенные катастрофы ведут к разной интенсивности трансформации исходных фитоценозов. В результате происходит увеличение биоразнообразия в новых сообществах (рис. 1), в очагах сухостоя ели незначительно, выше при массовых ветровалах. При полном уничтожении древостоя ели (не только погибшего) в ходе сплошной рубки происходит кардинальное изменение почвенного покрова [Дымов, 2017] и лесных сообществ в травяные и кустарниковые, что ведет к принципиальному изменению растительного покрова ельников. В новых луговых сообществах биоразнообразие резко увеличивается за счет нелесных видов [Уланова, 2006].

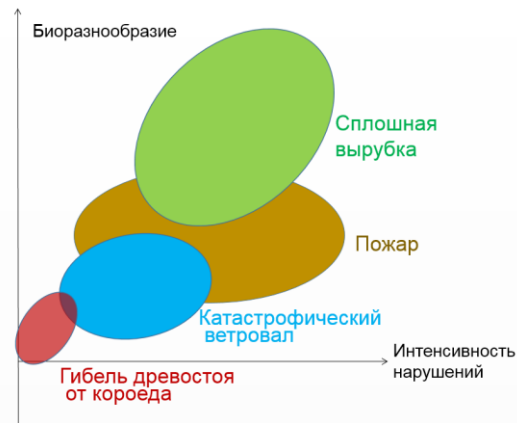


Рис. 1. Изменение биоразнообразия еловых фитоценозов при различной интенсивности нарушений древостоя, травяно-кустарничкового яруса, мохового и почвенного покрова после сплошной вырубке, массовых ветровалов и в очагах поражения короедом-типографом

Рассмотрим пример изменения растительности в очагах усыхания ели 2012 года в западной части Московской области (Звенигородская биостанция МГУ). В сухостойном ельнике виды сохранили свое доминирование в ТКЯ. После вырубке сухостоя по сравнению с ненарушенным ельником произошло увеличение флористического состава ТКЯ в 2 раза в результате гибели ТКЯ, нарушений мохового и почвенного покрова при вывозе древесины, сжигании рубочных остатков и последующего вселения новых видов (рис. 2). Доминирование перешло к другим видам. В результате значительных нарушений почвы возникла высокая мозаичность ТКЯ.

Ценотический спектр ТКЯ ельника после гибели ели соответствует спектру исходного леса. На второй год в ТКЯ произошло изменение встречаемости видов и вселение новых видов ценотических групп, характерных для исходного леса. Встречаемость видов мохового покрова сократилась вследствие затенения разросшейся лещиной. На вырубке увеличение числа ценотических групп в два раза вызвано внедрением видов ТКЯ и мхов, не характерных для исходного сообщества. На вырубке доля лесных видов значительно сокращена, возросла доля сорных, луговых и сорно-луговых. Фитоценоз вырубке можно отнести к лесо-луговому типу.

Уникальные мониторинговые наблюдения в течение 35 лет на 28 постоянных площадях размером 2 га на сплошных вырубках в охранной зоне Центрально-лесного заповедника (Тверская область) позволили проанализировать динамический тренд изменения видового богатства растительности и интенсивность его варьирования по годам в течение первых 45 лет с момента вырубке коренных ельников черничных, кисличных и липняковых (рис. 3). Диапазон колебаний значений числа видов на ППП в пределах каждого возраста после вырубке оказался очень большим, что связано, вероятно, со значительными различиями флористического богатства исходных типов леса. Можно говорить лишь о тенденции уменьшения флористического богатства в процессе формирования молодого леса в среднем от 100 до 55 видов. Восстановление лесных фитоценозов происходит к 20 годам после уничтожения исходного ельника, а к 30 годам — флористического состава.

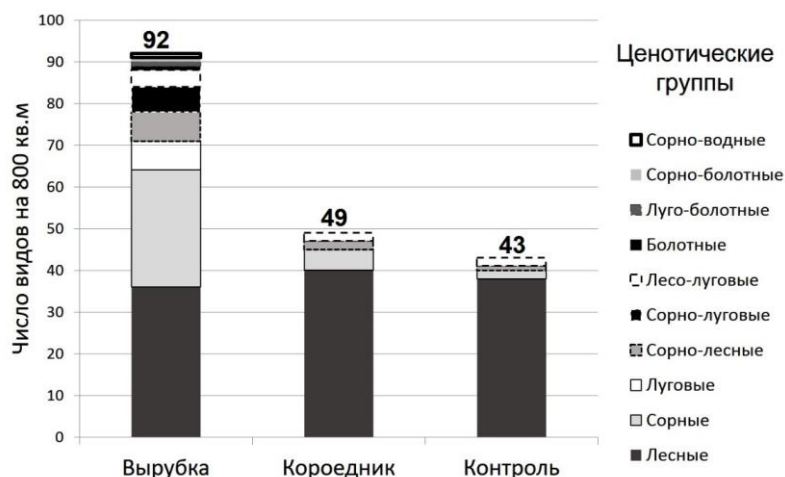


Рис. 2. Структура видового богатства травяно-кустарничкового яруса в ельнике зеленчуковом (контроль) на второй год после гибели древостоя ели при вырубке сухостоя или сохранении сухостоя (короедник)

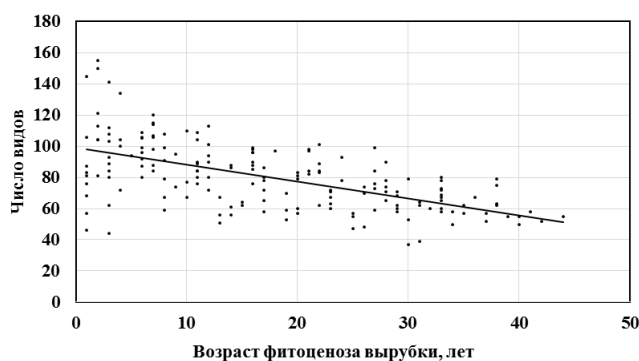


Рис. 3. Изменение видового богатства растительности после сплошной рубки в ельниках по результатам мониторинговых наблюдений за 35 лет

3. Восстановительная динамика фитоценозов после катастрофических нарушений. При значительных нарушениях фитоценозов и почвы происходят сукцессии: демулации, вторичные неполноценные и квазипервичные по терминологии Т. А. Работного (1992). Изменения растительности зависят от исходного типа леса. Так, в очагах усыхания елей в Московской области в ельниках черничных, кислично-черничных флуктуации идут через рябиновый лес с подростом ели. В ельниках зеленчуковых и сложных демулация проходит через стадию липняков с кленом и подростом ели. В ельниках сложных с лещиной неполноценная вторичная сукцессия заканчивается лещинником.

Ведение лесного хозяйства в ельниках требует проведения сплошных санитарных рубок погибшего древостоя ели в случае вспышек короеда-типографа, расчистки массовых ветровалов и пожарищ. Массовое назначение сплошных рубок за последнее 10 лет привело к увеличению площади сплошных вырубок, на которых произошло образование луговых сообществ. В результате происходят вторичные сукцессии с формированием березняков или осинников, реже ельников и сосняков [Уланова, 2006; Jopášová, Prach, 2008].

Альтернативный способ ведения лесного хозяйства (сохранение погибшего древостоя и естественное возобновление леса) возможен лишь в лесах, имеющих заповедный статус. Сохранение сухостоя и ветровальных участков ельников приводит к естественному ходу лесовосстановления, сохраняя лесные фитоценозы, изменяя лишь соотношение доминирующих пород в древостое. В результате образуется смешанный древостой с широколиственными породами, который обладает повышенной устойчивостью к вредителям и болезням леса. Сложные по структуре леса замещают монокультуры ельников, что способствует восстановлению разнообразия лесов, характерных для зоны хвойно-широколиственных лесов. Именно такие естественные леса, вероятно, характерны для зоны хвойно-широколиственных лесов.

Заключение. После массовых ветровалов, в очагах усыхания леса при вспышке короеда-типографа при полном уничтожении древостоя ели (не только погибшего) в ходе сплошной рубки происходит трансформация лесных сообществ в травяные и кустарниковые, что ведет к принципиальному изменению растительного покрова ельников. В новых луговых сообществах биоразнообразие резко увеличивается за счет нелесных видов [Уланова, 2006]. С точки зрения биолога этот процесс нельзя считать негативным для природы. Если наша идеология требует увеличения разнообразия видов, то образование луговой растительности — это лучший вариант решения поставленной задачи. В последние годы появились публикации, поднимающие вопрос о важности первых сукцессионных стадий для увеличения биоразнообразия лесов [Swanson et al., 2011; Blair et al., 2016; Fornwalt et al., 2018]. Проведенный мета-анализ результатов 238 исследований биоразнообразия в различных лесах мира также выявил увеличение видового богатства сосудистых растений после катастрофических ветровалов, гибели древостоя после вспышек численности короедов и вырубок [Thorn et al., 2018].

С точки зрения эколога лесная растительность должна быть сохранена и стадия отсутствия лесного сообщества всегда нежелательна. Какой путь оптимален для природы и лесного хозяйства? Верна ли наша идеология? Только многолетние мониторинговые наблюдения позволяют дать прогноз и оценить риски использования разных технологий лесовосстановления после катастрофических нарушений леса.

Исследования выполнены в рамках государственного задания МГУ № 01201157316.

Литература

- Дымов А. А. 2017. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) // Почвоведение. № 7. С. 787–798.
 Маслов А. Д. 2010. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М.: ВНИИЛМ. 138 с. Работнов Т. А. 1992. Фитоценология. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та. 352 с. Уланова Н. Г. 2004. Сравнительный анализ динамики растительности разновозрастного ельника-кисличника, массового ветровала и сплошной вырубки в том же типе леса // Бюлл. МОИП. Отд. биол. Т. 109, № 6. С. 64–72. Уланова Н. Г. 2006. Восстановительная динамика растительности сплошных вырубок и массовых ветровалов в ельниках южной тайги (на примере европейской части России): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М. 46 с. Уланова Н. Г., Чередищченко О. В. 2012. Механизмы сукцессий растительности сплошных ветровалов южнотаежных ельников // Известия Самарского НЦ РАН. Т. 14, № 1 (5). С. 1399–1402. Blair D. P., McBurney L. M., Blanchard W., Bank S. C., Lindenmayer D. B. 2016. Disturbance gradient shows logging affects plant

functional groups more than fire // *Ecological Applications*. Vol. 26. P. 2280–2301. *Burton P. J.* 2008. The mountain pine beetle as an agent of forest disturbance. Mountain pine beetle conference proceedings // *BC Journal of Ecosystems and Management*. Vol. 9, № 3. P. 9–13. *Fornwalt P. J., Rhoades Ch. C., Hubbard R. M., Harris R. L., Faist A. M., Bowman W. D.* 2018. Short-term understory plant community responses to salvage logging in beetle-affected lodgepole pine forests // *Forest Ecology and Management*. Vol. 409. P. 84–93. *Jonašova M., Prach K.* 2008. The influence of bark beetles outbreak vs. salvage logging on ground layer vegetation in Central European mountain spruce forests // *Biological conservation*. Vol. 141. P. 1525–1535. *Leuschner Chr., Ellenberg H.* 2017. *Vegetation Ecology of Central Europe*. Vol. I. Ecology of Central European Forests. Springer International Publishing Switzerland. 971 p. *Swanson M. E., Franklin J. F., Beschta R. L., Crisafulli Ch. M., DellaSala D. A., Hutto R. L., Lindenmayer D. B., Swanson Fr. J.* 2011. The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites // *Front. Ecol. Environ.* Vol. 9, № 2. P. 117–125. *Thorn S., Bässler C., Brandl R., et al.* 2018. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis // *J. Appl. Ecol.* Vol. 55. P. 279–289. *Ulanova N. G.* 2000. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review // *Forest Ecology and Management*. Vol. 135, № 1–3. P. 155–167.

РОЛЬ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОЯВЛЕНИИ РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ У НИЗШИХ РАКООБРАЗНЫХ

К. В. Устенко, Д. В. Ускалова, Е. И. Сарапульцева

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия, *helen-bio@yandex.ru*

В последнее время приоритет научных исследований в области радиационной биологии водных экосистем отдан ракообразным, группе организмов, которые определены в качестве ключевой модели для разработки экологических основ радиационной защиты [ICRP, 2009]. Среди *Crustacea* в исследованиях влияния антропогенных факторов на пресноводные экосистемы доминирует наиболее хорошо изученный род *Daphnia*, который традиционно широко используется в экотоксикологическом мониторинге и имеет практические преимущества перед другими представителями ракообразных. В лабораторных исследованиях дафний культивируют в оптимальных условиях, поддерживая партеногенетические поколения согласно действующим Российским или международным протоколами. Известно, что пищевые ресурсы, продолжительность светового дня и температура являются критическими биотическими факторами, регулирующими плодовитость и численность ветвистоусых ракообразных в популяции. Представляется также возможным, что в результате жизнедеятельности гидробионтов могут происходить изменения величины удельной объемной проводимости и pH водной среды. Зная механизмы влияния указанных факторов на выживаемость и плодовитость *D. magna* Straus. при радиационном воздействии, можно делать прогнозы по стратегии выживания популяции при изменении условий среды.

Целью данного исследования является анализ влияния абиотических (физико-химические свойства воды) и биотических (концентрация корма) факторов на изменение выживаемости и плодовитости низших ракообразных *Daphnia magna* после острого γ -облучения в модельных экспериментах.

Материалы и методы исследования. Рачков *Daphnia magna* культивировали в лабораторных условиях в водопроводной дехлорированной дважды фильтрованной воде по международному протоколу [OCDE, 2011]. Для получения синхронизированной культуры половозрелых самок *D. magna* по 5 особей культивировали в лабораторных стаканах со 100 мл воды при режиме освещенности 700–1400 люкс 12 ч 12 ч свет/тьма при 20 °С (Климатостат, модель R2 Спецкомплетресурс, Россия) и обновлении воды дважды в неделю. *Daphnia* кормили суспензией зеленых водорослей (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) в концентрации ~ 2 мгС/л (плотность $6 \cdot 10^5$ кл/мл). Удаляли молодь первых пометов. Новорожденных особей третьего помета использовали в эксперимент.

Изменение выживаемости и плодовитости *D. magna* в зависимости от концентрации корма осуществляли в длительных экспериментах, облучая рачков γ -квантами на установке «Луч-1» (Латвия, ^{60}Co) в дозах 10, 100 и 1000 мГр (2,8–96 сГр/мин). Контрольная группа находилась в тех же условиях, но без облучения. В эксперимент были отобраны по 40 односуточных *D. magna* в каждую экспериментальную группу. После облучения *D. magna* культивировали поодиночно в лабораторных стаканах с 50 мл культуральной воды в оптимальных условиях климатостата (модель P2, ООО ОМИКРОН, г. Красноярск). В опытах имитировали трофические условия, соответствующие олиго- (низкий уровень пищи (0,6 мгС/л) и эвтрофным (высокий уровень пищи (2 мгС/л) водоемам. Хлореллу культивировали на среде Тамия [Мелехова и др., 2010]. Отмывали от среды центрифугированием и разбавляли культуральной водой. Концентрацию водорослей определяли на оптическом приборе ИПС-03 (ООО ОМИКРОН, г. Красноярск) при длине волны 665 нм и рассчитывали по формуле $Chl_a = 11,9 \times D_{665}$, где D_{665} — оптическая плотность. Поскольку концентрация хлорофилла *a* составляет ~ 6,75 % от органического углерода, то биомасса хлореллы составляла $Chl_a \times 0,067$. Воду в экспериментальных сосудах обновляли раз в неделю. Анализ выживаемости и плодовитости проводили ежедневно до 21 сут. Новорожденную молодь и погибших дафний учитывали и удаляли.

Для анализа физических и химических характеристик культуральной воды проводили измерение комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) и тангенса угла диэлектрических потерь с помощью измерительного стенда в составе векторного анализатора цепей R&SZVH8 (Rohde & Schwarz GmbH & Co., Германия) и набора для измерения диэлектрических свойств материалов DAK-12 (SPEAGAG, Швейцария)

в диапазоне частот 900–2900 МГц. Анализировали действительную ($Real(eps)$) и мнимую ($Im(eps)$) составляющие диэлектрической проницаемости воды в сосудах, в которых культивировали 1-суточных дафний с плотностью посадки 50 особей на 1 л воды (занимаемый объем тест-объекта в экспериментальном сосуде около 0,005 %) и 20-суточных рачков (объем около 0,09 %) в течение одних суток и недели (7 сут.) в оптимальных условиях. Одновременно проводили измерение химических характеристик культуральной воды по ГОСТ.

Для статистической обработки результатов использовали программы EXCEL и «Statistica». Изменение показателей плодовитости анализировали по непараметрическому U-критерию Манна-Уитни и тестом Крускала-Уоллиса (количественная характеристика). Изменение выживаемости анализировали по критерию χ^2 (качественная характеристика).

Результаты и их обсуждение. В эксперименте, направленном на анализ изменения выживаемости и плодовитости *D. magna* после облучения γ -квантами при условии культивирования ракообразных при разной концентрации хлореллы в корме, контрольные и облученные дафнии, получающие корм в низкой концентрации начали производить потомство в среднем с 11–13-суточного возраста, а получающие корм в высокой концентрации – с 9–10-суточного. Хотя эти показатели соответствуют биологической норме (9–14 сут.) [Ebert, 2005], мы наблюдали увеличение продолжительности ювенильного развития у *D. magna* в условиях дефицита пищи. В таблице представлены данные по выживаемости и плодовитости *D. magna* к 21 сут. при условии разной концентрации хлореллы в корме и разных дозах облучения. Из таблицы видно, что выживаемость *D. magna* в контрольных образцах соответствует допустимой стандартами норме при всех концентрациях хлореллы в корме, однако плодовитость значительно варьирует. В первую очередь следует отметить, что при низком уровне корма общая плодовитость тестируемых ракообразных в контроле значимо ниже, чем при высоком уровне.

Изменение выживаемости и плодовитости *D. magna* при условии разной концентрации хлореллы в корме и дозы γ -облучения к 21-суточному возрасту (исходное количество особей в каждой группе $n = 40$)

Концентрация хлореллы, мгС/л / Доза облучения, мГр	Выживаемость, особей (%)	Новорожденных на дафнию, особей	Кол-во пометов на дафнию, штук	Новорожденных на помет, особей
0,6 / 0	35 (75)	26,49 ± 0,84	4,97 ± 0,23	5,78 ± 0,36
0,6 / 10	34 (70)	21,18 ± 1,97	3,26 ± 0,34	5,85 ± 0,61
0,6 / 100	35 (75)	21,34 ± 0,03	4,59 ± 0,27	5,03 ± 0,33
0,6 / 1000	31 (55)	17,67 ± 1,15	3,47 ± 0,29	5,29 ± 0,32
2 / 0	38 (90)	66,72 ± 1,98	3,48 ± 0,15	19,63 ± 0,55
2 / 10	37 (85)	65,33 ± 2,61	3,56 ± 0,17	18,68 ± 0,53
2 / 100	37 (85)	56,96 ± 2,98	3,15 ± 0,17	17,58 ± 0,81
2 / 1000	35 (75)	46,72 ± 4,19	2,64 ± 0,25	16,69 ± 1,16

При более детальном анализе компонентов общей плодовитости — количества пометов на дафнию и новорожденных на помет, обнаружено, что количество пометов в 1,4 раза выше при низком уровне пищи, при этом размер помета в 4 раза выше при высоком уровне пищи. Следовательно, концентрация корма является лимитирующим фактором, существенно снижающим общую плодовитость дафний за счет снижения количества новорожденных в пометах.

Из таблицы также видно, что выживаемость дафний, облученных в дозе 1000 мГр, значимо нарушена. Данные по выживаемости хорошо согласуются с данными по плодовитости. Эксперимент показал, что плодовитость дафний, культивируемых после облучения при низком уровне пищи, значимо снижается уже при облучении в дозе 100 мГр. Более детальный анализ выявил, что количество пометов значимо изменяется ($p = 2,84 \times 10^{-5}$), а количество новорожденных на помет остается неизменным ($p = 0,48$). Выживаемость дафний, культивируемых после облучения при высоком уровне пищи, значимо снижается при облучении в дозе 1000 мГр ($\chi^2 = 5,45$), а общая плодовитость — после облучения в дозах 100 мГр ($p = 1,57 \times 10^{-5}$). При этом количество пометов значимо снижалось с увеличением дозы облучения ($p = 0,003$), а размер помета не изменялся ($p = 0,05$).

При культивировании ракообразных, в окружающую среду поступают продукты их жизнедеятельности, которые при растворении в воде могут приводить к изменению внутренней структуры жидкости за счет ее гидратации. Согласно полученным данным, ни действительная $Real(\epsilon)$, ни мнимая $Imagin(\epsilon)$ составляющие диэлектрической проницаемости воды не менялись при 1-суточном и недельном культивировании в ней мелких (новорожденных) дафний и крупных 20-суточных рачков и находились в пределах теоретических значений ($Real$ и $Imagin$). Известно, что удельная электрическая проводимость (УЭП) природной воды зависит от концентрации растворенных минеральных солей. Природные воды представляют собой растворы смесей сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие дру-

гих ионов, например, Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , NO_3^- , HPO_4^- , H_2PO_4^- не сильно влияет на электропроводность, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах. **Измерение электропроводности водных растворов** дает для дистиллированной воды величину УЭП от 2 до 5 мкСм/см, для атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм³) от 6 до 30 и более мкСм/см, а для пресных речных и озерных вод в тех районах, где воздушная среда сильно загрязнена, величина УЭП может колебаться в пределах 30–1500 мкСм/см [Воробьев, 1963].

Согласно полученным данным, культивирование односуточных (мелкие) и 20-суточных (крупные) дафний в течение недели не изменило химические характеристики воды, которые остались в пределах нормы. Согласно нормативным документам, оптимальные значения активной реакции среды рН для дафний составляют 7,0–8,0, однако временные изменения рН в пределах 5,8–9,0 не подавляют существенно жизнедеятельность дафнии [Руководство..., 2002]. Оптимальное содержание кислорода для дафнии составляет 7–8 мг/л, однако рачок способен переносить снижение концентрации O_2 до 2 мг/л.

Ранее нами было показано, что γ -облучение снижает выживаемость [Сарапульцева, Малина, 2009; Сарапульцева и др., 2011; Sarapultseva, Gorski, 2013] и плодовитость [Sarapultseva, Dubrova, 2016; Сарапульцева, 2017] облученных в дозах 100 и 1000 МГр дафний. Результаты данного исследования показали, что радиационный эффект не зависит от уровня пищи.

Данные по радиационным эффектам, полученные на дафниях, хорошо согласуются с результатами исследований на других представителях биоты. Например, с результатами недавнего исследования изменения плодовитости нематоды *Caenorhabditis elegans* Mauras, в трех поколениях после облучения исходной выборки ¹³⁷Cs [Buisset-Goussen et al., 2014]. В цитируемой работе обнаружено снижение способности откладки яиц в первом и третьем поколениях нематоды, подвергшейся γ -облучению. В другом исследовании задержку репродуктивного периода у морского рачка *Paracyclopsina nana* Smirnov вызвало облучение в дозе 10 Гр [Won, Lee, 2014]. В работе [Tsytugina, Polikarpov, 2003] обнаружены изменения в репродуктивном режиме (частота бесполого и полового размножения) у трех видов олигохет (*Dero obtusa* D'udekem, *Nais pseudobtusa* Piguët, и *Nais pardalis* Piguët.), которые были облучены с мощностью дозы 14 МГр/ч комбинированно γ - и β -частицами. Если эти явления будут происходить в природных популяциях, то общий репродуктивный выход, структура популяции и генетическое разнообразие будущих поколений могут серьезно пострадать. Так как долгосрочное выживание видов сильно зависит от индивидуальной плодовитости и выживаемости, изменения в репродуктивном процессе необходимо рассматривать как один из наиболее значимых сублетальных последствий загрязнения окружающей среды.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-07-01403 А и 18-48-400010 р_а.

Литература

- Воробьев И. И. 1963. Применение измерения электропроводности для характеристики химического состава природных вод. М.: Изд-во АН СССР. 141 с. Мелехова О. П., Сарапульцева Е. И., Евсеева Т. И. и др. 2010. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие / под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Сарапульцевой. М.: Академия. 288 с. *Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов.* 2002. М.: РЭФИА, НИА-Природа. Сарапульцева Е. И., Малина Ю. Ю. 2009. Изменение жизнеспособности *Daphnia magna* после γ -облучения в диапазоне относительно малых доз // Радиационная биология. Радиэкология. Т. 49, № 1. С. 82–84. Сарапульцева Е. И., Горский А. И., Малина Ю. Ю. 2011. Радиационные риски смертности и сокращение продолжительности жизни γ -облученных в малых дозах дафний // Радиация и риск. Т. 20, № 1. С. 34–40. Сарапульцева Е. И. 2017. Биологические эффекты радиационного воздействия у низших ракообразных *Daphniamagna*. Аналитический обзор // Радиационная биология. Радиэкология. Т. 57, № 4. С. 414–428. Buisset-Goussen A., Goussen B., Della-Vedova C., Galas S., Adam-Guillermín C., Lecomte-Pradines C. 2014. Effects of chronic gamma irradiation: a multigenerational study using *Caenorhabditis elegans* // J. Environ. Radioact. Vol. 137. P. 190–197. Ebert D. 2005. Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in *Daphnia*, National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information, Bethesda, Md, USA. ICRP Publication 108. Environmental Protection: The Concept and Use of Reference Animals and Plants // Ann. ICRP. 2009. Vol. 38, No. 4–6. P. 1–242. OECD. 2011. Organisation for Economic Co-operation and Development // Test № 202: *Daphnia* Sp. Acute Immobilisation Test. OECD Publishing, Paris. Sarapultseva E., Gorski A. 2013. Low-dose γ -irradiation affects the survival of exposed *Daphnia* and their offspring // Dose Response. Vol. 11, № 4. P. 460–468. Sarapultseva E. I., Dubrova Y. E. 2016. The long-term effects of acute exposure to ionising radiation on survival and fertility in *Daphnia magna* // Environmental Research. Vol. 150. P. 138–143. Tsytugina V. G., Polikarpov G. G. 2003. Radiological effects on populations of Oligochaeta in the Chernobyl contaminated zone // J. Environ Radioact. Vol. 66. P. 141–154. Won E. J., Lee J. S. 2014. Gamma radiation induces growth retardation, impaired egg production, and oxidative stress in the marine copepod *Paracyclopsina nana* // Aquatic toxicology. № 150. P. 17–26.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

Т. Е. Шведова, Т. Н. Ефимова

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, ShvedovaTE@volgatech.net

Экономическая ситуация, сложившаяся в стране, не позволяет вкладывать в гидроресомелиорацию большие средства. Поэтому главной целью в сложившихся обстоятельствах является поиск путей минимизации расходов на поддержание в рабочем состоянии построенных ранее осушительных систем на землях с наиболее богатыми лесорастительными условиями, где достигнут лесоводственный эффект, предотвращение на этих землях распада высокопроизводительных древостоев от вторичного заболачивания.

Гидролесомелиоративная система — это единый территориальный природный комплекс, представляющий совокупность лесосушительных систем, состоящих из инженерных сооружений и устройств с осушаемыми землями и сохраняемыми среди них элементами ландшафта [Бабилов, Пахучий, 2014].

По результатам многолетних наблюдений нами проводится мониторинг состояния осушительных систем и гидротехнических сооружений осушаемых земель Республики Марий Эл.

Результаты мониторинга следующие:

– общая площадь исследованных объектов составила 14,8 тыс. га, из них лесная площадь составляет 14,0 тыс. га, нелесная 0,8 тыс. га;

– общая протяженность магистральных каналов составляет 112,9 км, собирателей — 114,5 км, протяженность регулирующей сети равна 395,9 км.

Техническое состояние и протяженность каналов осушительной сети представлены в таблице 1.

Таблица 1

Техническое состояние осушительных каналов

Категория каналов	Техническое состояние осушительных каналов и их протяженность, км				Всего	Причины выхода каналов из строя	Протяженность кавальеров
	хорошее	удовл.	плохое	нерабочее			
Магистральные	22,8	65,7	13,0	11,4	112,9	Деятельность бобров, заиление и зарастание растительностью	16,2
Собиратели	18,7	65,1	16,0	20,7	114,5		6,0
Осушители	12,6	252,6	25,2	105,5	395,9		5,0
ИТОГО	54,1	383,4	48,2	137,6	623,3		27,2

Процент вышедших из строя каналов составляет 22 %, или 623,3 км, и требует восстановления. Причинами выхода из строя проводящей сети являются бобровые плотины, вышедшие из строя мосты и трубоперезды, а у регулирующей сети — заиление и зарастание травой, моховой и древесной растительностью.

Важное значение для лесохозяйственного природопользования мелиорируемых земель, их противопожарной безопасности имеет транспортное освоение территории и ее техническое состояние, включая сооружения на осушительной сети [Константинов и др., 1995].

Общая протяженность построенных лесных дорог составляет 110,7 км (табл. 2).

Таблица 2

Дороги на объектах осушения и эксплуатационные проезды вдоль каналов

Протяженность дорог				Требуют ремонта			Проезды по каналам	
всего	совмещенных с каналами	улучшенных песчано-грунтовой смесью	улучшенных грунтовых	всего	капитального	текущего	разравненные кавальеры	требуют ремонта
110,7	18,3	0,7	41,0	35,1	14,1	21,0	27,3	13,4

Практически отсутствуют на объектах мелиорации дороги, улучшенные песчано-гравийной смесью. Их протяженность составляет всего 0,7 км, или 0,63 %. Улучшенные грунтовые дороги имеют протяженность 41,0 км, или 37 %. То есть транспортное освоение мелиорируемых лесных земель развито слабо. Отсутствие в последние годы ухода и ремонта за ними привело их в крайне плохое состояние. Почти третья часть из них (35,1 км, или 31,7 %) требует срочного ремонта, в том числе 14,1 км (12,7 %) капитального.

В свое время делались попытки использования разравненных кавальеров, в основном, по собирателям и магистральным каналам под проезды. Однако, в связи с плохой проходимостью эксплуатировались они только в зимнее время. В результате чего большая часть кавальеров заросла древесной растительностью и стала непроезжей. Из 27,3 км разравненных проездов вдоль проводящих каналов почти половина — 13,4 км, или 49,1 %, заросли и непригодны для проезда.

Возможность транспортного освоения осушаемых территорий зависит не только от протяженности и качественного состояния дорог, но и от наличия и состояния инженерных сооружений на них — мостов, трубоперездов и др.

Обследование состояния имеющихся на осушительных сетях инженерных сооружений приведены в таблице 3.

Сооружения на каналах осушительной сети

Наименование сооружений	Количество	Требуют		
		полного восстановления	капитального ремонта	текущего ремонта
Мосты	103	100	1	2
Трубопереезды	55	9	32	14
Необорудованные переезды	46	5	4	35
Пожарные водоемы	36	4	13	7
Илоотстойники	12	9	2	1

Мосты. На осушительных системах обычно строят деревянные мосты, очень редко - железобетонные. Техническое состояние мостов плачевное. Из 103 мостов 100 требуют полного восстановления. То есть говорить о ведении хозяйства, в т. ч. о лесокультурном освоении территории или возможности доставки людей к возникающим пожарам практически невозможно. Сроки службы деревянных мостов (15–20 лет) выработаны.

Кроме того, разрушенные мосты вызывают подъем воды в водотоках и подтопление вышележащих территорий, ведущих к повторному заболачиванию.

Трубопереезды строились, обычно, железобетонные на более мелких водотоках проводящей сети и, следовательно, имеют больший срок службы. Их техническое состояние более удовлетворительное.

Довольно часто, в целях экономии, при проектировании не закладывают строительство необходимого числа трубопереездов. В связи с чем, в целях транспортного освоения территории, производственники вынуждены своими силами устраивать *необорудованные переезды* через каналы осушительной сети.

Пожарные водоемы. На осушительных системах построено 36 водоемов (почти 2 на каждые 1 000 га мелиорируемой площади), этого крайне недостаточно, тем более с учетом плохой транспортной сети. Кроме того, 17 из них (почти 50 %) требуют полного восстановления или капитального ремонта, включая строительство подъездных путей.

Илоотстойники строятся в начале создания осушительных систем и служат для перехвата твердого стока в период прокладки каналов. Их заиливание в настоящее время серьезных последствий не имеет. Они подлежат восстановлению при капитальном ремонте или реконструкции осушительной системы.

Отрицательно сказывается на работе осушительной системы деятельность бобров. Бобры строят плотины на каналах проводящей сети, а это ведет к повышению уровней воды в каналах и в конечном итоге к вторичному заболачиванию осушаемых площадей. В настоящее время в подтоплении из-за деятельности бобров находится около 0,8 тыс. га. Вопрос переселения бобров следует решать на федеральном уровне.

Таким образом, выход из строя осушительной системы приводит к затоплению и подтоплению мелиорируемых площадей. Следует проводить уход, ремонт и реконструкцию осушительных систем.

Протяженность лесных дорог на гидролесомелиоративных системах составляет 110,7 км. Отсутствие ухода за ними привело к их катастрофическому состоянию. Почти половина из них требуют срочного ремонта.

Сооружения на транспортной сети играют решающую роль. Однако, построенные 30–40 лет назад деревянные мосты выработали отведенный им срок, и практически не могут быть использованы, так как требуют полного восстановления.

Крайне невелико количество противопожарных водоемов — 2 на каждую тысячу осушаемой площади. Из них почти 50 % требуют полного восстановления или капитального ремонта. К остальным, в большинстве случаев, затруднен или отсутствует подъезд.

Следует поднять вопрос о восстановлении хотя бы одной Лесной машинно-мелиоративной станции (ЛММС).

В целом, все имеющиеся вопросы по гидролесомелиоративным системам необходимо решать на федеральном уровне.

Литература

Бабиков Б. В., Пахучий В. В. 2014. Гидротехнические мелиорации (осушение лесных земель). Сыктывкар: СЛИ. 160 с. Константинов В. К. и др. 1995. Реконструкция и эксплуатация лесоосушительных систем. СПб.: СПбНИИЛХ. 112 с.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ЛИСТЬЯХ И ПЛОДАХ КАШТАНА КОНСКОГО ОБЫКНОВЕННОГО
(*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.)**

Е. А. Алябышева, Ю. С. Алябышева

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, e_alab@mail.ru

Из литературных источников известно, что *A. hippocastanum* — двудольное, листопадное растение, представляющее собой жизненную форму дерева первой величины. В зависимости от условий произрастания, высота *A. hippocastanum* варьирует от 20 до 40 м. Форма кроны может быть округлой, овальной, яйцевидной и раскидистой. Растение имеет мощную корневую систему, состоящую из стержневого и хорошо развитых боковых корней. Ствол *A. hippocastanum* в диаметре до 1 и более метров имеет цилиндрическую форму. Молодая кора гладкая, светло-коричневого или светло-серого цвета, у старых деревьев наблюдается пластинчатость и потемнение коры. Листья темно-зеленого или светло-зеленого цвета, супротивные, с рыжими волосками по жилкам. Пальчато-сложные листья от 15 до 35 см в диаметре, состоящие из пяти — восьми сидячих, обратнойяйцевидных, неравно-пильчатых листочков. Черешок листовой пластинки имеет длину около 15–25 см. Цветки *A. hippocastanum* в диаметре от 15 до 20 мм. Обладают достаточно приятным ароматом. Окраска цветков белых тонов с красными и желтыми крапинками на лепестках. Цветоножки имеют опушение рыжеватых тонов. Чашечка колокольчатая, состоящая из 5 чашелистников. Венчик состоит из пяти лепестков. Каждый лепесток имеет бахромчатый отгиб. У каждого цветка хорошо заметны 6–8 тычинок. Цветки собраны в метельчатое соцветие. Метелка длиной 15–30 см, состоит из 70–200 и более цветков. Большая часть цветков *A. hippocastanum* являются тычиночными, другие — обоеполыми. Тип плода — сухая, шаровидная, шиповатая коробочка, раскрывающаяся тремя створками, в диаметре до 6 см. Каждая коробочка состоит из одного–трех семян. Семена округлой или приплюснутой формы в диаметре 2–4 см. Окраска семян от светло- до темно-коричневых тонов, гладкие, глянцевого оттенка, с ярко выраженным белым пятном [Хоменок, 2017].

Каштан конский обыкновенный является высокоценном хозяйственно-биологическом виде, имеет большое лекарственное значение. В качестве лекарственных средств используют не только семена, но и кору, цветки и листья каштана конского обыкновенного [Лекарственные растения, 1969]. В семенах содержатся различные макро- и микроэлементы, витамин Е и В, эсцин, кумарины, флавоноиды. Состав веществ в семенах позволяет предотвратить свертывание крови, использовать их при тромбозе, атеросклерозе, варикозном расширении вен, в качестве антитромботических и веноотонизирующих лекарственных препаратов [Киселева, 1995; Кьосев, 2002].

Целью данной работы является изучение влияния условий произрастания на содержание дубильных веществ в генеративных и вегетативных органах каштана конского обыкновенного.

В природе растения, принадлежащие к разным таксонам, синтезируют дубильные вещества. Богаты дубильными веществами представители семейств Pinaceae, Salicaceae, Polygonaceae, Fagaceae, Apocynaceae и др. Дубильные вещества содержатся как в подземных, так и надземных частях растений. Из литературных источников известно, что содержание дубильных веществ в растении зависит от возраста и фазы развития, места произрастания, климатических и почвенных условий [Зубарева, Екимова, Ставцева, 2015].

Исследования проводили в июле-августе 2018 года. Для исследования были выбраны следующие районы г. Йошкар-Олы: агробиостанция МарГУ, магазины «Дом Быта», «Дом книги», «Детский мир», парк им. XXX-летия ВЛКСМ, политехнический лицей интернат (по 5 шт. в каждом районе) на высоте 1 м отбирали по десять сложных листьев.

Количественное определение дубильных веществ проводили по ОФС.1.5.3.0008.15. Содержание суммы дубильных веществ в пересчете на танин в абсолютно сухом сырье в процентах (X) вычисляют по формуле (%):

$$X = \frac{(V - V_1) \times 0,004157 \times 250 \times 100 \times 100}{a \times 25 \times (100 - W)},$$

где V — объем калия перманганата раствора 0,02 М, израсходованного на титрование водного извлечения, мл; V_1 — объем калия перманганата раствора 0,02 М, израсходованного на титрование в контрольном опыте, мл; 0,004157 — количество дубильных веществ, соответствующее 1 мл калия перманганата раствора 0,02 М (в пересчете на танин), г; a — навеска сырья или лекарственного растительного препарата, г; W — влажность лекарственного растительного сырья или лекарственного растительного препарата, %;

250 — общий объем водного извлечения, мл; 25 — объем водного извлечения, взятого для титрования, мл [Государственная фармакопея Российской Федерации, 2015]. Данные обработаны статистически.

Как показали результаты наших исследований, содержание танинов в растительных тканях генеративных особей *A. hippocastanum* изменялось от 3,2 до 10,6 %. При этом в сложных листьях и околоплоднике их было в среднем 5,8 %, в семенной кожуре — 5,7 %, в семенах — 5,1 %.

Условия произрастания оказывали влияние на содержание дубильных веществ в растительных тканях *A. hippocastanum*.

Так, наибольшее значение данного показателя были обнаружены в сложных листьях особей, произрастающих на территории политехнического лицея-интерната, а наименьше — у растений, произрастающих на придорожной полосе в центральной зоне города (рис. 1).

В околоплоднике растений, произрастающих в посадках около магазина «Детский мир», дубильных веществ было не много — 4,2 % (рис. 2).

В семенной кожуре содержание танинов изменялось от 3,2 до 7,4 % (рис. 3). В семенах накапливалось 2,1–7,4 % дубильных веществ (рис. 4).

Таким образом, в растительном сырье *A. hippocastanum* количество дубильных веществ увеличивалось в следующем порядке: семена < семенная кожура < сложный лист = околоплодник. У растений, произрастающих вблизи городских автомагистралей, содержание танинов в растительных тканях снижается. Не рекомендуется собирать растительное сырье *A. hippocastanum* для дальнейшего использования в медицинских целях на территории города.

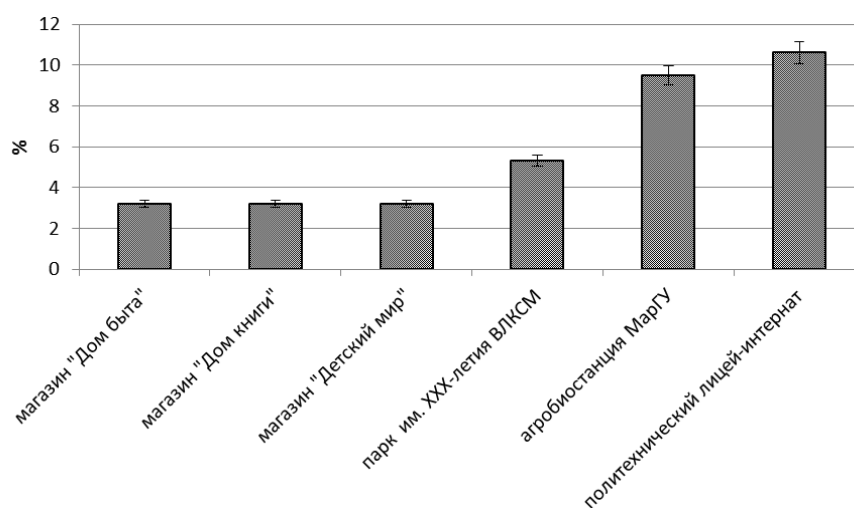


Рис. 1. Содержание танинов в сложных листьях *Aesculus hippocastanum*

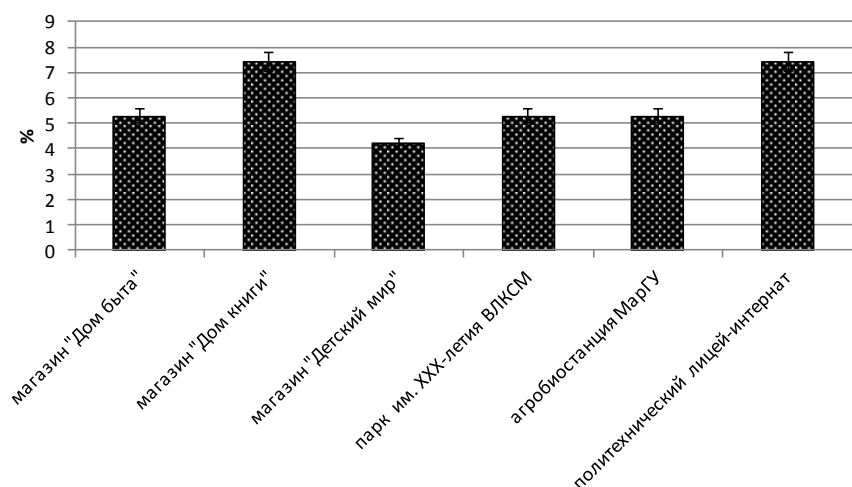


Рис. 2. Содержание танинов в околоплодниках *Aesculus hippocastanum*

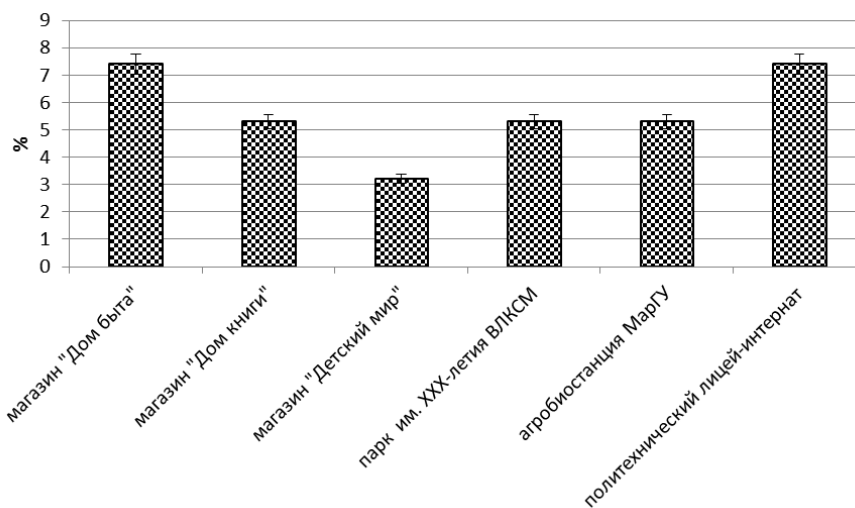


Рис. 3. Содержание танинов в семенной коже *Aesculus hippocastanum*

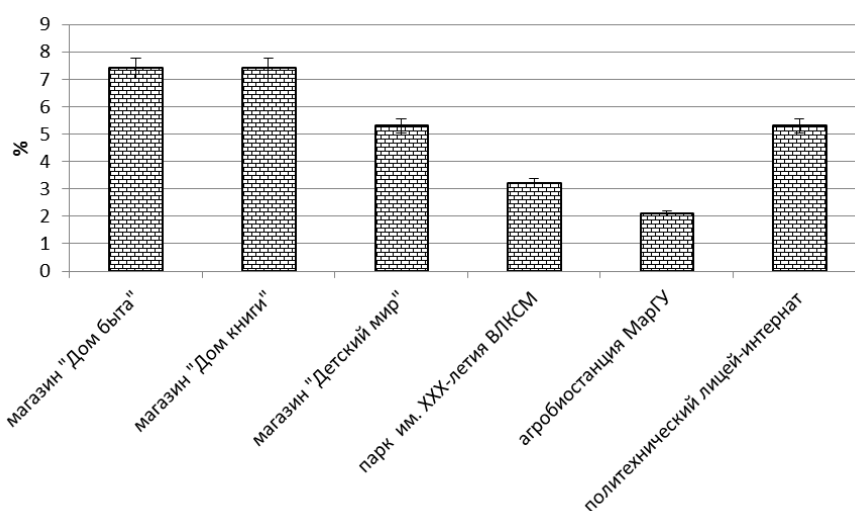


Рис. 4. Содержание танинов в семенах *Aesculus hippocastanum*

Литература

Государственная фармакопея Российской Федерации. 2015. XIII. ОФС.1.5.3.0008.15 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». М. 4 с. Киселева Т. Л. 1995. Конский каштан обыкновенный // Медицинская помощь. № 2. С. 54–57. Кьосев П. А. 2002. Полный справочник лекарственных растений. М.: ЭКМО-Пресс. 992 с. Лекарственные растения. 1969. М.: Колос. Т. 15. С. 641–649. Хоменок М. А. 2017. Изменчивость конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) как основа для отбора декоративных форм в городских условиях брянской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск. 171 с.

АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА У ОСОБЕЙ ЧАСТУХИ ПОДОРОЖНИКОВОЙ (*ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L.) РАЗНОГО ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

Е. А. Алябышева

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, e_alab@mail.ru

Для осуществления фотосинтеза высшие водные растения поглощают неорганический углерод из внешней среды: гелофиты — из воздушной, гидатофиты — водной, а плейстофиты — воздушной и водной одновременно. CO₂-газообмен является основным внешним проявлением жизнедеятельности растений и служит показателем состояния их метаболизма. Взаимоотношения роста растений и интенсивности фотосинтеза отражают непрерывную перестройку фотосинтетического аппарата в ходе онтогенеза и динамику формирования и активности растущих органов, потребляющих ассимилянте [Лукина, Смирнова, 1988].

Частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.) — короткочерневищный кистекокорневой поликарпик является удобным объектом для исследования, так как достаточно широко представлена в водных экосистемах.

Цель работы: изучить динамику интенсивности фотосинтеза в ассимиляционных органах гелофита на разных этапах развития.

По данным Е. А. Алябышевой, Л. А. Жуковой, О. Л. Воскресенской (2000), Л. Г. Лапирова (2000), Е. В. Лелековой (2006) проростки представляют собой небольшие однопобеговые растения с одной семядолей и 1–4 линейными листьями с одной жилкой, у ювенильных растений помимо линейных листьев формируются 1–3 листа, дифференцированных на черешок и продолговато-яйцевидную пластинку с 1–3 жилками. У иматурных растений количество листьев возрастает до 2–4, форма листовой пластинки — продолговато-яйцевидная, линейные листья сохраняются лишь у особей, произрастающих в условиях повышенного увлажнения. У виргинильных особей розеточный побег с 2–6 продолговато-яйцевидными листьями, имеющими по 5 жилок. У генеративных растений формируется полурозеточный побег с 6–10 черешковыми листьями, с 7 жилками и продолговато-яйцевидной листовой пластинкой, у средневозрастных генеративных растений 1–2 листа отмирали.

Определение интенсивности фотосинтеза проводили титриметрическим методом. Количество миллиграммов углерода органического вещества, содержащегося в 1 дм² листовой поверхности, рассчитывали по формуле:

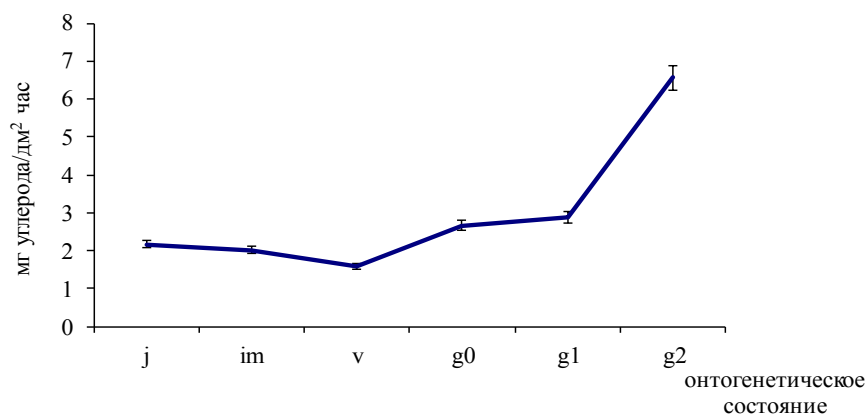
$$x = \frac{(a-b) \times k \times 0,6 \times 100}{s},$$

где x — количество углерода органического вещества, мг/дм²; a — количество соли Мора, израсходованное на титрование контрольного раствора, мл; b — количество соли Мора, пошедшее на титрование опытного раствора, мл; k — поправка к титру соли Мора; 0,6 — миллиграммы углерода, соответствующие 1 мл точно 0,2 н раствора соли Мора; s — площадь высечек, см². Статистическую обработку результатов экспериментов осуществляли с помощью пакета офисных программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0.

Нами проанализировано изменение интенсивности фотосинтеза у *A. plantago-aquatica* в онтогенезе. Так, у особей прегенеративного периода интенсивность фотосинтеза была низкой — 1,59–2,17 мг углерода/дм² час. При переходе растений в фазу цветения интенсивность фотосинтеза возрастала в 2,1 раза. Максимальное значение данного показателя было отмечено у особей средневозрастных генеративных растений — $6,56 \pm 0,564$ мг углерода/дм² в час. Высокая интенсивность фотосинтеза в генеративном периоде онтогенеза, очевидно, связана с повышением ростовых процессов и общей ассимилирующей поверхности листьев (рис.).

Результаты однофакторного дисперсионного анализа (модель I) показали статистически значимое влияние фактора — онтогенетическое состояние на значения интенсивности фотосинтеза ($F = 5,398022$; $P = 0,007880$), особи прегенеративного периода отличались от особей генеративного периода по скорости протекания фотосинтетических процессов ($P = 0,023576$; $P = 0,028411$).

Таким образом, с увеличением общей ассимилирующей поверхности листьев у генеративных особей *Alisma plantago-aquatica* L. интенсивность фотосинтеза возрастала.



Интенсивность фотосинтеза *Alisma plantago-aquatica* L. в онтогенезе

Литература

Алябышева Е. А., Жукова Л. А., Воскресенская О. Л. 2000. Онтогенез частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. Т. 2. С. 123–130. Лапиров А. Г. 2000. Особенности онтогенеза частухи подорожниковой // Гидробиотика: V Всероссийская конференция по водным растениям. Борок. С. 174–175. Лелекова Е. В. 2006. Биоморфология водных и прибрежно-водных семенных растений северо-востока Европейской России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь. 21 с. Лукина Л. Ф., Смирнова Н. Н. 1988. Физиология высших водных растений. Киев: Наук. думка, 1988. 185 с.

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ ЭНДОФИТОМ *CYLINDROCARPON MAGNUSIANUM* НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К ДЕЙСТВИЮ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

И. Л. Бухарина, Н. А. Исламова, А. З. А. Фархан Жавад, М. А. Лебедева

Ижевский государственный университет, Ижевск, Россия, buharin@udmlink.ru

В настоящее время в научном сообществе повысился интерес к изучению эндомикоризы, в том числе арбускулярной микоризы (АМ), которая формируется облигатно-биотрофными грибами фило Glomeromycota, характерна для большинства современных филогенетических групп растений и представлена во всех биотомах земного шара [Wilkinson, 2001]. В природе арбускулярно-микоризные грибы (АМГ) являются частью почвенных микробных сообществ, способны влиять на эти сообщества, модифицируя окружающую среду посредством мицелиальных экссудатов, что может опосредованно воздействовать на физиологию растений [Artursson et al., 2006; Toljander et al., 2008]. В почвах урбаноэкосистем разнообразие микоризообразователей, как правило, падает, но полностью не устраняется [Bukharina et al., 2016; Spagnoletti et al., 2016]. Имеющиеся публикации свидетельствуют о наличии взаимосвязи развития эндомикоризы и устойчивости растений к стрессовым факторам природного и антропогенного характера [Rodríguez et al., 2009; Szabo et al., 2014]. Тем не менее использование АМГ в практике ограничено, что является следствием их облигатной симбиотрофии [Лабутова, 2000]. В связи с этим особый интерес вызывает изучение группы грибов эндофитов, их роли в формировании механизмов устойчивости у высших растений. Эта разнородная группа грибов может оказывать сильное воздействие на растительные сообщества посредством обеспечения устойчивости растений к абиотическому и биотическому стрессу. Пристальное внимание к группе грибов эндофитов связано с поиском природных биорегуляторов устойчивости растений, в том числе к внешним и внутренним патогенам [Rodríguez et al., 2009; Bukharina et al., 2016]. Одним из перспективных видов является эндофит *Cylindrocarpon magnusianum*. Его метаболиты, могут быть использованы в борьбе с нематодами [Amaral et al., 2009]. Этот гриб относят к группе встречающихся в нефтезагрязненных почвах, что может быть востребовано в восстановлении таких земель [Sogonov, Velikopov, 2014]. Возможно его использование в качестве агента повышения солеустойчивости растений [Бухарина, Исламова, 2016].

Целью наших исследований являлось изучение влияния инокуляции томата культурой *Cylindrocarpon magnusianum* на устойчивость растений к содержанию солей тяжелых металлов в субстрате.

Культура *Cylindrocarpon magnusianum* выделена из корневой системы древесных растений (хорошего жизненного состояния), произрастающих в условиях городских почв с высоким содержанием солей тяжелых металлов. Видовая принадлежность гриба установлена методами молекулярного анализа ДНК в лаборатории Лейбницкого института овощных и декоративных культур (г. Берлин).

Согласно схеме эксперимента подготовлены изоляты (популяции) гриба на субстратах с внесением разных концентраций солей тяжелых металлов (A_0 — контрольный; A_1 — на субстрате с Zn_{100} мг/л, далее A_2 — Cu_{50} , A_3 — Cu_{100} , A_4 — Cu_{150} , A_5 — Pb_{50} , A_6 — Pb_{100} , A_7 — $Cr_{2,5}$, A_8 — Cr_{10} мг/л). Затем подготовлены суспензионные культуры этих популяций и проведена инокуляция растений томата. Опыт включал варианты: 1) инокулированные томаты (инокуляция контрольным изолятом A_0) выращивались на субстратах с разным содержанием солей тяжелых металлов (B_0 — контрольный — без ТМ; B_1 — на субстрате с Zn_{100} мг/л, далее B_2 — Cu_{50} , B_3 — Cu_{100} , B_4 — Cu_{150} , B_5 — Pb_{50} , B_6 — Pb_{100} , B_7 — $Cr_{2,5}$, B_8 — Cr_{10} мг/л); 2) томаты, инокулированные популяциями грибов, адаптированными к тяжелым металлам, выращивались на субстратах без внесения (B_0) и с внесением солей ТМ (B_1 – B_8). Повторность вариантов опыта четырехкратная. Субстрат представлял собой смесь торфа низкой зольности и песка 1:2. Растения выращивались в климатической камере BinderKBWF720 при соблюдении оптимальных условий культивирования томата.

Оценка развития грибов эндофитов в корнях проведена согласно стандартным методикам световой микроскопии [Лабутова, 2000], оценена как 2 класс развития микоризной инфекции. Оценка устойчивости растений проведена на основе: анализа морфометрических показателей растений; содержания в листьях аскорбиновой кислоты (по ГОСТу 24556-89) и нитратов (по ГОСТу 29270-95); сухого вещества в надземной части и корневой системе растений (по ГОСТу 28561-90); фотосинтетических пигментов (хлорофиллы a и b , каротиноиды, спектрофотометрическим методом в ацетоновых экстрактах (поглощение 662, 644 и 440,5 нм, соответственно). Математическую обработку материалов осуществляли методами описательной статистики с применением статистического пакета программы «Statistica 6.0».

При выращивании томата на контрольном субстрате более чувствительным показателем к действию инокуляции растений разными популяциями гриба оказалось содержание хлорофилла a в листьях. Содержание хлорофилла b и каротиноидов достоверно отличалось от контрольных (имели более высокие значения) лишь в вариантах, где в качестве инокулята использовались популяции гриба Pb_{10} и $Cr_{2,5}$. Негативный эффект имели результаты вариантов опыта с использованием в качестве инокулюмов популяций гриба Cr_{10} и Pb_{50} (табл.).

Морфологические и биохимические показатели растений томата

Показатели Варианты	Биомасса, г		Биохимические показатели	
	надземная часть	корни	нитраты, мг/100г	витамин С, мг/100г
A0B1	29,37 ± 2,23*	4,70 ± 0,28	3890,43 ± 159,98	37,84 ± 4,45↓
A0B2	25,54 ± 0,80↓**	3,81 ± 0,24	4327,69 ± 144,58 ↑	23,58 ± 1,54↓
A0B3	24,31 ± 1,86	4,40 ± 0,3	5326,66 ± 110,37↑	64,62 ± 3,57
A0B4	27,60 ± 0,70	3,63 ± 0,24	4308,72 ± 298,07	48,83 ± 1,12↓
A0B5	24,51 ± 1,28	3,88 ± 0,35	4321,20 ± 258,40	42,43 ± 0,55↓
A0B6	28,81 ± 0,39	3,81 ± 0,07	5014,62 ± 466,07	60,59 ± 0,59
A0B7	26,87 ± 0,35	3,30 ± 0,14↓	4415,13 ± 331,23	46,72 ± 3,02↓
A0B8	25,58 ± 0,45↓	4,72 ± 0,28	3213,16 ± 96,82↓	59,32 ± 3,08
A1B0	25,58 ± 0,73↓	3,84 ± 0,12	3476,33 ± 325,75	53,06 ± 2,67↓
A1B1	27,80 ± 0,64	4,72 ± 0,45	3585,72 ± 606,07	34,18 ± 2,46
A2B0	23,96 ± 1,63	2,16 ± 0,18 ↓	3365,41 ± 72,51	55,48 ± 3,54
A2B2	29,68 ± 1,05	2,13 ± 0,23	4638,21 ± 346,77↑	45,06 ± 1,53
A3B0	19,82 ± 0,40↓	2,30 ± 0,15↓	4837,86 ± 206,82	49,83 ± 3,69
A3B3	35,29 ± 0,25↑	2,39 ± 0,69	3534,60 ± 99,78	52,70 ± 5,29
A4B0	27,99 ± 0,81	1,93 ± 0,04↓	3058,14 ± 25,50↓	39,20 ± 4,92↓
A4B4	24,16 ± 1,12	2,23 ± 0,18	4487,60 ± 103,26↑	32,57 ± 4,80
A5B0	32,66 ± 2,01	2,98 ± 0,15 ↓	3356,96 ± 241,51	46,72 ± 2,28↓
A5B5	26,30 ± 0,87	2,36 ± 0,22	4488,58 ± 102,55↑	51,93 ± 1,64
A6B0	21,88 ± 1,31↓	1,55 ± 0,10↓	3986,02 ± 82,59	62,36 ± 2,98
A6B6	28,16 ± 1,30	2,49 ± 0,36	4229,96 ± 177,36	48,05 ± 0,90↓
A7B0	21,59 ± 2,04↓	1,92 ± 0,08↓	4384,27 ± 195,22	47,81 ± 3,02↓
A7B7	29,54 ± 0,09↑	2,50 ± 0,01↑	4161,79 ± 494,02	71,09 ± 0,80 ↑
A8B0	16,36 ± 0,94↓	1,56 ± 0,15↓	5188,76 ± 622,04	50,53 ± 1,66↓
A8B8	27,30 ± 0,26↑	2,06 ± 0,22	3583,89 ± 471,03	64,82 ± 7,75
A0B0 (контроль)	29,30 ± 0,70	5,44 ± 0,63	3693,55 ± 87,76	63,48 ± 2,50

Примечания. * – указано среднее значение показателя ± стандартное отклонение; ** – показано достоверное отличие от контроля: увеличение ↑ или уменьшение ↓ показателя.

При анализе влияния взаимодействия популяции гриба и содержания химических элементов в субстрате установлено, что на содержание фотосинтетических пигментов в листьях достоверное влияние оказали популяции гриба Pb₁₀ и Cr_{2,5} (при выращивании растений на субстратах с аналогичным содержанием свинца и хрома), приводя к существенному снижению содержания хлорофиллов *a* и *b* в листьях. Достоверное снижение концентрации хлорофиллов *a* и *b* по сравнению с контрольным вариантом (A₀B₀) отмечено лишь в варианте популяции гриба Zn₁₀₀ с последующим выращиванием растений в субстрате с содержанием цинка 100 мг/л. Наиболее стабилен был показатель содержания каротиноидов.

При анализе влияния инокуляции томатов контрольной популяцией гриба на морфологические показатели выявлено, что при внесении в субстрат меди (50 мг/л) и хрома (10 мг/л) наблюдалось достоверное снижение биомассы надземной части растений. Содержание в субстрате хрома (2,5 мг/л) вызвало снижение биомассы корней. При выращивании томатов, инокулированных разными популяциями гриба *Cylindrocarpum magnusianum*, на контрольном субстрате (без ТМ) практически во всех вариантах опыта (за исключением популяций гриба Zn₁₀₀) наблюдалось достоверное снижение биомассы корней. Популяции гриба Zn₁₀₀, Cu₁₀₀, Pb₅₀, Cr_{2,5} и Cr₁₀ также вызвали существенное снижение биомассы надземной части растений. При совместном влиянии инокулята и химических элементов в субстрате, наблюдалось достоверное увеличение биомассы надземной части и корней растений по сравнению с контролем (при внесении в субстрат для гриба хрома в концентрации 2,5 и 10 мг/л, меди 100 мг/л и последующем выращивании томата на субстратах с аналогичным содержанием ТМ). Изменение в содержании сухого вещества в надземной части и корнях растений во всех вариантах опыта было не достоверным.

Внесение в субстрат меди в концентрации 50 и 100 мг/л вызвало достоверный рост содержания нитратов в листьях (в вариантах опыта с инокуляцией растений контрольной популяцией гриба). При этом во всех вариантах опыта происходило снижение содержания аскорбиновой кислоты в листьях. При инокуляции растений популяциями, адаптированными к разным концентрациям тяжелых металлов (при последующем выращивании растений на субстратах без внесения ТМ), содержание нитратов в листьях не изменя-

лось по сравнению с контролем, но при этом содержание аскорбиновой кислоты достоверно снижалось почти во всех вариантах опыта. При взаимодействии разных популяций гриба и выращивании инокулированных ими растений на субстратах с аналогичным содержанием тяжелых металлов, концентрация нитратов в листьях увеличилась по сравнению с контролем в вариантах Cu₅₀, Cu₁₅₀, Pb₅₀, а содержание аскорбиновой кислоты достоверно изменилось в вариантах Pb₁₀ (уменьшилось) и Cr_{2,5} мг/л (увеличилось) по сравнению с контролем.

Таким образом, стимулирующего эффекта, повышающего устойчивость растений к действию солей ТМ, при инокуляции растений контрольной популяцией гриба *Cylindrocarpon magnusianum* не выявлено. Наиболее перспективными для формирования устойчивости растений к действию ТМ можно считать инокуляцию растений популяциями *Cylindrocarpon magnusianum*, заранее адаптированными к разным концентрациям солей тяжелых металлов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ «Мой первый грант» (проект № 16-34-00855).

Литература

- Бухарина И. Л., Исламова Н. А. 2016. Исследование пределов устойчивости микроскопических грибов и формирование коллекций перспективных изолятов // Сигнальные системы растений: от рецептора до ответной реакции организма: материалы годичного собрания общества физиологов растений России. СПб. С. 362–363. Лабумова Н. М. 2000. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов. СПб.: ВНИИСХМ. 24 с. Amaral D. R., Oliveira D. F., Campos V. P., de Carvalho D. A., Nunes A. S. 2009. Effect of plant and fungus metabolites on *Meloidogyne exigua* // Cienciae Agrotecnologia. Vol. 33. С. 1861–1865. Barea J.-M., Pozo M.-J., Azcon R., Azcon-Aguilar C. 2005. Microbial cooperation in the rhizosphere // J. Exp. Botany. Vol. 56, № 14. С. 1761–1788. Bukharina I., Franken Ph., Kamasheva A., Vedernikov K., Islamova N. 2016. About the species composition of microscopic fungi in soils and woody plant roots in urban environment // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. Vol. 7, № 4. С. 1386–1394. Rodriguez R. J., White J. F., Arnold A. E., Redman R. S. 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles // New Phytologist. Vol. 182. С. 314–330. Sogonov M. V., Velikanov L. L. 2004. Soil microfungi from alpine and subnival ecosystems of the Northwestern Caucasus // Mikologiya i Fitopatologiya. Vol. 38, № 3. С. 50–58. Spagnoletti F. N., Balestrasse K., Lavado R. S., Giacometti R. 2016. Arbuscular mycorrhiza detoxifying response against arsenic and pathogenic fungus in soybean // Ecotoxicology and environmental safety. Vol. 133. С. 47–56. Szabo K., Boll S., Eros-Honti Z. 2014. Applying artificial mycorrhizae in planting urban trees // Applied ecology and environmental research. Vol. 12, № 4. С. 835–853. Toljander J. F., Santos-González J. C., Tehler A., Finlay R. D. 2008. Community analysis of arbuscularmycorrhizal fungi and bacteria in the maize mycorrhizosphere in a long-term fertilization trial // FEMS microbiology ecology. Vol. 65, № 2. С. 323–338. Wilkinson D. M. 2001. At cross purposes // Nature. Vol. 412 (6846). С. 485.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СТРУКТУР МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *VACCINIUM MYRTILLUS* L.

Н. Ю. Егорова

Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства
и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, Киров, Россия
n_chirkova@mail.ru

Необходимым условием, обеспечивающим видам успешное выживание и процветание в составе сообщества, является генотипическая изменчивость, благодаря которой в природе отмечается значительная пластичность морфологических органов, что способствует формированию иного габитуса, который в условиях, не совсем типичных для жизни и существования данного вида, может быть более адаптивным. В отдельных случаях это приводит к становлению новой жизненной формы, изменению и перестройке популяционной структуры вида. Поэтому изучение морфологической изменчивости особей одного и того же вида, произрастающих в контрастных местообитаниях, способствует наиболее полному выявлению экологической амплитуды и величины эколого-морфологической реакции растений [Серебряков, 1964]. Кроме того, работы, направленные на определение показателей изменчивости количественных морфологических признаков и их динамики в различных эколого-фитоценологических условиях, позволяют выявлять и прогнозировать направления изменений признаков под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. Это является особенно актуальным при разработке программ мониторинга и рационального использования и охраны хозяйственно-ценных видов дикорастущих растений.

Цель настоящей работы — изучение разнообразных изменений признаков на морфологическом уровне черники обыкновенной — *Vaccinium myrtillus* L.

Объектом исследования явились природные популяции *V. myrtillus* различных типов лесных фитоценозов с участием вида в травяно-кустарничковом ярусе в таежной зоне Кировской области.

Исследуемые ценопопуляции *V. myrtillus* приурочены к бореальным хвойным и смешанным лесным сообществам мезофильного и заболоченного типов, в которых изучаемый вид является доминантом или субдоминантом травяно-кустарничкового яруса преимущественно средневозрастных, спелых, припевающих низко- и среднеполнотных хвойных и лиственных типов леса: 1 ценопопуляция (ЦП) — елово-пихтовый с примесью березы чернично-долгомошно-сфагновый лес, 2 ЦП — ельник с примесью березы чернично-сфагновый, 3 ЦП — березняк чернично-сфагновый, 4 ЦП — березово-еловый сфагново-черничный лес, 5 ЦП — ельник черничник, 6 ЦП — сосняк чернично-сфагновый, 7 ЦП — сосняк сфагново-черничный, 8 ЦП — сосняк черничник.

Анализ структуры изменчивости признаков и групп признаков проведен в соответствии с рекомендациями Н. С. Ростовской (2002). Оценивалось соотношение общей (коэффициент вариации признака — CV, %) и согласованной (усредненный по признаку квадрат коэффициента корреляции — R^2_{ch}) изменчивости. По особенностям соотношения общей и согласованной изменчивости выделяли 4 группы признаков: эколого-биологические индикаторы адаптивной изменчивости организмов; биологические индикаторы; генотипические или таксономические индикаторы; экологические индикаторы.

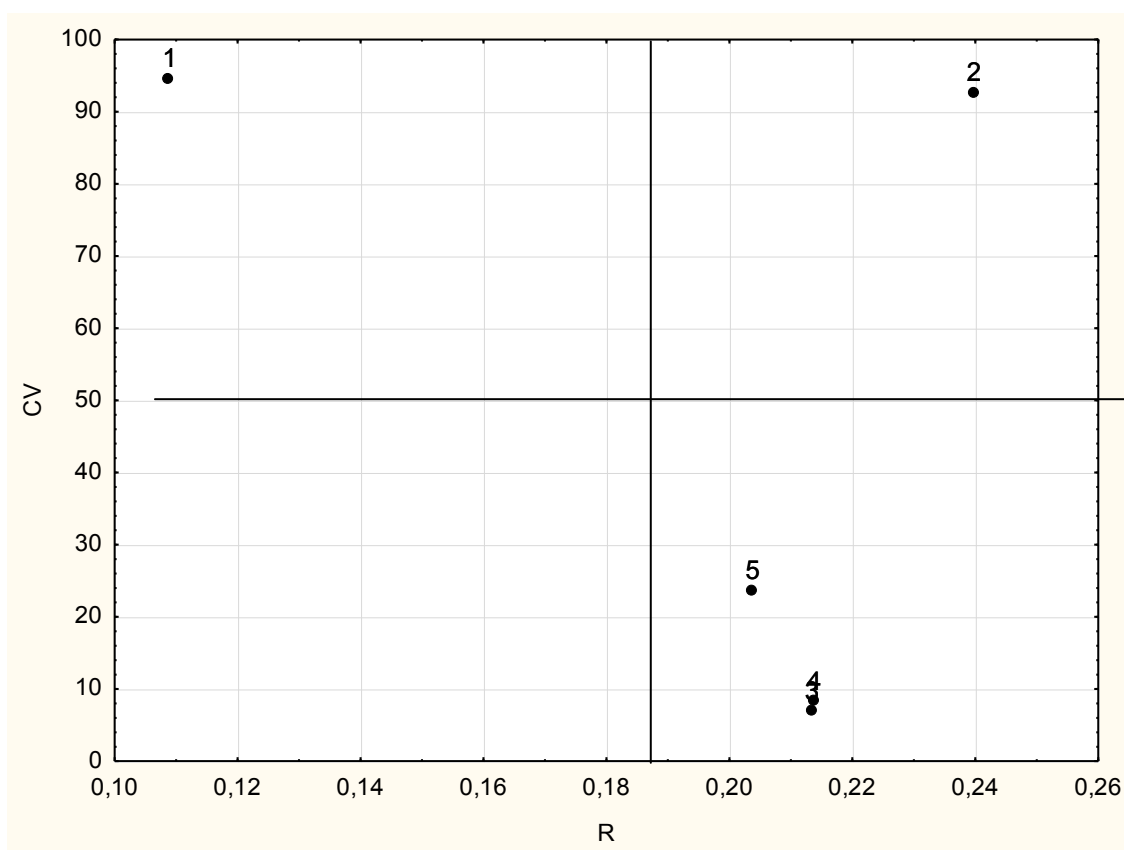
Для анализа общей и согласованной изменчивости были изучены следующие морфологические признаки *V. myrtillus*: число цветков генеративного парциального образования (ГПО), число плодов ГПО, масса и диаметр плода, длина ГПО.

Статистическую обработку данных проводили в соответствии с общепринятыми методами [Плохинский, 1970; Зайцев, 1973; Боровиков, 2001].

V. myrtillus в условиях рассматриваемого фрагмента ареала является эдификатором бореальных лесных сообществ с развитым моховым покровом класса *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl., Siss. et Vlieger 1939 и класса *Vaccinietea Uliginosi* Tx. 1955 [Егорова, 2017; Егорова и др., 2017].

Коэффициент вариации морфологических признаков *V. myrtillus* в изученных ценопопуляциях изменяется от 2,32 до 113,76 %. Это свидетельствует о высокой внутри — и межпопуляционной изменчивости особей данного вида, что отмечалось и прежде у других представителей сем. *Vacciniaceae* Lindl. [Чиркова, 2008; Чиркова и др., 2011; Сулейманова и др., 2018]. Коэффициент детерминации колеблется от 0,012 до 0,643.

На рисунке представлена структура изменчивости морфологических признаков *V. myrtillus* в исследованных местообитаниях.



Структура изменчивости морфологических признаков *Vaccinium myrtillus* L. в исследованных ценопопуляциях: по оси ординат — коэффициент вариации признака (CV), по оси абсцисс — коэффициент детерминации (r^2_{ch}); 1 — число цветков ГПО, шт; 2 — число плодов ГПО, шт; 3 — масса плода, г; 4 — диаметр плода, мм; 5 — длина ГПО, см

Среди морфологических признаков *V. myrtillus* эколого-биологическим индикатором адаптивной изменчивости организма, отражающим согласованную изменчивость особи в неоднородной среде, является такой признак как число плодов. Этот признак характеризуется высоким показателем коэффициента вариации (92,56 %) и коэффициента детерминации (0,239). Он наиболее изменчив и зависит от внешних факторов.

Ключевыми признаками, определяющими общее состояние системы и выступающими как биологические индикаторы, являются масса и диаметр плода, длина генеративного парциального образования. Эти признаки характеризуются самыми высокими показателями коэффициентов детерминации (0,203–0,213) и относительно низкими значениями коэффициента вариации (6,86–23,58 %).

К третьей группе признаков, с низкой общей и согласованной изменчивостью, не был отнесен ни один из изученных признаков.

В качестве экологического индикатора был диагностирован такой признак как число цветков ГПО. Для него характерны самые высокие значения коэффициента вариации — 94,46 % при низких значениях коэффициента детерминации — 0,108. У близкородственного вида — *Vaccinium vitis-idaea* L., количество цветков в соцветии также характеризовалось высокой изменчивостью и этот признак был выделен в качестве экологического индикатора [Чиркова, 2008].

Таким образом, в результате проведенного анализа структуры изменчивости морфологических признаков *V. myrtillus* описаны 3 группы признаков: эколого-биологические, биологические, экологические. Установлено, что наименее изменчивыми признаками являются масса и диаметр плода. Наиболее изменчивым признаком выступает число плодов. В качестве экологического индикатора дифференцирован такой признак как число цветков ГПО.

Литература

- Боровиков В. П. 2001. Статистика: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. СПб. 656 с. Егорова Н. Ю. 2017. Особенности экологических предпочтений ягодных растений сем. *Vacciniaceae* Lindl. в лесных фитоценозах южной тайги // Бореальные леса: состояние, динамика, экосистемные услуги: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 60-летию института леса Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, 11–15 сентября 2017 года). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 102–104. Егорова Н. Ю., Шлыкова Д. А., Егошина Т. Л. 2017. Эколого-фитоценотическое разнообразие и ресурсная характеристика ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* L. в южно-таежных лесах Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути решения: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Киров, 13–14 апреля 2017 г.). Киров: ВятГУ. Кн. 2. С. 91–95. Зайцев Г. Н. 1973. Методика биометрических расчетов // Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М. 256 с. Плохинский Н. А. 1970. Биометрия. М. 367 с. Ростова Н. С. 2002. Корреляции: структура и изменчивость. СПб. 303 с. Серебряков И. Г. 1964. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. М.; Л. Т. 3. С. 164–205. Сулейманова В. Н., Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. 2018. Анализ изменчивости морфологических признаков доминантов травяно-кустарничкового яруса лесных фитоценозов // Ботаника в современном мире: труды XIV съезда Русского ботанического общества и конференции. Махачкала. Т. II. С. 140–141. Чиркова Н. Ю. 2008. Структура изменчивости морфологических признаков *Vaccinium vitis-idaea* L. // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: материалы международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения И. И. Спрыгина 13–16 мая 2008 г. Пенза: Изд-во ПГПУ им. В. Г. Белинского. Ч. I. С. 86–88. Чиркова Н. Ю., Сулейманова В. Н., Лугинина Е. А., Егошина Т. Л. 2011. Изменчивость продукционных параметров *Oxycoccus palustris* Pers. в Кировской области // Леса и лесное хозяйство в современных условиях: материалы Всерос. конф. с междунар. участием / отв. ред. А. П. Ковалев. Хабаровск: Изд-во ФГУ «ДальНИИЛХ». С. 76–78.

STUDY OF ADAPTIVE VARIATION IN BEECH POPULATIONS USING FUNCTIONAL MARKERS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

K. V. Krutovsky^{1,2,3,4}, L. Cuervo-Alarcon¹, M. Arend^{5,6}, M. Müller¹, C. Sperisen⁵, R. Finkeldey⁶

¹ Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

² Laboratory of Population Genetics, Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Laboratory of Forest Genomics, Genome Research and Education Center, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, College Station, TX 77843-2138, USA

⁵ Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, Switzerland

⁶ Department of Environmental Sciences, University of Basel, Basel, Switzerland

University of Kassel, Kassel, Germany

kkrutovsky@gmail.com

Genetic variation and signatures of natural selection in populations of European beech (*Fagus sylvatica* L.) along precipitation gradients. European beech (*Fagus sylvatica* L.) is one of the most important forest tree species in Europe, and its genetic adaptation potential to climate change is of great interest. Saplings and adults from 12 European beech populations were sampled along two steep precipitation gradients in Switzerland [Cuervo-Alarcon et al., 2018]. All individuals were genotyped at 13 microsatellite or simple sequence repeat (SSR) markers and 70 single nucleotide polymorphisms (SNPs) in 24 candidate genes potentially involved in stress response and phenology. Both SSR and SNP markers revealed high genetic diversity in the studied populations and low but statistically significant population differentiation. The SNPs were searched for F_{ST} outliers using three different methods implemented in LOSITAN, Arlequin, and BayeScan, respectively. Additionally, associations of the SNPs with environmental variables were tested by two methods implemented in Bayenv2 and Samβada, respectively. There were 14 (20 %) SNPs in 12 (50 %) candidate genes in the saplings and 9 (12,8 %)

SNPs in 7 (29,2 %) candidate genes in the adults consistently identified by at least two of the five methods used, indicating that they are very likely under selection. Genes with SNPs showing signatures of selection are involved in a wide range of molecular functions, such as oxidoreductases (*IDH*), hydrolases (*CysPro*), transferases (*XTH*), transporters (*KT2*), chaperones (*CPI0*), and transcription factors (*DAG*, *NAC* transcription factor). The obtained data will help us better understand the genetic variation underlying adaptation to environmentally changing conditions in European beech, which is of great importance for the development of scientific guidelines for the sustainable management and conservation of this important species.

Genetic variation of European beech populations and their progeny from northeast Germany to southwest Switzerland. Climate change can adversely affect the growth of European beech across its entire distribution range. Therefore, knowledge of the adaptive potential of this species to changing climatic conditions is of foremost importance. Genetic diversity is the basis for adaptation to environmental stress, and the regeneration phase of forests is a key stage affecting genetic diversity. Nevertheless, little is known about the effect of climate change on the genetic diversity of adult trees compared to their progeny. We studied genetic diversity in 24 beech populations ranging from northeast Germany to southwest Switzerland. Potentially adaptive genetic variation was studied using SNPs in candidate genes that are possibly involved in adaptive trait variation [Müller et al., 2018]. In addition, more than 2 000 adult trees and 3 000 of their seedlings were genotyped with simple sequence repeat (SSR) markers to determine selectively neutral genetic diversity and differentiation among populations. All populations showed high SSR and SNP variation, and no differences in genetic diversity were found between adult trees and their offspring. The genetic differentiation between adults and seedlings within the same stands was also insignificant or very low. Therefore, we can conclude tentatively that the transfer of genetic variation among tree generations, currently, is not much affected by climate change, at least in the studied beech populations.

Adaptive potential of European beech in response to climate change: linking genetic variation with drought related traits. More frequent and severe summer droughts apparently promoted by climate change can adversely affect forest growth and survival in Europe and worldwide. Thus, the study of genetic variation underlying drought response and resistance related traits is of great importance for understanding the adaptive potential of forest trees. Using a candidate gene approach, we studied associations between SNPs and drought related traits in saplings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) [Cuervo-Alarcon et al., 2019]. Saplings from populations located along two steep precipitation gradients in Switzerland were collected and subjected to experimentally controlled soil water shortage on two different types of soil. Response of the saplings to the drought treatment was assessed by the evaluation of chlorophyll fluorescence and stem growth, and, then, we studied the association between variation of these traits and variation of 70 SNPs in 24 candidate genes potentially involved in drought response and resistance. The chlorophyll fluorescence indices PI_{abs} and PI_{tot} and the stem growth data showed that saplings from xeric sites were less affected by the drought treatment. The type of soil also influenced the performance of the saplings, with saplings on calcareous soil showing higher stem growth than saplings on acidic soil. Five SNPs (7,14 %) in three genes were significantly associated with the evaluated traits. They were located in the Cytosolic class I small *heat-shock protein*, *CTR/DRE binding transcription factor* and *Isocitrate dehydrogenase* genes and explained 5,8–13,4 % of the phenotypic variance. Obviously, particular SNP genotypes were associated with better performance of saplings under the drought treatment. These findings provide insight into the genetic basis of drought tolerance in European beech and could support the development of forest conservation management strategies that should help us better protect this species under future climatic conditions.

The study was financially supported by the Fundacion para el Futuro de Colombia (COLFUTURO) and the Administrative Department of Science, Technology and Innovation in Colombia (COLCIENCIAS) with a scholarship for L. Cuervo-Alarcon, and by the Swiss Federal Office for the Environment FOEN and the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.

References

- Cuervo-Alarcon L., Arend M., Müller M., Sperisen C., Finkeldey R., Krutovsky K. V. 2018 Genetic variation and signatures of natural selection in populations of European beech (*Fagus sylvatica* L.) along precipitation gradients // *Tree Genetics & Genomes*. Vol. 14, № 84. URL: <https://doi.org/10.1007/s11295-018-1297-2>. Cuervo-Alarcon L., Arend M., Müller M., Sperisen C., Finkeldey R., Krutovsky K. V. 2019. Adaptation potential of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to climate change: linking genetic variability with drought related traits. *European Journal of Forest Research* (submitted). Müller M., Cuervo-Alarcon L., Gailing O., Rajendra K. C., Chhetri M. S., Seifert S., Arend M., Krutovsky K. V., Finkeldey R. 2018. Genetic variation of European beech populations and their progeny from northeast Germany to southwest Switzerland // *Forests*. Vol. 9. №. 8. P. 469. URL: <https://doi.org/10.3390/f9080469>

**ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ
РЕДКИХ СТЕПНЫХ ВИДОВ РОДА *IRIS* L. НА ЮЖНОМ УРАЛЕ
МЕТОДОМ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА**

А. В. Крюкова, А. Н. Мустафина, Л. М. Абрамова, Я. М. Голованов

Ботанический сад-институт УФИЦ РАН, Уфа, Россия, alfverta@mail.ru

Проблема утраты редких видов является частью общей проблемы снижения биоразнообразия на планете. Поэтому особенно актуальным является детальное изучение и оценка современного состояния популяций редких видов. Несомненный интерес в этом отношении представляют редкие виды Красной книги Республики Башкортостан (РБ) [Красная книга..., 2011] *Iris pumila* L. и *Iris scariosa* Willd. ex Link из семейства Iridaceae. Исследования редких ирисов в южной части Предуралья и Зауралья РБ и прилегающих районах Оренбургской области проводятся нами с 2013 года [Абрамова, Крюкова, 2013; Крюкова, Абрамова, 2015; 2016; 2018; Крюкова и др., 2014; Abramova et al., 2014 и др.].

Многие принципы существования и развития популяций носят количественный характер и раскрываются только методами математической статистики [Злобин и др., 2013], опыт использования которых приводится в данной статье. Один из методов многомерной статистики — дискриминантный анализ. Он позволяет классифицировать объекты, в качестве которых могут выступать отдельные растения или популяции. Признаки объектов могут быть как количественными, так и качественными. Дискриминантный анализ позволяет выявлять как случаи практически полного фенотипического перекрытия особей локально разных популяций, так и различия особей между собой по структуре вегетативных и генеративных органов.

Объектами исследования послужили:

Iris pumila L. (ирис карликовый) — многолетнее корневищное растение 8–15 см высотой. Декоративный европейско-кавказско-малоазиатский степной вид семейства Iridaceae. Ксерофит. Произрастает в каменистых и луговых степях, на остепненных лугах; по щебнистым и каменистым склонам степных холмов западной, восточной и, в большей степени, южной экспозиции, на обнажениях. Вид включен в Красную книгу РБ с категорией и статусом 3 — редкий вид [Красная книга..., 2011].

Iris scariosa Willd. ex Link (ирис кожистый) — травянистый многолетник с толстым, ползучим корневищем, 10–20 см высотой. Малоизученный восточноевропейско-азиатский светлюбивый и засухоустойчивый петрофитно-степной многолетник, занесенный в Красную книгу РБ (2011) с категорией и статусом редкости: 1 — вид, находящийся под угрозой исчезновения. Мезоксерофит. Произрастает в каменистых и солонцеватых степях.

Изучение морфометрических параметров видов в природных условиях проводилось согласно методу В. Н. Голубева (1962) в 2016 году на 25 среднегенеративных особях в 11 ценопопуляциях (ЦП) *I. pumila* и 5 ЦП *I. scariosa*. Названия ЦП давались по близлежащему населенному пункту или географическому объекту. Наблюдения и измерения проводились в фазе цветения, при этом учитывались следующие параметры: число генеративных побегов на 1 растение, высота генеративного побега, диаметр клона, число лопаток, длина листа, ширина листа, длина нижней доли околоцветника, ширина нижней доли околоцветника, длина верхней доли околоцветника, ширина верхней доли околоцветника, диаметр цветка. Многомерный анализ проводили по программе Statistica 6,0 для 11 и 5 выборок видов рода *Iris* [Кулаичев, 1996; Халафян, 2008]. В процессе дискриминантного анализа вычисляли фенотипическую дистанцию, выраженную расстоянием Махаланобиса [Песенко, 1982]. Статический анализ провели в MS Excel 2010 при помощи пакета статистических программ Statistica 6,0 с использованием стандартных показателей [Доспехов, 1985; Зайцев, 1984; 1990].

Результаты проведенного для ценопопуляций *I. pumila* дискриминантного анализа визуализированы на рисунке 1, где особи всех 11 изучаемых ценопопуляций представлены в пространстве первого и второго канонических корней. Особи растений в большинстве ценопопуляций морфоструктурно однотипны между собой. Возможно, когда-то единая популяция *I. pumila* фрагментировалась на изолированные локусы. Нарушенная выпасом северо-восточная ЦП 1 (Караултау) и слабо нарушенная северо-западная ЦП 3 (Холодный ключ) по морфоструктуре особей в основном занимают каждая свою территорию и перекрытие между ними минимальное. Проведенный дискриминантный анализ показал, что значения λ Уилкса очень низкие (при $p < 0,000$), что указывает на высокую общую статистическую достоверность полученных результатов. Максимальный вклад в разделение групп вносит длина верхней доли околоцветника ($F = 6,647$), минимальный — ширина нижней доли околоцветника (1,642). В целом, на основе техники дискриминантного анализа, выполненного на базе одиннадцати морфоструктурных признаков, установлено, что изученные ценопопуляции *I. pumila* достоверно отличаются между собой при λ Уилкса 0,27 и $p = 0,000$.

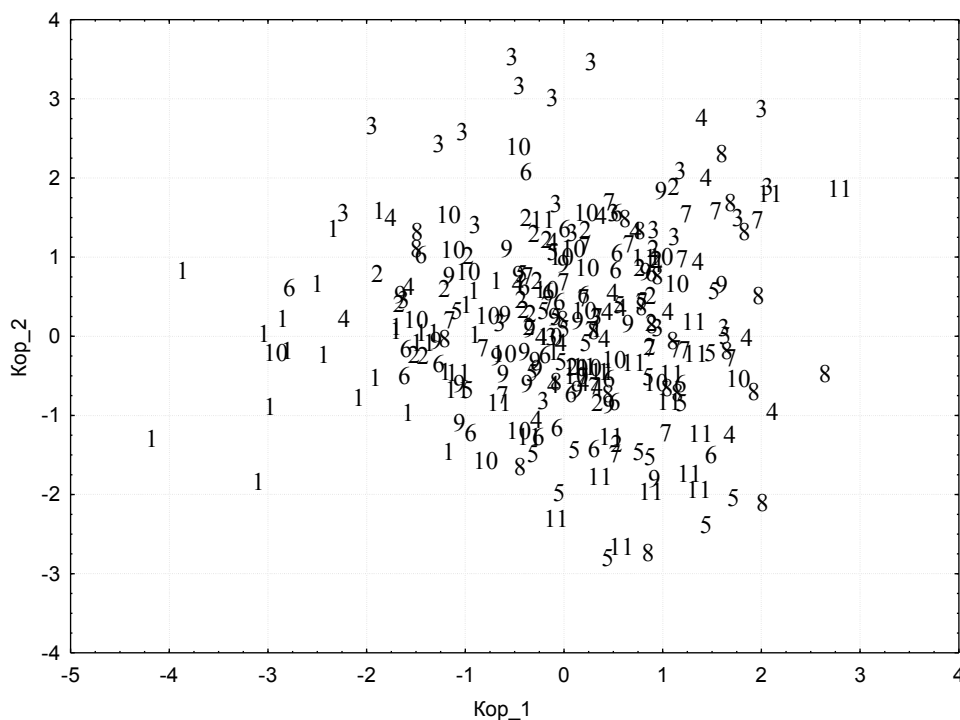


Рис. 1. Результаты дискриминантного анализа ценопопуляций *Iris pumila* по совокупности морфометрических признаков в пространстве первого и второго канонических корней (1–11 номера популяций)

Также дискриминантный анализ позволяет оценить эвклидову дистанцию или расстояние Махаланобиса между объектами. На основании этого можно оценить компактность изучаемых ценопопуляций, и именно под этим расстоянием понимают фенотипическую дистанцию между объектами. В таблице 1 показаны средние расстояния каждой особи от центра той популяции, к которой данная особь принадлежит. Максимальное морфоструктурное разнообразие имеет ЦП 6 (гора Высокая), а минимальное — южная ЦП 10 (Арсенево).

Также были установлены значения квадратов расстояний Махаланобиса между ценопопуляциями (табл. 1). Наибольшее расстояние между ЦП 1–3, 1–8 (7,15–7,26). Наименьшее — ЦП 2–4, 2–6, 2–9, 2–10, 4–6, 4–7, 5–6, 5–11, 6–7, 6–9, 6–10, 7–8, 8–11, 9–10 (0,61–1,99). Малое расстояние указывает на высокое фенотипическое сходство особей между ценопопуляциями.

Таблица 1

Значения квадратов расстояний Махаланобиса между ценопопуляциями *Iris pumila*

№	Название ЦП	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Караултау	0,00	4,60	7,15	6,03	6,28	3,68	6,61	7,26	4,69	4,53	6,15
2	Лена	4,60	0,00	3,14	1,37	3,04	1,04	2,09	2,74	1,39	1,67	2,88
3	Холодный ключ	7,15	3,14	0,00	3,91	5,15	3,73	4,28	3,56	4,17	3,39	5,34
4	Якшимбетово	6,03	1,37	3,91	0,00	3,29	1,18	0,61	2,17	2,40	2,37	2,58
5	Н. Бабаларово	6,28	3,04	5,15	3,29	0,00	1,80	3,03	2,08	2,72	2,96	1,34
6	Высокая	3,68	1,04	3,73	1,18	1,80	0,00	1,58	2,17	0,97	1,22	2,02
7	Тазларово	6,61	2,09	4,28	0,61	3,03	1,58	0,00	1,99	2,71	2,21	2,64
8	В. Муйнак	7,26	2,74	3,56	2,17	2,08	2,17	1,99	0,00	3,19	2,67	1,22
9	Куйтапкан	4,69	1,39	4,17	2,40	2,72	0,97	2,71	3,19	0,00	1,35	2,11
10	Арсенево	4,53	1,67	3,39	2,37	2,96	1,22	2,21	2,67	1,35	0,00	2,43
11	Кужанак	6,15	2,88	5,34	2,58	1,34	2,02	2,64	1,22	2,11	2,43	0,00

Результаты проведенного дискриминантного анализа для ценопопуляций *I. scariosa* представлены на рисунке 2 и таблице 2.

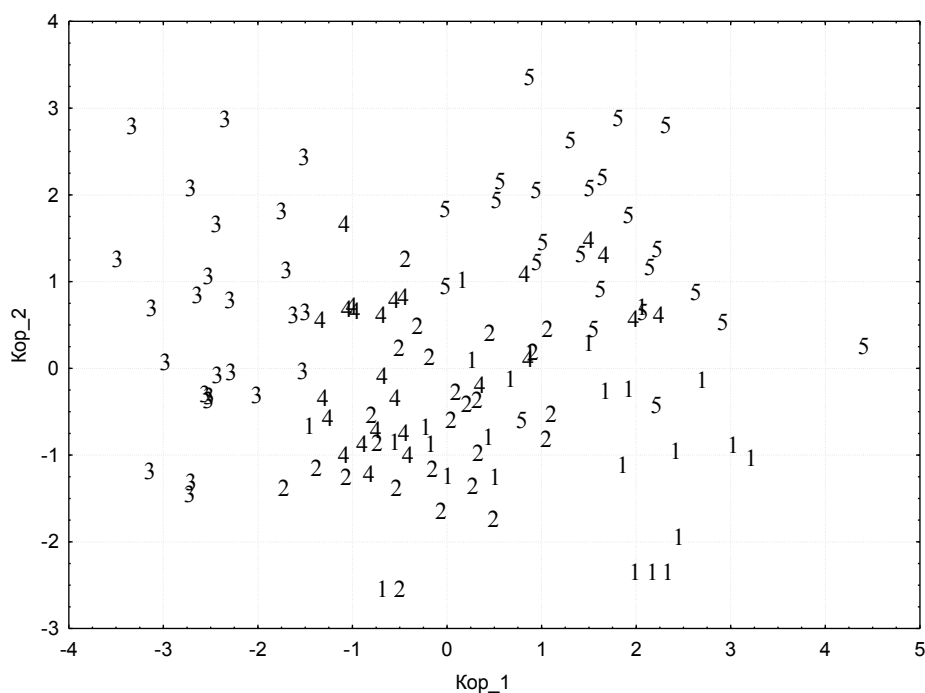


Рис. 2. Результаты дискриминантного анализа ценопопуляций *Iris scariosa* по совокупности морфометрических признаков в пространстве первого и второго канонических корней (1–5 номера популяций)

Общая статистическая достоверность полученных результатов высокая, на что указывают низкие значения λ Уилкса (при $p < 0,001$). Максимальный вклад в разделение групп вносит число генеративных побегов ($F = 12,675$), минимальный — длина листа (0,236). По морфоструктуре особей популяции занимают каждая свою территорию и перекрытие между ними незначительное. ЦП 1, 3 и 5 наиболее отличны от других по морфоструктуре, что, возможно, связано со степенью каменистости субстрата и их наибольшей удаленности друг от друга. Изученные ценопопуляции *I. scariosa* достоверно отличаются между собой при лямбда Уилкса 0,11 и $p = 0,000$.

В таблице 2 показаны средние расстояния каждой особи от центра той популяции, к которой данная особь принадлежит. Максимальное морфоструктурное разнообразие имеет ЦП 5 (Кувандык) Оренбургской области, а минимальное — пастбищная ЦП 3 (Айгиртау) Республики Башкортостан. Наибольшее расстояние между оренбургскими и башкирскими ЦП 1–3, 3–5 (14,35–16,51). Наименьшее — между пастбищными ЦП 1–2, 2–4 (2,47–3,94). Соответственно, в ЦП 2 и 1, 2 и 4 наблюдается высокое фенотипическое сходство особей.

Таблица 2

Значения квадратов расстояний Махаланобиса между ценопопуляциями *Iris scariosa*

№	Название ЦП	1	2	3	4	5
1	Рамазаново	0,00	3,94	14,35	5,82	5,77
2	Сагитово	3,94	0,00	7,36	2,47	7,74
3	Айгиртау	14,35	7,36	0,00	7,78	16,51
4	Гадилево	5,82	2,47	7,78	0,00	6,52
5	Кувандык	5,77	7,74	16,51	6,52	0,00

Таким образом, проведенные исследования методом дискриминантного анализа для двух редких видов растений *I. pumila* и *I. scariosa* показали, что особи растений *I. pumila* в большинстве ценопопуляций морфоструктурно однотипны между собой. Северо-восточная ЦП 1 и северо-западная ЦП 3 по морфоструктуре особей в основном занимают каждая свою территорию и перекрытие между ними минимальное. Максимальный вклад в разделение групп вносит длина верхней доли околоцветника ($F = 6,647$), минимальный — ширина нижней доли околоцветника (1,642). Максимальное морфоструктурное разнообразие имеет ЦП 6 горы Высокой, а минимальное — ЦП 10 (Арсенево). Значения квадратов расстояний Махаланобиса между ценопопуляциями показало, что наибольшее расстояние между ЦП 1–3, 1–8 (7,15–7,26), наименьшее — ЦП 2–4, 2–6, 2–9, 2–10, 4–6, 4–7, 5–6, 5–11, 6–7, 6–9, 6–10, 7–8, 8–11, 9–10 (0,61–1,99).

По морфоструктуре особей популяции *I. scariosa* занимают каждая свою территорию и перекрытие между ними незначительное. ЦП 1, 3 и 5 наиболее отличны от других. Максимальный вклад в разделение групп вносит число генеративных побегов ($F = 12,675$), минимальный — длина листа (0,236). Максимальное морфоструктурное разнообразие имеет ЦП 5 (Кувандык), а минимальное — ЦП 3 (гора Айгиртау). Наибольшее расстояние между ЦП 1–3, 3–5 (14,35–16,51). Наименьшее — ЦП 1–2, 2–4 (2,47–3,94).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ мол_а 18-34-00022 и в рамках государственного задания ИУБСИ УФИЦ РАН.

Литература

- Абрамова Л. М., Крюкова А. В. 2013. Семенная продуктивность редкого вида *Iris pumila* L. в природе и в условиях интродукции // Вестник Оренбургского гос. ун-та. № 10 (159). С. 156–159. Голубев В. Н. 1962. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи // Тр. Центрально-черноземного заповедника им. В. В. Алехина. Вып. 7. 602 с. Доспехов Б. А. 1985. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 351 с. Зайцев Г. Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 424 с. Зайцев Г. Н. 1990. Математика в экспериментальной биологии. М.: Наука. 296 с. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. 2013. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга. 439 с. Красная книга Республики Башкортостан. 2011. В 2 т. Т. 1: Растения и грибы. Уфа: МедиаПринт. 384 с. Крюкова А. В., Абрамова Л. М. 2015. К биологии редкого вида Республики Башкортостан *Iris scariosa* Willd. ex Link // Известия Уфимского научного центра РАН. Вып. 3. С. 49–52. Крюкова А. В., Абрамова Л. М. 2016. Редкие виды рода *Iris* L. в Республике Башкортостан // Материалы III Московского международного симпозиума по роду Ирис «Iris-2016». Москва, 15–18 июня 2016 г. М.: МАКС Пресс. С. 102–107. Крюкова А. В., Абрамова Л. М. 2018. Влияние экологических факторов на изменчивость морфометрических параметров редкого вида *Iris pumila* L. // Известия Саратовского ун-та. № 2. С. 232–236. Крюкова А. В., Мулдашев А. А., Голованов Я. М., Абрамова Л. М. 2014. Распространение и фитоценологическая приуроченность редких видов рода *Iris* на Южном Урале (Республика Башкортостан) // Науч. ведомости Белгородского ун-та. Сер. Естественные науки. № 23 (194). Вып. 29. С. 5–11. Кулаичев А. П. 1996. Методы и средства анализа данных в среде Windows. STADIA 6.0. М.: Информатика и компьютеры. 257 с. Песенко Ю. А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 287 с. Халафян А. А. 2008. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. М.: ООО «Бином-Пресс». 512 с. Abramova L. M., Muldashev A. A., Kryukova A. V. 2014. Distribuzione delle specie rare *Iris* L. negli Urali meridionali // Italian Science Review. Iss. 5 (14). P. 351–356.

ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПЛОДОВ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ *CYDONIA OBLONGA* MILL. И *MESPILUS GERMANICA* L. (ROSACEAE) В ГОРАХ

Т. Х. Кумахова¹, Т. В. Иванова², А. С. Воронков^{2,3}

¹ Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия, tkumachova@yandex.ru

² Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Россия, voronkov_as@mail.ru

³ Государственный гуманитарно-технологический университет, Орехово-Зуево, Россия

Поддержание биоразнообразия растительных ресурсов в последнее время становится все более острой проблемой для Российского общества. Рациональное природопользование способно не только сохранять многообразие видов для устойчивого развития экосистем, но и приносить пользу человеку, так как многие малоизученные виды растений могут содержать в себе огромный потенциал полезных свойств.

В этой связи наше внимание привлекли не столь распространенные в нашей стране представители Rosaceae: айва (*Cydonia oblonga* Mill.) и мушмула (*Mespilus germanica* L.). В отличие от широко используемых в промышленности и сельскохозяйственном производстве их «родственников» — яблони и груши, данные виды Maloideae культивируют в основном в южных регионах нашей страны, и мало используют в пищу и для переработки. Однако, имеется целый ряд литературных данных, которые подтверждают, что айва и мушмула могут быть источниками ценных биологически-активных веществ.

Так, плоды *C. oblonga* исключительно богаты пектиновыми веществами. Для сравнения в % от массы плодов пектинов содержится: у айвы — 1,13–2,3, абрикоса — 1–2,2, сливы — 0,5–2,5, яблока — 0,5–1,8, персика — 0,5–1,8, груши — 0,2–0,9, черешни — 0,18–1,14 [Сапожникова, 1974]. Пектиновые вещества, как известно, обладают способностью сорбировать ксенобиотики различной природы в организме человека и выводить их. Также пектины связывают радиоактивные изотопы Sr, Ca и Co, и сами слабо перевариваясь в пищеварительном тракте человека иллюминируют их. Из-за высокого содержания дубильных и пектиновых веществ, придающих *C. oblonga* терпкий вкус и вяжущие свойства, сладкие отвары из ее плодов рекомендуют использовать при расстройствах кишечника. Так же айва богата органическими, в частности фенолокислотами, — хлорогеновой, кофейной, галловой. Они обладают капилляроукрепляющим действием. По содержанию хлорогеновой кислоты, обуславливающей желчегонный эффект [Гумбаридзе, 1972], *C. oblonga* близка к груше, а для некоторых сортов и превосходит ее по этому показателю. Айва способствует выведению из организма щавелевой кислоты, обладает мягким мочегонным действием.

В вегетативных и репродуктивных органах *M. germanica* найдены многие ценные вещества. В ветвях — тритерпеноиды: урсоловая кислота [Ивановская и др., 1963; Le Men and Pourrat, 1955]. В листьях — фенолкарбоновые кислоты: хлорогеновая, изохлорогеновая [Challice, 1973; Nikolov et al., 1981];

флавоноиды: 3-O-D-галактозил-L-рамнозид, 3-O-L-рамнозил-D-ксилозид и 7-O-L-рамнозил-L-арабинозид кверцетина [Nikolov et al., 1981]; катехины: катехин и эпикатехин [Challice, 1973]. В листьях и плодах органические кислоты и их производные: лимонная, яблочная, янтарная, малоновая, хинная, шикимовая, молочная кислоты, а также мевалоид и алифатические альдегиды: ацетальдегид; в плодах: высшие жирные кислоты — линолевая, α -линоленовая; в семенах: жирное масло. Наряду с этими веществами, в листьях *M. germanica* методом ВЭЖХ обнаружены 13 соединений, из которых идентифицированы 8 веществ фенольной природы: флавоноиды (кверцетин, диоидрокверцетин, лютеолин), гидроксикоричные кислоты (галловая, хлорогеновая, феруловая), полифенольные соединения (эпигаллокатехингаллат, эпикатехин). Кроме того, экспериментально установлено, что водный экстракт листьев *M. germanica* проявляет антибактериальную активность.

Несмотря на вышеперечисленное и высокую устойчивость *C. oblonga* и *M. germanica* к стрессорам разной этиологии, данным видам уделено мало влияния как официальным источникам лекарственных средств и пищевому сырью, а также их роли в поддержании биоразнообразия экосистем. Поэтому целью нашей работы было исследование особенностей плодов айвы и мушмулы, способствующих их благополучной интродукции в исследуемые нами горные экосистемы, а также специфика накопления в них биологически-активных веществ, в связи с условиями произрастания.

Объект и методы исследования. Айва (*C. oblonga*) — листопадный кустарник или небольшое деревце (до 3 м высоты) с густой кроной, цельнокрайними простыми, очередными, снизу войлочнопущенными листьями и крупными одиночными белыми, молочно-белыми или розоватыми верхушечными цветками. Плод — яблоко грушевидной формы с ароматным запахом, развивается из нижней завязи ценокарпного гинецея [Камелин, 2006]. Основная часть сочной паренхимы околоплодника образована суккулентизированными тканями гипантия. Из классических анатомо-топографических зон в околоплоднике айвы выражен только пергаментовидный эндокарпий. У дикорастущих форм плод мелкий (2,5–3,5 см длиной и до 200 г весом), а у культурных — крупный зеленовато-желтый (10–12 и более см длиной, до 1–2 кг весом). В паренхимной части околоплодника встречаются многочисленные толстостенные каменные клетки с одревесневшими стенками. При недостатке влаги плоды айвы сильно мельчают и в них появляются больше каменных клеток. Семена клейкие слизистые [Камелин, 2006]. Айва светолюбивое и жароустойчивое растение. Обладает высокой экологической пластичностью к условиям произрастания. Однако предпочитает богатую питательными веществами рыхлую, влажную почву. При этом может расти на песчаных, аллювиальных почвах и черноземах. Продолжительность жизни 50–60 лет.

Мушмула германская (*M. germanica*) — листопадный кустарник или небольшое деревце (1,5–6 м высоты), принадлежит монотипному роду Мушмула (*Mespilus* L.) подсемейства Яблоневые (Maloideae) семейства Розоцветные (Rosaceae). Известны два экотипа дикорастущей мушмулы германской: ксерофильный, приуроченный к открытым местообитаниям, и мезофильный, лесной [Камелин, 2006].

Объектом исследования служили плоды *C. oblonga* и *M. germanica* произрастающих в центральной части предгорий Северного Кавказа, характеризующихся специфическими климатическими условиями. Образцы (плоды на стадии съёмной зрелости) были собраны с опытных площадок, расположенных на разных высотах (300 и 700 м) над уровнем моря.

Микроскопические исследования клеток околоплодника исследуемых видов проводили на микроскопе AxioImager D1 (Carl Zeiss, Германия) в проходящем свете. Срезы для анатомических исследований околоплодника изготавливали с помощью микротомы с вибрирующим лезвием (Thermo Scientific, Microm HM 650V), толщина срезов 30–50 мкм. Для визуализации фенольных соединений срезы обрабатывали хлоридом железа (III) (FeCl_3) и бихроматом калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) [Kumachova et al., 2018]. Подготовку материала для электронно-микроскопических исследований с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ) осуществляли по модифицированной ранее методике [Кумахова и Меликян, 1989]. Материал фиксировали глутаровым альдегидом (на 0,1 М фосфатном буфере с pH = 7,2) и 1 % раствором четырехоксида осмия. Затем образцы обезживали в серии спиртов и ацетонов возрастающей концентрации и заливали в Эпон812. Ультратонкие срезы изготавливали на ультрамикротоме LKB-III-8801A. Срезы контрастировали 2 % водным раствором уранилацетата (37 °C) и цитратом свинца по Рейнольдсу.

Результаты и обсуждение. Гистологические исследования околоплодника *C. oblonga* и *M. germanica* на содержание веществ полифенольной природы с помощью FeCl_3 (результаты не приведены) и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (рис. 1в–е, з, и (темное окрашивание) выявили значительное накопление в клетках наружных тканей околоплодника айвы этой группы веществ. Клетки, содержащие фенольные соединения (Фес) не отличались по размеру от обычных, т. е. являлись не специализированными клетками эпидермы и гиподермы в которых индуцирован синтез и накопление Фес. Образцы с высоты 300 м содержали Фес в отдельных клетках, располагающихся с основным в гиподерме (рис. 1в–г, з–и) и меньше в эпидерме околоплодника. С повышением высоты произрастания до 700 м над уровнем моря количество клеток, содержащих Фес увеличивалось, их становилось заметно больше в эпидерме околоплодника плодов. Кроме того, нами было обнаружено значительное накопление Фес в склереидах, собранных в массивные конгломераты.

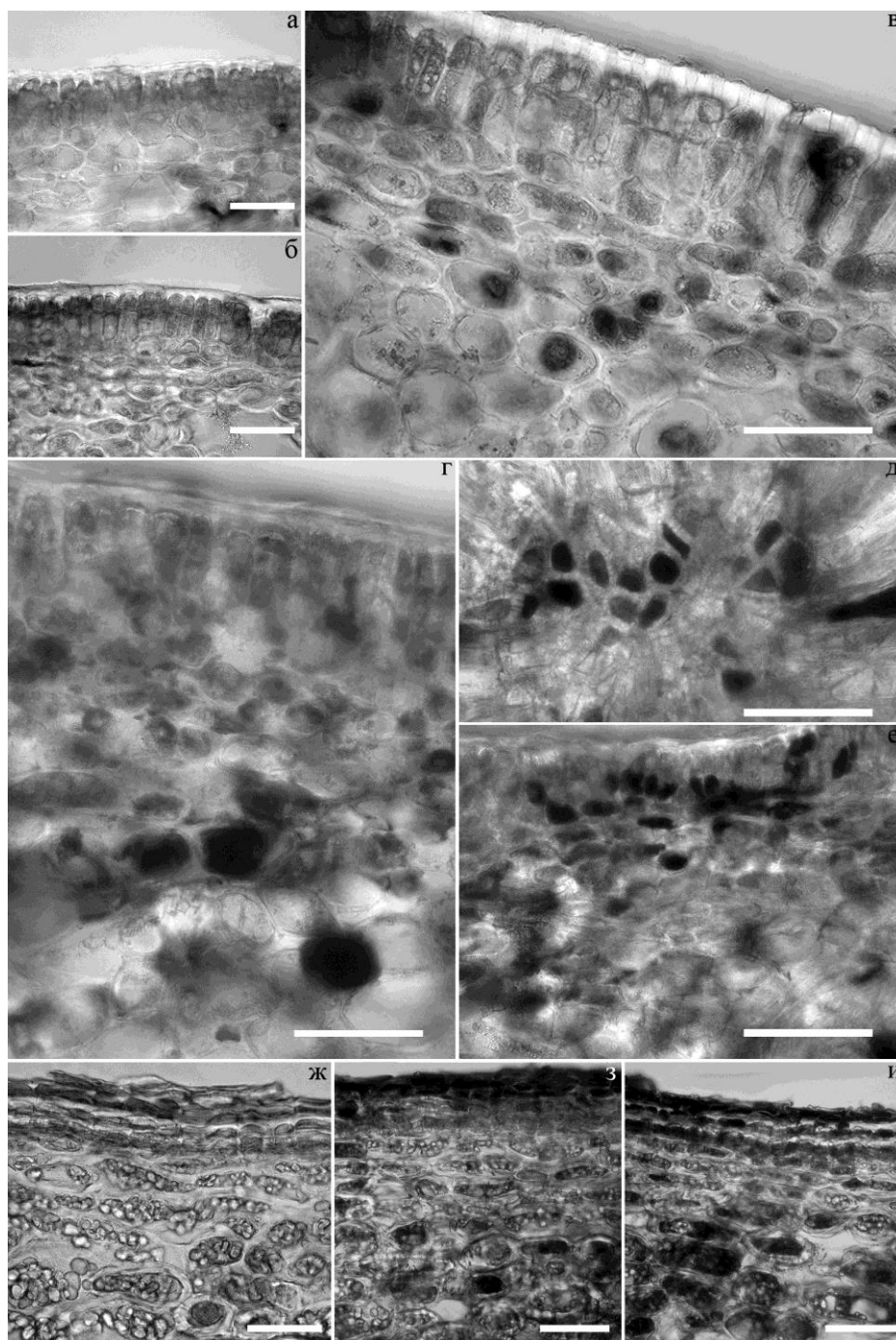


Рис. 1. Полифенолы в клетках околоплодника *Cydonia oblonga* (а–е) и *Mespilus germanica* (ж–и). Неокрашенные срезы с высоты 300 (а, ж) и 700 м (б). Окрашенные $K_2Cr_2O_7$ срезы с высот 300 (в, г, з) и 700 м (д, е, и). Масштабная шкала (а–г, ж–и) = 50 мкм; (д, е) = 80 мкм

Наличие конденсированных полифенолов в клетках эпидермы и гиподермы плодов также было выявлено при исследовании образцов с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (рис. 2), поскольку в данном методе фиксация материала оксидом осмия (OsO_4) позволяет визуализировать комплексы белков с полифенолами в виде черного электронно-плотного материала (ЭПТ). По данным электронно-микроскопического исследования в наружной зоне околоплодника на примере *M. germanica* большинство клеток эпидермы и гиподермы накапливают разной конфигурации осмиофильный материал довольно высокой электронной плотности (рис. 2а). Как видно на микрографиях ТЭМ некоторые клетки полностью забиты полифенолами (рис. 2).

Ультраструктурный анализ клеток околоплодников ТЭМ показал, что основным местом локализации полифенолов является вакуолярная система. Некоторые пластиды также содержали ЭПТ в люмене тилакоидных мембран, что свидетельствует об их непосредственном участии в синтезе веществ фенольной природы (полифенолов). Мы предполагаем, что увеличение количества веществ полифенольной природы

в клетках околоплодника *C. oblonga* и *M. germanica* с повышением высоты произрастания над уровнем моря может быть связано с повышением индекса ультрафиолетового облучения в горах. Известно, что ФеС обладают выраженными антиоксидантными свойствами, а высокие дозы ультрафиолетового излучения вызывают окислительный стресс в растительной клетке. Таким образом, увеличение ФеС является защитным механизмом, позволяющим *C. oblonga* и *M. germanica* поддерживать гомеостаз в тканях плодов.

В результате проведенного нами исследования, было установлено, что с повышением высоты произрастания над уровнем моря происходит накопление веществ полифенольной природы в клетках плодов *C. oblonga* и *M. germanica*. Поэтому можно предположить, что более высокогорные плоды будут значительно богаче биологически активными веществами. Кроме того, данное цитологическое приспособительное изменение способствует произрастанию айвы и мушмулы в суровых условиях высотной поясности и благоприятствует поддержанию биоразнообразия горных экосистем.

Литература

- Гумбаридзе Н. П. 1972. Хлорогеновая кислота из плодов айвы // Сообщ. АН ГССР. Т. 65, № 3. С. 729–731. Ивановская Л. Ю., Рябинин А. А., Баранова Л. И. 1963. Урсоловая кислота в растениях // Журн. общ. химии. Т. 33, вып. 10. С. 3446–3447. Камелин Р. В. 2006. Розоцветные (Rosaceae). Барнаул: АГУ. 100 с. Кумахова Т. Х., Меликян А. П. 1989. Ультраструктура кутикулы плодов разных сортов яблони *Malus domestica* (Rosaceae) // Ботанический журнал. Т. 74, № 3. С. 328–332. Сапожникова Е. В. 1974. Пектиновые вещества плодов. М.: Наука. 191 с. Challice J. S. 1973. Phenolic compounds of the subfamily Pomoideae // Phytochemistry. Vol. 12, № 5. P. 1095–1101. Le Men. J., Pourrat H. 1955. Ursolic acid: Determination of ursolic acid in the leaves of various Rosaceae // Ann. Pharm. Franç. Vol. 13. P. 169–170; Chem. Abstrs. Vol. 49. № 11959. Kumachova T. Kh., Voronkov A. S., Orlova Yu. V. et al. 2018. Tannosomes in the pericarp cells of *Maloideae* (Rosaceae) // Doklady Biol. Sciences. Vol. 482, № 6. P. 214–218. Doi: 10.1134/S0012496618050149. Nikolov S., Panova D., Zareva T. 1981. Polyphenol substances in *Mespilus germanica* leaves // Probl. Farm. № 9. P. 44–50; Chem. Abstrs. Vol. 95. № 93794.

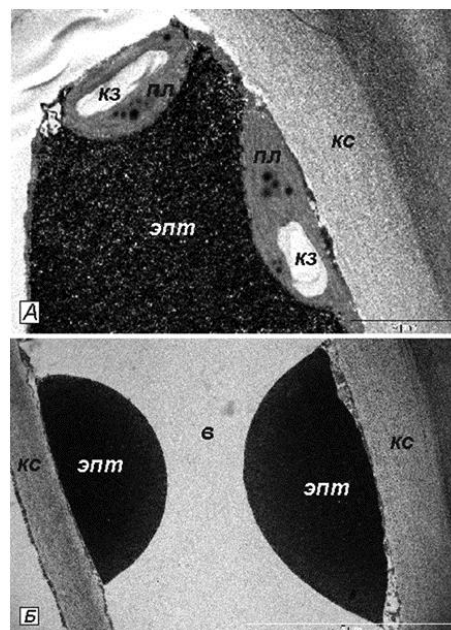


Рис. 2. Микрографии (ТЭМ) клеток околоплодника *M germanica*: А — хлоропласты, вакуоль с электронно-плотным материалом (эпт); Б — вакуоль с крупными отдельными танноглобулами на тонопласте. Обозначения: в — вакуоль, кз — крахмальное зерно, кс — клеточная стенка, эпт — электронно-плотный материал

ДАнные МОНИТОРИНГА БИОТЫ ФОРЕЛЕВОГО РУЧЬЯ КАК ОСНОВА МОДЕЛИ ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ ЛОТИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

П. Б. Мухеев, Д. П. Клосс, К. Д. Маттею

Университет Отаго, Данидин, Новая Зеландия, pmikheev@yandex.ru

Резюме. Математические модели получили широкое распространение в практике поскольку являются удобным инструментом, применяемым для симуляции природных процессов. При этом подготовка моделей, позволяющих оценить ход того или иного биологического процесса, должна быть основана на данных мониторинга, и представляет собой комплексный многоступенчатый процесс, в ходе которого ученому необходимо учитывать множество факторов, определяющих динамику исследуемого показателя. В настоящем сообщении приводятся описание и предварительные результаты моделирования максимальной плотности форели *Salmo trutta*, которая может поддерживаться ресурсами экосистемы ручья в условиях побережья острова Южный, Новая Зеландия.

Данные мониторинга зачастую являются основой экологических моделей, которые используются все чаще в целях рациональной эксплуатации биологических ресурсов и сохранения популяций рыб. При этом существует широкое разнообразие моделей, которые могут применяться на самых разнообразных уровнях в зависимости от преследуемой цели.

В соответствии с обзорами, представленными в литературе (Frank et al., 2011; Rosenfeld et al., 2014), первые модели разрабатывались на основе физических параметров среды (Bovee, 1982) для оценки реакции популяции на демографическом и генетическом уровнях (Elliott, 1994; Wright, 1969). Последующие разработки учитывали дополнительные факторы, позволявшие предсказывать динамику пространственного распределения рыб (Stanfield & Gibson, 2006; Dillane et al., 2008). Более поздние экологические модели основаны на моделировании демографических процессов, происходящих под воздействием стохастичности среды с учетом индивидуальной вариабельности организмов (Strand & Niehaus, 2007; Landguth & Cushman, 2010; Schumaker, 2011).

Форель *Salmotrutta* Linnaeus, 1758 является одним из наиболее полно изученных видов, количественная экология которого детально описана от индивидуального до популяционного уровня (Elliott, 1994). Поскольку для форели характерна колоссальная изменчивость, разработка демографических моделей для различных популяций вида в целях их сохранения и менеджмента всегда актуальна.

На сегодняшний день, существует множество моделей, разработанных для лососевых рыб лотических экосистем и каждая из них создавалась для определенной цели: Wisconsin, River2D, InSTREAM и другие (Hayes et al., 2007; Rosenfeld, Ptolemy 2012). Большинство предназначено для моделирования процессов роста и пространственного распределения форели и только модель Хейса (Hayes et al., 2007) создавалась для расчета емкости конкретного биотопа. Сложность оценки максимально возможной плотности лососевых в экосистеме водотока объяснима необходимостью учета массы гидрологических и биоэнергетических факторов, влияющих на изучаемый объект в условиях стохастичности среды.

Нами был разработан подход к оценке максимально возможной плотности молоди форели в экосистеме ручья с учетом динамики абиотических и биотических факторов среды с использованием модели Хьюса (Hughes et al., 2003) в качестве основы. Для сбора первичной информации нами был выбран руч. Серебряный (Silverstream), являющийся притоком реки Тайери (Taieri River), о-в Южный, Новая Зеландия. Для оценки приемной емкости естественного водоема, знание его ресурсного потенциала и способности рыб к его освоению, является приоритетным, поэтому было решено сосредоточить усилия на мониторинге следующих параметров в динамике:

- количественный и качественный состав дрифта беспозвоночных организмов как основного источника пищи исследуемого объекта;
- количественная и качественная оценка содержимого желудка форели для оценки элективности питания;
- онтогенетическая динамика биотопической приуроченности форели;
- распределение мезо- и микробиотопов, используемых форелью для обитания в ходе ее онтогенеза в пределах обследуемого участка ручья;
- данные о динамике температур, расходе и мутности воды;
- весовой и линейный рост рыб.

Параллельно со сбором этих данных оценивали фактическую плотность форели для последующего сопоставления расчетных данных с реальными.

Сбор информации проводили ежемесячно в течение года в верхнем, среднем и нижнем течении ручья, что позволило оценить пространственно-временную динамику приемной емкости среды в пределах исследуемого водотока протяженностью 30 км.

В дальнейшем фактически полученные данные были использованы при моделировании других показателей, необходимых для расчета приемной емкости.

Сопоставление результатов расчетов приемной емкости с данными мониторинга плотности рыб показало, что в пределах верхнего течения ручья плотность резидентной формы форели в десятки раз ниже приемной емкости экосистемы, тогда как в зоне воспроизводства проходной формы в среднем течении водотока плотность рыб гораздо ближе к емкости среды и во второй половине лета была практически эквивалентна ей.

Результаты настоящей работы являются предварительными и в дальнейшем планируется их более детальная проработка. Сопоставление оцененной приемной емкости с фактическими значениями плотности форели свидетельствует о праве модели на существование с дальнейшим ее совершенствованием и внедрением в рыбохозяйственную практику.

МОРФОГИСТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕЧЕНИ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК, ОБИТАЮЩИХ В РАЗНЫХ ПО АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ БИОТОПАХ

Т. Н. Рябчикова, Г. П. Дробот, А. О. Свинин, А. А. Ведерников, М. Н. Сидушкина

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, ryabchikova.tatiana10@yandex.ru

Вопрос о загрязнении окружающей среды в настоящее время стоит очень остро, так как с обширным развитием промышленной деятельности большинство вредных отходов продолжает выбрасываться в атмосферу и гидросферу. Использование в качестве тест-объектов животных позволяет дать объективную оценку именно влиянию окружающей среды [Спирина и др., 2011]. Степень влияния факторов среды на организм можно оценить при проведении патоморфологических исследований, в частности, при выявлении нарушений гистологической структуры органов и при гистохимических исследованиях, которые позволяют оценить возможное изменение метаболизма в органах. Некоторые патологии могут служить своеобразными индикаторами загрязнений местообитаний. В качестве тест-систем для биоиндикации часто используются различные внутренние органы, которые способны аккумулировать загрязняющие вещества,

а в ответ на негативное влияние вредных факторов могут изменять структуру. Обычно химические загрязняющие вещества аккумулируются в органах с интенсивными биохимическими процессами — в печени, почках, эндокринных железах, желудочно-кишечном тракте. Очень часто объектом для подобных исследований служит печень, которая выполняет барьерно-защитные функции и обезвреживает чужеродные вещества [Пястолова, Трубецкая, 1989; Белова и др., 2008; Акуленко, 2010; Ведерников и др., 2011; Paunescu et al., 2010].

Цель настоящего исследования — провести морфологическое и гистохимическое исследование печени амфибий, обитающих в локалитетах с антропогенной нагрузкой.

Сбор материала проведен летом 2017 года. Объектом исследования служила печень зеленых лягушек трех таксонов: *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882), *Pelophylax kl. esculentus* (Linnaeus, 1758), отловленных в 8 локалитетах на территории Республики Марий Эл: пгт Краснооктябрьский, пос. Ильинка, пос. Нолька, пос. Кугуван, пгт Медведево, м-н «Чихайдарово» (промышленный район г. Йошкар-Олы) и лесопарк «Сосновая роща» (окраина г. Йошкар-Олы), пос. Шушер («условно чистое» местообитание, государственный природный заповедник (ГПЗ) «Большая Кокшага», 60 км от г. Йошкар-Олы).

Для приготовления гистологических препаратов печени применяли стандартные методики. Гистохимически выявляли меланин и гемосидерин, используя метод окраски по Перлсу [Меркулов, 1969]. Оценивали количество меланомакрофагальных центров (ММЦ) в паренхиме печени, а также количество в них (в среднем на центр) выявленных железосодержащих пигментов. В работе использовали сетку Автандилова на 25 точек [Автандилов и др., 1981]. Учитывали по 30 полей зрения на препарат печени каждой особи амфибий и посчитывали точки, которые попадали на скопления меланина и гемосидерина, а далее считали среднее значение. Для статистической обработки результатов гистохимической реакции прибегали к непараметрическим критериям: для сравнения средних применен критерий Краскела-Уоллиса, для корреляционного анализа использован критерий Спирмена. Все расчеты выполнены с использованием программы Statistica 6.0 (StatSoft).

Как показали проведенные исследования, в печени амфибий из «условно чистого» местообитания (ГПЗ «Большая Кокшага» пос. Шушер) наблюдались небольшие расширения синусоидных капилляров, были обнаружены локальные кровоизлияния. Также местами наблюдалась инфильтрация лейкоцитами паренхимы органа. Клетки печени у отдельных особей характеризовались зернистой и баллонной дистрофией, встречались мелкие очаги некрозов гепатоцитов. Такие отклонения, вероятно, свидетельствуют о наличии воспалительных процессов и явных патоморфологических сдвигах в печени, несмотря на обитание животных на относительно чистых локалитетах. Подобные находки требуют специального анализа.

Печень лягушек, обитающих на территориях с антропогенной нагрузкой (пгт Краснооктябрьский, пос. Ильинка, пос. Нолька, пос. Кугуван, пгт Медведево, м-н «Чихайдарово» (промышленный район г. Йошкар-Олы), лесопарк «Сосновая роща» (окраина г. Йошкар-Олы), характеризуется расширением синусоидных капилляров. Кроме этого, имеет место склероз сосудов, выявляются расширения перисинусоидальных пространств Диссе. В паренхиме органа обнаружены мелкие и крупные очаги лейкоцитарной инфильтрации, гранулематозные скопления (рис. 1а, б). В гепатоцитах выявлена зернистая и баллонная дистрофия (рис. 2а, б).

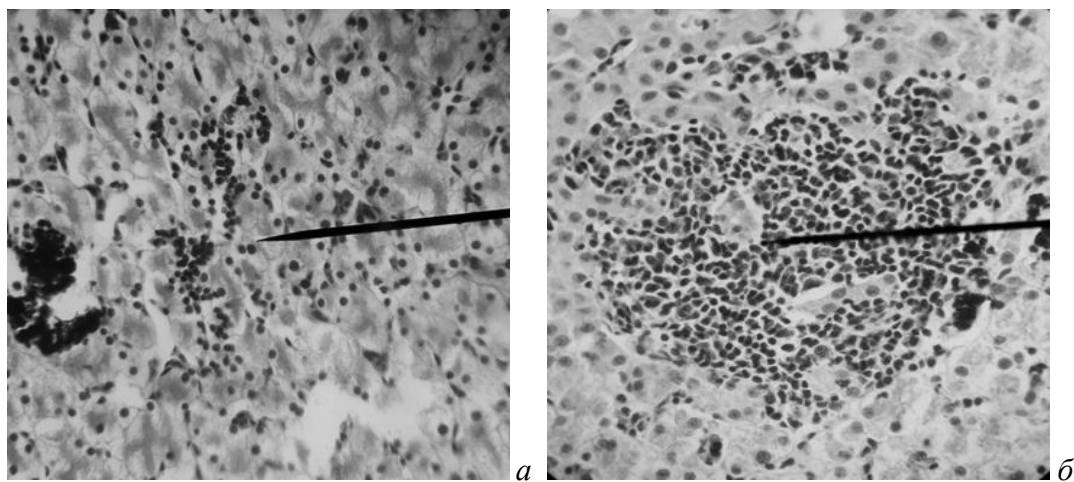


Рис. 1. Мелкие (а) и крупные (б) очаги лейкоцитарной инфильтрации в паренхиме печени амфибий

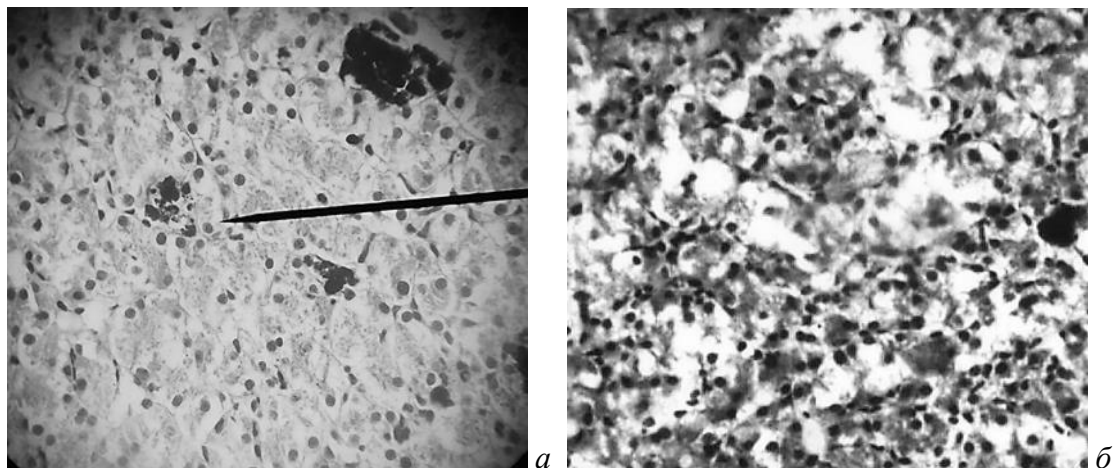


Рис. 2. Зернистая (а) и баллонная (б) дистрофия гепатоцитов амфибий

Степень выраженности указанных процессов в печени этой группы амфибий визуально больше, чем у амфибий из «условно чистого» местообитания. Подобная картина, скорее всего, обусловлена влиянием урбанизации обследуемых территорий с повышенным на них антропогенным прессом. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что все эти патоморфологические отклонения в печени амфибий, вероятно, связаны с действием токсических веществ, образующихся в ходе эколого-техногенной деятельности человека [Ведерников и др., 2011; Алтуфьев и др., 2013; Дробот и др., 2014]. Возможно, это обусловлено и другими загрязнениями, не связанными с деятельностью человека.

Поскольку в ходе гистологического анализа в печени всех лягушек были выявлены ММЦ, которые, как известно, могут содержать пигменты меланин и гемосидерин [Горышина, Чага, 1990; Agius, Roberts, 2003], то нами была предпринята попытка оценить количество этих центров и накопление в них пигментов.

При сравнительной оценке площади гемосидерина в печени всех изученных амфибий различий найдено не было. Однако в ходе исследования были выявлены статистически значимые различия по площади, занимаемой меланином у амфибий из разных местообитаний ($H = 22,66$, $p = 0,007$; рис. 3).

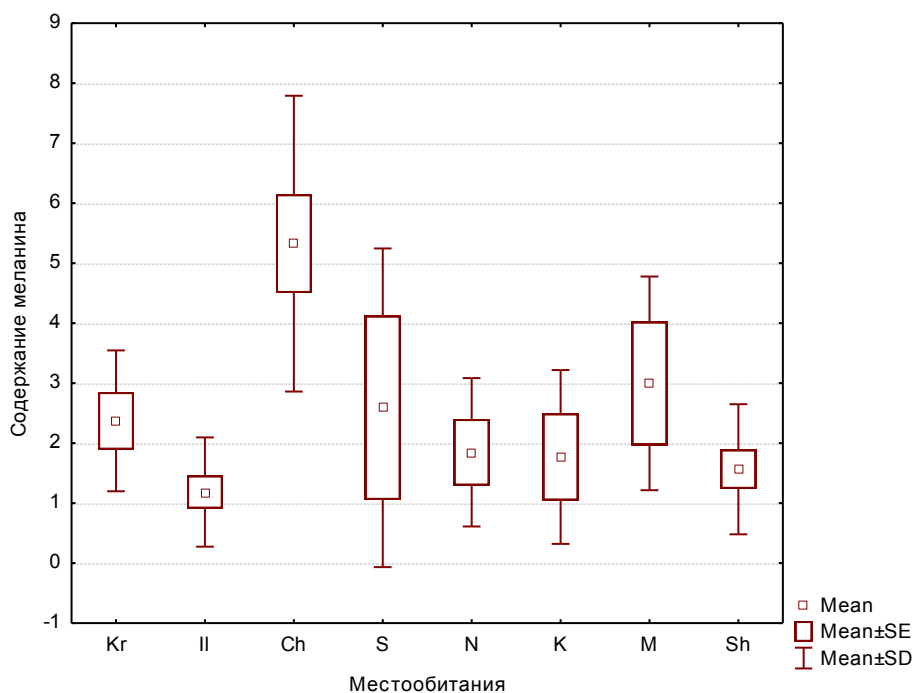


Рис. 3. Площадь меланина в ММЦ печени амфибий из разных местообитаний:

Kr — Краснооктябрьский (*P. lessonae*); II — Ильинка (*P. lessonae*); Ch — Чихайдарово (*P. ridibundus*); S — лесопарк «Сосновая роща» (*P. ridibundus*); N — Нолька (*P. lessonae*); K — Кугуван (*P. esculentus*); M — Медведево (*P. ridibundus*); Sh — Шушер (*P. lessonae*)

Так, у особей озерной лягушки из м-на Чихайдарово выявлены наибольшие площади скопления меланина в ММЦ печени, по сравнению с таковыми в печени амфибий из водоема на территории ГПЗ «Большая Кокшага» пос. Шушер ($p = 0,019$). Действительно при морфологическом описании срезов печени у особей из местообитания пос. Чихайдарово были визуально отмечены многочисленные и обширные скопления пигментов, что и подтвердилось статистически.

В ходе нашего исследования был проведен корреляционный анализ по установлению взаимосвязи между размерами площади, занимаемой гемосидерином и меланином (у. е.). Нами была установлена положительная корреляция, однако, значение коэффициента корреляции здесь минимально ($r = 0,067$), и, следовательно, им можно пренебречь.

На следующем этапе нами была сделана попытка анализа корреляционных связей между изученными параметрами амфибий (площади меланина, гемосидерина и количество ММЦ), находящихся в отдельных местообитаниях.

В результате исследований не было выявлено никаких взаимосвязей между содержанием гемосидерина и количеством ММЦ в печени амфибий из всех изученных локалитетов. Однако была установлена положительная взаимосвязь между площадью меланина и количеством ММЦ в поле зрения у амфибий из водоемов пгт. Краснооктябрьский ($r = 0,89$; $p < 0,05$), пос. Ильинка ($r = 0,63$; $p < 0,05$), м-на Чихайдарово ($r = 0,68$; $p < 0,05$). У амфибий из остальных изученных местообитаний аналогичных корреляционных связей не установлено.

Так как меланомакрофаги участвуют в фагоцитарной функции [Paunescu et al., 2010], их чрезмерное накопление может свидетельствовать о протекании реакций воспаления в организме, возможно, это результат негативного влияния загрязненного местообитания, где живут эти амфибии. ММЦ отводится важная роль в участии обмена железа в организме, так как они являются местом утилизации разрушающихся клеток, которые содержат ферритин и гемосидерин [Agius, Roberts, 2003]. Меланин может накапливать различные металлы [Henninger, Beresford, 1990], возможно, что накопление меланина связано с воздействием на организм тяжелых металлов. Следует обратить внимание, что в печени амфибий, отловленных в «условно чистом» местообитании, отсутствует подобная корреляционная связь. По-видимому, в условиях урбанизированной среды, при действии антропогенного пресса в печени амфибий имеют место компенсаторные реакции адаптивного характера, что проявляется формированием новых ответных реакций в виде положительной взаимосвязи между содержанием меланина и количеством ММЦ, что, возможно, способствует большей устойчивости организмов или компенсирует одну из утраченных функций органа. Данное предположение, безусловно, требует дальнейшей проверки.

Литература

- Авандилов Г. Г., Яблунский Н. И., Губенко В. Г. 1981. Системная стереометрия в изучении патологического процесса. М.: Медицина. 192 с. Акуленко Н. М. 2010. Дополнительные возможности регенерации печени бесхвостых амфибий в условиях антропогенного загрязнения // Вестник морфологии. № 16. С. 147–149. Алтуфьев Ю. В., Белова Я. В., Воробьев В. И. 2013. Органный уровень патологии озерной лягушки различных регионов астраханской области // Естественные науки. № 4 (45). С. 65–72. Белова Я. В., Алтуфьев Ю. В., Алтуфьева Н. С. 2008. Эколого-гистологическое исследование печени озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в условиях естественного обитания и при экзотоксикозе // Естественные науки. Т. 22, № 1. С. 37–41. Ведерников А. А., Дробот Г. П. 2011. Патологические изменения в органах лягушки озерной (*Rana ridibunda* Pall.) в условиях обитания на урбанизированной территории // Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных. Казань: Издательство «Казанский университет». С. 18–23. Горышина Е. Н., Чага О. Ю. 1990. Сравнительная гистология тканей внутренней среды с основами иммунологии. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 320 с. Дробот Г. П., Мауликеева Д. Р., Ведерников А. А. 2014. Гисто-морфометрическая характеристика легкого лягушки озерной (*Rana ridibunda* Pall., 1771) в условиях антропогенной нагрузки // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции 30 сентября 2014 г. Белгород: ИП Петрова М. Г. (АПНИ). Ч. II. С. 48–53. Меркулов Г. А. 1969. Курс патологической техники. Л.: Медицина. 423 с. Пястолова О. А., Трубецкая Е. А. 1989. Некоторые морфологические и цитологические особенности печени сеголеток *Rana arvalis* в условиях техногенного ландшафта // Экология. № 5. С. 56–60. Спирина Е. В., Романова Е. М., Спирина Т. А. 2011. Оценка стабильности развития и цитогенетического гомеостаза в популяциях *Rana ridibunda* Pall. Ульяновской области // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 13, № 1. С. 123–126. Agius C., Roberts R. J. 2003. Melano-macrophage centres and their role in fish pathology // Journal of Fish Diseases. Vol. 26. P. 499–509. Henninger J. M., Beresford W. A. 1990. Is it coincidence that iron and melanin coexist in hepatic and other melanomacrophages? // Histology and histopathology. Vol. 5. P. 457–459. Paunescu A., Ponopal C., Draghici O. 2010. Histopathological responses of the liver tissues of *Rana ridibunda* to the champions 50 WP fungicide // Annals: Food Science and Technology. Vol. 11. P. 60–64.

ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ГИСТОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛЕГОЧНОЙ ТКАНИ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК РОДА *PELOPHYLAX*

М. Н. Сидушкина, Г. П. Дробот, А. О. Свинин, А. А. Ведерников, Т. Н. Рябчикова
Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, sidushkina2013@gmail.com

В связи с нарастающим влиянием антропогенных факторов на живые организмы [Дробот, Ведерников, 2011; Алтуфьев, 2013] необходимо проводить регулярный мониторинг окружающей среды. При биоиндикационных исследованиях часто в качестве тест-объектов используют амфибии, так как они обитают на границе раздела двух сред — водной и наземной, характеризуются приуроченностью к местообитаниям,

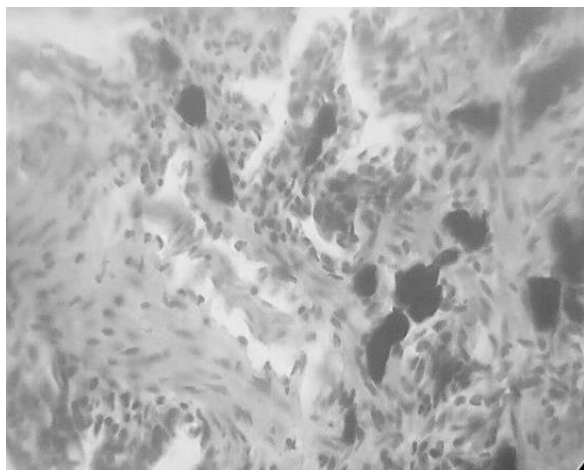


Рис. 1. Кровоизлияние в просвет альвеолы

довая, *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882) и съедобная, *Pelophyla xesculentus* (Linnaeus, 1758). Отлов особей был произведен в летний период 2017 года на различных территориях Республики Марий Эл. Общее количество особей составило 123 особи. Исследованные местообитания были разделены на «условно загрязненные» и «условно чистые». К «условно загрязненным» местообитаниям были отнесены водоемы на территориях пос. Кугуван, пос. Ильинка, пгт. Краснооктябрьский, пос. Нолька, пгт. Медведово, г. Йошкар-Олы (микрорайон «Чихайдарово» и лесопарк «Сосновая роща»), а к «условно чистым» — водоемы на территории Государственного природного заповедника (ГПЗ) «Большая Кокшага» (пос. Шушер, 60 км от г. Йошкар-Олы). Предварительная оценка полученных данных с учетом пола животных не выявила полового диморфизма, поэтому в дальнейшем анализе всех данных вели без учета пола.

Исследование структуры легкого проводили на гистологических срезах, изготовленных по классическим методикам; гистохимически в тканях легкого выявляли гемосидерин и меланин [Меркулов, 1969]. Для подсчета мелано-макрофагальных центров (ММЦ) и площадей легочной паренхимы и стромы использовали сетку Автандилова [Автандилов, 1981]. Исследовали по 30 полей зрения каждого гистологического препарата у отдельной особи и подсчитывали среднее арифметическое этих значений. Впоследствии рассчитывали коэффициент отношения площади паренхимы к площади стромы, выражая его в условных единицах (у. е.). Для статистической обработки результатов применяли программу Statistica 8.0 (StatSoft-Inc.).

При изучении морфологии легочной ткани у амфибий из водоемов обследованных урбанизированных территорий было выявлено диффузное кровенаполнение сосудов. В ряде случаев наблюдались ярко выраженные очаги эритростазов, мелкоочаговые кровоизлияния (рис. 1).

Как правило, наблюдалось утолщение межальвеолярных перегородок. В строме органа были обнаружены инфильтрационные очаги лимфоцитов и крупные ММЦ (рис. 2а, б).

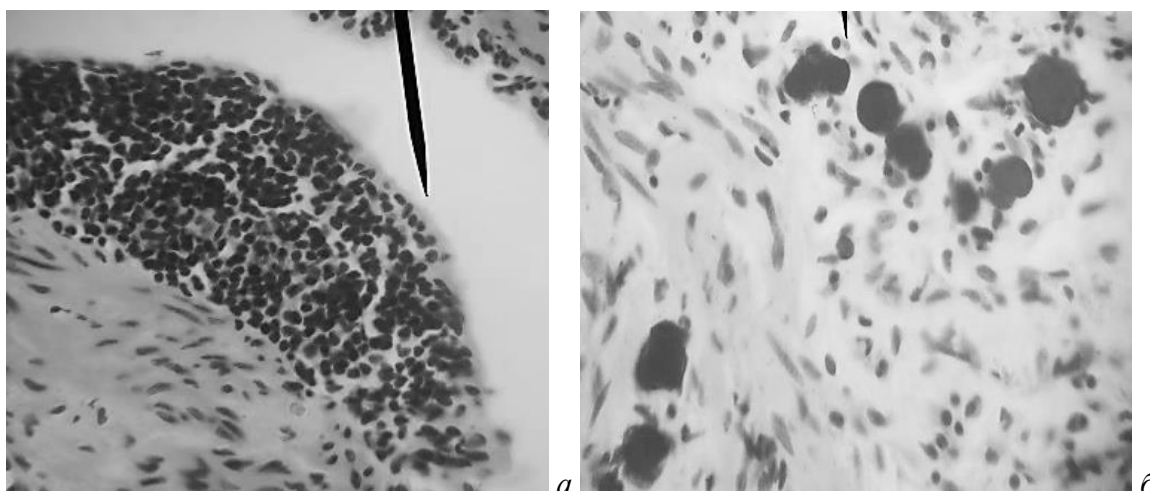


Рис. 2. Инфильтрация легочной ткани лимфоцитами (а) и меланомакрофагальные центры в паренхиме легких амфибий (б)

состояние их организма зачастую отражает состояние окружающей среды [Пястолова, Трубецкая, 1990; Захаров и др., 2000; Спирина, 2007; Дробот, Ведерников, 2011 и др.]. В связи с этим можно использовать амфибий в качестве объекта исследования влияния поллютантов на определенной территории [Пястолова, 1990; Спирина, 2007]. Надежные характеристики в диагностике патологических процессов в органах дают гистологические и гистохимические методы исследования.

Цель настоящей работы — изучение морфогистохимических параметров легкого лягушек рода *Pelophylax*, обитающих в различных по степени антропогенной нагрузки биотопах. Объектом исследования служили легкие трех видов амфибий из разных местообитаний: озерная лягушка, *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), пры-

В легких у амфибий из пос. Шушер («условно чистое» местообитания) кровенаполнение сосудов носило неравномерный характер. Распределение крови в капиллярах характеризовалось эритростазами, у единичных особей в капиллярах имели место лейкостазы, кроме того, отмечались мелкоочаговые кровоизлияния. Необходимо отметить присутствие лимфоцитарной инфильтрации в строме легочной ткани. Диффузно располагались небольшие ММЦ. Просматривались утолщения межальвеолярных перегородок.

Таким образом, в легких всех изученных видов амфибий (без учета их местообитания) были выявлены патоморфологические сдвиги. Особый интерес в этом плане представляют лягушки, обитающие на территории ГПЗ «Большая Кокшага», которые, по-видимому, испытывают какие-то неблагоприятные воздействия. Подтверждением высказанной нами гипотезы могут служить обнаруженные в легком очаги лимфоцитарной инфильтрации. Вероятно, подобную реакцию легочной ткани амфибий можно рассматривать как усиление у этих животных иммунологических механизмов в ответ на повреждающее действие антигенов. Следовательно, амфибии, отловленные с территории заповедника, требуют более тщательного всестороннего обследования.

Следующим этапом исследования легочной ткани было определение площади паренхимы и стромы и расчет коэффициента соотношения паренхимы к строме. При проведении множественных сравнений (критерий Краскела-Уоллиса $H = 28,09$; $p < 0,001$) были получены значимые различия (рис. 3).

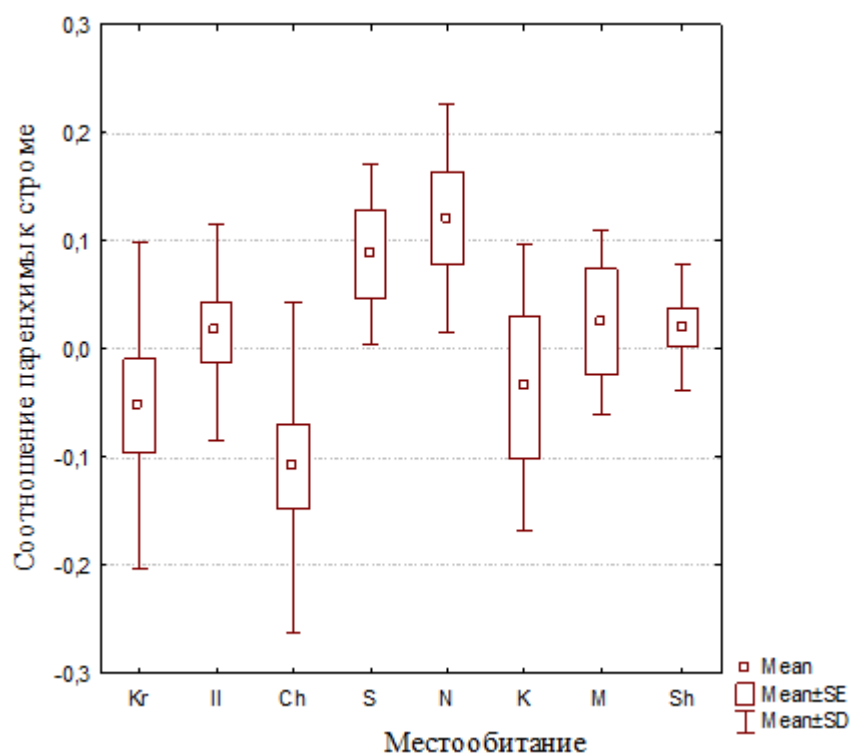


Рис. 3. Соотношение паренхимы к строме в легочной ткани амфибий из разных местообитаний:

Обозначения: Кг — Краснооктябрьский (*P. lessonae*); Il — Ильинка (*P. lessonae*); S — лесопарк «Сосновая роща» (*P. ridibundus*); K — Кугуван (*P. esculentus*); Ch — Чихайдарово (*P. ridibundus*); N — Нолька (*P. lessonae*); M — Медведево (*P. ridibundus*); Sh — Шушер (*P. lessonae*)

Из рисунка 3 видно, что наименьшие значения соотношения паренхимы к строме обнаружены в легких амфибий, обитающих в водоеме пос. Чихайдарово. Снижение величины данного коэффициента свидетельствует о том, что дыхательная паренхима (просвет альвеол) уменьшена в объеме, в то время как площадь, приходящаяся, прежде всего, на межальвеолярные перегородки, увеличена. Из данных научной литературы известно, что увеличение толщины межальвеолярных перегородок приводит к снижению дыхательной функции легкого [Эйнгорн, 1983]. Следует также отметить, что расширение межальвеолярных перегородок может быть причиной отеков, либо развития атипичных компонентов в легочной ткани [Повзун, 2006]. Нельзя исключить и негативного действия тяжелых металлов, которые, как известно, способны накапливаться в легочной ткани, вызывать ее поражение и поражение других органов. Возможно, что в легком амфибий из водоема мр-на Чихайдарово наблюдаемые нами патоморфологические сдвиги являются результатом действия химических факторов среды, учитывая, что вблизи данной территории проходит автомобильная магистраль «Кокшайский тракт».

Гистохимические исследования показали, что по количеству ММЦ и площади, занимаемой в этих центрах гемосидерином, статистически значимых различий не обнаружено. По площади занимаемой меланином установлены различия (рис. 4).

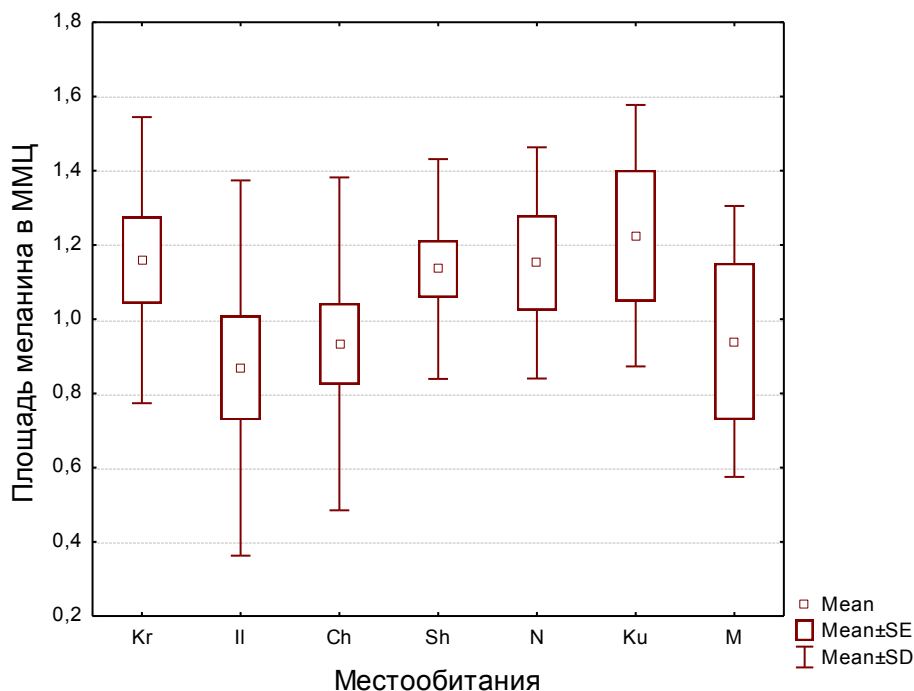


Рис. 4. Площадь меланина в ММЦ в легочной ткани у амфибий разных местообитаний. Обозначения те же, что и к рисунку 3

Как видно из рисунка 4 наименьшее значение площади меланина обнаружено в легочной ткани амфибий, обитающих в водоеме пос. Ильинка. В то же время наибольшие значения данного параметра установлены в легочной ткани у амфибий из водоемов пос. Кугуван и мкр. Медведево.

В научной литературе имеются указания, что меланомакрофаги, составляющие ММЦ, участвуют в фагоцитозе, обладают бактерицидным действием, на их поверхности адсорбируются иммунные комплексы [Wood et al., 1999; Paunescu et al., 2010]. По данным ряда авторов [Harper, Wolf, 2009; Suresh, 2009] увеличение количества меланомакрофагов, а, следовательно, и ММЦ, может быть связано и с нехваткой кислорода у этих животных. По всей вероятности, загрязнение окружающей среды привело у некоторых амфибий к расширению межальвеолярных перегородок и спровоцировало увеличение количества и размеров этих центров в легочной ткани. Согласно ряду авторов [Paunescu et al., 2010; Маузликеева и др., 2014], подобные изменения могут быть связаны с компенсаторной реакцией организма амфибий на загрязнение окружающей среды.

Литература

- Автандилов Г. Г., Яблунчанский Н. И., Губенко В. Г. 1981. Системная стереометрия в изучении патологического процесса. М.: Медицина. 192 с.
- Алтуфьев Ю. В., Белова Я. В., Воробьев В. И. 2013. Органный уровень патологии озерной лягушки различных регионов астраханской области // Естественные науки. Т. 45, № 4. С. 65–72.
- Дробот Г. П., Ведерников А. А. 2011. Патологические изменения в органах лягушки озерной (*Rana ridibunda* Pall.) в условиях обитания на урбанизированной территории // Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных: сб. тр. II Всерос. интернет-конф. Казань, 4–7 апреля 2011 г. Казань: «Казанский университет». С. 18–22.
- Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. 2000. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России. 68 с.
- Маузликеева Д. Р., Ведерников А. А., Дробот Г. П. 2014. Гисто-морфометрическая характеристика легкого лягушки озерной (*Rana ridibunda* Pall., 1771) в условиях антропогенной нагрузки // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции 30 сентября 2014 г. Белгород: ИП Петрова М. Г. № 3. С. 48–53.
- Меркулов Г. А. 1969. Курс патогистологической техники. Л.: Медицина. 424 с.
- Повзун С. А. 2006. Общая патологическая анатомия. СПб.: СпецЛит. 464 с.
- Пястолова О. А., Трубецкая Е. А. 1990. Использование бесхвостых амфибий в биоиндикации природной среды // Биоиндикация наземных экосистем: сб. науч. работ. Свердловск: УрО АН СССР. С. 18–30.
- Спирина Е. В. 2007. Амфибии, как биоиндикационная тест-система для экологической оценки водной среды обитания: автореф. дис. ... канд. биолог. наук. Ульяновск. 23 с.
- Эйнгорн А. Г. 1983. Патологическая анатомия и патологическая физиология. М.: Медицина. 304 с.
- Harper C., Wolf C. 2009. Morphologic effects of the stress response in fish // ILAR Journal. Vol. 50, № 4. P. 387–396.
- Paunescu A., Ponopal C., Draghici O., Marinescu A. G. 2010. Liver histopathologic alterations in the frog *Rana (Pelophylax) ridibunda* induce by the action of reldan 40EC insecticide // Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie. Vol. XVII, № 5. P. 166–169.
- Suresh N. 2009. Effect of cadmium chloride on liver, spleen and kidney melanomacrophage centres in *Tilapia mossambica* // Journal of Environmental Biology. Vol. 30, № 4. P. 505–508.
- Wood J. M., Jimbow K., Boissy R. E. 1999. What's the use of generation melanin // Exp. Dermatol. Vol. 8, № 2. P. 153–164.

ПЛАСТИЧНОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ТЕРПЕНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ КАК ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ

О. В. Шелепова

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия, shov_gbsad@mail.ru

Пластичность состава веществ специализированного обмена растений связана с легкостью их химической модификации в ходе метаболизма. В свою очередь легкость химической модификации обусловлена таксономическим и экологическим контролем за биосинтезом данных веществ [Dembitsky, 2006].

При изменении условий произрастания растения запускают несколько адаптационных механизмов [Усманов и др., 2001]. Существенную роль при адаптации растений к меняющимся экологическим условиям играют вещества специализированного обмена и, в частности, терпеновые соединения. То есть растения, произрастающие в условиях значительных экологических градиентов, могут отличаться специфическим набором вторичных соединений в разных частях этих градиентов. Популяционный анализ, основанный на изучении содержания терпеновых соединений фенольного и нефенольного типов, позволяет подойти к пониманию и оценки адаптивной нормы и выявить некоторые биохимические аспекты адаптивной стратегии популяций.

Нами анализировались особенности накопления терпеновых соединений в мяте полевой (*Mentha arvensis* L.). Это один из наиболее широко распространенных видов рода *Mentha* L., встречается во многих регионах Европы и Азии, и является одним из важнейших видов среди лекарственных и эфиромасличных растений. В нашей стране она распространена повсеместно в европейской части, Предкавказье, Сибири, во всех областях Средней России как обычное растение [Губанов и др., 2004]. Мята полевая способна расти в самых различных местообитаниях, предпочитая достаточно увлажненные места. Обитает на лугах, по берегам водоемов, рек, озер, по краю болот и в болотистых тенистых лесах. Разнообразие ценозов, в которых были собраны образцы мяты полевой, позволило составить эколого-ценотический ряд с учетом возрастания влагообеспеченности.

Начало ряда занимало местообитания, влагообеспеченность которого была максимальна и в большей степени соответствовала экологии вида, а далее располагались местообитания, влагообеспеченность которых больше соответствовала современной экологии вида.

Особенности терпенового комплекса в пределе эколого-ценотического ряда рассматривались как количественный признак, отражающий содержание ведущих компонентов, и как качественный, проявляющийся в соотношении основных компонентов, характерном, как правило, для определенного типа ценоза. Использование только количественного признака является менее информативным, хотя позволяет выявить некоторые тенденции их накопления в связи с экологией вида. Результаты изучения терпенового комплекса позволили отметить следующую закономерность: в мезогигрофитном биоценозе содержание эфирного масла было максимальным. В мезофитном биоценозе содержание несколько снизилось, а в ксеромезофитном биоценозе (остепненный луг) упало в 2 раза (табл.).

Содержание и состав эфирных масел *Mentha arvensis* L. в эколого-ценотическом ряду

Фаза онтогенеза	Содержание эфирного масла	Фракции	Содержание фракций
Мезогигрофитный биоценоз	2,67 %	Ациклические монотерпены и их кислородсодержащие производные	31,2 %
		Циклогенсановые монотерпены и их кислородсодержащие производные	65,2 %
		Сесквитерпены	3,6 %
Мезофитный биоценоз	2,31 %	Ациклические монотерпены и их кислородсодержащие производные	32,6 %
		Циклогенсановые монотерпены и их кислородсодержащие производные	59,8 %
		Сесквитерпены	7,6 %
Ксеромезофитный биоценоз	1,26 %	Ациклические монотерпены и их кислородсодержащие производные	55,3 %
		Циклогенсановые монотерпены и их кислородсодержащие производные	37,4 %
		Сесквитерпены	7,3 %

Каждый экотон мяты полевой характеризуется собственным уровнем содержания отдельных групп компонентов. В первых двух биоценозах, влагообеспеченность которых в большей степени соответствует мезофильной предковой экологии вида, биосинтез терпеновых соединений идет в максимально полном объеме, здесь преобладают циклические терпены и терпеноиды. Ациклические соединения составляют порядка 30 %. В условиях ксеромезофитной экологии биосинтез терпеновых соединений прерывается на более ранней стадии. Это приводит к доминированию в профиле масла более простые соединений — ациклических терпенов и терпеноидов.

Смещение активности вторичного обмена в сторону усиления синтеза более простых по структуре компонентов по мере продвижения вида в новые местообитания, отличные от характерных для предковых форм, согласуется с положением об эволюционной продвинутости видов, синтезирующих более простые структуры и менее энергоемкие терпеновые соединения в конкурентных условиях, обеспечивая популяции селективное преимущество [Gouyon et al., 1986].

Изучение соотношения количественно преобладающих компонентов терпенового комплекса популяции не только дает представление о фенотипах, но и показывает, как варибельность компонентов на внутривидовом уровне участвует в формировании преадаптивных особей, обладающих признаками, характерными для особей соседнего местообитания. В качестве примера можно рассмотреть ценопопуляции мяты полевой в пойме реки Грон (Словакия), находящиеся недалеко друг от друга, в разных условиях влагообеспеченности за счет естественного понижения рельефа. Сообщество ценопопуляций, занимающие повышенное местообитание относится к сухоходльно-разнотравно-злаковому луговому сообществу, а понижения — к гигрофитно-разнотравно-злаковому сообществу. В составе эфирного масла растений из мезогигрофитного биоценоза преобладали соединения с защитной и аттрактивной функцией — это гамма-терпен и гераниол с неролом. В мезофитном биоценозе преобладали только соединения с защитной функцией — гамма-терпен, альфа-терпенолен, транс и цис-оцимены. И в ксеромезофитном биоценозе в составе масла также преобладают соединения с защитной функцией — транс и цис-оцимены.

Таким образом, суммарное содержание терпенового комплекса в растениях мяты полевой *M. arvensis* L. достаточно информативно на межвидовом уровне, так как позволяет выявить его связь с определенным экологическим окружением, влияние которого определяется характером влагообеспеченности предковой и современной экологии вида. В тоже время более информативным является соотношение содержания ведущих компонентов. Смещение активности вторичного обмена в сторону усиления синтеза более простых по структуре и менее энергоемких компонентов обеспечивает популяции селективное преимущество по мере продвижения вида в новые местообитания, отличные от характерных для предковых форм.

Литература

Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. 2004. *Mentha arvensis* L. s. l. — Мята полевая // Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 3: Покрывосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Т-во научных изданий КМК; Ин-т технологических исследований. 133 с. Усманов И. Ю., Рахманкулова З. Ф., Кулагин А. Ю. 2001. Экологическая физиология растений: учебник. М.: Логос. 224 с. Dembitsky V. M. 2006. Astonishing diversity of natural surfactants. 7. Biological active hemi- and monoterpene glycosides // *Lipids*. Vol. 41. Iss. 1. P. 1–27. Gouyon P. H., Vernet Ph., Guillermin J. L., Valdeyron G. 1986. Polymorphisms and environment: the adaptive value of the oil polymorphisms in *Thymus vulgaris* L. // *Heredity*. Vol. 57, part 1. P. 59–66.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДРОЖНИКА БОЛЬШОГО ИЗ ЗОН РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н. С. Шималина¹, В. Н. Позолотина²

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

¹ nadia_malina@mail.ru, ² ecology@ipae.uran.ru

В настоящее время в разных регионах планеты существуют обширные территории, загрязненные выбросами промышленных предприятий. На Южном Урале находятся зоны радиоактивного (Восточно-Уральский радиоактивный след) и химического (зона влияния Карабашского медеплавильного завода) загрязнения. Сходство ландшафтно-ореграфических и погодных-климатических условий позволяет корректно провести изучение влияния техногенных факторов разной природы на популяции растений. Цели работы: 1) оценка жизнеспособности семенного потомства подорожника большого (*Plantago major* L.), длительное время произрастающего в зонах радиоактивного или химического загрязнения; 2) сравнение материнского эффекта в следующем поколении, выращенном на «чистом» агрофоне; 3) исследование генетического разнообразия в ценопопуляциях подорожника с помощью анализа микросателлитных локусов.

Зона радиоактивного загрязнения. Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) сформировался в 1957 г. в результате взрыва емкости с радиоактивными отходами на производственном объединении «Маяк», реперный радионуклид — ⁹⁰Sr. Вторичное загрязнение зоны произошло в 1967 г. в результате ветрового переноса радиоактивного ила и песка с берегов обмелевшего оз. Карачай, которое служило открытым

хранилищем радиоактивных отходов, основной загрязнитель — ^{137}Cs [Aarkrog et al., 1997]. На территории ВУРСа были выбраны три площадки: на юго-западном берегу оз. Урускуль (15 км от эпицентра взрыва — ВУРС-15), юго-западном берегу оз. Бердениш (10 км — ВУРС-10), и наиболее загрязненный участок рядом с «лежневой» дорогой (5 км от эпицентра — ВУРС-5). Мощности поглощенных доз (МПД) для подорожника в зоне ВУРСа с учетом естественного радиационного фона были рассчитаны в программе ERICA Tool [Karimullina et. al., 2018]. Учитывали вклад ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$, МПД варьировала от 19,4 до 158,0 мкГр/ч. Среднее фоновое значение для региона составляет 0,109 мкГр/ч, следовательно, дозовые нагрузки на растения в зоне ВУРСа превышают фоновый уровень в 178–1459 раз. Эти значения относятся к диапазону малых доз для растительных организмов [Garnier-Laplace, 2013].

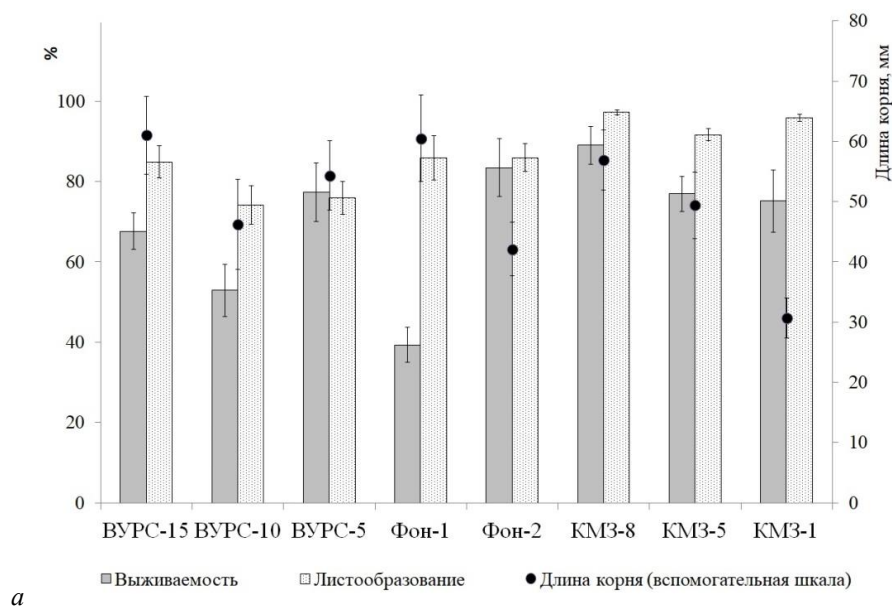
Зона химического загрязнения. Карабашский медеплавильный завод начал работу в 1910 г. при полном отсутствии оборудования по очистке пылегазовых выбросов и сточных вод. В 60-е и 70-е годы XX в. выбросы загрязняющих веществ в атмосферу были максимальны. Основную часть выбросов составляли сернистый ангидрид и пыль с сорбированными в ней тяжелыми металлами [Комплексная..., 1992]. После реконструкции завода в 80-е годы выбросы существенно снизились, однако запас поллютантов (Zn, Cu, Pb, Cd), накопленный в почвах, до сих пор превышает фоновый уровень на 1–2 порядка величин [Сморкалов, Воробейчик, 2011]. В зоне химического загрязнения были выбраны три площадки на разном удалении от КМЗ: поворот на р. Аткус (8 км от комбината — КМЗ-8); окрестности пос. Старомедный (5 км от комбината — КМЗ-5); участок в пределах г. Карабаша, выселенная улица «Освобождения Урала» (1 км от комбината — КМЗ-1). Уровни токсической нагрузки на изученных нами площадках КМЗ превышают фоновые значения в 13,8–41,8 раза [Шималина и др., 2017]. Две фоновые площадки находились вне зон техногенного загрязнения.

Материал и методы. Подорожник большой (*Plantago major* L.) — многолетнее поликарпическое растение из семейства Plantaginaceae Juss. Вид диплоидный ($2n = 12$), размножается преимущественно семенами [Онтогенетический..., 1997]. Во всех зонах семена собирали с 10 индивидуальных растений в каждой ценопопуляции вдоль трансект, протяженностью 1–1,5 км. Для оценки качества семян их проращивали методом рулонной культуры в течение 21 суток при +24 °С [Позолотина и др., 2008]. Были приняты следующие обозначения: *P*-поколение — растения, растущие в природе в зонах техногенного загрязнения и на фоновых площадках; *F1*-поколение — растения, полученные из семян, собранных с *P*-растений; *F2*-поколение — семена, собранные с растений *F1*-поколения, выращенных в plot культуре в условиях «чистого» выровненного агрофона. Жизнеспособность семенного потомства оценивали по выживаемости проростков, доле проростков с настоящими листьями и длине корня. Для проверки статистических гипотез использовали критерий множественных сравнений Шеффе и непараметрический критерий Краскела-Уоллиса (*H*) в программе STATISTICA 8.0 [StatSoft Inc., 2007].

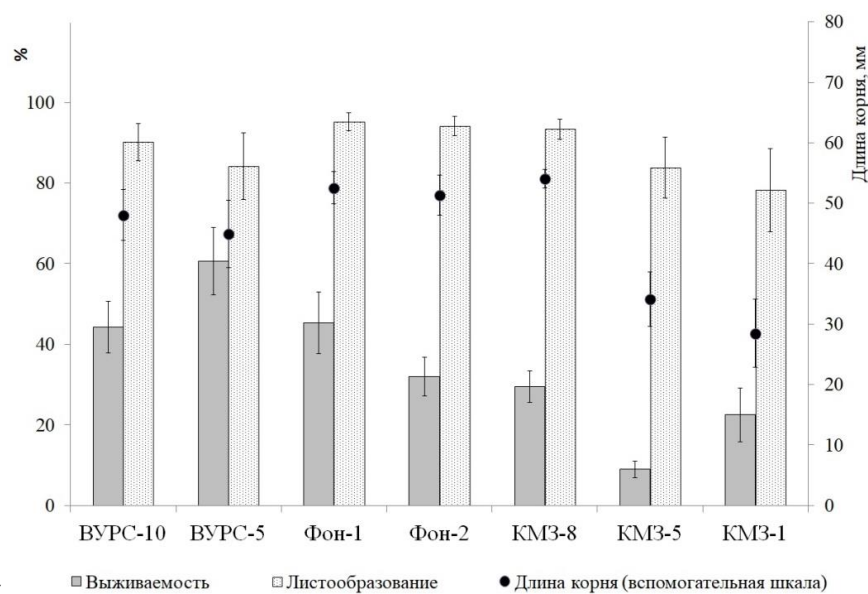
Для микросателлитного анализа в каждой ценопопуляции у *P*-растений отбирали листья с 25 растений (средней генеративной стадии), растущих на удалении не менее 10 м друг от друга. Общую ДНК выделяли, используя СТАВ метод [Doyle, 1991]. Для анализа использовали 9 микросателлитных локусов, разработанных для *P. major* и близкородственного ему вида *P. intermedia* [Squirrell, Wolff, 2001; Wolff et al., 2009]. ПЦР проводили с использованием амплификатора Thermal Cycler 2720 (Applied Biosystems) согласно протоколам [Squirrell, Wolff, 2001; Wolff et al., 2009]. 5'-конец F-прайма модифицировали флуоресцентной меткой (FAM, ROX, TAMRA, R6G). Капиллярный электрофорез проведен на автоматическом генетическом анализаторе ABI3130 (Applied Biosystems) в присутствии размерного стандарта S-550 (Гордиз). Хроматограммы были расшифрованы в программе GeneMapper v.3.7 (Applied Biosystems). Расчеты генетических параметров и тест Мантеля выполнены в программе GenAlex 6.501 [Peakall, Smouse, 2012].

Результаты. Жизнеспособность семенного потомства из разных зон в 2-х поколениях. Изменчивость выживаемости проростков *F1*-поколения внутри зон была высокой, однако непараметрический однофакторный анализ показал значимость фактора «участок» ($H(8;270) = 65,9; p < 0,0001$). На рисунке представлены усредненные данные по 10 растениям. Видно, что значения показателя в выборке Фон-1 были очень низкими, значимые отличия обнаружены со всеми выборками, за исключением ВУРС-10 (критерий Шеффе, $p < 0,05$). В этой выборке отмечена также наибольшая внутривидовая изменчивость выживаемости проростков (табл. 1). Выживаемость семенного потомства *F2*-поколения также изменялась в широких пределах (рис.). В вариантах КМЗ значения данного показателя значительно снизились по сравнению с другими выборками и предшествующим родительским поколением. Наибольшая выживаемость в *F2*-поколении была отмечена в выборке ВУРС-5, в целом фактор «участок» был значимым ($H(7;162) = 40,52; p < 0,0001$). Определенной связи выживаемости проростков с уровнем техногенного загрязнения почв не прослеживается.

Наибольшее число проростков с настоящими листьями у *F1*-поколения (см. рис.) отмечено в выборках из зоны КМЗ, фактор «участок» был значимым ($H(8;270) = 53,28; p < 0,0001$). В этих выборках отмечена также наименьшая изменчивость данного показателя, о чем свидетельствуют низкие коэффициенты вариации (см. табл. 1), но в следующем *F2*-поколении этого эффекта не наблюдалось. Доля проростков с настоящими листьями в *F2*-поколении во всех выборках значимо не различалась, фактор «участок» оказался статистически незначимым ($H(7;153) = 1,24; p = 0,99$).



a



b

Основные показатели жизнеспособности (среднеарифметические значения \pm ошибка среднего) семенного потомства подорожника большого из импактных и фоновых популяций: *a* — *F1*-поколение; *b* — *F2*-поколение

По показателю «длина корня» у *F1*-поколения вариабельность внутри зон была высока, при этом самые низкие значения показателя отмечены в выборке КМЗ-1 (наиболее загрязненный тяжелыми металлами участок), значимые различия выявлены с выборками ВУРС-15, ВУРС-5, Фон-1, КМЗ-8, КМЗ-5 (критерий Шеффе, $p < 0,05$). Как и в случае *F1*-поколения, наименьшая длина корня в *F2*-поколении была отмечена в выборке КМЗ-1, значимые различия с выборками Фон-1, Фон-2, КМЗ-8 (критерий Шеффе, $p < 0,05$).

Таблица 1

Значения коэффициентов вариации для показателей жизнеспособности семенного потомства подорожника большого *F1*- и *F2*-поколений из разных зон. Для *F2*-поколения значения указаны в скобках

Участок	Выживаемость	Листообразование	Длина корня
ВУРС-10	58,4 (60,7)	35,8 (21,4)	34,3 (37,1)
ВУРС-5	20,6 (53,3)	29,5 (38,0)	23,8 (48,1)
Фон-1	81,6 (77,9)	35,5 (10,4)	44,8 (23,6)
Фон-2	23,1 (64,2)	22,0 (10,6)	24,0 (27,1)
КМЗ-8	10,8 (72,9)	3,6 (15,1)	20,8 (15,9)
КМЗ-5	33,7 (64,2)	9,3 (10,6)	32,8 (27,1)
КМЗ-1	31,0 (114)	5,1 (45,6)	27,4 (76,5)

Генетическая изменчивость в ценопопуляциях подорожника из разных зон. Параметры, характеризующие генетическую изменчивость ценопопуляций, приведены в таблице 2. В 9 локусах (один из них монуморфный) обнаружено 65 аллелей (число аллелей в локусе варьировало от 1 до 25).

Таблица 2

Показатели генетической изменчивости *P. major* по 9 микросателлитным локусам

Ценопопуляция	N_a	N_e	H_o	H_e	F	PA
Фон-1	5,44	3,09	0,16	0,45	0,66	5
Фон-2	4,67	2,84	0,23	0,50	0,56	3
Фон ($M \pm S. E.$)	$5,06 \pm 0,39$	$2,97 \pm 0,13$	$0,20 \pm 0,04$	$0,48 \pm 0,03$	$0,61 \pm 0,05$	$4,00 \pm 1,00$
КМЗ-8	4,11	2,88	0,20	0,50	0,59	2
КМЗ-5	4,33	2,87	0,21	0,51	0,59	2
КМЗ-1	3,78	2,33	0,10	0,45	0,77	0
КМЗ ($M \pm S. E.$)	$4,07 \pm 0,2$	$2,69 \pm 0,18$	$0,17 \pm 0,04$	$0,49 \pm 0,02$	$0,65 \pm 0,06$	$1,33 \pm 0,67$
ВУРС-16	4,00	2,54	0,23	0,52	0,55	1
ВУРС-10	4,11	2,59	0,28	0,50	0,44	0
ВУРС-5	4,11	2,71	0,22	0,48	0,54	2
ВУРС ($M \pm S. E.$)	$4,07 \pm 0,04$	$2,61 \pm 0,05$	$0,24 \pm 0,02$	$0,50 \pm 0,01$	$0,51 \pm 0,04$	$1,00 \pm 0,58$
Среднее по всем ценопопуляциям, ($M \pm S. E.$)	$4,32 \pm 0,18$	$2,73 \pm 0,09$	$0,20 \pm 0,02$	$0,49 \pm 0,01$	$0,59 \pm 0,03$	$1,88 \pm 0,58$
Объединенная выборка	7,22	3,16	0,20	0,52	0,61	–

Примечание: N_a — среднее число аллелей на локус, N_e — эффективное число аллелей на локус, H_o — средняя наблюдаемая гетерозиготность, H_e — средняя ожидаемая гетерозиготность, F — коэффициент инбридинга Райта, PA — число уникальных аллелей.

В большинстве случаев соотношение Харди-Вайнберга не поддерживалось. Среднее (N_a) и эффективное (N_e) число аллелей на локус, число уникальных аллелей (PA) в ценопопуляциях из зон химического и радиоактивного загрязнения было ниже фоновых значений. Высокий индекс фиксации (F), отмеченный во всех изученных ценопопуляциях подорожника, свидетельствует о высоком инбридинге, что связано с высокой долей самоопыления у данного вида [Van Dijk, Van Delden, 1981]. Несмотря на высокий уровень инбридинга, генетическое разнообразие в пределах ценопопуляций *P. major* было достаточно велико, уровень дифференциации между ценопопуляциями составляет всего 4,1 %. Для попарной оценки генетической дифференциации между всеми 9 ценопопуляциями подорожника большого рассчитали 28 значений F_{ST} , статистически значимая дифференциация отмечена в 19 сравнениях. В частности, генетическая дифференциация отмечена между всеми ценопопуляциями ВУРСа ($F_{ST} = 0,027-0,83$). Этот феномен, как и самая низкая изменчивость микросателлитных локусов в зоне ВУРСа могут быть связаны с пониженной миграцией семян в зоне из-за ограничения доступа людей на эту территорию. В зоне влияния КМЗ значимой дифференциации не отмечалось в парах ценопопуляций, находящихся близко друг к другу (на расстоянии 3–4 км): КМЗ-8 — КМЗ-5 ($F_{ST} = 0,009$, $p = 0,128$), КМЗ-1 — КМЗ-5 ($F_{ST} = 0,002$, $p = 0,329$).

Для оценки связи между географическими и генетическими расстояниями использовали тест Мантеля. Положительный результат теста Мантеля, полученный для ценопопуляций КМЗ и фоновых ($R^2 = 0,59$; $p = 0,047$), приближенных к автомобильным дорогам, показывает, что дороги являются важным фактором миграции семян (а следовательно и генов) подорожника. Для ценопопуляций заповедной зоны ВУРСа, где передвижение людей строго ограничено, эта связь не прослеживается ($R^2 = 0,03$; $p = 0,29$).

Выводы: 1. Показатели жизнеспособности семенного потомства *P. major*, сформировавшегося в зоне ВУРСа, в зоне влияния КМЗ и на фоновых участках отличались высокой изменчивостью. Определенной связи выживаемости проростков с уровнем техногенного загрязнения почв, как радионуклидами, так и тяжелыми металлами, не прослеживается.

2. Материнский эффект проявился неоднозначно. $F1$ -поколение из зоны КМЗ отличалось высокой выживаемостью и скоростью формирования листьев, а выживаемость $F2$ -поколения, выращенного на «чистой» почве, была самой низкой, хотя выжившие проростки не отставали в развитии от других выборок. Скорость роста корней была наименьшей в выборке КМЗ-1 (наиболее загрязненный участок), как у $F1$, так и у $F2$ поколений.

3. Генетическое разнообразие *P. major* в зоне ВУРСа было ниже, чем в фоновых выборках, и генетическая дифференциация между ценопопуляциями зоны была значимой. Этот результат был неожиданным, поскольку действие радиации обычно приводит к повышению числа мутаций. Возможно, частота возникновения радиационно-индуцированных мутаций у растений при существующих дозах недостаточна для компенсации потери генетического разнообразия, происходящего вследствие изоляции ценопопуляций.

4. В зоне химического загрязнения также отмечено снижение генетического разнообразия, особенно на самой загрязненной площадке. Несмотря на постоянный приток семян в ценопопуляцию в пределах города Карабаша, не все мигранты способны выжить в условиях высокого загрязнения почв. Таким образом, снижение генетического разнообразия в ценопопуляциях *P. major* в зонах радиоактивного и химического загрязнения по сравнению с фоновыми выборками обусловлено различными причинами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-04-01023).

Литература

- Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги. 1992 / под ред. А. М. Степанова. М.: ЦЕПЛ. 246 с. Онтогенетический атлас лекарственных растений. 1997 / Мар. гос. ун-т; под ред. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола. Вып. 1. С. 121–132. Позолотина В. Н., Молчанова И. В., Караваева Е. Н. и др. 2008. Современное состояние наземных экосистем зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа: уровни загрязнения, биологические эффекты. Екатеринбург: Гощицкий. 204 с. Сморгалов И. А., Воробейчик Е. Л. 2011. Почвенное дыхание лесных экосистем в градиентах загрязнения среды выбросами медеплавильных заводов // Экология. № 6. С. 429–435. Шималина Н. С., Позолотина В. Н., Орехова Н. А. и др. 2017. Оценка биологических эффектов у семенного потомства *Plantago major* L. в зоне воздействия медеплавильного производства // Экология. № 6. С. 420–430. Aarkrog A., Dahlgard H., Nielsen S. P. et al. 1997. Radioactive inventories from the Kyshtym and Karachay accidents: estimates based on soil samples collected in the South Urals (1990–1995) // Science of The Total Environment. Vol. 201 (2). P. 137–154. Doyle J. 1991. DNA protocols for plants. Molecular techniques in taxonomy. Springer. Berlin, Heidelberg. P. 283–293. Garnier-Laplace J., Geras'kin S., Della-Vedova C. et al. 2013. Are radiosensitivity data derived from natural field conditions consistent with data from controlled exposures? A case study of Chernobyl wildlife chronically exposed to low dose rates // J. Environ. Radioact. Vol. 121. P. 12–21. Karimullina E., Mikhailovskaya L. N., Pozolotina V. et al. 2018. Radionuclide uptake and dose assessment of 14 herbaceous species from the East-Ural Radioactive Trace area using the ERICA Tool // Environmental Science and Pollution Research. Vol. 25. Iss. 14. P. 13975–13987. Peakall R., Smouse P. E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Molecular ecology notes. Vol. 6 (1). P. 288–295. Squirrell J., Wolff K. 2001. Isolation of polymorphic microsatellite loci in *Plantago major* and *P. intermedia* // Molecular Ecology Resources. Vol. 1 (3). P. 179–181. Van Dijk H., Van Delden W. 1981. Genetic variability in *Plantago* species in relation to their ecology: Part 1: Genetic analysis of the allozyme variation in *P. major* subspecies // Theoretical and applied genetics. Vol. 60. (5). P. 285. Wolff K., Houston K., Dunbar-co S. 2009. Cross-species amplification of primers developed from *Plantago major* and *P. intermedia* in two Hawaiian *Plantago* species from the section *Plantago* // Molecular ecology resources. Vol. 9 (3). P. 981–984.

GENOMIC SIGNATURES OF ADAPTATION IN RAPID EVOLUTIONARY RADIATIONS

L. Yampolsky¹, D. Filatov², W. Salzburger³, S. Gavrilets⁴

¹East Tennessee State University, Johnson City, USA

²Oxford University, Oxford, UK

³University of Basel, Basel, Switzerland

⁴University of Tennessee, Knoxville, USA

The origin of biological diversity remains one of the most exciting and important topics in ecology and evolutionary biology. The rapid accumulation of taxonomic diversity — often following the colonization of long-lived isolated habitats or a morphological or ecological innovation — has long been known as adaptive radiation. However, until recently, there has not been much data to support the adaptive nature of many radiations, particularly on a genome-wide scale. On the other hand, the last 3–5 years have seen a number of significant advances (based on the application of NGS-based techniques) in our understanding of the role and patterns of selection during diversification processes. I will provide an overview of recent studies which are revealing new insights on the role of positive selection during rapid (adaptive) radiations. The following questions will be addressed: Is positive selection more frequent during explosive phases of radiations? What is the genomic architecture of genetic variation under selection (i. e., point mutations, insertions/deletions, alternative splicing, duplicated genes, transposons)? Are selective sweeps common during adaptive radiations and, if so, are these soft or hard? What functional patterns regarding genes under selection can we discern (i. e., is there evidence of functionality related to morphological innovations and ecological differentiation; evidence of parallelism/convergence will also be reviewed here). What is the role of introgression/incomplete lineage sorting during explosive radiations?

**ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛИМОНОВ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА
В Г. УФЕ И В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO***

Э. Г. Билалова^{1,2}, М. М. Ишмуратова^{2,3}, Ф. В. Садыкова¹

¹ Уфимский лесотехнический техникум, Уфа, Россия

² Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

³ Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия
bilalova77@mail.ru

Цитрусовые культуры — многолетние вечнозеленые плодовые растения рода *Citrus* семейства рутовых (*Rutaceae* Juss.). Родина большинства цитрусовых — Юго-Восточная Азия, в условиях открытого грунта выращиваются в субтропических районах многих стран мира [Маркелова, 2006], в т. ч. в Азербайджане, Дагестане, в Краснодарском крае, в Крыму, южных областях Украины, Молдавии, Узбекистане, Туркменинии и Таджикистане, и ценятся за большой перечень целебных свойств. В открытом грунте в России выращивание лимонов возможно только на черноморском побережье [Фогель, 2004]. Продвижение на север многих субтропических и тропических культур возможно благодаря развитию тепличных хозяйств и защищенного грунта. Выращивание субтропических культур в отапливаемых теплицах гарантирует их сохранность от мороза в любом регионе страны. Безусловно, эффективность их выращивания определяется агроклиматическими ресурсами, от которых зависит урожайность и качество продукции данных плодовых культур [Садыкова, 2009].

На сегодняшний день в России цитрусовые в условиях закрытого грунта выращиваются в г. Саратов (Саратовский лимонарий), г. Павлово Нижегородской области (Павловский питомник). До недавнего времени функционировал и лимонарий Челябинской области недалеко от г. Магнитогорск в пос. Наровчатка (Магнитогорский лимонарий).

Самой северной точкой выращивания цитрусовых считается г. Уфа, где почти 30 лет в условиях закрытого грунта в учебно-опытном хозяйстве ГБПОУ «Уфимский лесотехнический техникум» (Уфимском лимонарии) успешно ведутся работы по поддержанию коллекции агротехнике выращивания и селекции цитрусовых культур [Садыкова, 2016; Садыкова и др., 2015 и др.]. В теплице круглогодичного действия выращиваются лимоны (*Citrus limon* (L.) Vurm.) узбекской селекции — сорта Юбилейный и Ташкентский [Садыкова, 2016]. Госсорткомиссией Российской Федерации описаны и внесены в Госреестр три сорта лимона «Урман», «Салават», «Лейсан» и два сорта цитрона «Уралтау» и «Зиля» созданные в Уфимском лимонарии. Эти сорта являются клонами сорта лимона Юбилейный.

Цель работы — изучить особенности биологии лимонов и цитронов в условиях г. Уфы Республики Башкортостан в условиях закрытого грунта, разработка технологий клонального микроразмножения их *in vitro*.

По особенностям биологии и агротехнике выращивания в условиях закрытого грунта перечисленных сортов собран большой фактический материал [Садыкова, 2000; Садыкова и др., 2015; Садыкова, 2016; Садыкова, Билалова, 2016; Билалова, Ишмуратова, Садыкова, 2018 и др.]. Проведен сравнительный анализ особенностей фенологии сортов лимона при интродукции в условиях закрытого грунта в г. Уфа, изучены цветение и плодоношение интродуцированных растений.

Проведены исследования изменчивости признаков, лимонов различных сортов, находящихся в генеративном состоянии. Изучена изменчивость следующих признаков: высота растения, диаметр кроны, длина и ширина, индекс пластинки листа. Для оценки сырьевой характеристики сортов лимона и цитрона исследована морфометрическая характеристика плодов — масса, размеры (высота, диаметр), толщина кожуры, число семян в плодах и содержание витамина С в плодах.

Ежегодно проводятся лабораторные испытания плодов по органолептическим, физико-химическим, паразитологическим показателям, исследуются на токсичность и пестициды.

При выращивании цитрусовых культур в закрытом грунте необходимо поддерживать определенные климатические условия для их успешного роста и развития. Ведется контроль температурного режима и влажности воздуха и почвы в теплице. Проводятся регулярные подкормки органическими удобрениями с добавлением микроэлементов. Осуществляется борьба с вредителями биологическими методами, без применения ядохимикатов.

В настоящее время ведутся работы по клональному микроразмножению сортов лимона и цитрона башкирской и узбекской селекции. Разработаны схемы стерилизации эксплантов, изучаются особенности биологии разных сортов в культуре *in vitro* [Билалова, Ишмуратова, 2016 и др.]. Стерилизацию растительного материала проводили по разработанной нами схеме [Билалова, Ишмуратова, 2016]. В качестве

питательной среды использовали модифицированную питательную среду Мурасиге-Скуга с гормональными добавками.

Изучаются особенности подготовки подвоев и привоев для выполнения микропрививок в условиях *in vitro*. В качестве подвоя, как правило, используют прегенеративные растения, выращенные из семян в культуре тканей. Важным в этих работах является выбор оптимального возрастного состояния растения-подвоя для эффективного выполнения микропрививок. Проведенные наблюдения показали, что одновозрастные растения сортов лимона и цитрона при культивировании в условиях *in vitro* различаются по морфологическим характеристикам и сохраняют сортоспецифические признаки.

Полученные экспериментальные данные подтверждают, что в условиях Южного Урала интродукция лимонов сортов «Юбилейный» и «Ташкентский» успешна, растения цветут и плодоносят [Садыкова, 2009, 2016; Билалова и др., 2018 и др.]. Сорта лимонов и цитронов башкирской селекции также при соблюдении оптимальных условий и поддержании микроклимата в закрытой теплице, по морфометрическим характеристикам не уступают растениям, выращенным в естественных условиях и в иной климатической зоне, сохраняют при этом сортовые характеристики. Исследования также показали, что лимоны, выращенные в условиях Уфимского лимонария, не уступают по характеристике сырья растениям, выращенным в естественных условиях.

Литература

Билалова Э. Г., Ишмуратова М. М. 2016. Размножение цитрусовых в культуре *in vitro* // Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений: материалы всероссийской (с международным участием) научной конференции. Саранск. С. 53–55. Билалова Э. Г., Садыкова Ф. В., Ишмуратова М. М. 2018. Начальные этапы микроразмножения цитрусов башкирской селекции // Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего: материалы международной научной конференции. PLAMIC-2018. Уфа. 104 с. Билалова Э. Г., Садыкова Ф. В., Ишмуратова М. М. 2018. Характеристика сырья цитрусовых уфимского лимонария // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. Сибай. С. 147–149. Маркелова И. В. 2006. Лимоны. Уход и выращивание. М.: ООО «Авеонт». 96 с. Садыкова Ф. В. 2000. Экологические аспекты выращивания лимонов в Уфимском лимонарии // Лесной вестник. № 3. С. 101–104. Садыкова Ф. В. 2009. Опыт выращивания лимонов в Башкортостане. Уфа: ДизайнПолиграфСервис. 64 с. Садыкова Ф. В., Чурагулова З. С., Билалова Э. Г., Газиева Э. М. 2015. О технологии выращивания лимонных деревьев в теплице круглогодичного действия // Известия УНЦ РАН. № 4 (1). С. 134–136. Садыкова Ф. В., Билалова Э. Г. 2016. Система полива в Уфимском лимонарии. Медицина труда и экология человека // Вода в современном городе: актуальные проблемы рационального использования ресурсов и влияния на здоровье человека: материалы научно-практической конференции с международным участием. Уфа. № 2. С. 83–86. Садыкова Ф. В. 2016. Тропические и субтропические плодовые растения лимонария Республики Башкортостан. Уфа: Китап. 128 с. Фогель В. А. 2004. Морозоустойчивость и урожайность лимона обыкновенного и некоторых близких ему видов, выращиваемых в неотапливаемых теплицах в Российских субтропиках // Субтропическое и декоративное садоводство. Т. 39, № 2. С. 440–454.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНОМНОЙ ВАРИАбельНОСТИ ОБРАЗЦОВ ИСЧЕЗАЮЩЕГО ВИДА *VAVILOVIA FORMOSA* (STEVEN) FED.

Е. А. Дьяченко

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
dyachenko-el@yandex.ru

Vavilovia является одним из пяти родов трибы Fabaeae (Fabaceae, Leguminosae) и представлен единственным видом *Vavilovia formosa*. Морфологическое строение вавиловии наиболее схоже с представителями гороха (род *Pisum*), однако, в отличие от гороха, является многолетним растением. *V. formosa* распространена в высокогорных районах Армении, Азербайджане, Грузии, Иране, Ираке, Ливане, России и Турции, является реликтовым видом Кавказа и Ближнего Востока. Помимо приуроченности к специфическим условиям высокогорья, вавиловия, как правило произрастает малочисленными разрозненными популяциями, а также подвергается активному вытравыванию скотом. Все это привело к тому, что в большинстве из этих стран она находится под угрозой исчезновения [Smykal et al., 2017].

Впервые данное растение было описано российским ботаником Х. Х. Стевенем в 1812 году как вид *Orobis formosus* (Stev.). Впоследствии был отнесен к его ближайшим родственникам *Lathyrus*, *Pisum* и *Vicia*, и в основном упоминался как многолетний вид гороха или *Pisum formosum* (Stev.) Alef. В качестве самостоятельного рода *Vavilovia* впервые упоминается в работах А. А. Федорова в 1939 году и позже П. М. Жуковского (1971).

История изучения *Vavilovia* насчитывает 200 лет, однако данные о генетическом разнообразии вида ограничиваются только несколькими исследованиями [Schaefer et al., 2012; Oskoueian et al., 2014; Smykal et al., 2017].

Таким образом, цель работы заключалась в анализе геномной вариабельности рода *Vavilovia* методом мультилокусного анализа, решении ряда таксономических вопросов и выявлении уровня различий между представителями *Vavilovia* и *Pisum*.

Одним из наиболее распространенных методов мультилокусного анализа является AFLP маркирование, которое также широко используется для анализа внутривидового полиморфизма, филогенетических

отношений, идентификации видов, а также маркирования отдельных локусов [Feulner et al., 2014; Santayana et al., 2014; Rapposelli et al., 2015].

Для проведения анализа были отобраны 16 образцов рода *Vavilovia* (Ставропольский край, Дагестан, Армения, Азербайджан), а также образцы видов трибы Fabeae (*Pisum*, *Lathyrus*, *Vicia*), взятые в анализ в качестве внешней группы.

Было протестировано 12 AFLP комбинаций праймер/фермент из которых были отобраны четыре, позволяющие выявлять внутривидовой полиморфизм. Всего с использованием четырех отобранных праймерных комбинаций было получено 258 AFLP-фрагментов, из которых 240 были полиморфны (93 %). Длины амплифицированных AFLP-фрагментов варьировали в пределах от 80 до 650 н. п. (рис. 1).

На основании полученных спектров AFLP — фрагментов были построены бинарные матрицы и рассчитаны коэффициенты попарного генетического сходства/различий с использованием коэффициента Nei-Li (пакет программ STATISTICA 10.0 и PAUP 4.0). Построение дендрограммы и определение групп генетически сходных образцов производилось с использованием программы TREECON-1.3b [Swofford, 2002].

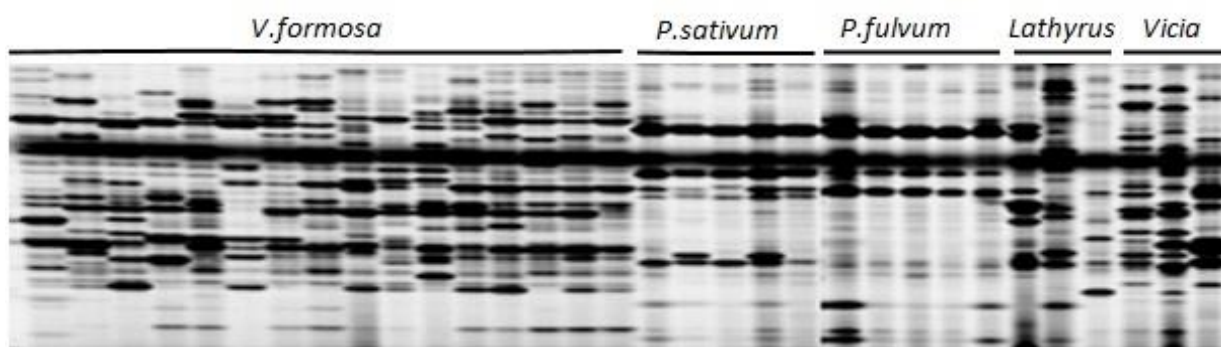


Рис. 1. Фрагмент AFLP-спектров образцов *V. formosa* и представителей других видов трибы Fabeae

В результате проведенного мультилокусного AFLP анализа был определен уровень различий между представителями *Pisum* и *Vavilovia*, показано их четкое разделение, а также охарактеризован уровень внутривидовой варибельности представителей *Vavilovia*.

Внутривидовые генетические различия (GD) *V. formosa* составили 0,016–0,075, и были несколько выше значений, определенных для образцов *P. sativum* (0,012–0,057) и *P. fulvum* (0,004–0,021). Были определены уровни генетических различий между видами рода *Pisum* и представителями *Vavilovia*, которые составили *V. formosa* — *P. sativum* 0,83–0,112, *V. formosa* — *P. fulvum* 0,097–0,129 и были выше внутривидовых и межвидовых для рода *Pisum* (*P. sativum* — *P. fulvum* 0,027–0,063). На основании полученных значений GD была построена дендрограмма. Образцы *Vavilovia* и *Pisum* формируют две самостоятельные группы, внутри которых также можно выделить распределение на подгруппы (рис. 2).

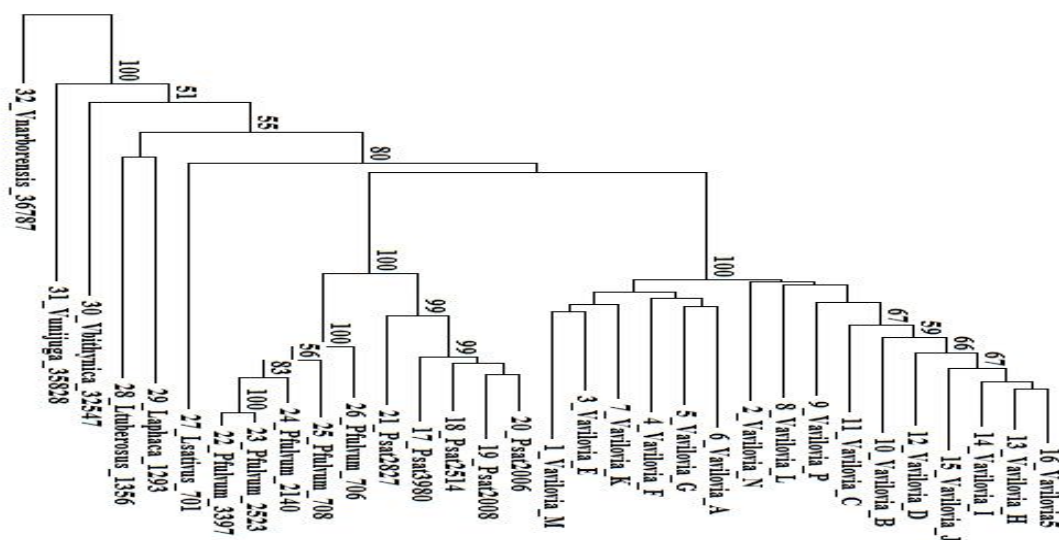


Рис. 2. Дендрограммы генетических различий представителей образцов *V. formosa* и родственных видов трибы Fabeae на основе данных AFLP анализа (NJ, TREECON) (А — Ставропольский край; В-В — Дагестан; G — Армения; Н — Азербайджан (Нахичевань); I-N — Армения, О — Дагестан, P — Азербайджан (Нахичевань), 2 — Армения, 3 — Ставропольский край; 4 — Армения, 5 — Дагестан)

На основании полученных паттернов AFLP фрагментов анализируемых образцов *V. formosa* с использованием программы STRUCTURE v2.3.4 был проведен анализ популяционной структуры, который позволил выявить группы наиболее близких образцов.

Таким образом, в результате работы был проведен мультилокусный AFLP анализ варибельности генома 16 представителей *V. formosa* и подтвержден ранг самостоятельного рода *Vavilovia*. Проведенный анализ позволил оценить значения генетических различий между представителями близких родов *Pisum* и *Vavilovia*, которые были сравнимы с таковыми между другими представителями трибы Fabaeae.

Работа выполнена в рамках государственного задания.

Литература

- Жуковский П. М. 1971. Культурные растения и их сородичи. Л.: Колос. 752 с. Федоров А. А. 1939. Дикie высокогорные горохи Кавказа // Труды биологического института Армянского филиала Академии наук СССР. Вып. 1. С. 45–52. Feulner M., Pointner S., Heuss L., Aas G., Paule J., Dötterl S. 2014. Floral scent and its correlation with AFLP data in *Sorbus* // Org Divers Evol. Vol. 14. P. 339–348. Oskoueïyan R., Osaloo S. K., Maassoumi A. A., Nejadstari T., Mozaffarian V. 2010. Phylogenetic status of *Vavilovia formosa* (Fabaceae-Fabaeae) based on nrDNA ITS and cpDNA sequences // Biochem. Syst. Ecol. Vol. 38. P. 313–319. Rapposelli E., Melito S., Barmina G. G., Foddai M., Azara E., Scarpa G. M. 2015. AFLP fingerprinting and essential oil profiling of cultivated and wild populations of Sardinian *Salvia desoleana* // Genet Resour Crop Evol. Vol. 62. P. 959–970. Santayana M., Rossel G., Nunez J., Sorensen M., Deletre M., Robles R., Fernandez V., Gruneberg W. J., Heider B. 2014. Molecular Characterization of Cultivated Species of the Genus *Pachyrhizus* Rich. ex DC. by AFLP Markers: Calling for More Data // Tropical Plant Biol. Vol. 7. Iss. 3–4. P. 121–132. Schaefer H., Hechenleüner P., Santos-Guerra A., Menezes de Sequeira M., Pennington R. T., Kenicer G., Carine M. A. 2012. Systematics, biogeography, and character evolution of the legume tribe Fabaeae with special focus on the middle-Atlantic island lineages // BMC Evol. Biol. Vol. 12, № 250. P. 1471–2148. Smykal P., Chaloupka M., Bariotakis M., Mareckova L., Sinjushin A., Gabrielyan I., Akopian J., Toker C., Kenicer G., Kitner M., Pirintsos S. 2017. Spatial patterns and intraspecific diversity of the glacial relict legume species *Vavilovia formosa* (Stev.) Fed. in Eurasia // Plant Syst. and Evol. Vol. 303. P. 267–282. Swofford D. L. 2002. PAUP: phylogenetic analysis using parsimony. Version 4.0b10. Sinauer Sinauer Associates, Sunderland, MA.

ЭКОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ И ЕДИНИЦЫ ЗАПАСА ВИДА В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (на примере кеты о. Сахалин)

Л. А. Животовский

Институт общей генетики РАН, Москва, Россия

Всероссийский НИИ рыболовства и океанографии, Москва, Россия

levazh@gmail.com

Для разработки планов управления природными биологическими ресурсами (планов их воспроизводства, промысла, охраны) необходимо для каждого вида выделять единицы запаса.

Единица запаса — это часть данного вида, состоящая из одной или нескольких соседних природных и/или искусственно разводимых популяций, объединенных:

- единым планом управления;
- общими условиями среды и сходными биологическими признаками;
- независимостью от других популяций этого вида, чтобы управление одной единицей не затрагивало другую.

Понятие единицы запаса относится к практической деятельности человека, учитывающей естественную популяционную структуру вида и конкретные экосистемы, в которые встроены данный вид. Подразделение вида на единицы запаса необходимо для:

- 1) оценки и регулирования промысловой нагрузки на разные единицы запаса;
- 2) прогнозирования возвратов от воспроизводства каждой из единиц запаса;
- 3) оптимизации искусственного воспроизводства: чтобы базовый водоем, из которого берут производителей, и водоем выпуска молоди отвечали одной и той же единице запаса.

Выделение единиц запаса важно, в частности, для лососевых рыб, особенно кеты — *Oncorhynchus keta* Walb., поскольку за последние два десятка лет выпуск заводской молоди кеты вырос более чем в два раза, и в настоящее время является основным объектом пастбищного лососеводства России [Леман и др., 2015]. В то же время нередки бессистемные перевозки икры кеты, в т. ч. из рек далеко отстоящих от места выпуска молоди.

Чтобы эффективно управлять природными ресурсами, единица запаса должна быть репродуктивно изолирована от других единиц запаса. Для ее выделения можно воспользоваться концепцией *экогеографической единицы* (ЭГЕ), которая определяется как группа популяций с близкими экологическими условиями, сходными морфо-физиологическими, поведенческими или иными биологическими признаками, ассоциированными с адаптациями и межпопуляционными генными потоками, с возможным обменом между собой генными потоками, но значительно изолированная от других экогеографических единиц, что можно тестировать с помощью ДНК-маркеров [Zhivotovsky et al., 2015; Животовский, 2016; 2017]. В качестве практического критерия репродуктивной изоляции между разными ЭГЕ может быть взята большая

близость по ДНК-маркерам между популяции внутри экогеографических единиц по сравнению с различиями между экогеографическими единицами. В настоящее время этот подход мы распространили на растения [Животовский, Османова, 2018].

Выделение и тестирование экогеографических единиц представляет собой двуступенчатую процедуру [см. Животовский, 2017]:

1) подразделить вид (и ареал вида) на экогеографические единицы по *маркерам среды* (география + экология вида);

2) оценить межпопуляционные различия по *ДНК-маркерам* внутри и между экогеографических единиц для уточнения их границ.

Рассмотрим процедуру выделения экогеографических единиц на примере кеты о. Сахалин. Согласно концепции ЭГЕ [Животовский, 2017], следует разбить ареал вида на эколого-географические районы, используя характеристики местообитания, важные для изучаемого вида. Например, для пресноводных рыб и других гидробионтов, репродукция которых проходит в реках и озерах, экогеографические единицы можно выделять по бассейнам стока рек, гидробиологическим особенностям, ихтиофауне, теплообеспеченности, приуроченности данного вида к тем или иным местообитаниям, миграциям и пр. (рис.).

Водосборный бассейн — это целостная единица в организации ландшафта: он задает гидрологический режим территории, бассейны стока определяют особенности температурного режима и другие характеристики водоемов [Корытный, 2017; Мартыненко, Бочарников, 2008]. Поэтому *водоразделы* между крупными озерно-речными системами являются естественными границами экосистем и составляющих их популяций и, стало быть, экогеографических единиц. Бассейновый принцип выделения ЭГЕ важен в том числе для проходных рыб, таких как кета и другие тихоокеанские лососи, так как пресноводный период (период развития от оплодотворенной икры до ската молоди в прибрежье) — важнейший в их онтогенезе, на него приходится основная адаптивная нагрузка и закладывается механизм хоминга. Однако водоразделы — это не единственные границы ЭГЕ. Другими границами может служить биота бассейнов, являющаяся их индикатором и средой обитания изучаемого вида гидробионтов. В этом качестве, для тихоокеанских лососей и других лососевых рыб дальневосточного региона, у которых критический период онтогенеза или вся жизнь проходят в реках и озерах, мы принимаем ихтиологическое районирование по И. А. Черешневу (1998). Наконец, для конкретного вида существуют другие границы, определяемые его биологическими особенностями, в т. ч. временем нереста, типом нерестилищ, поведением, возможными миграционными обменами. Для сахалинской кеты это могут быть, например, осенняя и летняя расы, совместно обитающие в р. Поронай [Двинин, 1959; Гриценко, 2002; Животовский и др., 2017], и другие критерии подразделения вида и его ареала.

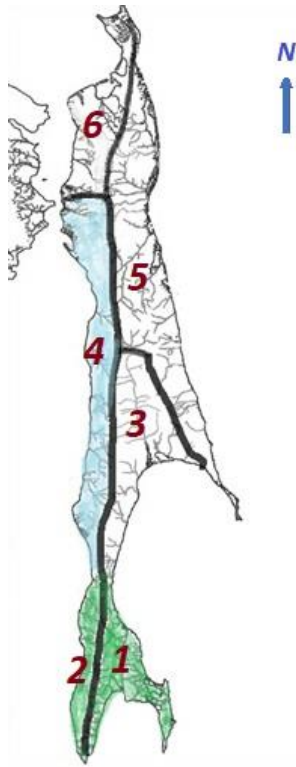
Накладывая друг на друга указанные границы, мы получили следующее предварительное подразделение кеты о. Сахалин на «ихтио-бассейновые» зоны, в пределах которых выделяются экогеографические единицы (рис.; пояснения — в подрисуночной подписи). Для их генетического тестирования мы обратились к опубликованным данным по микросателлитным маркерам кеты [Рубцова и др., 2008; Шитова и др., 2009; Животовский и др., 2010; Афанасьев и др., 2011].

Оценки генетических различий (θ_{ST}) [Weir, 1996] между всевозможными парами имеющихся выборок кеты были усреднены в соответствии с их экогеографической принадлежностью (табл.). Минимальные различия наблюдаются внутри экогеографических единиц (среднее значение $\theta_{ST} = 0,0044$). Между экогеографическими единицами различия гораздо выше (среднее значение $\theta_{ST} = 0,045$) и статистически значимы (для сравнения укажем, что различия между кетой Амура и кетой Пороная практически такие же: $\theta_{ST} = 0,046$) [Животовский и др., 2017]. Следовательно, эти экогеографические единицы, выделенные по чисто экологическим критериям, оказываются генетически очень различными.

Средние значения θ_{ST} между популяциями, входящими в состав разных экогеографических единиц о. Сахалин (см. рис.).
(3-л и 3-ос — летняя и осенняя формы кеты)

	1	2	3-л	3-ос	5	6
1	0,002	0,029	0,041	0,022	0,020	0,034
2	0,029	0,009	0,091	0,069	0,066	0,088
3-л	0,041	0,091	0,001	0,013	0,019	0,033
3-ос	0,022	0,069	0,013	0,006	0,010	0,021
5	0,020	0,066	0,019	0,010	0,002	0,016
6	0,034	0,088	0,033	0,021	0,016	0,006

Примечание. Жирным выделены оценки межпопуляционных различий в пределах каждой ЭГЕ; данные для ЭГЕ-4 не представлены, так как в ней исследована только одна выборка малого объема.



«Ихтио-бассейновые» районы о. Сахалин (1–6). Жирные линии — водоразделы, разным цветом — подразделение на типы пресноводной ихтиофауны. Территории экогеографических единиц для кеты совпадают с этими районами или являются их частью. В частности, в районе 3 выделяются две ЭГЕ: обычная осенняя кета рек этого района и летняя кета р. Поронай; в районе 2 выделяется ЭГЕ заводской кеты и ЭГЕ на самом юге района, выделенная по ДНК-маркерам. Район 1 можно подразделить на две экогеографических единицы: юго-восток острова и зал. Анива. Вероятно, район 5 также состоит из двух или более экогеографических единиц

ветви исследований популяционной структуры вида — экологическая и генетическая: история, проблемы, решения // Генетика. Т. 53. С. 1244–1253. Животовский Л. А., Османова Г. О. 2018. Эколого-географический подход к выявлению популяционной структуры вида у растений // Экология и география растений и растительных сообществ: труды конф. Екатеринбург. С. 282–285. Животовский Л. А., Лапина А. Е., Михеев П. Б. и др. 2017. Дивергенция сезонных рас кеты (*Oncorhynchus keta*) рек Амур и Поронай: Экология, генетика, морфология // Биология моря. Т. 43, № 4. С. 284–292. Животовский Л. А., Рубцова Г. И., ШUTOва М. В. и др. 2010. База микросателлитных ДНК-данных по кете Дальнего Востока России // Бюллетень № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей» / ТИПРО-центр; науч. ред. В. П. Шунтов. Владивосток. С. 53–63. Копатный Л. М. 2017. Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию // География и природные ресурсы. № 2. С. 5–16. Леман В. Н., Смирнов Б. П., Точилина Т. Г. 2015. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Труды ВНИРО. Т. 153. С. 105–120. Мартыненко А. Б., Бочарников В. Н. 2008. Экологическое районирование Дальнего Востока // Известия РАН. Сер. Географ. № 2. С. 76–84. Рубцова Г. И., Афанасьев К. И., Малинина Т. В. и др. 2008. Дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) по микросателлитным и аллозимным маркерам: сравнительный анализ // Генетика. Т. 44, № 7. С. 964–971. Черешнев И. А. 1998. Биогеография пресноводных рыб Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 131 с. ШUTOва М. В., Афанасьев К. И., Рубцова Г. А. и др. 2009. Микросателлитная изменчивость заводских популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) о. Сахалин // Вопросы рыболовства. Т. 10, № 1. С. 102–115. Weir B. S. 1996. Genetic Data Analysis II: Methods for Discrete Population Genetic Data. Sunderland, MA. Sinauer Associates. 445 p. Zhivotovsky L. A., Yurchenko A. A., Nikitin V. D. et al. 2015. Eco-geographic units, population hierarchy, and a two-level conservation strategy with reference to a critically endangered salmonid, Sakhalin taimen *Parahucho perryi* // Conservation Genetics. Vol. 16. P. 431–441.

Выявленные экогеографические единицы можно принять за единицы запаса кеты о. Сахалин. Они соответствуют официальным районам промысла и прогноза нерестовых подходов кеты. А именно, по зональному распределению акватории Тихого океана и прилежащих морей, прогноз и вылов даются по западно-сахалинской и восточно-сахалинской подзонам. Западно-сахалинская подзона содержит экогеографические единицы 2, 4 и 6 (в рыбохозяйственных отчетах подразделяется на два участка: юго-западного и северо-западного Сахалина); восточно-сахалинская подзона содержит ЭГЕ 1, 3 и 5 (в ряде отчетов делится на юго-западный и северо-западный районы), которые в точности соответствуют экогеографическим единицам (рис.). Такое соответствие свидетельствует о корректности процедуры выделения экогеографических единиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-016-00033, гостемы «Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природоохранной деятельности (Эколого-генетическая структура вида)» и Программы фундаментальных исследований президиума РАН № 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» (ГЗ «AAAA-A18-118111590073-3»).

Литература

Афанасьев К. И., Рубцова Г. А., ШUTOва М. В. и др. 2011. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* российского Дальнего Востока, выявленная по микросателлитным маркерам // Биология моря. Т. 37, № 1. С. 39–47. Гриценко О. Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин. Систематика, экология, промысел: монография. М.: ВНИРО. 248 с. Двинин П. А. 1959. Лососи Сахалина и Курилы / Главн. госинспекция по охране рыбных запасов и регул. рыболовства при Совете Министров СССР. М. 37 с. Животовский Л. А. 2016а. Популяционная структура вида: Экогеографические единицы и генетическая дифференциация популяций // Биология моря. Т. 42, № 5. С. 323–333. Животовский Л. А. 2016б. Провизорное районирование единиц запаса кеты Дальнего Востока России // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. № 11. С. 193–198. Животовский Л. А. 2017. Две

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ДЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА И СОХРАНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ *ATRAGENE SIBIRICA* L., *IRIS SIBIRICA* L., *PULSATILLA PATENS* (L.) MILL., *RUBUS ARCTICUS* L.

Д. Н. Зонтиков¹, И. Г. Криницын², Р. В. Сергеев³

¹ Костромской государственной университет, Кострома, Россия

² Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына, Кологрив, Россия

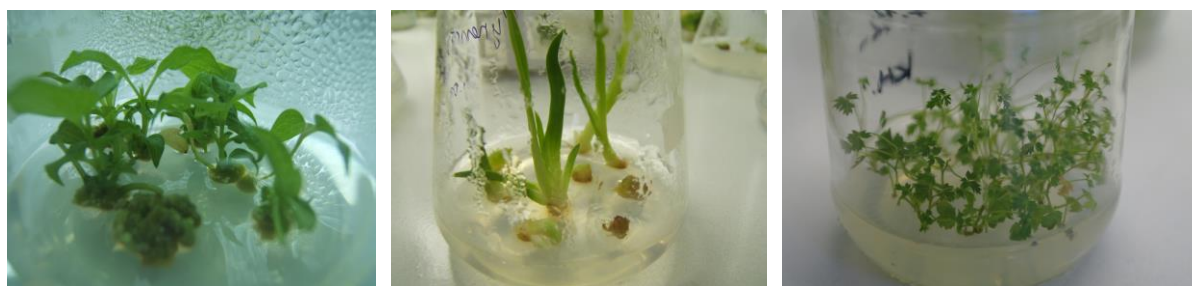
³ Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
rsergeyev@yahoo.com

Одной из задач Глобальной стратегии сохранения растений является сохранение 60 % видов, находящихся под угрозой, в доступных коллекциях *ex situ* и *in vitro*; из них 10 % следует охватить программами по восстановлению и реинтродукции [Shagrock, 2011]. В настоящее время в России 90 видов растений включены в программы по реинтродукции, выполняемые ботаническими садами и некоторыми заповедниками России. Из этого списка на сегодняшний день только 21 вид занесен в Красную книгу РФ. Кроме того, из указанного списка проводится реинтродукция лишь около 3 % видов [Горбунов, 2008]. Природные популяции дикорастущих видов гетерогенны на внутривидовом и межвидовом уровнях, следовательно, и искусственные популяции, создаваемые размножением в условиях культуры *in vitro* материалом, должны быть также гетерогенными. Таким образом, возникает необходимость введения в культуру *in vitro* одних и тех же видов, произрастающих в разных регионах России и в разных эколого-ценотических условиях [Андреев, 2005]. Работа в данном направлении, только начинается и еще не имеет системного подхода. Информация о таких экспериментах и их результатах очень ограничена. Это связано с тем, что заключения о результатах повторного введения во флору данной местности растений, которые ранее здесь обитали, но затем исчезли под действием естественным или антропогенных факторов, можно сделать только после многолетнего мониторинга.

В качестве методических объектов были взяты виды занесенные в ряд региональных Красных книг *Atragene sibirica* L., *Iris sibirica* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Rubus arcticus* L. [Варлыгина, 2008; Абрамов, 1997]. Работа по созданию банка редких видов растений состояла из следующих этапов: подбора режимов стерилизации для получения асептической культуры, оптимизация условий клонального микроразмножения — подбор питательных сред и регуляторов роста.

Для введения в культуру *in vitro* рациональнее использовать в качестве донорных эксплантов у *Iris sibirica* L. — цветоносе у нераскрывшегося бутона, *Atragene sibirica* L. — метамеры побегов, длиной 0,5 см, *Pulsatilla patens* (L.) Mill. верхушечные почки, располагающиеся на вертикальном корневище, *Rubus arcticus* L. — метамеры побегов. Наилучшее время для введения в культуру конец мая — первая половина июня.

На втором этапе исследовали влияние различных питательных сред на активность морфогенеза. В качестве основных показателей использовали — число образовавшихся почек на одном экспланте, начало геммогенеза, активность каллусогенеза, в данном случае, чем более активно идет процесс каллусогенеза, тем менее подходит для культивирования выбранная питательная среда (рис.).



Побегообразование *in vitro* (слева направо) *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Iris sibirica* L., *Rubus arcticus* L.

В результате наибольшее число почек на донорный эксплант было получено для *Atragene sibirica* L. на питательной среде mMS и составило $3,5 \pm 0,3$ штук; *Pulsatilla patens* (L.) Mill. — MS и составило $3,5 \pm 0,4$ штук; *Iris sibirica* L. — mMS и составило $5,1 \pm 0,5$ штук; *Rubus arcticus* L. mMS и составило $2,5 \pm 0,4$ штук (табл. 1).

При дальнейшем культивировании в условиях *in vitro* концентрация макро- и микросолей уменьшали в два раза, оставляя прежней концентрацию витаминов и сахарозы.

Определяющее влияние на эффективность размножения в культуре *in vitro* оказывает тип используемых регуляторов роста и их концентрация. На данном этапе стояла задача в определении фитогормонов и их концентрации, при которых образовывалось максимальное количество новых почек и в тоже время не проходили процессы самоклональной изменчивости и витрификации.

Влияние типа используемой питательной среды на морфогенез видов используемых в работе, регуляторы роста 1 мг/л 2-ип, сахарозы 20 г/л

Питательная среда	Вид	Каллусогенез, %	Число почек на один донорный эксплант, шт.	Начало геммогенеза, сутки
Среда Андерсона	<i>Atragene sibirica</i> L.	12,1 ± 4,2	3,1 ± 0,3	22 ± 4
	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	25,7 ± 2,7	4,3 ± 0,4	15 ± 3
	<i>Iris sibirica</i> L.	25,0 ± 1,5	3,3 ± 0,4	45 ± 5
	<i>Rubus arcticus</i> L.	15,3 ± 2,7	2,0 ± 0,6	48 ± 5
Среда MS	<i>Atragene sibirica</i> L.	35,2 ± 4,0	2,8 ± 0,5	29 ± 2
	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	29,3 ± 1,1	3,5 ± 0,4	17 ± 1
	<i>Iris sibirica</i> L.	34,2 ± 2,3	2,1 ± 0,1	53 ± 2
	<i>Rubus arcticus</i> L.	24,9 ± 1,9	1,5 ± 0,2	46 ± 3
Среда mMS	<i>Atragene sibirica</i> L.	23,3 ± 1,3	3,5 ± 0,3	16 ± 1
	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	13,7 ± 1,1	4,6 ± 0,2	14 ± 1
	<i>Iris sibirica</i> L.	33,7 ± 2,5	5,1 ± 0,5	51 ± 2
	<i>Rubus arcticus</i> L.	18,3 ± 2,2	2,5 ± 0,4	43 ± 1

Как показали результаты опыта, для всех исследуемых видов растений максимальное число почек было получено на питательной среде, содержащей в качестве регуляторов роста 6-бензиламинопуриин (БАП) в концентрации 1 мг/л (табл. 2). При этом максимальное значение количества почек на один эксплант составляло: *Atragene sibirica* L. 5,8 ± 0,1 штук; *Pulsatilla patens* (L.) Mill. 6,5 ± 0,2 штук; *Iris sibirica* L. 5,1 ± 0,2 штук; *Rubus arcticus* L. 7,5 ± 0,5 штук. Следует отметить, что на данной среде незначительная витрификация была отмечена только у *Atragene sibirica* L.

Таблица 2

Влияние регуляторов роста на активность геммогенеза и витрификацию микрорастений

Регуляторы роста, мг/л		Вид	Число почек на один донорный эксплант, шт.	Витрификация, (-, +, ++)
БАП	0,5	<i>Atragene sibirica</i> L.	4,4 ± 0,2	-
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	4,8 ± 0,4	-
		<i>Iris sibirica</i> L.	4,3 ± 0,1	-
		<i>Rubus arcticus</i> L.	6,0 ± 0,6	-
	1,0	<i>Atragene sibirica</i> L.	5,8 ± 0,1	+
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	6,5 ± 0,2	-
		<i>Iris sibirica</i> L.	5,1 ± 0,2	-
		<i>Rubus arcticus</i> L.	7,5 ± 0,5	-
	1,5	<i>Atragene sibirica</i> L.	5,5 ± 0,2	++
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	4,3 ± 0,2	+
		<i>Iris sibirica</i> L.	5,1 ± 0,5	+
		<i>Rubus arcticus</i> L.	5,1 ± 0,4	+
2-ип	1,0	<i>Atragene sibirica</i> L.	2,9 ± 0,3	-
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	3,8 ± 0,3	-
		<i>Iris sibirica</i> L.	5,3 ± 0,2	+
		<i>Rubus arcticus</i> L.	5,1 ± 0,2	-
	2,0	<i>Atragene sibirica</i> L.	4,1 ± 0,2	-
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	4,2 ± 0,1	+
		<i>Iris sibirica</i> L.	2,1 ± 0,2	++
		<i>Rubus arcticus</i> L.	3,6 ± 0,7	+
	3,0	<i>Atragene sibirica</i> L.	3,8 ± 0,1	+
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	3,3 ± 0,4	++
		<i>Iris sibirica</i> L.	1,1 ± 0,1	++
		<i>Rubus arcticus</i> L.	2,2 ± 0,4	++

Примечание: - отсутствие витрификации, + незначительная витрификация, ++ сильная витрификация.

Для длительного культивирования микрорастения *Rubus arcticus* L. пересаживали на безгормональную питательную среду MS содержащую 60 г/л сахарозы и помещали в холодильник с температурой 4 °С и подсветкой). Пересадка на новую питательную среду происходила через 6 месяцев. У *Iris sibirica* L. длительное культивирование проводили в тех же условиях, что и *Rubus arcticus* L., но промежуток между посадками длился 8 месяцев. Длительное культивирование *Pulsatilla patens* (L.) Mill. и *Atragene sibirica* L. проводили на питательной среде MS содержащую сахарозу в концентрации 30 г/л, при температуре 4 °С. Промежуток между посадками составлял 14 месяцев.

Литература

Андреев Л. Н., Прохоров А. А. 2005. Инвентаризация коллекций ботанических садов России // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов. М. С. 11, 12. Горбунов Ю. Н., Дзыбов Д. С., Кузьмин З. Е., Смирнов И. А. 2008. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов). Тула: Гриф и К. 56 с. Красная книга Московской области. 2008 / Министерство экологии и природопользования Московской области; Комиссия по редким и находящимся под угрозой видам животных, растений и грибов Московской области; отв. ред.: Т. И. Варлыгина, В. А. Зубакин, Н. А. Соболев. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 828 с. Красная книга Республики Марий Эл. 1997. Редкие и нуждающиеся в охране растения марийской флоры / Мар. кн. изд-во; сост. Н. В. Абрамов; под ред. В. Н. Тихомирова. Йошкар-Ола. 128 с. Sharrock S. 2011. Global strategy for plant conservation: a guide to the GSPC All the targets, objectives and facts. Published by Botanic Gardens Conservation International Descanso House, 199 Kew Road, Richmond, TW9 3BW, UK.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРНЫХ ЛЯГУШЕК (*PELOPHYLAX RIDIBUNDUS*) ЗАУРАЛЬЯ

А. Ю. Иванов¹, О. А. Ермаков¹, А. И. Файзулин²

¹ Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

² Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

Akella58@mail.ru

Озерная лягушка, *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) — широкоареальный вид, имеющий высокую экологическую пластичность, и ее ареал увеличивается за счет саморасселения и путем интродукции. На территории Зауралья вид встречается как в естественных популяциях так и возникших в результате завоза особей из других регионов [Кузьмин, 2012; Фоминых, 2009, Фоминых и др., 2016]. Ситуация осложняется тем, что в последние 1,5–2 десятилетия сформировалось представление о *P. ridibundus* как о сложном комплексе криптических видов, из которых на территории России отмечено обитание двух генетически дифференцированных форм озерной лягушки — «западной» (центрально-европейская *P. ridibundus sensu lato*, включая балканскую «*P. kurtmuelleri* (Gayda, 1940)») и «восточной» (анатолийская *P. cf. bedriagae sensu stricto*) [Akin et al., 2010; Ермаков и др., 2013; 2014]. Целями данной работы являлись: изучение генетической структуры поселений озерных лягушек Зауралья для определения принадлежности экземпляров к «западной» или «восточной» форме и выявления возможного региона в пределах естественного ареала вида, из которого были интродуцированы особи.

Всего молекулярно-генетическим методом исследовано 56 экз. из 10 пунктов. Челябинская обл.: г. Челябинск ($n = 7$), оз. Кожаккуль ($n = 5$) и г. Миасс ($n = 5$); Свердловская обл.: г. Екатеринбург ($n = 5$), оз. Калиновские разрезы ($n = 5$), пос. Нейво-Руднянка ($n = 5$), г. Нижний Тагил ($n = 5$), г. Берёзовский ($n = 5$), Рефтинское вдхр. ($n = 9$); Курганская обл.: Каргапольский р-н, д. Усть-Миасск ($n = 5$). По методикам опубликованным ранее [Ермаков и др., 2013; Закс и др., 2013; Hauswaldt et al., 2012], проводилась скрининговая диагностика всей выборки, позволяющая определить принадлежность гаплотипов митохондриальной (мт) и аллелей ядерной (я) ДНК озерных лягушек к «восточной» или «западной» форме. Различия частот аллелей оценивались с помощью критерия χ^2 для таблиц 2×2 , в программе STATISTICA v.10 (StatSoft). Кроме того у 7 экз. определена первичная структура гена ND2 мтДНК. Поиск сходных первичных последовательностей с таковыми зауральских озерных лягушек (менее 1 % нуклеотидных замен) осуществлялся с помощью алгоритма BLAST (www.blast.ncbi.nlm.nih.gov).

Сравнение частот гаплотипов мтДНК с данными полученными ранее (табл.) показало, что у озерных лягушек Зауралья преобладают гаплотипы характерные для «восточной» формы. По имеющимся данным, большая доля гаплотипов *P. cf. bedriagae* характерна для популяций озерных лягушек обитающих от р. Днепр на западе до восточных границ ареала, причем доля гаплотипов «восточной» формы закономерно увеличивается в восточном направлении. Однако у озерных лягушек Зауралья частоты гаплотипов мтДНК больше сходны с таковыми лягушек Правобережья Волги ($\chi^2 = 1,88, p = 0,1707$; различия недостоверны), чем с соседними популяциями Заволжья, с которыми обнаружены статистически поддержанные различия ($\chi^2 = 5,18, p = 0,0228$).

Молекулярно-генетический состав озерных лягушек Зауралья

Регион	n	мтДНК		n	ядНК		Источник
		R	B		R	B	
Зауралье	56	27 %	73 %	112	47 %	53 %	Данная работа
Заволжье	89	14 %	86 %	178	71 %	29 %	Ермаков и др., 2013; 2014
Правобережье Волги	130	36 %	64 %	260	87 %	13 %	Ермаков и др., 2014; Закс и др., 2013

Примечания: R — аллели яДНК и гаплотипы мтДНК «западной» формы озерной лягушки; B — аллели яДНК и гаплотипы мтДНК «восточной» формы.

Анализ яДНК показал, что доля аллелей «восточной» формы в Зауралье практически равно «западной», что нехарактерно ни для Правобережья Волги, ни для Заволжья. Статистически поддержанные различия обнаружены при сравнении частот аллелей всех рассматриваемых территорий: Зауралье — Заволжье ($\chi^2 = 7,72$, $p = 0,0055$), Зауралье — Правобережье Волги ($\chi^2 = 36,18$, $p = 0,0000$).

Результаты выборочного секвенирования маркера мтДНК у двух экземпляров озерных лягушек «западной» и шести «восточной» формы позволили выявить их родственные связи, а также возможные регионы в пределах естественного ареала вида, из которого были интродуцированы особи. Гаплотип экземпляра из Рефтинского водохранилища оказался специфичным для балканской формы озерной лягушки (*P. kurtmuelleri*), что подтверждает данные С. Н. Литвинчука и Й. Плетнера об интродукции озерных лягушек в Свердловскую обл. с территории Украины [Вершинин, 2007]. Гаплотип *P. ridibundus* из г. Челябинск принадлежит кладе объединяющей озерных лягушек «западной» формы, обитающих на большей части Восточно-Европейской равнины (Окско-Донская равнина, Поволжье). Наиболее близкие гаплотипы зауральских озерных лягушек «восточной» формы ранее обнаружены нами в Предкавказье, Поволжье и Предуралье.

Таким образом, данные молекулярно-генетического анализа показали генетическую неоднородность населения озерных лягушек Зауралья. На изученной территории имеются как популяции, сформировавшиеся естественным путем, так и поселения, образовавшиеся за счет интродукции.

Исследование проведено при поддержке гранта РФФИ № 18-04-00640а.

Литература

- Вершинин В. Л. 2007. Амфибии и рептилии Урала. Екатеринбург: УрО РАН. 172 с. Закс М. М., Быстракова Н. В., Ермаков О. А., Титов С. В. 2013. Молекулярно-генетическая и морфологическая характеристика озерных лягушек (*Pelophylax ridibundus*) из Пензенской области // Современная герпетология: проблемы и пути их решения: статьи по материалам докладов Первой международной молодежной конференции герпетологов России и сопредельных стран. СПб. С. 86–89. Ермаков О. А., Закс М. М., Титов С. В. 2013. Диагностика и распространение «западной» и «восточной» форм озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* s. l. в Пензенской области (по данным анализа гена COI мтДНК) // Вестник Тамбовского университета. Т. 18, № 6. С. 2999–3002. Ермаков О. А., Файзулин А. И., Закс М. М., Кайбелева Э. И., Зарипова Ф. Ф. 2014. Распространение «западной» и «восточной» форм озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* s. l. на территории Самарской и Саратовской областей (по данным анализа митохондриальной и ядерной ДНК) // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 16, № 5 (1). С. 409–412. Кузьмин С. Л. 2012. Земноводные бывшего СССР. М.: Товарищество научных изданий КМК. 370 с. Фоминых А. С. 2009. О северо-восточной границе ареала озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) на Среднем Урале // Современная герпетология. Т. 9, № 1/2. С. 70–74. Фоминых А. С., Файзулин А. И., Зарипова Ф. Ф. 2016. О распространении озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) в Челябинской области // Вестник Тамбовского университета. Сер.: Естественные и технические науки. Т. 21, № 5. С. 1848–1852. Akin Ç., Bilgin C. C., Beerli P., Westaway R., Ohst T., Litvinchuk S. N., Uzzell T., Bilgin M., Hotz H., Guex G.-D., Plöner J. 2010. Phylogeographic patterns of genetic diversity in eastern Mediterranean water frogs were determined by geological processes and climate change in the Late Cenozoic // Journal of Biogeography. Vol. 37 (11). P. 2111–2124. Hauswaldt J. S., Höer M., Ogielska M., Christiansen D. G., Dzięwulska-Szajkowska D., Czernicka E., Vences M. 2012. A simplified molecular method for distinguishing among species and ploidy levels in European water frogs (*Pelophylax*) // Molecular Ecology Resources. Vol. 12 (5). P. 797–805.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РОДА *IRIS* L. В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Н. Мустафина¹, Е. В. Михайлова², Я. М. Голованов¹

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия
alfverta@mail.ru

Изучение генетической структуры популяций, которая влияет на многие биологические особенности вида, в том числе на способность к восстановлению и устойчивости популяций, позволяет эффективнее осуществлять меры по сохранению генофондов редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений. Сохранение вида предполагает первоначальное изучение его популяционно-генетического разнообразия, так как генетическая вариабельность и ее распределение внутри- и межпопуляционное распределение определяют адаптивный потенциал вида [Алтухов, 2003].

Особый интерес представляет изучение двух редких степных видов рода *Iris* L. — *I. pumila* L. (ирис карликовый) (IP) и *I. scariosa* Willd. ex Link (ирис кожистый) (IS). Они обладают значительной фенотипической вариабельностью на протяжении своего распространения в Оренбургской области. С точки зрения таксономии наибольший интерес вызывает комплекс близкородственных видов (собственно *I. scariosa* и *I. glaucescens* Bunge), зачастую в широком смысле объединяемые в один вид — *I. scariosa*. Также в местах совместного произрастания *I. scariosa* и *I. pumila* возможно присутствие гибридных популяций видов. Применение молекулярно-генетических методов позволяет частично решать вопросы таксономии представителей рода *Iris* в пределах региона Южного Урала. В последние годы проводятся комплексные исследования особенностей популяций редких видов в Оренбургской области и Республике Башкортостан [Каримова и др., 2015; Крюкова и др., 2014, 2018; Shigarov et al., 2014].

I. pumila — декоративный европейско-кавказско-малоазиатский степной вид семейства Iridaceae, образующий довольно компактные клоны. На Южном Урале произрастает в каменистых и луговых степях, на остепненных лугах преимущественно в Предуральской части Оренбургской области и Республики Башкортостан. Вид включен в Красную книгу Российской Федерации (2008), где отнесен к категории III — редкий вид, также включен в Красный список МСОП (R) (Красный список, 2004 (2005)), Красные книги Оренбургской [Постановление..., 2014] и Челябинской областей (2005), Республики Башкортостан (2008) и Татарстан (2006).

I. scariosa — малоизученный восточноевропейско-азиатский светолюбивый и засухоустойчивый петрофитно-степной вид. Произрастает в петрофитных и солонцеватых степях. На Южном Урале вид преимущественно приурочен к горной части Оренбургской области и южной части Оренбургского Зауралья и Республики Башкортостан, изредка отмечается в Оренбургском Предуралье. Вид включен в Красную книгу Российской Федерации (2008), где отнесен к категории II — вид, сокращающийся в численности, Красные книги Оренбургской области [Постановление..., 2014], Челябинской области (2005), Республики Башкортостан (2008), также включен в Красный список МСОП (V) [Красный список, 2004 (2005)].

В 2018 году проведено изучение ряда популяций этих видов на территории Оренбургской области, из которых, в качестве апробации молекулярно-генетических методов, было отобрано пять ценопопуляций. Названия ценопопуляциям вида присваивались по близлежащему населенному пункту или другому географическому объекту.

Местообитания *I. pumila*:

ЦП 1 — с. Кубанка (52°32956 с. ш. 54°46033 в. д.). Произрастает 3 км севернее с. Кубанки (Переволоцкий район Оренбургской области), на вершине холма. Нарушенная степь. Характерным типом растительности являются кальцефитные пустынножитняковые сообщества. Проективное покрытие 80 %. Средняя высота травостоя — 20 см. Глинисто-песчаный субстрат.

ЦП 2 — д. Землянский (54°49872 с. ш. 51°24090 в. д.). Расположена 6 км северо-западнее с. Дивнополье (Соль-Илецкий район Оренбургской области). Преобладающим типом растительности являются кальцефитные пустынножитняковые сообщества. Проективное покрытие 75 %. Средняя высота травостоя — 30 см. Задерненные выходы мела.

ЦП 3 и 5 — Верхнечебендинские мела (54°47190 с. ш. 50°68295 в. д.). Здесь произрастает оба вида ирисов. Расположена в Соль-Илецком районе Оренбургской области, 10 км западнее с. Троицк. Преобладающим типом сообществ являются кальцефитные тасбиюргуновыи сообщества. Проективное покрытие 50 %. Средняя высота травостоя — 20 см. Вершинное плато на меловых породах.

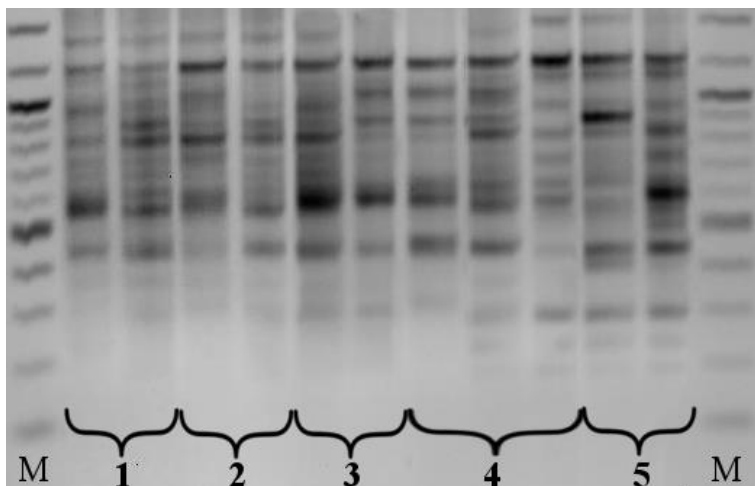
Местообитание *I. scariosa*:

ЦП 4 — ур. Утиная гора (50°81645 с. ш. 55°31204 в. д.). Расположена в ур. Утиная гора у с. Шкуновка (Акбулакский район Оренбургской области), на вершине горы с небольшим уклоном. Характерным типом растительности являются сарептскоковыльные солонцеватые степи. Проективное покрытие 50 %. Средняя высота травостоя — 30 см. Каменистость до 40 %. Задерненные обнажения глин.

Для молекулярно-генетического анализа были отобраны и высушены, при помощи силикагеля, молодые листья ирисов. Было выявлено, что для выделения ДНК из данного растительного материала одинаково хорошо подходит как метод солевой экстракции [Aljanabi, Martinez, 1997], так и метод СТАВ [Rogers, Bendich, 1985].

Анализ ДНК изученных видов ирисов из четырех местообитаний показал наличие генетического полиморфизма как между растениями, предварительно отнесенными к разным видам (IP и IS), так и внутри вида. При помощи трех праймеров RAPD (AFK1, OPC-06 и OPA1-05) и двух праймеров ISSR (HB14 и IS3) удалось обнаружить ампликоны, специфичные для каждого из двух видов. Специфические фрагменты выявились также, в зависимости от местообитания, чаще у образцов, произраставших в ЦП 1. Больше фрагментов ДНК амплифицировалось у вида IS, чем у вида IP. Наибольшее их количество наблюдалось при использовании праймера HB14 — 13 и 9 четко различимых полос, соответственно. Из них 6 были общими для двух видов.

Следует отметить, что часть образцов, отобранных в ЦП 4, по внешним признакам определенных как IS, генетически имели наибольшее сходство с видом IP, и могут, как относиться, на самом деле, к этому виду, так и являться межвидовыми гибридами.



ISSR-анализ образцов ДНК ирисов при помощи праймера HB14. М — маркер длин ДНК с шагом 100 п. н., 1–5 образцы ирисов из различных местообитаний, вид которых был предварительно определен по внешним признакам: 1 — ЦП 1 (IP), 2 — ЦП 2 (IP), 3 — ЦП 3 (IP), 4 — ЦП 4 (IS), 5 — ЦП 5 (IS)

Таким образом, исследования показали, что для изученных ценопопуляций редких видов ирисов — *I. pumila* и *I. scariosa* характерным типом растительности являются кальцефитные пустынножитняковые сообщества и сарептскоковыльные сослонцеватые степи. Проективное покрытие варьирует от 50 до 80 %. Преобладающим типом почв являются глинистые и меловые выходы. Молекулярно-генетический анализ выявил как внутривидовой, так и межвидовой генетический полиморфизм. При помощи пяти праймеров наибольшее число специфических фрагментов выявилось в ЦП 1 (с. Кубанка). Фрагментов ДНК больше амплифицировалось у вида *I. scariosa*. Генетический анализ показал, что в ЦП 4 (ур. Утиная гора) вид, первоначально определенный по фенотипу как *I. scariosa*, может относиться как к *I. pumila*, так и быть межвидовым гибридом.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ мол. а: 18-34-00022.

Литература

- Алтухов Ю. П. 2003. Генетические процессы в популяциях: М.: ИКЦ «Академкнига». 431 с. Каримова О. А., Мустафина А. Н., Абрамова Л. М. 2015. Современное состояние и виталитетная структура природных популяций редкого вида *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. на Южном Урале // Вестник Томского государственного университета. Биология. № 3 (31). С. 27–39. Красная книга Республики Башкортостан: в 2 т. 2011. Т. 1: Растения и грибы / под ред. Б. Н. Миркина. Уфа: МедиаПринт. 384 с. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). 2006. Казань: Идел-Пресс. 832 с. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2008. 854 с. Красная книга Челябинской области: Животные, растения, грибы. 2005. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 450 с. Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений. 2004 (2005). Ч. 3.1. Семенные растения. М. 352 с. Крюкова А. В., Абрамова Л. М., Мустафина А. Н. 2018. К биологии и экологии редких ирисов в степях Южного Урала // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 27, № 4–1. С. 271–275. Крюкова А. В., Мулдашев А. А., Голованов Я. М., Абрамова Л. М. 2014. Распространение и фитоценологическая приуроченность редких видов рода *Iris* L. на Южном Урале (Республика Башкортостан) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. № 23 (194). С. 5–11. Постановление Правительства Оренбургской области «О Красной книге Оренбургской области» от 16.04.2014 № 229-п. Atjanabi S. M., Martinez I. 1997. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques // Nucleic acids research. Т. 25 (22). Р. 4692–4693. Rogers S. O., Bendich A. J. 1985. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues // Plant molecular biology. Т. 5 (2). Р. 69–76. Shigapov Z. K., Mustafina A. N., Shigapova A. I., Urazbakhtina K. A. 2014. Genetic diversity of populations of a rare species of *Dictamnus gymnostylis* Stev. in Bashkir Cis-Urals // Russian Journal of Genetics. Т. 50, vol. 9. Р. 942–948.

ВЛИЯНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ И АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE* L.)

М. Я. Насруллаева, Г. М. Шихлинский, Р. Г. Искендерова, Ф. А. Каримова

Институт генетических ресурсов НАН Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика
mesme2009@rambler.ru

Засуха является одним из основных факторов внешней среды, ингибирующих многие метаболические процессы и, в итоге, лимитирующих рост и урожайность растений [Пустовойтова и др., 1992].

Известно, что окислительные активные формы кислорода (АФК) — супероксид (O_2), перекись водорода (H_2O_2), гидроксильные радикалы (ОН) и атомный кислород. В результате окислительных процессов, происходящих в клетках растений из-за засухоустойчивости быстро растут [Faize и др., 2011].

Распад существующих антиоксидантных ферментов с АФК в клетке ответственен за возникновение некоторого окислительного повреждения. У растений есть мощная антиоксидантная защитная система, которая может устранить разрушающий эффект их АФК, при этом [Joseph, 2011] возрастает размер площадей, на которых растения подвергаются действию водного дефицита. В последние годы физиологические и молекулярные основы ответа растений на засуху и возможные сопутствующие стрессы (засоление, тепловой и окислительный стрессы, недостаток элементов минерального питания) исследуются особенно интенсивно [Taylor, 1996].

Засуха, как и другие абиотические стрессы (засоление, низкие температуры), приводит к усиленному образованию АФК, таких как супероксид-анион-радикал (O_2^-), перекись водорода (H_2O_2) и гидроксильный радикал (ОН) [Мерзляк, 1989; Foyer и др., 2005].

Образование АФК происходит особенно интенсивно в хлоропластах в результате нарушения баланса между скоростью реакций переноса электронов и скоростью фиксации CO_2 . АФК вызывают деградацию белков, окисление липидов, выцветание пигментов.

Одним из наиболее широко распространенных осмолитов является пролин. Существует сильная положительная корреляция между увеличением содержания пролина в клетке и способностью растений выживать при засолении и водном дефиците [Taylor, 1996]. Пролин, синтезированный в условиях засухи, может служить также источником органического азота в процессе репарации после возобновления нормального водоснабжения.

Первичной реакцией растения на засуху на клеточном уровне является изменение окислительного потенциала, связанное с избыточной генерацией активных форм кислорода (АФК). Перспективным подходом для исследования механизмов, обеспечивающих приспособление растений к дефициту воды, является сравнение сортов, различающихся по засухоустойчивости. Благодаря своим биологическим особенностям ячмень является зерновой культурой, которую традиционно выращивают при неблагоприятных условиях внешней среды. Исследовали влияние прогрессирующей почвенной засухи, созданной в полевых условиях, на содержание пигментов, активность и изоформенный состав антиоксидантных ферментов: аскорбатпероксидазы и каталазы, а также на некоторые агроморфологические признаки у двух контрастных сортов ячменя (*Hordeum vulgare*, высокопродуктивный — № 4 (Az.) k-2778-*Pallidum* и низкопродуктивный — № 96 St, (Azərb.) *Pallidum* 596). Установлено, что в условиях засухи ограничивается рост, снижаются количественные показатели продуктивности, уменьшается количества зерен в колосе. Прогрессирующая почвенная засуха приводит к увеличению общего дефицита содержания белков у высокопродуктивного сорта № 4 и у низкопродуктивного сорта № 96. Содержание хлорофилла «а» у обоих сортов ячменя уменьшалось по сравнению с контролем, тогда как содержание хлорофилла «б» проявляло тенденцию к увеличению. Относительное большее содержание хлорофилла «б» у высокопродуктивного сорта №4 по сравнению с низкопродуктивным сортом № 96 (2,75 и 0,72 мг·г⁻¹ сухой массы) свидетельствует о лучшей способности его ассимиляционного аппарата к фотозащите при стрессовой нагрузке. В этих же условиях содержание каротиноидов, которые играют важную роль в защите реакционного центра фотосинтетического аппарата, препятствуя образованию синглетного кислорода, увеличивается у обоих сортов (85 и 13 % от контроля). Активность КАТ увеличивается в 5 раз у сорта № 96, и в 3 раза у сорта № 4 по сравнению с контролем, составляя 2,39 и 1,98 мк Моль/мг мин соответственно. Следует также отметить, что как у высокопродуктивного, так и у низкопродуктивного сорта, при долговременной почвенной засухе на фоне увеличения активности КАТ наблюдается снижение активности АПО. Методом нативного электрофореза в ПААГ обнаружено присутствие одной изоформы каталазы, 2 изоформ аскорбатпероксидазы в листьях ячменя во время засухи. Водный дефицит не приводило к появлению новых изоформ этих ферментов, хотя в этих же условиях значительно увеличивалась интенсивность изоформ ФПО и КАТ. Это свидетельствует об увеличении экспрессии генов, кодирующих изоформы этих ферментов. Высказывается предположение, что гены, кодирующие указанные изоформы ферментов, играют важную роль в формировании ответной реакции растений на засуху.

Литература

- Мерзляк М. Н. 1989. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки // Итоги науки и техники. Сер. Физиология растений. М.: ВИНТИ. Т. 6. 168 с. Пустовойтова Т. Н., Жолкевич В. Н. 1992. Основные направления в изучении влияния засухи на физиологические процессы у растений // Физиология и биохимия культ. растений. Т. 24. С. 14–27. Faize M., Burgos L., Faize L., Piqueras A. and Nicolas E. et al. 2011. Involvement of cytosolic ascorbate peroxidase and Cu/Zn-superoxide dismutase for improved tolerance against drought stress // J. Exp. Bot. Vol. 62. P. 2599–2613. Foyer C. H., Noctor G. 2005. Redox Homeostasis and Antioxidant Signaling: A Metabolic Interface between Stress Perception and Physiological Responses // Plant Cell. Vol. 17. P. 1866–1875. Taylor C. B. 1996. Proline and Water Deficit: Ups, Downs, Ins and Outs // Plant Cell. Vol. 8. P. 1221–1224. Joseph Jini. 2011. Development of salt stress-tolerant plants by gene manipulation of antioxidant enzymes //Asian journal of agricultural research. Vol. 1. P. 17–277.

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИДОВ
ТРЕМАТОД ПЛАНОРБИДНЫХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA: PULMONATA)
ЗАПОВЕДНИКА «ПРИВОЛЖСКАЯ ЛЕСОСТЕПЬ»**

А. О. Свинин¹, А. Ю. Иванов², И. В. Башинский³, О. А. Ермаков²

¹ Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

² Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

³ Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, Москва, Россия

ranaesc@gmail.com

Исследование биоразнообразия трематод, паразитирующих на личиночных стадиях у планорбидных моллюсков (семейство Planorbidae согласно [Albrecht et al., 2007]), проведено в Чехии [Faltynkova et al., 2007], Белоруссии [Акимова и др., 2011], Азербайджане [Манафов, 2015]. В России трематодофауна моллюсков обследована в Ленинградской области [Атаев, 2014], Восточном Закамье [Шакурова, Нуретдинов, 2016], Камчатки [Буторина, Синебокова, 1987] и ряде других территорий. Определение церкарий проводилось преимущественно по морфологии. Однако иногда виды трематод сложно идентифицируются по морфологическим признакам и оказываются неопределенными [Faltynkova et al., 2007, table 3], что может быть частично решено сочетанием классических методов, основанных на изучении морфологии, и молекулярно-генетических. В данной работе применена молекулярно-генетическая идентификация церкарий трематод двух видов планорбидных моллюсков *Planorbarius corneus* L. (1758) и *Planorbis planorbis* L. (1758) из водоемов Островцовской лесостепи по маркерам 28SrRNA и ITS2.

С этой целью были отловлены моллюски посредством ручного сбора и гидробиологическим сачком с июля по сентябрь 2018 года в открытых и лесных старицах, а также в бобровых прудах на реке Южной на территории участка «Островцовская лесостепь» (52°48'55" с. ш. 44°27'33" в. д.) Государственного природного заповедника «Приволжская лесостепь» (Пензенская область, Россия). Определение моллюсков проведено по определителю беспозвоночных [Старобогатов и др., 2004]. Всего обследовано 405 роговых катушек, *Pl. corneus*, и 66 катушек *P. planorbis*. В дальнейшем была проведена высадка улиток в небольшие стеклянные емкости объемом 50 мл рядом с источником света: лампа накаливания 60 Вт установлена на расстоянии не менее 20 см [Faltynkova et al., 2007]. Выход церкарий происходил в течение 1–2 часов после этого; была проведена также повторная высадка улиток для проверки результатов. Изначальное определение церкарий проводилось по морфологии [Combes, 1980; Faltynkova et al., 2007]. Церкарии были зафиксированы в 70° этаноле. В качестве диагностических маркеров выбраны 28SrRNA и ITS2, представленные в «GeneBank» (www.ncbi.nlm.nih.gov) для многих видов трематод Волжского бассейна. Мы использовали праймеры для 28SrRNA и ITS2, а также следовали методам выделения ДНК и проведения ПЦР, приведенным в работе В. В. Ткача с соавторами [Tkach et al., 2003]. Процедура идентификации с известными в «GeneBankNCBI» нуклеотидными последовательностями проведена с помощью алгоритма BLAST.

В ходе исследований было установлено, что у *Pl. corneus* на личиночных стадиях паразитируют следующие виды трематод: *Echinostoma spiniferum* (La Valette, 1855) *sensu* Nasincova (1992), *Tylodelphys excavata* (Rudolphi, 1803) Szidat, 1935, *Rubinstrema exasperatum* (Rudolphi, 1819), *Bilharziella polonica* (Kowalewsky, 1895) Looss, 1899, *Notocotylus ephemera* (Nitzsch, 1817) и *Haematoloechus asper* (Looss, 1899). У катушки *P. planorbis* паразитировали трематоды *Echinostoma miyagawai* Ishii, 1932, *Echinoparyphium* sp., возможно, *E. pseudorecurvatum* Kiselienet Grabda-Kazubska, 1990, *Paralepoderma cloacicola* (Lühe, 1909) Dollfus, 1950, *Notocotylus ephemera* и *Diplodiscus subclavatus* (Pallas, 1760) Diesing, 1836. Мы впервые получили новые последовательности 28SrRNA и ITS2 для *Echinostoma spiniferum*, *Notocotylus ephemera*, только ITS2 для *Diplodiscus subclavatus*, *Paralepoderma cloacicola* и *Rubinstrema exasperatum*.

Всего было отмечено три случая двойной инвазии. У *Pl. corneus* найдена ситуация, когда *Rubinstrema exasperatum* встречалась вместе с *Tylodelphys excavata* или *Notocotylus ephemera*. Для *P. planorbis* отмечено сосуществование *Diplodiscus subclavatus* и *Paralepoderma cloacicola*.

В таблице представлены предварительные данные по встречаемости видов трематод в двух видах моллюсков «Островцовской лесостепи» с июля по сентябрь 2018 года. Наиболее массовыми видами оказываются для *Pl. corneus* — *Rubinstrema exasperatum* (22,0 %) и *Notocotylus ephemera* (3,5 %), для *P. planorbis* можно выделить в числе наиболее часто паразитирующих видов *Echinostoma miyagawai* (9,1 %) и *Paralepoderma cloacicola* (4,5 %).

Предыдущие исследования [Свинин и др., 2018] доказали наличие у головастика озерной лягушки метацеркарий *Macrodera longicollis* (Abilgaard, 1788) Lühe, 1909, обычно паразитирующей у *P. planorbis*. Таким образом, список видов при индивидуальном высаживании моллюсков оказывается неполным, что может быть связано с сезоном проведения исследований либо недостаточно репрезентативной выборкой улиток.

Встречаемость видов трематод в двух видах моллюсков *Planorbis planorbis* и *Planorbarius corneus*, населяющих водоемы участка «Островцовская лесостепь» заповедника «Приволжская лесостепь»

Виды	<i>Planorbis planorbis</i> (n = 66)	<i>Planorbarius corneus</i> (n = 405)
<i>Echinostoma miyagawai</i>	6 (9,1 %)	–
<i>Echinostoma spiniferum</i>	–	1 (0,2 %)
<i>Echinoparyphium</i> sp.	2 (3,0 %)	–
<i>Haematoloechusasper</i>	–	3 (0,7 %)
<i>Diplodiscus subclavatus</i>	1 (1,5 %)	–
<i>Notocotylus ephemera</i>	2 (3,0 %)	14 (3,5 %)
<i>Rubinstrema exasperatum</i>	–	89 (22,0 %)
<i>Paralepoderma cloacicola</i>	3 (4,5 %)	–
<i>Macrodera longicollis</i>	+	–
<i>Bilharziella polonica</i>	–	7 (1,7 %)
<i>Tylodelphys excavata</i>	–	5 (1,2 %)
Всеговидов	6	6

В ряде случаев ответная реакция иммунной системы улиток могла справиться с трематодозами. Так, из четырех улиток *Pl. corneus*, в августе имевших заражение *Tylodelphys excavata*, через три месяца (в ноябре) продуцировала церкарий лишь одна; их многократное повторное высаживание в декабре не привело к выходу церкарий, а вскрытие в январе выявило инвазии. В этой связи для полного отображения видового состава трематод и уровня зараженности улиток нам представляется необходимым выявление сезонной динамики и длительный многолетний мониторинг местообитания.

Таким образом, на данный момент уланорбидных моллюсков «Островцовской лесостепи» выявлено 11 видов трематод, десять из которых были отмечены на стадии церкарий и один найден ранее на стадии метацеркарий у головастика озерной лягушки. Из них эпидемиологическое и эпизоотическое значение имеют: *Notocotylus ephemera*, вызывающий нотокотилидоз у птиц, в том числе домашней водоплавающей птицы; *Bilharziella polonica*, вызывающей бильхарциеллез у птиц; виды рода *Echinostoma*, вызывающие эхиностоматидозы у птиц и млекопитающих [Кириллов и др., 2012]. Новые последовательности могут быть использованы в будущей молекулярно-генетической диагностике трематодозов.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 18-34-00059, а также выполнены в рамках базовой части государственного задания ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» в сфере научной деятельности на 2017–2019 гг. (проект 6.7197.2017/БЧ).

Литература

- Атаев Г. Л.* 2014. Новые данные о зараженности моллюсков *Planorbarius corneus* (Pulmonata) трематодами в Вырицком водохранилище на реке Оредеж // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных. Т. 14, № 1. С. 94–97. *Акимова Л. Н., Шималов В. В., Бычкова Е. И.* 2011. Видовое разнообразие личинок трематод брюхоногих моллюсков водоемов Беларуси // Паразитология. Т. 45, № 4. С. 287–305. *Буторина Т. Е., Синебокова М. Б.* 1987. К фауне личинок трематод из пресноводных моллюсков Камчатки // Гельминты и вызываемые ими заболевания. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 66–77. *Кириллов А. А., Кириллова Н. Ю., Чихляев И. В.* 2012. Трематоиды наземных позвоночных Среднего Поволжья. Тольятти: Кассандра. 329 с. *Манафов А. А.* 2015. Экологические особенности формирования трематодофауны моллюсков бассейна Средней Куры в пределах Азербайджана // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: біологія. 25. С. 275–284. *Свишин А. О., Иванов А. Ю., Башинский И. В., Ермаков О. А.* 2018. Молекулярно-генетическая диагностика метацеркарий трематод озерной лягушки из заповедника «Приволжская лесостепь» по маркерам 28S rRNA и ITS2 // Труды центра паразитологии. Т. 50. Биоразнообразие паразитов. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 232–233. *Старобогатов Я. И., Прозорова Л. А., Богатов В. В., Саенко Е. М.* 2004. Моллюски // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 6: Моллюски, Полихеты, Немертины. СПб.: Наука. 526 с. *Шакурова Н. В., Нуретдинов Р. Р.* 2016. Трематоиды пресноводных моллюсков (Pulmonata) водоемов Восточного Закамья // Современные проблемы биологии и экологии: материалы докладов II Международной научно-практической конференции. Махачкала: ДГПУ; АЛЕФ. С. 82–84. *Albrecht C., Kuhn K., Streit B.* 2007. A molecular phylogeny of Planorbioidea (Gastropoda: Pulmonata): insights from enhanced taxon sampling // Zoologica Scripta. Vol. 36. P. 27–39. *Combes C.* 1980. Atlas Mondial des Cercaires. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Série A, Zoologie. Vol. 115. 235 p. *Faltynková A., Našincová V., Kablášková L.* 2008. Larval trematodes (Digenea) of planorbid snails (Gastropoda: Pulmonata) in Central Europe: a survey of species and key to their identification // Systematic Parasitology. Vol. 69. P. 155–178. *Tkach V. V., Littlewood D. T. J., Olson P. D., Kinsella J. M., Swiderski Z.* 2003. Molecular phylogenetic analysis of the Microphalloidea Ward, 1901 (Trematoda: Digenea) // Systematic Parasitology. Vol. 56. P. 1–15.

МАРКЕРЫ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК СИБИРСКИХ ВИДОВ ХВОЙНЫХ ПРОЛИВАЮТ СВЕТ НА ИСТОРИЮ РАССЕЛЕНИЯ В ХОДЕ ЛЕДНИКОВЫХ ЦИКЛОВ ПЛЕЙСТОЦЕНА

В. Л. Семериков

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия
semerikov@ipae.uran.ru

Хвойные деревья имеют три генома — ядерный, хлоропластный и митохондриальный, которые наследуются либо от обоих родителей, либо от отцовского дерева, либо от материнского, соответственно. В результате, перенос в ряду поколений ядерных генов происходит с помощью пыльцы и семян, хлоропластных генов — с помощью пыльцы и митохондриальных — с помощью семян. Это обуславливает интенсивный генетический поток, нивелирующий различия между популяциями и определяющий весьма слабую пространственную генетическую структуру, выявляемую по нейтральным ядерным и хлоропластным генетическим маркерам (аллозимам, микросателлитам, рестриктным фрагментам, SNP и т. п.). В отличие от них, маркеры митохондриальной ДНК имеют гораздо более слабый генетический поток и более выраженную пространственную генетическую структуру, которая является важным источником информации о прошлом изучаемого вида — о расположении рефугиумов, в которых вид выживал в неблагоприятные периоды, путях расселения при улучшении климата и прошлых гибридных контактах. Маркеры митохондриальной ДНК хвойных уже более 20 лет широко применяются для филогеографических исследований (изучение истории вида посредством анализа географического распространения филогенетических линий), однако до настоящего времени использование было ограничено их недостаточным числом. Распространение технологий секвенирования следующего поколения и бурный прогресс в секвенировании полных геномов позволяет разработать видоспецифичные маркеры митохондриальной ДНК почти для любого вида хвойных. Нами в сотрудничестве с центром геномных исследований Сибирского федерального университета (Красноярск) были разработаны маркеры митохондриальной ДНК для сосны обыкновенной, пихты сибирской и сосны сибирской. Проведенные на их основе исследования, охватывающие основную часть ареалов выявили у каждого вида несколько географических групп популяций, резко дифференцированных между собой, но относительно однородных внутри себя, что интерпретируется, как следствие расселения из отдельных, первоначально изолированных источников (рефугиумов).

Все исследованные виды можно разделить на «сибирские» и сосну обыкновенную, принципиально отличные друг от друга по филогеографической структуре. У «сибирских» видов в пределах ареала на юге Сибири выявляются несколько (2–4) группы популяций, приуроченные к основным горным системам: Алтаю, Кузнецкому Алатау, Западным и Восточным Саянам и Прибайкалью. На Урале выявляются 1–2 группы популяций. И наконец, на Западно-Сибирской равнине и в Средней Сибири у *Larix sibirica*, *Pinus sibirica* и *Abies sibirica* выявлялась одна большая однородная группа популяций, что указывает на недавнее заселение северной части ареала после одного из ледниковых максимумов и с участием одного рефугиума. Причем, сходство состава гаплотипов митохондриальной ДНК (митотипов) севера ареала и определенных регионов юга Сибири указывает на расположение такого рефугиума в северных предгорьях Кузнецкого Алатау и Саян у лиственницы сибирской, в Прибайкалье и в Восточных Саянах у пихты и в Кузнецком Алатау у кедра. У лиственницы на Урале состав митотипов популяций резко отличается от состава митотипов Западно-Сибирской равнины, у пихты состав митотипов отличается от ЗСР в южной части Урала, но идентичен ей на севере Урала, у кедра полностью идентичен ЗСР. Из этого можно заключить, что популяции лиственницы сибирской и пихты сибирской проникли на Урал задолго до послеледниковой рекolonизации ЗСР, хотя север Урала был заселен пихтой с участием ЗСР. В то же время, кедр заселил Урал одновременно с ЗСР. В отличие от «сибирских» хвойных, сосна обыкновенная имеет максимум разнообразия митотипов — 9 митотипов на западе Восточной Европы (примерно западнее 38 градуса в. д.) и резко сниженное — на востоке ареала (2 митотипа), причем только на Среднем и Южном Урале встречаются два митотипа, на большей части востока Русской равнины и в Сибири встречается только один гаплотип. Это свидетельствует об отделении сосны обыкновенной на востоке ареала от европейских популяций, имевшем место до последнего ледникового максимума.

Таким образом, филогеографические исследования хвойных Северной Евразии на основе анализа изменчивости митохондриальной ДНК значительно продвинули представления об истории этих видов и могут являться основой для изучения популяционно-генетических процессов, связанных с адаптацией видов к разнообразию физико-географических условий в ходе их расселения по ареалу. Полученные знания также ценны для планирования мер охраны и рационального использования генетических ресурсов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН и поддержана РФФИ, проект № 16-04-00607.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГЕВЕИНОПОДОБНЫХ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ У ВИДОВ СЕМЕЙСТВА МЯТЛИКОВЫЕ

М. П. Слезина, Е. А. Истомина, Т. В. Коростылева, Т. И. Одинцова

Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, Москва, Россия, omey@list.ru

В ходе длительной борьбы за выживание растения выработали сложную, многоуровневую систему защиты от патогенных микроорганизмов, которая включает в себя как создание «физических» барьеров на пути проникновения инфекции (укрепление клеточных стенок, закрывание устьиц и др.), так и синтез токсичных соединений, которые убивают или тормозят рост патогенов. Среди таких соединений ключевая роль принадлежит антимикробным пептидам (АМП) — коротким полипептидным молекулам, которые направленно действуют на микроорганизмы, подавляя их развитие в тканях растений путем увеличения проницаемости мембран. АМП растений чрезвычайно разнообразны по структуре [Tam et al., 2015]. По сходству структуры АМП подразделяют на семейства дефензинов, тионинов, липид-переносящих белков, гарпининов, гевеино- и ноттиноподобных пептидов.

Среди семейств АМП гевеиноподобные пептиды занимают особое место, поскольку только эти пептиды содержат хитин-связывающий сайт, который обнаружен также у целого ряда защитных белков растений (лектинов и хитиназ). Этот сайт облегчает взаимодействие с хитином — основным компонентом клеточных стенок патогенных грибов, что, как полагают, важно для проявления антифунгальной активности. Гевеиноподобные АМП изучены значительно меньше, чем АМП, относящиеся к другим семействам. Они найдены всего у нескольких видов растений. Данные о межвидовом и внутривидовом полиморфизме генов гевеиноподобных пептидов и его функциональной значимости у растений отсутствуют.

Семейство Мятликовые (Poaceae) — одно из самых многочисленных и широко распространенных семейств покрытосеменных растений, включающих около 11 000 видов, относящихся к 759 родам, и произрастающих во всех климатических зонах и на всех континентах. Злаки первыми заселяют малоприспособленные для других растений территории, возникшие в результате техногенных воздействий. Они составляют основную часть фитомассы многих биоценозов [Толмачев, 1970]. Особое положение мятликовых среди цветковых растений определяется их исключительно высокой хозяйственной ценностью. Зерновые культуры, такие как пшеница, рожь, кукуруза, ячмень, рис и овес, культивируются человеком с глубокой древности и используются как основной продукт питания. Сахарный тростник выращивают в тропических странах для получения из его стеблей сахара. Ряд видов мятликовых (тростник, бамбук) используется в технических целях, как строительный материал и в производстве бумаги. Не меньшее значение имеют и дикорастущие злаки, которые составляют основу травяного покрова степей, естественных лугов и пастбищ и используются в качестве кормовых растений. Кроме того, дикорастущие виды, менее восприимчивые к патогенам и абиотическому стрессу, чем культурные растения, могут служить донорами устойчивости при селекции на устойчивость. Высокая стрессоустойчивость дикорастущих видов растений, в частности видов семейства Мятликовые, может быть связана с наличием высокоактивных АМП, однако этот вопрос остается практически не изученным.

Ранее нами в высокоустойчивом виде пшеницы *Triticum kiharae* Dorof et Migush. и близкородственных видах родов *Triticum* и *Aegilops*, которые являются донорами генов полиплоидных пшениц, было обнаружено и структурно охарактеризовано новое семейство генов гевеиноподобных АМП. Эти пептиды обладают высокой ингибирующей активностью в отношении широкого круга фитопатогенов, включая вредоносные виды фузариевых грибов, вызывающих опасные заболевания злаков [Odintsova et al., 2009, Andreev et al., 2012]. Для грибов рода *Fusarium* было показано, что подавление роста мицелия обусловлено ингибированием факторов вирулентности гриба — секретлируемых металлозависимых протеиназ [Slavokhotova et al., 2014].

Цель настоящей работы состояла в поиске генов-гомологов гевеиноподобных АМП семейства WAMP у дикорастущих и сорных растений основных триб семейства Мятликовые и изучении структурного и функционального разнообразия кодируемых ими пептидов. Подобные исследования позволят понять причины эффективной адаптации видов семейства Мятликовые к разнообразным условиям окружающей среды и стрессовым факторам и послужат основой для разработки новых стратегий повышения устойчивости к патогенам культурных видов, обладающих большой экономической значимостью.

Материалы и методы исследования. Для исследования были взяты виды, относящиеся к 16 родам семейства Мятликовые: *Alopecurus*, *Anisantha*, *Avena*, *Aegilops*, *Dasyphyrum*, *Deschampsia*, *Echinochloa*, *Elytrigia*, *Hordeum*, *Helictotrichon*, *Lolium*, *Melica*, *Milium*, *Phleum*, *Phragmites* и *Secale*. Для выделения белок-кодирующих областей генов-гомологов предшественников пептидов WAMP геномную ДНК выделяли из семян с помощью набора реактивов ДНК Genomic DNA Purification Kit (Fermentas, Литва). Выделение проводили из 100 мкг растительной ткани, брали усредненную пробу из нескольких растений. Выделенную ДНК (10 нг) использовали в качестве матрицы для ПЦР. Для амплификации кодирующей

части гена использовали пары праймеров, сконструированные на основе установленной ранее кДНК гевеиноподобных пептидов WAMP пшеницы [Andreev et al., 2012]. Для каждого вида растений проводили ПЦР с различными комбинациями праймеров, начиная с праймеров к консервативным участкам зрелого пептида и заканчивая праймерами к фланкирующим участкам белок-кодирующей области. Амплификат клонировали в рAL-TA вектор, а затем секвенировали.

Для проверки экспрессии генов-гомологов *wamp* проводили выделение РНК с последующим синтезом кДНК с использованием oligo(dT)₁₅праймера. Тотальную РНК выделяли из растительного материала с помощью набора реагентов Trizol RNAPrep 100 (Изоген, Россия). Для синтеза первой цепи кДНК использовался набор Mint (Евроген, Россия). Продукты амплификации с кДНК в качестве матрицы, как и в случае геномной ДНК, клонировали в рAL-TA вектор, а затем секвенировали. Секвенирование ДНК проводили на автоматическом секвенаторе Model 3730 (Applied Biosystems, США), используя набор реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 (Applied Biosystems, США). Для каждого образца секвенировали не менее трех клонов.

Синтетические гены, кодирующие антимикробные пептиды семейства WAMP, получали методом ПЦР из олигонуклеотидных праймеров, подобранных по аминокислотной последовательности пептида, как описано [Уткина и др., 2010]. Целевые фрагменты амплифицировали с использованием прямого праймера, содержащего сайт рестрикции эндонуклеазы *KpnI* и кодон метионина для расщепления бромцианом (CNBr), и обратного праймера, содержащего сайт рестрикции эндонуклеазы *BamHI* и стоп-кодон. ПЦР-фрагменты, кодирующие зрелые полипептиды, очищали с помощью набора для очистки ДНК, гидролизовали эндонуклеазами рестрикции и клонировали в экспрессионный вектор рЕТ-32b(+), который также гидролизовали этими же эндонуклеазами рестрикции. Соответствие полученных конструкций заданным проверяли секвенированием. Клетки *E. coli* BL21 (DE3) трансформировали полученной конструкцией, как описано [Уткина и др., 2010]. Экспрессию белка индуцировали добавлением IPTG до концентрации 0,2 мМ. Клетки культивировали при 25 °С в течение 12–14 часов, осаждали центрифугированием, ресуспендировали в стартовом буфере для аффинной хроматографии (20 мМ Трис-HCl, 300 мМ NaCl, pH 7,5) и разрушали ультразвуком. Выделение гибридных белков проводили путем аффинной хроматографии на металлоаффинной смоле TALON Superflow.

Антимикробные свойства пептида определяли, используя метод проращивания спор в тонком слое агара в присутствии тестируемых образцов, как описано [Семина и др., 2016]. Степень ингибирования оценивали при микроскопировании, как отношение числа проросших спор к общему числу спор в суспензии. Просматривали не менее 600 спор, как в опыте, так и в контроле. Ингибирующую активность пептида выражали в IC₅₀, что соответствует концентрации пептида, которая необходима для 50 %-го ингибирования роста. В качестве контроля вместо раствора пептида использовали дистиллированную воду.

Результаты. Гены-гомологи *wamp* пшеницы были обнаружены у 18 видов, относящихся к 6 родам семейства Мятликовые: *Avena* (2 вида), *Elytrigia*, *Echinochloa*, *Aegilops* (12 видов), *Hordeum* и *Secale*. Как и предшественники пептидов WAMP пшеницы, пептиды-гомологи исследованных видов мятликовых синтезируются в виде предшественников, состоящих из сигнального пептида, обеспечивающего транспорт в апопласт, зрелого пептида и С-концевого продомена. Аминокислотные последовательности предшественников пептидов семейства WAMP представлены на рисунке. Область зрелого пептида высоко консервативна. Исключение составляют пептиды ячменя и эгилопсов *Ae. columnaris* и *Ae. recta*, где обнаружены делеции коротких последовательностей. В положении 34 полипептидной цепи, влияющем на степень ингибирования протеиназы фузариевых грибов, выявлены остатки Lys, Ala, Glu, Asn и Val. Помимо варибельного положения 34 в области зрелого пептида у ряда предшественников пептидов WAMP выявлены единичные точечные замены. Анализ экспрессии всех обнаруженных генов семейства *wamp* у исследованных видов показал, что они экспрессируются в проростках, причем экспрессирующиеся последовательности полностью соответствуют последовательностям, обнаруженным в ДНК. Для выяснения роли аминокислотного остатка в положении 34 в антифунгальной активности пептидов путем гетерологической экспрессии синтетических генов в клетках *E. coli* были получены рекомбинантные аналоги пептидов WAMP. Рекомбинантные пептиды были протестированы на антимикробную активность против ряда патогенных грибов, поражающих злаки и другие виды растений. Полученные результаты показаны в таблице. Как следует из таблицы, все исследованные пептиды семейства WAMP обладают высокой антифунгальной активностью в отношении всех исследованных грибов, однако, степень ингибирования неодинакова для разных пептидов. Кроме того, ингибирующая активность зависит от вида гриба. Так, наиболее высокой активностью против *B. sorokiniana* обладают пептиды с аланином и глутаминовой кислотой в положении 34, против *F. oxysporum* пептиды с глутаминовой кислотой и лизином, против *A. alternata* пептиды с валином и глутаминовой кислотой. В целом наиболее активным против всех тестируемых грибов оказался пептид с глутаминовой кислотой в положении 34.



Множественное выравнивание аминокислотных последовательностей предшественников гевеиноподобных пептидов злаков. Остатки цистеина в зрелом пептиде выделены белым цветом на сером фоне. Различающиеся аминокислотные остатки выделены серым цветом. Положение 34 в последовательности зрелого пептида отмечено ↓, * — стоп-кодон. Расположение дисульфидных связей показано над выравниванием

Антифунгальная активность рекомбинантных пептидов WAMP. IC₅₀ соответствует концентрации пептида, необходимой для 50 %-го ингибирования роста

Гриб	IC ₅₀ (µM)				
	WAMP-1 (A34)	WAMP-2 (K34)	WAMP-3 (E34)	WAMP-4 (N34)	WAMP-5 (V34)
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	4,9	6,6	4,8	5,2	5,4
<i>Fusarium oxysporum</i>	16	8,8	6,8	11,2	12,1
<i>Alternaria alternata</i>	18	23	17,8	23,2	13,8

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Впервые установлены нуклеотидные последовательности белок-кодирующих областей 33 генов-гомологов предшественников пептидов семейства WAMP у видов семейства Мятликовые, относящихся к родам *Avena*, *Elytrigia*, *Echinochloa*, *Aegilops*, *Hordeum* и *Secale*. Эти рода входят в состав клад ВОР и РАСМАД. У других исследованных видов дикорастущих злаков, относящихся к родам *Alopecurus*, *Anisantha*, *Dasyphyrum*, *Deschampsia*, *Helictotrichon*, *Lolium*, *Melica*, *Milium*, *Phleum*, *Phragmites* гены-гомологи *wamp* не выявлены.

2. Последовательности гомологов *wamp* у видов семейства Мятликовые достаточно консервативны, что свидетельствует о важности пептидов WAMP в защитной системе растений. Обнаружен полиморфизм генов семейства *wamp* как между родами, так и между видами, и даже, в ряде случаев, внутри одного вида.

3. Показано, что выявленное структурное разнообразие пептидов WAMP, в частности, аминокислотный остаток в положении 34, обуславливает различия в биологической активности пептидов, влияя на способность подавлять рост важнейших фитопатогенов. Наиболее активным ингибитором фитопатогенных грибов *B. sorokiniana*, *F. oxysporum* и *A. alternata* является пептид с глутаминовой кислотой в положении 34. В связи с этим, именно этот пептид может быть использован для разработки на его основе экологически безопасного биопестицида для борьбы с экономически значимыми болезнями сельскохозяйственных растений.

Работа была выполнена в рамках госзадания по теме «Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природохозяйственной деятельности».

Литература

Семина Ю. В., Щербакова Л. А., Слезина М. П. и др. 2016. Исследование активности экстрактов семян *Chenopodium album* и культуральной жидкости *Fusarium sambucinum* против некоторых фитопатогенных грибов // Сельхоз. биология. Т. 51, № 5. С. 739–745. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5///rus. Толмачёв А. И. 1970. О некоторых количественных соотношениях во флорах зённого шара // Вестн. ЛГУ. № 15. С. 62–74. Уткина Л. Л., Жабон Е. О., Славохотова А. А. и др. 2010. Гетерологичная экспрессия синтетического гена нового гевеиноподобного пептида *Leymus arenarius* в клетках *Escherichia coli* // Генетика. Т. 46, № 12. С. 1645–1651. Andreev Y. A., Korostyleva T. V., Slavokhotova A. A. et al. 2012. Genes encoding hevein-like defense peptides in wheat: distribution,

evolution, and role in stress response // *Biochimie*. Vol. 94, No. 4. P. 1009–1016. doi: 10.1016/j.biochi.2011.12.023. *Odintsova T. I., Vassilevski A. A., Slavokhotova A. A. et al.* 2009. A novel antifungal hevein-type peptide from *Triticum kiharae* seeds with a unique 10-cysteine motif // *FEBS J.* Vol. 276, № 15. P. 4266–4275. doi: 10.1111/j.1742-4658.2009.07135.x. *Slavokhotova A. A., Naumann T. A., Price N. P. et al.* 2014. Novel mode of action in plant defense peptides: hevein-like antimicrobial peptides from wheat inhibit fungal metalloproteases // *FEBS J.* Vol. 281, № 20. P. 4754–4764. doi: 10.1111/febs.13015. *Tam J. P., Wang S., Wong K. H. et al.* 2015. Antimicrobial peptides from plants // *Pharmaceuticals (Basel)*. Vol. 8, № 4. P. 711–757. doi: 10.3390/ph8040711.

RECONSTRUCTION OF DEMOGRAPHIC HISTORIES OF NEMATOMORPHA

A. A. Teterina^{1,2}, B. D. Efeykin^{2,3}, K. V. Mikhaylov^{3,4}, V. V. Aleshin^{3,4}, Y. V. Panchin^{3,4}, S. E. Spiridonov²

¹University of Oregon, Eugene, OR, USA

²Severtsov Institute of ecology and evolution RAS

³Kharkevich Institute for information transmission problems RAS

⁴Belozersky Institute of physico-chemical biology MSU

teterina.anastasia@gmail.com, bocha19@yandex.ru

Demographic history of the population helps to understand the evolution and current status of the species. We study *Nematomorpha*, or hairy worms, — a group of worms parasitize on arthropods. Despite the fact that currently, this group includes about 300 species, the ecology and population structure of these species are practically unknown. We sequenced genomes of four hairy worms: *Gordionus alpestris* from Adygea, *Gordionus wolterstorffii* from the Moscow region, *Gordius* sp. from Primorsky Krai, and *Chordodes* sp. from Sumatra. Additionally, we generated nucleotide sequences of two nuclear (18S and 28S rDNA) and one mitochondrial (COI mtDNA) markers for 62 other individuals of *Nematomorpha*, which represent 9 genera. These markers were used to reconstruct phylogenetic trees and to identify the species by molecular taxonomy methods (ABGD, GMYC, and PACO). The individuals assigned to the same species were used in the further population analysis. Whole-genomic data were used to explore population histories via coalescent-HMM in SMC. We reconstructed population histories of *G. alpestris*, *G. wolterstorffii*, *Gordius* sp. and *Chordodes* sp., and showed that their effective population sizes are, approximately, 30 000, 50 000, 70 000, and 110 000 individuals; and that their populations have been stable for thousands of generations. We suppose that a lower effective population size may be explained by the greater isolation of these populations. At the moment, we carry out the reconstruction of the evolutionary histories of these nematodes by whole-genome analysis to associate these results with the lifestyle and habitat of each parasite. The study was supported by RFBR (research project 18-34-00984).

МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАРКИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

А. М. Кудрявцев, А. А. Трифонова

Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия, kudryav@vigg.ru

Введение. Изучение генетического разнообразия редких видов растений, наряду с исследованиями их биологии и систематики, геоботаническим описанием популяций, определением возрастного спектра и выявлением лимитирующих факторов, позволяет наиболее полно понять природу и особенности редких видов, выявить процессы и закономерности, которые приводят к исчезновению видов и в итоге правильно выбрать механизм сохранения. В качестве методов анализа генетического разнообразия используются молекулярно-генетические маркеры. Особенно актуально использование ДНК-маркеров. Главными преимуществами ДНК-маркеров являются: их огромное количество в геноме; возможность анализировать сразу множество частей генома; их независимость от исследуемой ткани, стадии роста и взаимодействия генотип-среда [Lombard et al., 2001; Smýkal et al., 2008].

Для изучения редких видов растений необходимы методы, которые являются простыми в исполнении, не требуют больших материальных затрат, что важно при анализе больших выборок. Поэтому чаще всего из различных типов ДНК-маркеров выбирают ДНК-маркеры, основанные на детекции ПЦР-фрагментов. Данный тип можно разделить на моно- и мультилокусные. Мультилокусные молекулярно-генетические маркеры позволяют быстро обнаружить полиморфизм сразу большого числа локусов по всему геному, а также чаще всего не требуют дополнительных знаний о генетике объекта, что является преимуществом при работе с малоизученными видами растений. Монолокусные маркеры анализируют полиморфизм лишь определенных локусов в геноме.

Среди монолокусных маркеров стоит выделить SSR (Simple Sequence Repeats)-маркеры. Важной особенностью микросателлитов является то, что они очень полиморфны, их количество в растительном геноме велико [Condit, Hubbell, 1991], также микросателлиты наследуются по кодоминантному типу, что удобно для выявления гетерозигот [Календарь и др., 2002]. Однако для создания SSR-маркеров необходимо подбирать праймеры к уникальным последовательностям ДНК, фланкирующим микросателлитный

повтор, что требует предварительного знания их нуклеотидной последовательности. Несмотря на сложности в создании этих маркеров, они нашли широкое применение для оценки генетического разнообразия редких видов растений [Yang et al., 2016; Aboukhalid et al., 2017].

Мультилокусные маркеры отличаются большим разнообразием. Из данной категории, для изучения генетического разнообразия редких растений, наиболее часто выбирают маркеры, где применяются универсальные праймеры. Например, такие широко распространенные методы как RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), ISSR (Inter Simple Sequence Repeats), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) [Walisch et al., 2015; Kumar et al., 2016; Jiang et al., 2011; Снегин Э. А. и др., 2016; Raji, Atkinson, 2013; Jaros et al., 2016]. Все эти маркеры наследуются доминантно, выявляют довольно высокий уровень полиморфизма. Каждый из маркеров обладает своими достоинствами и недостатками, так RAPD и ISSR маркеры являются простыми в исполнении, однако воспроизводимость результатов оказывается не очень высокой (особенно для RAPD маркеров), а метод AFLP, наоборот — хорошо воспроизводим, но более дорогой и сложный.

Все вышеперечисленные методы выявляют полиморфизм случайных участков в геноме. Есть мультилокусные методы позволяющие проанализировать более конкретные участки в геноме. Например, маркеры на основе LTR-ретротранспозонов или маркеры анализирующие полиморфизм генов устойчивости (NBS-профайлинг). Однако данные маркеры не так часто применяются для анализа генетического разнообразия редких видов растений.

Пример применения различных молекулярных маркеров для оценки генетического разнообразия редких видов растений Волгоградской области. В лаборатории генетики растений Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН методы молекулярно-генетического маркирования были применены для исследования некоторых редких и исчезающих видов растений Волгоградской области. Это лук регелевский (*Allium regelianum* A. K. Becker ex Ijijn), бельвалия сарматская (*Bellevia sarmatica* Misc.) и полынь беловойлочная (*Artemisia hololeuca* M. Bieb. ex. Besser). Данные виды были выбраны в рамках региональной программы по мониторингу редких растений Волгоградской области.

Изучаемые виды были проанализированы с помощью RAPD, ISSR и AFLP методов. Все используемые методы позволили выявить достаточно высокий уровень полиморфизма (табл.). Результаты были хорошо воспроизводимыми (в том числе и результаты RAPD-анализа).

Для разных видов эффективность маркеров была разной. Так для *B. sarmatica* наиболее эффективным оказался метод RAPD, для *A. regelianum* — AFLP, для *A. hololeuca* также AFLP (табл.).

Уровень полиморфизма, выявляемый с помощью применяемых методов молекулярно-генетического маркирования

Вид	Метод	Количество праймеров	Выявляемый уровень полиморфизма, %
<i>B. sarmatica</i>	RAPD	12	97,7
	ISSR	6	68,9
	AFLP	3	91,6
<i>A. regelianum</i>	RAPD	8	75,8
	ISSR	6	79,8
	AFLP	5	80,5
<i>A. hololeuca</i>	RAPD	8	78,8
	ISSR	6	85,7
	AFLP	4	88,8

Для изучения генетического разнообразия лука регелевского и бельвалии сарматской был также использован метод NBS-профайлинга. Это метод анализа полиморфизма последовательностей семейства генов устойчивости, основанный на специфической амплификации фрагментов ДНК с помощью праймеров, один из которых комплементарен консервативной последовательности NBS-домена R-генов, второй — последовательности адаптера, который лигирован к фрагментам рестрикции геномной ДНК [Van der Linden et al., 2004]. Учитывая универсальность применяемых праймеров, этот метод можно применять и для исследования растений, геном которых почти не изучен.

Для *B. sarmatica* с помощью данного метода выявлен очень высокий уровень полиморфизма (95,8 %). Для *A. regelianum* выявленный уровень полиморфизма был ниже (32 %). Отметим, что с помощью метода NBS-профайлинга можно сравнить полиморфизм генов устойчивости редких видов и их культурных сородичей. Такой анализ был проведен для *A. regelianum* и других представителей рода *Allium*. При дифференциации образцов, было показано, что изучаемый редкий вид обособлен от других видов рода, что указывает на уникальность генов устойчивости данного вида [Трифорова и др., 2016].

Применение монолокусных SSR-маркеров для изучения генетического разнообразия *A. regelianum*, *B. sarmatica*, *A. hololeuca* было ограничено, т. к. микросателлитные маркеры для этих видов ранее разработаны не были. Однако для *A. regelianum*, среди микросателлитных маркеров, разработанных для культур-

ных представителей рода *Allium*, были отобраны те, что позволяли выявлять внутривидовой полиморфизм эндемичного вида [Трифонова и др., 2017]. Выбранные SSR-маркеры оказались достаточно информативными (показатель PIC варьировал от 0,55 до 0,72).

Сравнивая данные, полученные с помощью разных методов можно говорить об их сходности. Нами был проведен тест Мантеля на корреляцию между матрицами сходства Дайса и генетических расстояний Нея, полученными с помощью разных методов. Выявлена статистически значимая положительная корреляция.

Таким образом, все применяемые методы анализа позволили получить достоверные, воспроизводимые сходные друг с другом результаты, что говорит о возможности применения каждого из них как по отдельности, так и в комплексе.

Выбор молекулярно-генетических маркеров для анализа редких и исчезающих видов растений велик. Все они обладают некоторыми достоинствами и недостатками. Однако применение каждого из методов дает вполне сопоставимый результат. Таким образом, выбор определенной маркерной системы можно сделать исходя из возможностей лаборатории, времени для исследования.

Литература

- Lombard V., Dubreuil P., Dilmann C., Baril C. 2001. Genetic distance estimators based on molecular data for plant registration and protection: A review // Acta Horticulturae. Vol. 546, № 2. P. 55–63. Smýkal P., Horáček J., Dostálová R., Hýbl M. 2008. Variety discrimination in pea (*Pisum sativum* L.) by molecular, biochemical and morphological markers // Journal of applied genetics. Vol. 49, № 2. P. 155–166. Condit R., P. Hubbell S. 1991. Abundance and DNA sequence of two-base repeat regions in tropical tree genomes // Genome. Vol. 34, № 1. P. 66–71. Календарь П. Н., Глазко В. И. 2002. Типы молекулярно-генетических маркеров и их применение // Физиология и биохимия культурных растений. Т. 34, № 4. С. 279–296. Yang J., Zhao L. L., Yang J. B., Sun W. B. 2015. Genetic diversity and conservation evaluation of a critically endangered endemic maple, *Acer yangbiense*, analyzed using microsatellite markers // Biochemical systematics and ecology. Vol. 60. P. 193–198. Aboukhalid K., Machon N., Lambourdière J., Abdelkrim J., Bakha M., Douaik A., Kordecka-Glinka G., Gaboun F., Tomi F., Lamiri A., Al Faiz C. 2017. Analysis of genetic diversity and population structure of the endangered *Origanum compactum* from Morocco, using SSR markers: Implication for conservation // Biological conservation. Vol. 212. P. 172–182. Walisch T. J., Colling G., Boddenseh M., Matthies D. 2015. Divergent selection along climatic gradients in a rare central European endemic species, *Saxifraga sponhemica* // Annals of botany. Vol. 115, No. 7. P. 1177–1190. Kumar H., Priya P., Singh N., Kumar M., Choudhary B. K., Kumar L., Singh I. S., Kumar N. 2016. RAPD and ISSR marker-based comparative evaluation of genetic diversity among Indian germplasm of *Euryale ferox*: an aquatic food plant // Applied biochemistry and biotechnology. Vol. 180, № 7. P. 1345–1360. Jiang Y., Li Y., Lu S., Liu Y., Peng J., Zhu D. 2012. Genetic diversity of *Chimonanthus grammatus* populations determined with inter-simple sequence repeats (ISSR) analysis: Implications for conservation // Journal of Medicinal Plants Research. Vol. 6, № 7. P. 1272–1278. Снегин Э. А., Снегина Е. А., Новомлинская Т. А. 2016. Генетическая структура популяций особоохраняемого вида проломника козо-полянскогo (*Androsace kozo-poljanskii* Ovcz.) в условиях юга Среднерусской возвышенности на основе ДНК-маркеров // Экологическая генетика. Т. 14, № 1. С. 3–12. Raji J., Atkinson C. T. 2013. Population genetic structure of rare and endangered plants using molecular markers. Hilo: Hawai'i Cooperative Studies Unit, University of Hawai'i. 42 p. Jaros U., Fischer G. A., Pailler T., Comes H. P. 2016. Spatial patterns of AFLP diversity in *Bulbophyllum occultum* (Orchidaceae) indicate long-term refugial isolation in Madagascar and long-distance colonization effects in La Réunion // Heredity. Vol. 116, № 5. P. 434–446. Van der Linden C. G., Wouters D. C., Mihalka V., Kochieva E. Z., Smulders M. J., Vosman B. 2004. Efficient targeting of plant disease resistance loci using NBS profiling // Theoretical and Applied Genetics. Vol. 109, № 2. P. 384–393. Трифонова А. А., Кочиева Е. З., Кудрявцев А. М. 2016. Анализ генетического разнообразия редкого и эндемичного вида *Allium regelianum* на основе данных NBS-профайлинга // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты): материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада. Ялта. С. 192–193. Трифонова А. А., Кочиева Е. З., Кудрявцев А. М. 2017. Анализ варибельности микросателлитных локусов у редкого и эндемичного вида *Allium regelianum* А. К. Becker ex Pijn // Генетика. Т. 53, № 2. С. 192–200.

ВЫСОКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕНОМА ЧЕСНОКА ПОСЕВНОГО (*ALLIUM SATIVUM* L.) КАК ОСНОВА ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ

М. А. Филюшин

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
michel7753@mail.ru

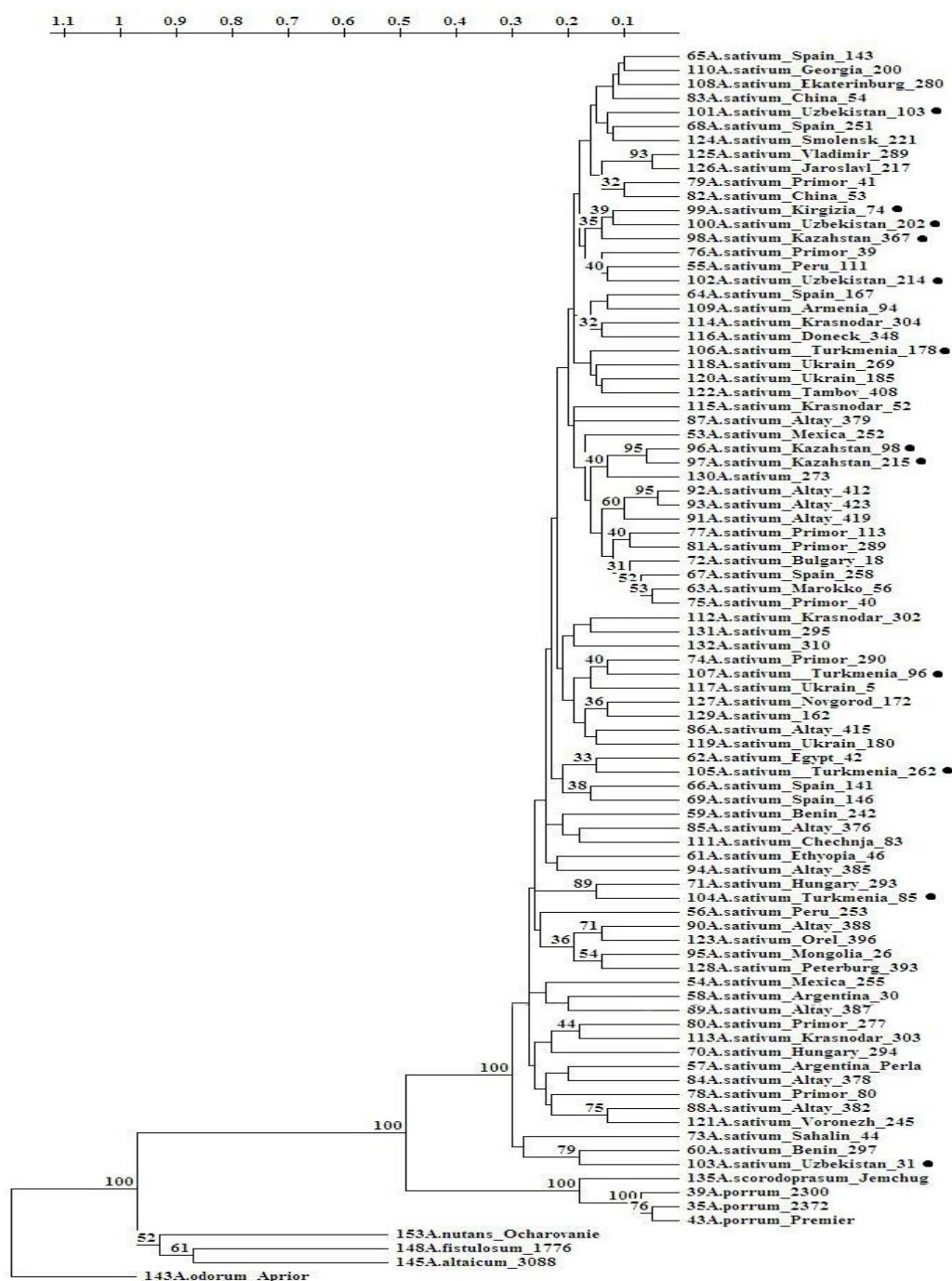
Чеснок (*Allium sativum* L.) — однодольное луковичное растение рода *Allium* секции *Allium*. Особенностью чеснока является отсутствие семенного размножения, в соцветиях (если они образуются) вместо семян формируются воздушные луковички, и, как следствие, чеснок размножается только вегетативно. Центром происхождения чеснока считается Центральная Азия, а современный культурный ареал охватывает все земледельческие континенты [Vavilov, 1951; Ipek et al., 2003]. Широкому распространению чеснока способствовали, в первую очередь, его вкусо-ароматические и лечебные свойства, способность к длительному хранению, а также высокая экологическая пластичность, позволяющая ему расти в различных климатических условиях.

Характеристика биоразнообразия вида является актуальной и основополагающей проблемой, так как она формирует фундамент для понимания механизмов организации и функционирования геномов, адаптации к различным эколого-географическим условиям произрастания. Считается, что основным источником поддержания варибельности генома и экологической пластичности является половое размножение. Поэтому, изучение структурно-функциональной организации генома вегетативно размножаемого вида

Allium sativum необходимо для определения механизмов, лежащих в основе высокой экологической пластичности данного вида и устойчивости к широкому кругу фитопатогенов.

Генетическое разнообразие чеснока активно изучается, но в большинстве исследований использовались либо ограниченные выборки образцов из небольшого числа стран, либо образцы локального происхождения или коммерческие сорта [Прек et al., 2003; Volk et al., 2004; Egea et al., 2017]. Для проведения данной работы из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) было отобрано 80 образцов чеснока — 12 из популяций первичного центра происхождения и 68 из современного культивируемого ареала. В качестве внешней группы взяты образцы восьми родственных видов *Allium*.

Генетическое разнообразие *A. sativum* определялось с использованием современного молекулярного метода NBS-профайлинг, который позволяет изучить полиморфизм семейства NBS-LRR-генов, обеспечивающих устойчивость растений к абиотическим и биотическим стрессам [Van der Linden et al., 2004; Calenge et al., 2005; Vossen et al., 2013].



Дендрограмма генетических различий исследуемых образцов *Allium sativum* и родственных видов рода *Allium* по результатам NBS-профайлинга (образцы из первичного центра происхождения отмечены точками)

С использованием 4 праймеров к различным участкам NBS-домена [Van der Linden et al., 2004] для каждого анализируемого образца был получен специфичный профиль NBS-фрагментов. Всего было детектировано 209 фрагментов. У образцов *A. sativum*, *A. porrum* и *A. scorodoprasum*, относящихся к секции *Allium*, были идентифицированы 17 фрагментов, общих для представителей данной секции. Для анализируемых 80 образцов чеснока *A. sativum* количество полиморфных фрагментов составило 132 (63,1 % от общего числа фрагментов). При этом ни для одного из исследуемых образцов чеснока не идентифицировано образец-специфичных фрагментов. Рассчитанные генетические расстояния между образцами чеснока варьировали от 0,10 до 0,68, что сопоставимо с вариабельностью семейства NBS-LRR-генов у сортов озимой пшеницы (0,15–0,50) [Sayar-Turetetal, 2011], но, в отличие от чеснока, пшеница размножается генеративно и активно ведется ее селекция на устойчивость к фитопатогенам.

На дендрограмме образцы видов секции *Allium* (*A. porrum*, *A. sativum* и *A. scorodoprasum*) образовали единый кластер, внутри которого все образцы чеснока *A. sativum* формировали обособленный субкластер. Внутри субкластера *A. sativum* выделялись отдельные группы образцов, однако они характеризовались низким уровнем поддержки (ИБ < 50), за исключением нескольких пар образцов.

Анализ популяционной структуры по результатам NBS-профайлинга разделил исследуемые образцы чеснока на группы (A–F). Лишь у нескольких образцов чеснока преобладает один набор ДНК фрагментов, у большинства же образцов чеснока совмещено в разных соотношениях по несколько типов ДНК-фрагментов. Образцы из первичного центра распределились по группам неравномерно. Образцы *A. sativum* из России присутствуют в каждой из выделяемых восьми групп, но распределяются по ним неоднородно.

Таким образом, в результате проведенного NBS-профайлинга выявлен высокий уровень вариабельности семейства NBS-LRR-генов чеснока, что может объяснить высокую экологическую пластичность данного вида. По результатам кластерного анализа все исследуемые образцы чеснока образуют единый субкластер, внутри которого выделяются отдельные группы, однако они имеют низкий уровень поддержки, не выявлено зависимости разделения образцов на группы от их эколого-географического происхождения.

Литература

- Calenge F., Van der Linden C. G., Van de Weg E. et al. 2005. Resistance gene analogues identified through the NBS-profiling method map close to major genes and QTL for disease resistance in apple // *Theor Appl Genet.* Vol. 110 (4). P. 660–668. Egea L. A., Mérida-García R., Kilian A., Hernandez P., Dorado G. 2017. Assessment of Genetic Diversity and Structure of Large Garlic (*Allium sativum*) Germplasm Bank, by Diversity Arrays Technology «Genotyping-by-Sequencing» Platform (DArTseq) // *Front in Genet.* Vol. 8. P. 1–9. Ipek M., Ipek A., Simon P. W. 2003. Comparison of AFLPs, RAPD markers, and isozymes for diversity assessment of garlic and detection of putative duplicates in germplasm collection // *J. Am. Soc. Hort. Sci.* Vol. 128. P. 246–252. Sayar-Turet M., Dreisigacker S., Braun H. J., Hede A., MacCormack R., Boyd L. 2011. Genetic variation within and between winter wheat genotypes from Turkey, Kazakhstan and Europe as determined by NBS-profiling // *Genome.* Vol. 54. P. 419–430. Van der Linden C. G., Wouters D. E., Kochieva E. Z., Smulders M. J. M., Vosman B. 2004. Efficient targeting of plant disease resistance loci using NBS-profiling // *Theor. Appl. Genet.* Vol. 109. P. 384–393. Vavilov N. I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants // *Chron Bot.* Vol. 13 (1–6). P. 1–364. Volk G. M., Henk A. D., Richards C. M. 2004. Genetic Diversity among U. S. Garlic Clones as Detected Using AFLP Methods // *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 129 (4). P. 559–569. Vossen J. H., Dezhsetan S., Esselink D., Arens M., Sanz M. J., Verweij W., Verzaux E., van der Linden C. G. 2013. Novel applications of motif-directed profiling to identify disease resistance genes in plants // *Plant Methods.* Oct. 7. Vol. 9 (1). P. 37.

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЦИРКУМПОЛЯРНЫХ ВИДОВ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ АРКТИКИ

М. В. Шитова¹, А. Н. Болтунов², М. В. Гаверило^{3,4}, О. Г. Дольникова¹, А. А. Кочнев^{5,6}, Н. В. Крюкова⁷, А. А. Переверзев⁸, В. Н. Светочев⁹, В. С. Семенова², Т. В. Малинина¹

¹ Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, Москва, Россия

² Научно-экспедиционный центр по исследованию морских млекопитающих, Москва, Россия

³ Ассоциация «Морское наследие: исследуем и сохраним», Санкт-Петербург, Россия

⁴ Национальный парк «Русская Арктика», Архангельск, Россия

⁵ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, Чукотский филиал, Анадырь, Россия

⁶ Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, Россия

⁷ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

⁸ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, Владивосток, Россия

⁹ Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

Shitova-m@rambler.ru

Тихоокеанский морж. В работах, посвященных популяционной структуре тихоокеанского моржа [Cronin et al, 1994; Jay et al, 2012; Scribner et al, 1997; Sonsthagen et al., 2012], выделяются две, а иногда три обособленные репродуктивные группировки. Западные группировки моржей (Россия, побережье окраинных морей Северного Ледовитого и Тихого океанов) до сих пор остаются неизученными в области популяционно-генетического анализа. Цель работы — исследование трех западных нерепродуктивных скоплений моржей, использующих в качестве сезонных местообитаний береговые лежбища Чукотского моря (мыс Ванкарем, мыс Сердце-Камень и о-в Колючин).

В работе было исследовано 117 образцов тихоокеанского моржа с трех лежбищ западной части Чукотского моря (мыс Ванкарем, мыс Сердце-Камень, о-в Колочин). Была проанализирована изменчивость ядерной (20 микросателлитных локусов) и митохондриальной ДНК (три фрагмента — ND1, COI, D-Loop) [Шитова и др., 2017].

Стоит отметить, что показатели генетического разнообразия по обоим типам маркеров достаточно высокие (в сравнении с атлантическим моржом [Шитова и др., 2014а; Шитова и др., 2014б]), несмотря на сильную депрессию численности тихоокеанского моржа в период коммерческого зверобойного промысла в 1880–1950 гг., когда она достигала минимальной величины около 50000 голов [Fay, 1982; Fay et al., 1997], примерно трети от современной численности (около 129–130 тыс. голов [Speckman et al., 2011]). По-видимому, популяция моржа западной части Чукотского моря не перешагнула критического значения минимальной численности животных, при которой происходит неизбежное снижение генетического разнообразия.

Анализ 20 микросателлитных локусов не выявил гетерогенности среди моржей трех лежбищ. Анализ мтДНК показал наличие слабых различий только между выборками «Ванкарем 2007» и «Ванкарем 2010», но различия между выборками «Ванкарем 2007» и «Ванкарем 2010» по мтДНК приходится на две – три позиции во фрагменте мтДНК — D-Loop. Дифференциация слабая, ошибка p-values большая и сравнима с самим p-values. Все это говорит о неоднозначности оценки дифференциации по мтДНК — возможно, это «мнимая» дифференциация из-за небольшого объема материала и нерепрезентативности выборок по этому фрагменту мтДНК (по фрагменту D-loop: Ванкарем 2007 — 12 образцов, Ванкарем 2010 — 16 образцов). Оба этих факта свидетельствуют в пользу предположения о принадлежности особей моржа, использующих лежбища западной части Чукотского моря, к единой репродуктивной группировке.

Арктическая кольчатая нерпа

Кольчатая нерпа *Pusa hispida* (*P. h.*) — один из наиболее многочисленных видов настоящих тюленей северного полушария. Выделяют 5 подвидов, 4 из которых встречаются в России: арктический подвид (*P. h. hispida*) распространен циркумполярно, а в российской части ареала населяет также Белое море, Берингов пролив и Берингово море; ладожский подвид (*P. h. Ladogensis*) обитает в Ладожском озере, балтийский подвид (*P. h. botnica*) распространен в Балтийском море; охотоморский подвид (*P. h. ochotensis*) обитает в Охотском море [Гептнер и др., 1976].

В популяционно-генетическом плане вид изучен довольно плохо. Существуют единичные работы по кольчатой нерпе Сайменского озера (Финляндия), балтийской, ладожской, гренландской и шпицбергенской нерпе [Olsen et al., 2011; Palo et al., 2001; Valtonen et al., 2012; Valtonen et al., 2014]. Популяционно-генетическая структура российской арктической кольчатой нерпы не изучена.

Цель данной работы — провести первичную оценку генетического разнообразия и оценить популяционно-генетическую структуру арктической кольчатой нерпы российских окраинных морей Северного Ледовитого океана.

В работе было проанализировано 25 образцов арктической кольчатой нерпы из различных районов Российской Арктики по 10 микросателлитным локусам и одному фрагменту мтДНК (D-петля) [Шитова и др., 2018].

Был выявлен значимый коэффициент дифференциации между беломорской нерпой (4 образца) и нерпой с Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) (13 образцов) по мтДНК, так же было показано сниженное генетическое разнообразие беломорской нерпы по мтДНК. На общей гаплотипической сети (сеть была построена совместно с последовательности из базы данных NCBI по балтийскому, ладожскому и сайменскому подвидам кольчатой нерпы, а также с дополнительными образцы арктического подвида с архипелага Шпицберген, Аляски и Белого моря, всего 86 последовательностей) все гаплотипы беломорской нерпы (9 последовательностей) формируют отдельную группу. В связи с этим можно ожидать, что беломорская группировка нерпы является первым «кандидатом» на статус обособленной популяции. Необходимо увеличить объем выборки для кольчатой нерпы Белого моря.

Работа выполнена при финансовой поддержке гостемы "Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природохозяйственной деятельности (Эколого-генетическая структура вида), Программы фундаментальных исследований президиума РАН № 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» (ГЗ «АААА-А18-118111590073-3»), и гранта РФФИ 18-016-00033 (по части ДНК-маркеров).

Литература

- Гептнер В. Г., Чапский К. К., Арсеньев В. А. и др. 1976. Млекопитающие Советского Союза: в 3 т. Т. 2, часть 3: Ластоногие и зубатые киты. М.: Высш. шк. 718 с. Шитова М. В., Кочнев А. А., Дольникова О. Г. и др. 2017. Генетическое разнообразие тихоокеанского моржа (*Odobenus rosmarus divergens*) в западной части Чукотского моря // Генетика. Т. 53, № 2. С. 223–232. Шитова М. В., Болтунов А. Н., Гаврило М. В. и др. 2018. Генетическое разнообразие арктической кольчатой нерпы (*Pusa hispida hispida*) российских морей Северного Ледовитого океана // Генетика. Т. 54. Приложение. С. S58-S63. Шитова М. В., Болтунов А. Н., Никифоров В. В. и др. 2014 а. Генетическая изменчивость атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus*) о. Вайгач // Морские млекопитающие Голарктики: сб. науч. трудов по материалам VIII междунар. конф. (Санкт-Петербург, 22–27 сентября 2014 г.). М.: Совет по морским млекопитающим. Т. 2. С. 327–334. Шитова М. В., Гаврило М. В., Мизин И. А. и др. 2014 б. Микросателлитная изменчивость атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus*) с лежбищ архипелага Земля Франца Иосифа и северной оконечности Новой Земли // Морские млекопитающие Голарктики: сб. науч. трудов по материалам VIII междунар. конф. (Санкт-Петербург, 22–27 сентября

2014 г.). М.: Совет по морским млекопитающим. Т. 2. С. 319–326. Cronin M. A., Hills S., Born E. W. et al. 1994. Mitochondrial DNA variation in Atlantic and Pacific walruses // Can. J. Zool. Vol. 72. P. 1035–1043. Fay F. H. 1982. Ecology and biology of the Pacific walrus, *Odobenus rosmarus divergens* Illiger // North Am. Fauna. Washington, D. C.: USFWS. № 74. 279 p. Fay F. H., Eberhardt L. L., Kelly B. P. et al. 1997. Status of the Pacific walrus population, 1950–1989 // Marine Mammal Science. Vol. 13. P. 537–565. Jay C. V., Outridge P. M., Garlich-Miller J. L. 2008. Indication of two Pacific walrus stocks from whole tooth elemental analysis // Polar Biology. Vol. 31. P. 933–943. Olsen M. T., Volny M. P., Berube M. 2011. A simple route to single-nucleotide polymorphisms in a nonmodel species: identification and characterization of snps in the Arctic ringed seal (*Pusa hispida hispida*) // Molecular Ecology Resource. Vol. 11. (suppl. 1). P. 9–19. Palo J. U., Makinen H. S., Helle E. et al. 2001. Microsatellite variation in ringed seals (*Phoca hispida*): genetic structure and history of the Baltic Sea population // Heredity. Vol. 86. P. 609–617. Scribner K. T., Hills S., Fain S. R. et al. 1997. Population genetics studies of the walrus (*Odobenus rosmarus*): A summary and interpretation of results and research needs // Mol. Genetics Marine Mammals, special publ. Vol. 3. P. 173–184. Sonsthagen S. A., Jay C. V., Fischbach A. S. et al. 2012. Spatial genetic structure and asymmetrical gene flow within the Pacific walrus // J. Mammalogy. Vol. 93. Iss. 6. P. 1512–1524. Speckman S., Chernook V. I., Burn D. M. et al. 2011. Results and evaluation of a survey to estimate Pacific walrus population size, 2006 // Marine Mammal Science. Vol. 27. P. 514–553. Valtonen M., Palo J., Ruokonen M. et al. 2012. Spatial and temporal variation in genetic diversity of an endangered freshwater seal // Conserv. Genet. Vol. 13. P. 1231–1245. Valtonen M., Palo J. U., Aspi J. et al. 2014. Causes and consequences of fine-scale population structure in critically endangered freshwater seal // BMC Ecology. Vol. 14. Iss. 22. P. 1–14.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA* WALBAUM) РЕК ЧУКОТКИ

М. В. Шитова¹, Ю. Н. Хохлов², А. И. Никифоров³, П. К. Афанасьев⁴, С. Ю. Орлова⁵, Т. А. Ракицкая¹, В. Д. Прохоровская¹, Т. В. Малинина¹, К. И. Афанасьев¹, Г. А. Рубцова¹, А. В. Бугаев⁶, Л. А. Животовский¹

¹ Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН, Москва, Россия

² Всероссийское общество охраны природы. Пермское краевое отделение, Пермь, Россия

³ Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, Москва, Россия

⁴ Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов, ФГБУ «Главрыбвод», Москва, Россия

⁵ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

⁶ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Камчатский филиал, Петропавловск-Камчатский, Россия

shitova-m@rambler.ru

Кета северной части азиатского ареала размножается преимущественно естественным способом. Реки Анадырского лимана (реки Анадырь, Канчалан и Великая) — самые северные реки, в которые заходит на нерест промышленно значимое число производителей кеты. В более северных реках кета нерестится (вплоть до р. Лена), но численность ее невысока и промышленный лов не ведется. В реку Анадырь заходит основная часть кеты из Анадырского лимана (85–90 %) [Макоедов, 2009], основные нерестилища начинаются в районе с. Марково. Площадь бассейна р. Анадырь 191 тыс. км², длина реки 1150 км [Макоедов, 2009]. Река Белая является левым притоком р. Анадырь, в ней нерестится 15–20 % кеты, заходящей в р. Анадырь [Макоедов, 2009].

Цель данной работы — подробный популяционно-генетический анализ и оценка генетического разнообразия кеты северной части ареала.

Материалом для работы послужили образцы кеты, собранные в период с 2009 по 2011 гг. в реках Чукотского АО, и в период с 2001 по 2010 годы — в реках штата Аляска (США). Дополнительно, к исследованию привлекались данные из работ Афанасьева с соавторами и Животовского с соавторами [Животовский и др., 2010; Афанасьев и др., 2011]. Всего в работе было проанализирована 41 выборка, 1686 образцов.

ДНК-анализ образцов проводился по методике, опубликованной в работе Афанасьева с соавторами [Афанасьев и др., 2011].

Генетическое разнообразие. По количеству эффективного числа аллелей (показатель μ) все выборки из бассейна реки Анадырь расположены в промежутке от 5,7 до 7,3 аллелей, в этот промежуток также входят почти все выборки из северной части Камчатского края и Магаданской области и р. Пенжина. Наибольшим показателем средней ожидаемой гетерозиготности отличаются выборки из рек Анадырского бассейна и Карагинского нагорья, все они входят в интервал от 65 до 71 %.

Региональная дифференциация. В предыдущих работах [Животовский и др., 2010; Афанасьев и др., 2011] было показано, что оценки дифференциации в северной части ареала кеты гораздо ниже, чем в южной части. Кластер азиатской кеты с минимальной дифференциацией, объединяющий кету охотоморского побережья материка, п-ва Камчатка и Чукотки, был назван «северной кетой» [Животовский и др., 2010]. В настоящей работе при анализе 41 выборки кеты была изучена подробная региональная дифференциация северной кеты азиатской части ареала, а также кеты Аляски. Были выделены крупные регионы, такие как «Аляска» (включает выборки из США и Канады, кроме кеты из ручья Беатрип), «Магадан» (включает все выборки из Магаданской области), «северная часть Камчатки» (все выборки из рек Хайлюля, Дранка, Кичига и Палана), р. Пенжина, «бассейн р. Анадырь» (включает все выборки из рек Анадырь, Великая, Канчалан и Белая) и три выборки под общим названием «Карагинское нагорье» (выборки из рек Туманская, Хатырка и Вывенка). Отдельное положение занимает кета из ручья Беатроп (США).

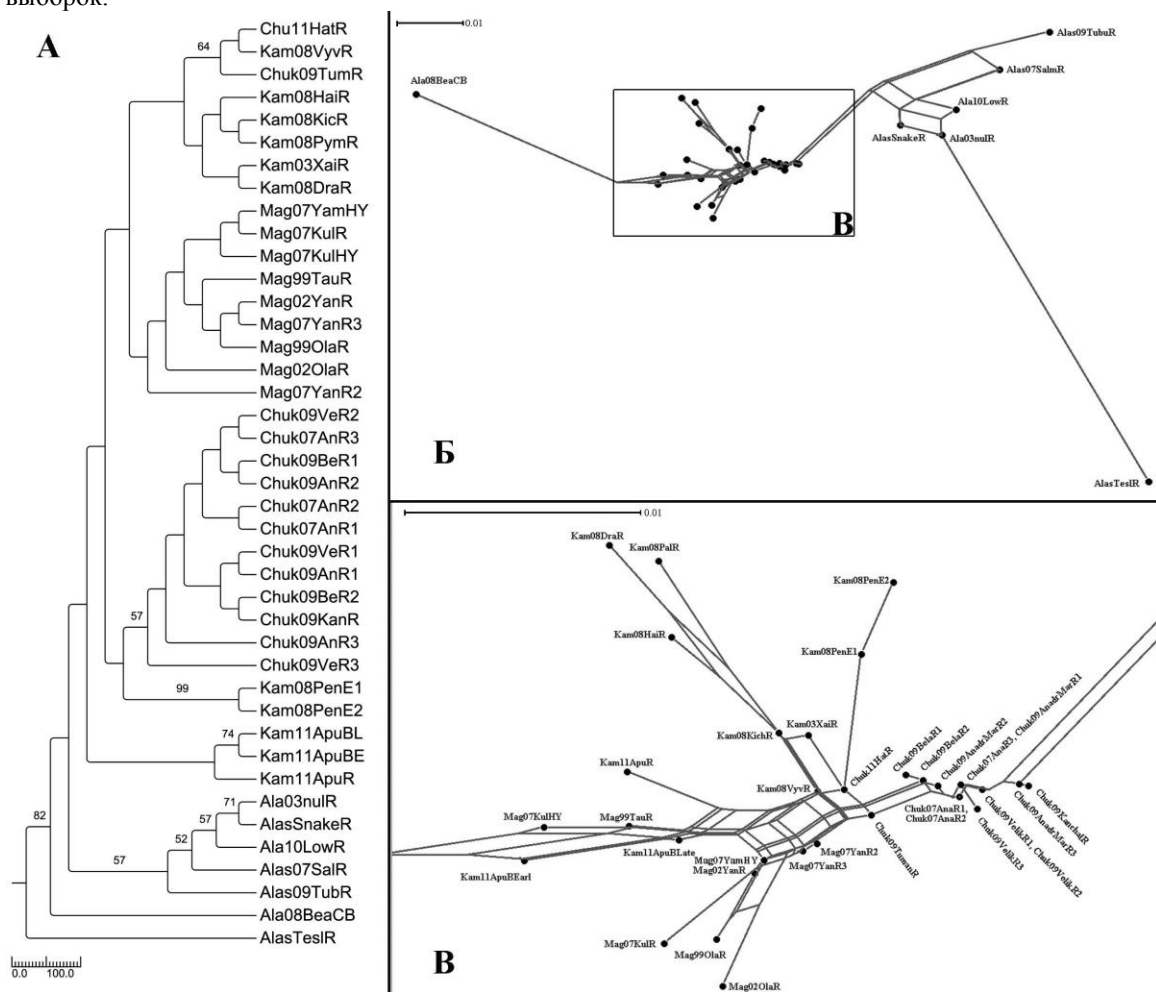
В целом между восточным и западным побережьем северной части Тихого океана межрегиональная дифференциация равна 3,1 % (бутстрэп-интервал — от 1,2 до 5,7 %).

Ввиду особенностей кладистского подхода на древовидной кладограмме (рис. 1) не всегда возможно наблюдать особенности сходства и различия групп выборок, генетическая сеть для таких сравнений подходит больше. При сравнении группы выборок «Аляска» с кетой северной части западной Пацифики минимальные различия наблюдаются с группами выборок из «бассейна р. Анадырь» и «Карагинское нагорье». Такое обстоятельство кажется нам вполне закономерным, если учитывать существование в прошлом берингийского моста и единой речной системы Юкон-Анадырь.

В северной части западной Пацифики однозначно выделяются такие крупные регионы, как «Магадан», «северная часть Камчатки», р. Пенжина и «бассейн р. Анадырь». Похожие результаты были показаны в цитированных работах [Животовский и др., 2010; Афанасьев и др., 2011]. Оценки дифференциации между выделенными регионами колеблются от 1,1 до 1,7 %, не превышая 2 %.

Все выборки кеты из рек Анадырь, Великая, Белая, Канчалан входят в одну речную систему. Оценки дифференциации между данными выборками незначимы и выборки группируются в один кластер, который мы назвали «бассейн реки Анадырь». Различия отсутствуют между выборками, взятыми в разное время в течении одного года, а также между выборками, собранными в разные года.

Особый интерес вызывает группа выборок «Карагинское нагорье». В эту группу входят выборки из рек Туманская, Хатырка и Вывенка. При попарной оценке дифференциации эти выборки не отличаются от выборок из бассейна р. Анадырь и некоторых северокамчатских выборок, но при использовании других методов анализа, например, при построении генетического дерева с бутстреп-поддержкой узлов ветвления (рис.), клада «Карагинское нагорье» поддерживается в 64 % деревьев, а на генетической сети обсуждаемые выборки расположены в тороксе сети (в центральной ее части). Все это свидетельствует о том, что выборки «Карагинское нагорье» нельзя отнести ни к одной из трех перечисленных групп, что в свою очередь свидетельствует в пользу слабой обособленности (на грани статистической значимости) этой группы выборок.



А — UPGMA — дерево с бутстреп-поддержкой узлов ветвления. Показаны только значения, превышающие 50 %;

Б — генетическая сеть выборок, построенная по генетическим расстояниям Рейнолдса;

В — увеличенная часть, указанная в прямоугольнике на рисунке Б

Учитывая все полученные факты, говорить о полном генетическом сходстве кеты группы выборок «Карагинское нагорье» с какими-либо другими популяциями неправомерно, данное стадо, по-видимому, находится на стадии формирования генетической обособленности.

Краткие выводы:

1. Дифференциация популяций кеты в северной части ареала выражена слабее, чем в южной части.
2. Сравнение кеты рек Аляски с северной азиатской кетой показывает наименьшие их различия с чукотскими стадами кеты.
3. В северной части ареала западной Пацифики однозначно выделяются такие популяционные комплексы, как кета Магадана, кета северной части Камчатки, кета реки Пенжина, кета бассейна реки Анадырь.
4. При попарном сравнении выделенных группировок, наименьшие различия наблюдаются между кетой реки Пенжина и кетой из бассейна реки Анадырь.
5. Выявлено неоднозначный популяционный статус кеты из группы выборок «Карагинское нагорье»; данное стадо, по-видимому, находится на стадии формирования генетической обособленности.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-016-00033, гостемы «Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природохозяйственной деятельности (Эколого-генетическая структура вида)», Программы фундаментальных исследований президиума РАН № 41 «Биоразнообразии природных систем и биологические ресурсы России» (ГЗ «АААА-А18-118111590073-3»).

Литература

Афанасьев К. И., Рубцова Г. А., Шитова М. В. и др. 2011. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* российского Дальнего Востока, выявленная по микросателлитным маркерам // Биология моря. Т. 37, № 1. С. 39–47. Животовский Л. А., Рубцова Г. И., Шитова М. В. и др. 2010. База микросателлитных ДНК-данных по кете Дальнего Востока России // Бюллетень № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей» / ТИНРО-центр; науч. ред. В. П. Шунтов. Владивосток. С. 53–63. Макоедов А. Н., Кортаев Ю. А., Антонов Н. П. 2009. Азиатская кета. Петропавловск-Камчатский: Издательство ФГУП Камчатский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО). 355 с.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВАКУОЛЯРНОЙ ИНВЕРТАЗЫ *PAIN-1* ВИДОВ РОДА *SOLANUM*

Е. О. Шмелькова, М. А. Слугина

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
mashinmail@mail.ru

Род *Solanum* является одним из крупнейших среди двудольных растений, включает около 1 200 видов. Представители рода *Solanum* широко распространены по всему земному шару. Род *Solanum* включает много ценных видов, среди них есть лекарственные растения (паслен сладко-горький, паслен черный), а главное агрономически ценные виды (картофель, баклажан, томат). Современной тенденцией в геномных исследованиях культурных растений является изучение дикорастущих родственных видов, так как именно они составляют основу генетического разнообразия. Помимо практического значения интерес к изучению рода вызван тем, что *Solanum* — это хорошая модельная система для изучения эволюции геномов, отдельных генов и семейств генов, определяющих хозяйственно-ценные признаки. Одним из важных признаков таких культур как картофель, томат и баклажан является содержание крахмала и сахаров, обусловленных работой ферментов углеводного обмена.

Инвертазы (β -фруктозидазы, ЕС 3.2.1.26) — небольшое семейство белков, которые катализируют одну из ключевых реакций углеводного метаболизма — необратимый гидролиз сахарозы с образованием глюкозы и фруктозы. Всего у растений обнаружены три типа инвертаз, кодируемых тремя небольшими генными семействами: *апопластические инвертазы*, связанные с клеточной стенкой и расщепляющие сахарозу в *апопласте*; *вакуолярные инвертазы*, растворимые кислые инвертазы, локализованные в вакуолях; растворимые нейтральные *цитоплазматические инвертазы*. Вакуолярная инвертаза *PAIN-1* участвует в процессах запасания сахаров в нефотосинтезирующих органах, какими являются, например плоды томата (*S. lycopersicum*) или клубни картофеля (*S. tuberosum*).

Целью настоящей работы стала идентификация генов-гомологов *PAIN-1* у видов рода *Solanum*, описание их вариабельности и реконструкция возможной эволюции этих генов.

Основываясь на результатах полногеномного секвенирования картофеля *S. tuberosum*, и томата овощного *S. lycopersicum*, представленных в базе данных NCBI, были разработаны специфичные праймеры, позволяющие амплифицировать выбранный участок гена *PAIN-1* у разнообразных видов рода *Solanum*. С использованием разработанных праймеров были амплифицированы последовательности *PAIN-1* 10 дикорастущих и культивируемых видов картофеля секции *Petota*, 12 дикорастущих и культивируемых видов томата секции *Lycopersicon*, а также баклажана (*S. melongena*), паслена седого (*S. incanum*), паслена сладко-горького (*S. dulcamara*) и паслена ложноперецкого (*S. pseudocapsicum*).

Полученные последовательности новых генов-гомологов *PAIN-1* были клонированы и секвенированы. Таким образом, впервые выявлены полноразмерные последовательности гена *PAIN-1* у 26 представителей различных подродов *Solanum* — *Potatoe*, *Solanum*, *Leptostemonum* и *Minon*. Проведен структурно-функциональный анализ, охарактеризована вариабельность последовательностей генов *PAIN-1* и кодируемых ими белков. Показано, что все гены-гомологи имели схожую структуру и состояли из семи экзонов и шести интронов. Показано, что длина исследуемого гена варьирует у различных видов *Solanum*, что обусловлено многочисленными инделями в области II и III интронов. В последовательностях интронов и экзонов выявлено большое количество сайтов единичных нуклеотидных замен (SNPs), многие из которых приводят к замещениям аминокислотных остатков в первичной структуре белка. Ряд замен и инделей специфичен для отдельных таксонов или групп таксонов, в том числе, для видов картофеля и томата.

С целью реконструкции филогении был проведен кластерный анализ новых последовательностей генов-гомологов *PAIN-1 Solanum*, а также известных последовательностей *Solanaceae* из базы данных NCBI и построены дендрограммы на основе как нуклеотидных последовательностей (ген и κДНК), так и аминокислотных последовательностей вакуолярной инвертазы, тремя методами: Maximum likelihood, Neighbor-joining, Minimum evolution. Дендрограммы, построенные различными методами имели единую топологию.

На полученных дендрограммах выделяется три основных кластера: первый кластер включает всех представителей подрода *Potatoe*; второй кластер — представители родственного подрода *Solanum*; третий кластер включал представителей подродов *Leptostemonum* и *Minon*. Внутри первого кластера *Potatoe* виды томата (секц. *Lycopersicon*) и картофеля (секц. *Petota*) образуют две четкие дивергентные группы.

Одним из наиболее спорных вопросов в таксономии представителей рода *Solanum* на сегодняшний день остается таксономическая верификация числа видов томата, определение видовых границ, а также сама их принадлежность к роду *Solanum*. Для видовой классификации томатов использовались различные критерии (морфология, биохимия, способность скрещиваться), что в итоге привело к появлению большого количества подродов, видов, подвидов, разновидностей, также появились гипотезы о межвидовых гибридах. Однако до сих пор нет единой точки зрения на число видов томата и их эволюцию. Кроме того, до последнего времени отдельные исследователи по-прежнему выделяли виды томатов в отдельный род *Lycopersicon*. На полученных дендрограммах в кластере, представляющем секцию *Lycopersicon*, выделяются две основные группы, соответствующие самоопыляемым видам (*S. chmielewskii*, *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium* var. *racemigerum*, *S. cheesmaniae*, и *S. galapagense*) и перекрестноопыляемым томатам (*S. chilense*, *S. peruvianum*, *S. arcanum*, *S. peruvianum* var. *dentatum*, и *S. glandulosum*). Кроме того, на дендрограммах анализируемые виды группируются также по признаку окраски плодов: все зеленоплодные виды образуют единый кластер, другой кластер состоит из видов, имеющих желтую, оранжевую и красную окраску плодов. Полученные данные подтверждают, что процесс эволюции видов томата происходил от зеленоплодных перекрестноопыляемых к красноплодным самоопыляемым видам. Также подтверждена ошибочность выделения видов томата в отдельный род *Lycopersicon*.

На дендрограмме 10 анализируемых видов картофеля секции *Petota* разделились по группам, соответствующим сериям *Stellata* (*S. lignicaule*, *S. pinnatisectum*, *S. chacoense*) и *Rotata* (*S. stoloniferum*, *S. boliviense*, *S. oplocense*, *S. sparsipillum*, *S. gourlayi*, *S. pampasense*).

Представлялось интересным оценить силу и направление действия отбора на последовательности генов-гомологов *PAIN-1* у *Solanum*. Подсчитанные коэффициенты K_n/K_s (соотношение несинонимичных замен к синонимичным) оказались больше единицы, что свидетельствует о том гены-гомологи инвертаз подвергались действию положительного отбора.

Таким образом, в работе были впервые идентифицированы и охарактеризованы 26 генов-гомологов *PAIN-1*, кодирующих кислую вакуолярную инвертазу у видов *Solanum*. Реконструированные филогенетические деревья подтвердили принятую таксономическую классификацию изученных видов *Solanum* и показали возможность использования нуклеотидных и аминокислотных последовательностей вакуолярной инвертазы для таксономической идентификации и филогенетических исследований у *Solanaceae*. Показано, что эволюция гена кислой вакуолярной инвертазы *PAIN-1* повторяет общую эволюцию рода *Solanum* и находится под положительным действием отбора.

Работа выполнена в рамках КПНИ «Развитие селекции и семеноводства картофеля».

СОДЕРЖАНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЛОДАХ
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА (*CRATAEGUS* L.)

С. Д. Азизов¹, А. А. Абдурахимов¹, Ш. К. Карамхудоева¹, Е. А. Скочилова¹, С. В. Мухаметова²

¹ Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

² Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
neosarvar@gmail.com

По причине деградации среды обитания в настоящее время катастрофическими темпами сокращается биологическое разнообразие, имеющее огромное значение для человечества. В соответствии с этим одной из мер сохранения биоразнообразия является создание особо охраняемых природных территорий и выращивание растений в ботанических садах. В Ботаническом саду Поволжского государственного технологического университета создана коллекция представителей разных видов рода боярышник.

Многие виды растений содержат различные биологически активные соединения, которые используются в медицинской и фармацевтической практике. Особенно ценны в этом отношении виды рода боярышник, у которых в качестве лекарственного растительного сырья применяются цветки и плоды. Наиболее предпочтительными в фармакопейном отношении являются плоды, содержащие дубильные вещества.

Дубильные вещества — это сложные смеси растительных высокомолекулярных полимеров фенольных соединений. Лекарственное сырье и препараты, содержащие дубильные вещества, применяются наружно и внутрь как вяжущие, противовоспалительные, бактерицидные и кровоостанавливающие средства. Кроме того, установлено, что гидролизуемые и конденсированные дубильные вещества проявляют высокую Р-витаминную активность, антигипоксическое и антисклеротическое действие. Конденсированные дубильные вещества обладают противоопухолевым эффектом [Diane et al., 2016].

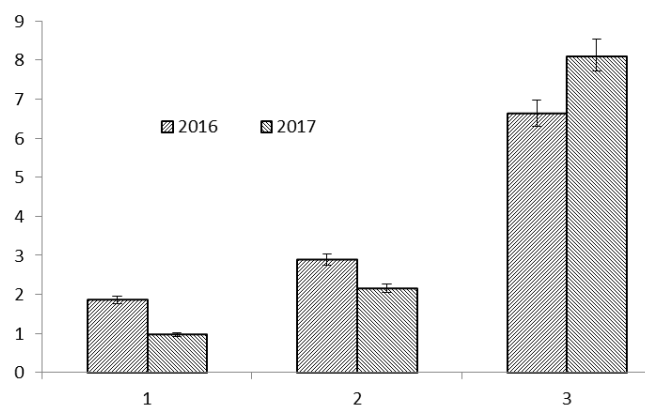
Биологическая роль дубильных веществ для жизнедеятельности растений велика. Они являются запасными питательными веществами, выполняют защитную функцию, при повреждении растений образуют комплексы с белками, обладают бактерицидными и фунгицидными свойствами, участвуют в окислительно-восстановительных процессах, являются переносчиками кислорода в растениях.

Дубильные вещества широко распространены в живой природе. Они обнаружены у покрыто- и голосеменных растений, в плаунах и папоротниках, в водорослях, грибах и лишайниках. Дубильные вещества находятся в вакуолях, а при старении клеток адсорбируются на клеточных стенках. Они накапливаются в подземных органах, коре, древесине, листьях и плодах. Целью данного исследования являлось изучение содержания дубильных веществ в плодах некоторых видов боярышника, выращиваемых в условиях Республики Марий Эл.

Объектами изучения были плоды 3 представителей рода *Crataegus*: боярышник точечный форма золотистая (*Crataegus punctata* f. *Aurea* Aiton), боярышник огненно-красный (*Crataegus chrysocarpa* Ashe), боярышник Прингла (*Crataegus pringlei* Sarg.). Данные виды боярышника также входят в коллекцию Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл. Ареалом произрастания изученных видов является Северная Америка. Плоды боярышника собирали в сентябре-октябре в 2016 и 2017 гг. в фазу массового созревания с освещенной стороны растений. Определение количества дубильных веществ в пересчете на танин в плодах боярышника проводили титриметрическим методом с использованием раствора марганцовокислого калия согласно методике статьи Государственной фармакопеи СССР, XI издание (выпуск 1) «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье» (1987). Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программы «Statistica 6.0». Достоверность различий оценивали по распределению Стьюдента на доверительном уровне 95 %.

Результаты исследований показали, что содержание дубильных веществ в плодах изученных растений рода *Crataegus* по годам менялось от 0,97 до 8,12 % в абсолютно сухом сырье (рис.).

Наибольшее количество дубильных веществ в 2016 и 2017 гг. обнаружено в плодах *C. punctata* f. *aurea*, наименьшее — в плодах *C. pringlei*, плоды *C. chrysocarpa* характеризовались средними значениями данного показателя. Сравнивая содержание дубильных веществ в плодах разных видов боярышника за 2016 и 2017 гг. можно заключить, что в 2016 г. танинов было больше у *C. pringlei* в 1,9 раза и *C. chrysocarpa* в 1,3 раза, по сравнению с 2017 г. В плодах *C. punctata* f. *aurea* количество танинов в 1,2 раза, наоборот, было выше в 2017 г., по сравнению с 2016 г. По данному показателю между годами и видами боярышника обнаружена статистически значимая разница.



Содержание дубильных веществ в плодах растений рода *Crataegus*, % в абсолютно сухом сырье:
1 — *C. pringlei*; 2 — *C. chrysocarpa*; 3 — *C. punctata f. aurea*

Метеорологические условия анализируемых лет были неравнозначными. По сравнению с 2016 годом 2017 год характеризовался коротким периодом активной вегетации, а также меньшей суммой эффективных и активных температур. Условия увлажнения за период активной вегетации 2016 года были очень засушливыми, 2017 года — избыточно влажными. Можно предположить, что в плодах *C. punctata f. aurea* большее количество дубильных веществ накапливалось в более влажных условиях и при более низкой сумме эффективных и активных температур за период активной вегетации. Тогда как в плодах *C. pringlei* и *C. chrysocarpa* обнаружено наибольшее количество дубильных веществ в 2016 г., который характеризовался как засушливый год с наибольшей суммой эффективных и активных температур.

Литература

Государственная фармакопея СССР. 1987. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. М.: Медицина. XI издание. Вып. 1. С. 286–287. Diane A., Borthwick F., Wu S., Lee J., Brown P. N., Dickinson T. A., Croft K. D., Vine D. F., Proctor S. D. 2016. Hypolipidemic and cardioprotective benefits of a novel fireberry hawthorn fruit extract in the JCR: LA-cp rodent model of dyslipidemia and cardiac dysfunction // Food & function. Vol. 7 (9). P. 3943–3952. DOI: 10.1039/c6fo01023g.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВИДОВ АДВЕНТИВНОЙ ФРАКЦИИ ФЛОРЫ РОМЕНСКО-ПОЛТАВСКОГО ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО ОКРУГА (УКРАИНА)

Т. С. Двирна

Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина, dvirna_t@ukr.net

Одной из актуальных проблем, которая приобретает все большее значение, является сохранение агробиоразнообразия [Бурда, 2001]. Агробиоразнообразие функционирует как природный объект, но в целом находится в зависимости от процесса сельскохозяйственного производства. На основе этого выделяют несколько типов агроэкосистем: экосистемы сельских населенных пунктов (приусадебные участки, садово-парковые зоны); экосистемы промышленного производства продукции растениеводства; экосистемы лугов и пастбищ и экосистемы, граничащих с вышеуказанными. На территории исследуемого региона специальное изучение агробиоразнообразия не проводилось.

Роменско-Полтавский геоботанический округ находится в центральной части Украины, а именно: за ботанико-географическим районированием [Гелюта, 1989] — в Левобережной Лесостепи; за физико-географическим районированием — в Лесостепной зоне [Физико-географическое..., 1968].

Адвентивная фракция флоры изучаемого округа насчитывает 345 видов сосудистых растений, восемь из них являются инвазионными — *Acer negundo* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Coryza canadensis* (L.) Cronq., *Iva xantifolia* (Nutt.) Fresen, *Portulaca oleracea* L., *Setaria glauca* (L.) P. Beauv. *Solidago canadensis* L., и два потенциально-инвазионными — *Asclepias syriaca* L. и *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. [Двирна, 2015].

В результате наших исследований установлено, что большинство видов адвентивных растений, характеризуется широкой экологической амплитудой и встречается на разных типах экотопов (в частности *Acer negundo* растет на опушках, составляет основу полевых защитных полос, встречается на закрайках полей, а также на железных дорогах) [Двирна, 2015].

Среди представителей адвентивной фракции флоры агрофитоценозов есть *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia*, *Anisantha tectorum* (L.) Nevski., *Brassica napus* L., *Coryza canadensis*, *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv., *Galinsoga parviflora* Cav., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Setaria glauca* и другие, которые в целом характерны для агроландшафтов центральной лесостепи [Ткач, Стародуб, Богословская, Довгич, 2011]. Луга, пастбища, долины рек и полуестественные фитоценозы представлены *Althaea*

officinalis L., *Ambrosia artemisiifolia*, *Iva xantifolia* (Nutt.) Fresen, *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Lathyrus tuberosus* L., *Medicago sativa* L., *Onobrychis viciifolia* Scop., *Onopordum acanthium* L., *Xanthium albinum* (Widder.) H. Scholz, *Xanthium ripicola* × *Xanthium albinum*, *Xanthium strumarium* L. и др. По закрайкам полей, в лесополосах распространены *Amaranthus albus* L., *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Artemisia annua* L., *Asclepias syriaca*, *Brassica napus* L., *Consolida regalis* S. F. Gray, *Datura stramonium* L., *Oenothera biennis* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Sinapis arvensis* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Solanum nigrum* L. На полях встречаются *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, *Cynoglossum officinale* L., *Echinochloa crusgalli*, *Euphorbia helioscopia* L., *Myosotis arvensis* (L.) Hill, *Sonchus oleraceus* L. и др. Стремительное распространение адвентивных видов растений и их вмешательство в агроценозы приводит к нарушению полноценного их функционирования.

Большинство видов адвентивных растений – сорняки, которые являются постоянным компонентом агроценозов. В последнее время наблюдается повышение уровня засоренности сельскохозяйственных территорий Украины в целом, что обусловлено упрощением технологий выращивания, нарушением чередования культур в севооборотах, свертыванием агротехнических мероприятий, отсутствием профилактических мероприятий и уменьшением объемов применения гербицидов [Новожилова, Билоус, 2009].

По данным Международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству (FAO) потери сельскохозяйственной продукции от сорняков и других вредных организмов во всем мире оцениваются в 75 млрд дол. за год, что составляет треть потенциально возможного сбора урожая. По данным Главной государственной инспекции защиты растений сельскохозяйственным культурам и продукции растениеводства вредят более 300 видов сорняков; по подсчетам научных учреждений Украинской национальной академии аграрных наук потери потенциального урожая от вредителей, болезней и сорняков в государстве исчисляются в размере 33–48 %; засоренность посевов полевых культур сорняками составляет около 90–98 %, что приводит к снижению производительности культур [Задорожный, Карасевич, Мовчан, Колодий, 2014]. Например, сорняками в посевах сахарной свеклы является *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crusgalli* и *Setaria glauca*; озимой пшеницы — *Apera spica-venti*, *Capsella bursa-pastoris*, *Conyza canadensis*, *Lactuca serriola* L., *Viola arvensis* Murray и *Sonchus oleraceus* L.; рапса — *Capsella bursa-pastoris*, *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Matricaria perforata* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Sonchus arvensis* L., *Sonchus asper* (L.) Hill., *Sonchus oleraceus*, *Spergula arvensis* L. и *Viola arvensis* [Выращивание..., 2014]; сои — *Abutilon theophrastii* Medik., виды рода *Amaranthus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinochloa crusgalli*, *Galinsoga parviflora* и виды рода *Xanthium*, *Setaria glauca* [Задорожный, Карасевич, Мовчан, Колодий, 2014] и ряд других.

Особую группу среди сорняков составляют карантинные виды растений. Согласно Закону Украины «О карантине растений» в перечень карантинных организмов, ограниченно распространенные в Украине (А–2), из 17 видов на территории Роменско-Полтавского геоботанического округа отмечено 4 — *Ambrosia artemisiifolia*, *Cenchrus pauciflorus* Benth., *Cuscuta campestris* Yunck, *Sorghum halepense* (L.) Pers., а из регулируемых карантинных вредных организмов — *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle [Закон..., 2006]. Следует отметить, что *Ambrosia artemisiifolia* распространена на всей территории исследуемого региона и занимает значительные площади: по состоянию на 2003 г. она отмечена приблизительно на 2327, 82 га, на 2014 г. — 5932, 811 га, а на 2017 г. — на 11155, 768, то есть засорены видом площади за 15 лет увеличились в 2 раза [Обзор..., 2003; 2016–2017]. Другие виды (*Cenchrus pauciflorus*, *Cuscuta campestris*, *Sorghum halepense*) распространены спорадически. *Ailanthus altissima* в последние годы активно дичает из культуры и распространяется, спорадически встречается в регионе, но преимущественно вблизи мест культивирования. Вредоносность приведенных видов карантинных растений проявляется в снижении урожайности сельскохозяйственных культур, лугов и пастбищ, засорении урожая и ухудшении его качества, переносе возбудителей заболеваний и накоплении вредителей сельскохозяйственных культур, токсичности для животных, нарушении состава и структуры фитоценозов [Коровякова, 2011; Шевчук, 2012].

Виды адвентивных растений, особенно инвазионные, наносят экономический ущерб, а с другой стороны, эти виды могут стать новыми ресурсными растениями, поскольку большинство из них имеет хозяйственно-ценные качества [Виноградова, Куклина, 2012].

По характеру использования среди видов адвентивных растений Роменско-Полтавского геоботанического округа мы выделяем ряд групп – лекарственные, ядовитые, декоративные, пищевые, жиро- и эфиромасличные, красящие, кормовые, технические, медоносные, строительные, дубильные, витаминные и сорняки [Котт, 1961].

Значительную часть видов адвентивных растений, содержащих полезные химические вещества (алкалоиды, витамины и т. д.), можно использовать как лекарственные — (*Acorus calamus* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Xanthium strumarium*, *Tagetes patula* L., *Phytolacca americana* L. и др.), жиро- и эфиромасличные (*Arabicopsis thaliana* (L.) Heynh., *Armoracia rusticana* P. Gaertn., B. Mey & Scherb., *Asclepias syriaca*, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Brassica napus*, *Brassica nigra* (L.) W. D. J. Koch, *Camelina alyssum* (Mill.) Thell., *Verbena officinalis* L., *Ulmus pumila* L. и др.), кормовые (*Morus alba* L., виды рода *Amaranthus* и *Oenothera*, *Helianthus annuus* L. и т. п.), для производства волокна (*Abutilon theophrastii*, *Apocynum cannabinum* L. и *Asclepias syriaca*), пищевые (*Acorus calamus*, *Armoracia rusticana*, *Calendula officinalis* L., *Cichorium*

intybus L., *Papaver rhoeas* L., *Sisymbrium officinale* (L.) Scop., *Xanthoxalis corniculata* (L.) Small), медоносные (*Asclepias syriaca*, *Fagopyrum esculentum* Moench, *Leonurus cardiac* L., *Oenothera biennis*, *Phacelia tanacetifolia* Benth., *Reseda lutea* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Silphium perfoliatum* L., *Sinapis arvensis* L., *Sonchus arvensis*), декоративные (*Adonis aestivalis* L., *Agrostemma githago* L., *Ailanthus altissima*, *Amaranthus caudatus* L., *A. Cruentus* L., *Amorpha fruticosa* L., *Aster novi-belgii* L., *Bryonia alba* L., *Caragana arborescens* Lam., *Cleome spinosa* Jacq., *Echinacea purpurea* (L.) Moench, *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray, *Ipomoea purpurea* (L.) Roth, виды рода *Mattiola* и *Papaver*, *Thladiantha dubia* и др.), ряд видов являются ядовитыми (виды рода *Datura*, *Hyoscyamus niger* L., *Sinapis arvensis*, виды рода *Xanthium*, *Tribulus terrestris* L.), для закрепления лесополос, укрепления дорог и создание «живых изгородей» (*Ulmus pumila*, *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum* L., *Populus alba* L., *Robinia pseudoacacia*, *Salix fragilis* L., а *Asclepias syriaca* — для закрепления склонов).

В целом, использование видов адвентивных растений, особенно инвазивных, может значительно уменьшить затраты на культивирование ряда растений, которые имеют такие же качества. С одной стороны, расходы на исследование таких видов растений значительно ниже тех, которые связаны с их контролем, а с другой — они являются потенциальными новыми ресурсными растениями, поскольку имеют достаточно высокий ресурсный потенциал.

Литература

- Бурда Р. И. 2001. Оценка экологической угрозы заносных растений в агроландшафтах Украины // Промыш. ботан.: сб. науч. тр. Вып. 1. С. 16–21. Бурда Р. И. 2001. Экология инвазий и инвазивных растений в агроландшафтах // Вестн. аграрн. науки. № 8. С. 73. Виноградова Ю. К., Куклина А. Г. 2012. Ресурсный потенциал инвазивных видов растений // Возможности использования чужеродных. М.: ГЕОС. 186 с. Выращивание озимого и ярового рапса в Украине. Рекомендации для производителей. 2014. Киев. 71 с. Гелюта В. П. 1989. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев: Наук. думка. 256 с. Двирна Т. С. Адвентивная фракция флоры Роменско-Полтавского геоботанического округа и ее инвазивный потенциал: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 2015. Киев. 18 с. Задорожний В. С., Карасевич В. В., Мовчан И. В., Колодий С. В. 2014. Контролирование сорняков в посевах сои в Правобережной Лесостепи Украины // Научные труды Института биоэнергетических культур и сахарной свеклы. Вып. 20. С. 31–37. Закон Украины «О карантине растений»: по состоянию на 10 марта 2006 г. [№ 3348-ХІІ от 30.06.1993 г., с измен.]. 2006. Верховная рада Украины. Офиц. изд. Киев. Парлам. 40 с. Коровякова Т. О. 2011. Особенности продукционного процесса и роста лугового разнотравья на сенокосах и пастбищах поймы Псла // Уч. зап. Таврич. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». Т. 24 (63), № 1. С. 79–88. Котт С. А. 1961. Сорные растения и борьба с ними. М.: Сульхозгиз. 365 с. Новожилова Е. В., Билюс А. А. 2009. Сравнительный анализ перечня пестицидов, разрешенных к использованию на зерновых в украинской и международной практике. Киев. 35 с. Обзор распространения карантинных организмов в Украине на 1 января 2003 г. 2003. Киев: УКРГЛАВГОСКАРАНТИН. 108 с. Обзор распространения карантинных организмов в Украине, 2016–2017. URL: http://www.consumer.gov.ua/ContentPages/Oglyad_Poshirennya_Karantinnikh_Organizmiv_V_Ukraini/219/ Ткач Е. Д., Стародуб В. И., Богословская М. С., Довгич К. И. 2011. Экологическая оценка заносных видов растений в агроландшафтах центральной Лесостепи // Агрэкологический журн. № 4. С. 82–86. Физико-географическое районирование Украинской ССР. 1968 / ред. В. П. Попов. Киев: Изд-во Киев. ун-та. 683 с. Шевчук О. М. 2012. Роль пастбищных экосистем в сохранении биоразнообразия на юго-востоке Украины // Промыш. ботан. Вып. 12. С. 61–66.

РОЛЬ СЕМИКУЛЬТУР В СОХРАНЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ НА ПЛАНЕТЕ

А. В. Димитриев¹, М. П. Шилов²

¹Чебоксарский филиал Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина, Чебоксары, Россия, cheboksandr@mail.ru

²Ивановское областное краеведческое общество, Иваново, Россия, mp.shilov40@mail.ru

Семикультуры (от лат. *semit* — полу, *cultura* — возделывание) — это сознательно или стихийно освоенные естественные сообщества, или искусственно созданные популяции хозяйственно-ценных растений, которые без ухода (или при минимальном уходе) успешно функционируют в течение длительного времени и дают устойчивый урожай [Димитриев, Шилов, 2017а; б; 2018; Шилов, Димитриев, 2017]. Семикультуры — это энергосберегающие, весьма разнообразные сообщества и популяции растений (по биоморфам, видовому составу, структуре), используемые преимущественно в экстенсивных формах хозяйствования. Для России, 70 % территории которой расположено в экстремальных для сельского хозяйства условиях, с ее 97,2 млн га заброшенных земель (44 % всех сельскохозяйственных угодий страны) [Дятловская, 2017; Фаляхов, 2017] они приобретают актуальное значение.

Для видов, формирующих семикультуры характерны экологическая пластичность, эврипотность, эврибионтность, засухо- и морозостойкость, способность оптимизировать среду обитания, высокая семенная продуктивность и большой запас их семян в почве. Семикультуры в России ныне возникают стихийно на многих залежных землях.

Семикультурные территории (далее — СКТ) — это луга, леса (искусственные посадки и естественные от самосева), тундры, болота, степи, аквасемикультуры (водорослевые «поля»), заброшенные сады и т. д., которые, так или иначе, использует человек и при этом проводит различные работы по уходу за ними. СКТ занимают до 50–60 % поверхности суши, ООПТ лишь 13,6 % площади территории РФ [данные 2017 г.: Государственный доклад..., 2018]. Некоторые СКТ (естественные луга, леса-сады) при рациональном использовании очень близки к заказникам, природным и национальным, паркам, зонам традиционного природопользования народов Севера, зеленым зонам городов.

На многих СКТ распространены объекты охраны Красных, Зеленых, Голубых, Коричневых и других цветных книг: раритеты флоры и фауны, уникальные экотопы, почвы, фитоценозы и другие объекты, особенно ценные для сохранения биоразнообразия.

Создается впечатление, что семикультуры имеют не меньшее значение в охране биоразнообразия, чем ООПТ. Покажем это на примере всем известных естественных лугов. Они широко распространены в лесной, лесостепной и степной зонах. В большинстве случаев луга возникли в результате сознательной деятельности человека — сведения пойменных и водораздельных лесов, осушения болот, обводнения (орошения) степей и пустынь, а также после выжигания лесных участков и т. д. [Шилов, Уразов, 1984]. Луга очень разнообразны по природным (экологическим, почвенным, флористическим, фитоценотическим), антропогенным параметрам (степенью воздействия, контроля, управления) и хозяйственным показателям (урожайность, питательность, поедаемость, переваримость корма).

Созданные человеком многокомпонентные высокопродуктивные фитоценозы кормовых угодий — величайшее достижение человечества. Луговые сообщества, в отличие от типичных полевых агрофитоценозов, фотосинтезируют непрерывно, в течение всего вегетационного периода; их нет необходимости создавать ежегодно заново. Они близки к естественным фитоценозам по своей структуре, продуктивности, устойчивости и поэтому отличаются самой высокой стабильностью урожаев. Луга не подвергаются сильным повреждениям вредителями и болезнями. Они удивительно приспособлены к меняющимся погодноклиматическим условиям, а почвы под ними не знают утомления. Травы могут использоваться на пастбищах много лет с ранней весны до поздней осени, что значительно удлиняет использование свежего высоковитаминизированного корма [Шилов, 1986].

Луга при рациональном использовании очень близки к заказникам, природным паркам и другим категориям ООПТ. Крестьяне к лугам относились очень заботливо. Они полагали, что «Луг — полю друг», «Луг кормит пашню», потому как «Много корма — много скота — много навоза — много хлеба». Луга в крестьянском хозяйстве были своеобразными ценными заказными угодьями с достаточно строгим режимом. До уборки трав скот на сенокосах, как правило, не выпасался. Сенокосы охранялись и были закрыты для прохода по ним людей, техники и домашних животных. Фактически это были угодья с заказным режимом использования, близкими к современным заказникам и играли важную роль в сохранении биоразнообразия. Эту их роль в свое время очень высоко оценил известный специалист по охране природы К. Н. Благосклонов при устном обсуждении данного вопроса.

На примере лугов Человек многовековой практикой доказал, что Природу можно не только интенсивно использовать, но и эффективно охранять. Сохранились дневники русских крестьян, в которых они записывали своим детям и внукам «Берегите луга, луга берегите!». Осознание этого завета наших предков делает и нас ответственными за Природу.

В целях сохранения биоразнообразия участки лугов с краснокнижными видами растений следует использовать под сенокосение только после обсеменения этих растений. Конкурентные виды следует удалять, но без применения гербицидов. При интенсивном использовании луга преобразуются в культурные сообщества, при снятии нагрузки они демутируют в исходные ценозы.

На косимых лугах и выпасаемых пастбищах следует оставлять 10 % территории для обсеменения и естественного воспроизводства. Год от года эти не косимые участки сенокосов и не стравливаемые участки пастбища надо менять, чтобы дать и другим участкам семикультур успешно воспроизводиться. На заказных участках будут также сохраняться разные раритеты фауны, микобиоты, что обеспечит стабильность развития биогеоценоза.

С древнейших времен в Крыму было развито чаирное садоводство, не требовавшее особого ухода. Чаиры — семикультурные плодово-ягодные сады многофункционального назначения (сад; сенокос; пастбище для овец, коз, коров; место заготовки плодов, ягод, дров, хвороста и установки пчелопасеки) ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Чаир_\(сад\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Чаир_(сад))).

В 1930–1950 гг. в СССР создавались семикультуры («лесосады») на основе дикорастущих насаждений плодово-ягодных деревьев и кустарников. Специальными приемами улучшали качество плодов и повышали их урожайность. В Краснодарском крае на Кубани в 10 лесосадовых совхозах общей площадью 15 тыс. га, ежегодно собирали и перерабатывали тысячи тонн плодов. Создавались лесосады на Кавказе и в Карпатах [Соколов, 1955], в Сибири, на Алтае — кедрогоры [Чивилихин, 1983; 2000]. В средней полосе России по рекомендации И. В. Мичурина для обеспечения рабочих орехами создавались лещиновые сады. Идеи И. В. Мичурина живы! В настоящее время в южных районах и в средней полосе России становится популярным лесосадовое ореховодство.

Спустя 40 лет отечественная идея лесосадов была переоткрыта в странах Западной Европы. Лесосады в России, в связи с огромными площадями пустующих залежных, ранее обрабатываемых, земель заслуживают всяческого внимания как перспективные энергосберегающие семикультуры для производства плодово-ягодной и овощной продукции при минимальных затратах энергии и труда [Лесосад, 2017]. Они могут быть созданы путем реконструкции древесных насаждений, возникших стихийно на залежных землях, путем посадки плодово-ягодных культур: яблонь, груш, облепихи, аронии Мичурина, ирги колосистой, рябины, калины, боярышников, шиповников, смородины, малины, жимолостей, куманики и т. д. Таким

путем при минимальных затратах можно создать продуктивные лесосады и обеспечить население дешевой плодово-ягодной продукцией. Создаваемые человеком лесные семикультуры существуют сотнями лет при минимальных затратах и обеспечивают человека разнообразными дарами природы. Не случайно говорят: «Планируешь будущее на год — сей зерно, на сто лет — выращивай лес».

Болота, используемые человеком для тех или иных целей (сбор ягод — клюквы, водяники, голубики, черники, брусники; лекарственных и съедобных растений, для охоты, заготовки торфа и мхов) мы также относим к СКТ. Болота с краснокнижными видами должны подлежать охране. Фактически это уже практикуется в Московской области и ее примеру должны последовать все остальные регионы России. Мы предлагаем это предложение обсудить на данной конференции, направить соответствующее решение в адрес профильного комитета ГД РФ. На болотах с каналами, ручьями и реками с обитанием в них бобров запретить их отстрел, если они создают оптимальный режим для краснокнижных видов и способствуют восстановлению их популяций. На всех ранее нарушенных болотах провести работы по репатриации краснокнижных видов, которые на них ранее обитали.

Экопоселения фактически также на 50–80 % представляют собою СКТ и должны рассматриваться как перспективные территории для создания популяций краснокнижных видов с целью распространения их в культуре, а также для репатриации раритетов, где они ранее обитали. При вдумчивом подходе на основе экопоселений можно создать активную сеть хранителей природы [Формирование сети..., 2007].

Участки спелых лесов отводить под вырубку следует только после их обследования на предмет наличия в них редких видов. При их обнаружении нужно оставлять лесные массивы в естественном состоянии, разрешая лишь выборочную рубку отдельных спелых и перестойных деревьев. Этот вопрос мы также предлагаем обсудить на данной конференции и соответствующее решение выслать в адрес профильного комитета ГД РФ.

Водоемы и водотоки с краснокнижными видами должны содержаться в естественном состоянии при соблюдении всех рекомендаций по охране краснокнижных видов. Землепользователям и землевладельцам, владельцам лесов, лугов, болот, водоемов и водотоков, на территории которых имеются популяции видов растений, включенных в Красные книги, при соблюдении рекомендаций по их охране, выдавать удостоверения «Хранителей природы». Участки лесов, лугов, болот, водоемов и водотоков, на территории которых имеются популяции видов растений, включенных в Красные книги признавать заказниками, биорезерватами, СКТ и полностью их владельцев освобождать от налогов.

При добросовестном отношении к охране краснокнижных видов хранителей природы поощрять: бесплатным дарением Красных книг и другой литературы по биоразнообразию. Периодически издавать специальные буклеты, в которых детально описывать режимы использования и охраны семикультур-заказников краснокнижных видов.

В России имеется реальная возможность при минимуме затрат создать впервые в мире густую сеть семикультурных территорий с обитанием на них краснокнижных видов, а также хранителей природы из числа собственников СКТ с краснокнижными видами.

Семикультурные сообщества широко распространены в экстремальных горных условиях (альпийские и субальпийские пастбища, орехово-плодовые леса) в разных странах земного шара. Встречаются они и в оптимальных климатических условиях, но гораздо реже. Создание и использование семикультур продолжается с момента зарождения скотоводства и земледелия, то есть на протяжении 10–18 тыс. лет. Но несмотря на это, общая теория семикультур, их генезиса, структуры, содержания, форм использования, повышения продуктивности и управления их популяциями при минимальных затратах до сих пор разработана недостаточно. Их эффективное использование без нанесения ущерба природе — реальный путь сохранения биосферы в экстремальных природных зонах и горных поясах малозатратными способами. Разработка теории и практики семикультур, их широкое использование повысит эффективность мероприятий по охране биосферы, сохранению биоразнообразия, и одновременно станет важным шагом для создания продовольственной базы и борьбы с голодом в разных регионах Земли.

Роль семикультур в АПК, биосфере и ноосфере. В настоящее время по всем направлениям рационального использования растительных ресурсов, сохранению биоразнообразия и созданию второй, искусственной природы, то есть ноосферы делаются определенные успехи.

Общая теория семикультур, их генезиса, структуры, содержания, форм использования, повышения продуктивности и управления их популяциями при минимальных затратах до сих пор разработана недостаточно полно. Их эффективное использование без нанесения ущерба окружающей среде — один из реальных путей сохранения биосферы в экстремальных природных зонах и горных поясах малозатратными способами. Разработка теории и практики семикультур, их широкое использование повысит эффективность мероприятий по охране биосферы, сохранению биоразнообразия, и одновременно станет важным шагом для пополнения продовольственной базы и борьбы с голодом в разных регионах Земли.

Для сохранения экологического равновесия на планете естественные экосистемы в тундре и лесотундре должны занимать 98 % ее территории, на севере тайги — 80–90 %, на юге тайги — 45–50 %, в зоне широколиственных лесов и лесостепи — 30–35 %, в степной зоне — 35–40 % [Реймерс, Штиль-

марк, 1978]. При этом, многие из них используются и могут использоваться в качестве семикультурных сообществ, т. е. СКТ.

Человечество на протяжении длительного времени создавало различные семикультуры, однако их роль и значение, несмотря на глубокую оценку еще в античные времена, в России до настоящего времени не было достойно оценено. Создание семикультур — это один из наиболее перспективных, малозатратных и хорошо окупаемых способов консервации временно выбывающих из использования сельскохозяйственных земель. Широкое использование семикультур — один из эффективных путей сохранения биосферы.

Таким образом, будущее цивилизации видится не в полном переходе биосферы в ноосферу, как обычно трактуется ноосферологами, а в гармоничном сочетании биосферы, ноосферы и переходной между ними зоны — тоносферы, представленной семикультурными сообществами. Полностью изолировать биосферу от воздействия ноосферы, вероятно, вряд ли удастся даже на территории абсолютных резерватов (заповедников). В этой связи очень важно выявить оптимальное соотношение био-, тоно- и ноосистем по всем природным зонам и высотным поясам земного шара. При оптимальном сочетании участков с дикой природой, культур и семикультур достигается высокая эффективность в экономике, АПК и гармония с биосферой, при нарушении — неизбежны издержки в производстве и проблемы в биосфере.

Семикультуры в ботанических садах представлены самыми разнообразными вариантами. Это удобные площадки для многолетних наблюдений за состоянием популяций различных видов растений, их размножению и т. д. В ботанических садах необходимо создать разнообразные коллекции краснокнижных видов и на основе их развернуть работы по репатриации исчезнувших раритетов флоры на нарушенных территориях. Желательно также разработать методические рекомендации по созданию и эффективному использованию семикультур применительно к местным условиям. Охраной биоразнообразия, ООПТ и СКТ Человек не только отдает свой долг Природе. Сохраняя ее, он входит в симбиоз с нею, сохраняет жизнь на планете самым естественным малозатратным способом и делает себя справедливым, счастливым, красивым, достойным высокого предназначения в биосфере.

Литература

- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». 28 декабря 2018. Часть 8. С. 211–258. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/_v_2017_/ Димитриев А. В., Шилов М. П. 2018. Семикультуры: история, распространение, типы, технология, роль в АПК, биосфере и ноосфере // Достижения науки и техники АПК. Т. 32, № 9. С. 12–16. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10903. Димитриев А. В., Шилов М. П. 2017 а. Семикультуры: роль в экономике и в биосфере // Инновационные технологии в растениеводстве и экологии: материалы междунар. науч.-практ. конф. Владикавказ. С. 173–175. Димитриев А. В., Шилов М. П. 2017 б. Создание полукультур — экологичный способ повышения кормности местообитаний зимующих и кочующих птиц // Эволюционные и экологические аспекты изучения живой материи: материалы I Всерос. науч. конф.: в 4 кн. / отв. ред. Н. Я. Поддубная. Череповец. С. 95–105. Дятловская Е. 2017. В России не используется 44 % сельхозугодий // Агроинвестор. 5 декабря 2017. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/29033-44-selkhozugodiy-v-rossii-ne-ispolzuyutsya/> Лесосад. 2017 // Родовая Земля. № 3. С. 11. Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. 1978. Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль. 295 с. Соколов Г. А. 1955. Леса-сады. М.: Географгиз. 176 с. Фалыхов Р. 2017. Сельхозперепись: крестьяне забросили Россию // газета.ru. 05.12.2017. URL: <https://www.gazeta.ru/business/2017/12/04/11031884.shtml> Формирование сети хранителей природного наследия. 2007 / сост. М. В. Казакова, Н. А. Соболев; Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина. Рязань. 60 с. Чивилихин В. А. 2000. Вспоминая Кедроград // Парфенов В. Ф. Эксперимент в тайге. Кедроград и устойчивое развитие. М.: НИА-Природа. С. 97–100. Чивилихин В. А. 1983. Месяц в Кедрограде // Чивилихин В. А. По городам и весям: путешествия в природу. М.: Молодая гвардия. С. 32–102. Шилов М. П. 1986. Чтобы луг был полон другом // Земледелие. № 5. С. 61–63. Шилов М. П., Димитриев А. В. 2017. Культуры и семикультуры: гармония и конфликты // Охрана природы и региональное развитие: гармония и конфликты (к Году экологии в России): материалы междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. трудов. Т. II. Оренбург: Институт степи УрО РАН. С. 267–271. Шилов М. П., Уразов И. Р. 1984. Охрана лугов. Иваново: ИВГУ. 96 с. Чаур (сад). URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Чаур_\(сад\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Чаур_(сад))

СОХРАНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ ВИДОВ РОДА *TULIPA* (LILIACEAE) В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

А. Н. Дмитриева¹, М. А. Дьяченко¹, М. Ш. Барлыбаева², М. М. Ишмуратова¹

¹ Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

² Южно-Уральский государственный природный заповедник, д. Реветь, Россия
ishmuratova@mail.ru

На сегодняшний день в Красную книгу Республики Башкортостан (РБ) включены 2 вида рода *Tulipa* L. семейства Liliaceae — *Tulipa bibersteiniana* Schult. et Schult. fil. и *T. patens* Agardh ex Schult. et Schult. fil. [Красная..., 2011]. Во флоре РБ 3 вида рода *Tulipa*, в том числе *T. riparia* (Knjasev, Kulikov et Philippov), описанный относительно недавно [Князев и др., 2001]. Важной отличительной особенностью *T. riparia* является отсутствие семенного размножения, так как нарушены системы опыления и триплоидность, вид размножается вегетативно при помощи образования плагиотропных столонов с луковицей на конце [Князев и др., 2001], в то время, как *T. patens* имеет исключительно семенной способ размножения, а *T. bibersteiniana* — и семенной, и вегетативный.

К настоящему времени в РБ исследованы эколого-фитоцентрические, популяционно-онтогенетические характеристики, стратегии жизни *T. biebersteiniana*, *T. patens*, *T. riparia* [Муллабаева, 2005; Мухаметшина и др., 2014 и др.].

В рамках сохранения биоразнообразия редких видов тюльпанов актуальным является поиск новых методов размножения, основанных на биотехнологических подходах, которые позволят сохранить уникальные генотипы исчезающих видов и вернуть их после адаптации в естественные условия обитания.

Цель работы — разработка начальных этапов клонального микроразмножения *in vitro* редких видов рода *Tulipa* для сохранения генофонда.

Объектами исследования являлись виды тюльпанов, собранные в конце мая 2018 г. на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника — *T. biebersteiniana* и *T. riparia*.

Введение в культуру *in vitro* проводили в весенний и летний периоды. Эксплантами служили незрелые зародыши (поздневесенний период), семена (летний период) и луковицы (весенний и летний периоды).

Стерилизацию эксплантов проводили дробным способом:

1. Промывка материала проводилась в проточной воде, а затем в мыльном растворе 15 мин.
2. Обработка раствором «Бриллиант» в разведении 1 мл на 100 мл воды с экспозицией 10–15 мин.
3. Обработка 0,1 % раствором диацида с экспозицией 20–30 мин.
4. Обработка хлоргексидином с экспозицией 10 мин.
5. Обработка 70 % раствором этилового спирта с экспозицией 1 мин.

После каждого этапа стерилизации экспланты трижды промывали дистиллированной водой.

В качестве питательной среды использовали безгормональную и модифицированную питательную среду Мурасиге-Скуга (MS) с гормональными добавками 6-бензиламинопурина (6-БАП), 1-нафтилуксусная кислота (НУК) в различных концентрациях, pH 5,6 [Murashige, Skoog, 1962].

Эксперимент проводился в стерильных условиях. Стерилизация инструментов, питательной среды и посуды осуществлялась в соответствии с общепринятыми методиками. Экспланты высаживали на питательную среду в ламинар-боксе в соответствии с правилами работы со стерильным материалом [Бутенко, 1964]. Посаженные экспланты находились в условиях круглосуточного освещения при температуре +22...+24 °C в течение 30–35 дней.

Через 10–14 дней после введения *in vitro* зараженный материал выбраковывали. Одновременно определяли число (шт.) и долю (%) жизнеспособных и зараженных эксплантов.

Результаты введения в условия *in vitro* видов рода *Tulipa* представлены в таблице 1.

Таблица 1

Доля стерильных и жизнеспособных эксплантов видов рода *Tulipa* через 14 дней после введения их в культуру *in vitro*

Введенные экспланты, шт.	Доля зараженных эксплантов		Доля стерильных и жизнеспособных эксплантов		Доля нежизнеспособных эксплантов		
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	
<i>Tulipa riparia</i>							
Луковицы	10	0	0	100	0	0	
Незрелые зародыши	20	5	25	40	12	60	
Семена	60	0	0	100	0	0	
<i>Tulipa biebersteiniana</i>							
Луковицы	10	0	0	100	0	0	
Незрелые зародыши	25	8	32	68	8	32	
Семена	50	0	0	100	0	0	

Наш опыт показал, что для различных эксплантов (луковицы, незрелые зародыши, семена) необходимы разные варианты дробной стерилизации. Для луковиц возможна относительно длительная экспозиция стерилизующих компонентов, поскольку при малой экспозиции зараженность эксплантов высокая. Для семян достаточна стерилизация с малой экспозицией, так как неповрежденные коробочки сохраняют высокую долю их стерильности (табл. 2).

Семена тюльпанов характеризуются глубоким морфобиологическим типом покоя, причина которого заключается в недоразвитии зародыша и сильном физиологическом торможении прорастания [Бочанцева, 1962]. Для выведения семян из состояния покоя необходима холодная стратификация для доразвития зародыша. В связи с этим экспланты культивировали при низкой положительной температуре +3...+5 °C в темноте в течение 2–2,5 месяцев. После прорастания, семена перенесли на светоплощадку. Доля проросших семян *T. biebersteiniana* составила 24 %.

Доля стерильных и жизнеспособных эксплантов видов рода *Tulipa* через 30–45 дней после введения их в культуру *in vitro*

Введенные экспланты, шт.		Доля зараженных эксплантов		Доля стерильных и жизнеспособных эксплантов		Доля нежизнеспособных эксплантов	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%
<i>Tulipa riparia</i>							
Луковицы	10	3	30	7	70	3	30
Незрелые зародыши	20	20	100	0	0	9	45
Семена	60	0	0	60	100	0	0
<i>Tulipa biebersteiniana</i>							
Луковицы	10	6	60	4	40	3	30
Незрелые зародыши	25	15	60	10	40	15	60
Семена	50	0	0	50	100	0	0

Таким образом, подобраны условия стерилизации различных эксплантов (луковицы, семена) *T. biebersteiniana* и *T. riparia* при введении их в культуру *in vitro*. Для различных типов эксплантов *T. biebersteiniana* и *T. riparia* необходимы разные варианты стерилизации, луковицы нуждаются в более длительной экспозиции, семенам подходит «мягкая» стерилизация. При длительной стерилизации луковиц удалось достичь 25–57 % стерильных и жизнеспособных эксплантов. Для выведения семян из состояния покоя *in vitro* необходима их стратификация при низких положительных температурах.

Литература

Бочанцева З. П. 1962. Тюльпаны. Ташкент, 407 с. Бутенко Р. Г. 1964. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М. 272 с. Князев М. С., Куликов П. В., Филиппов Е. Г. 2001. Тюльпаны родства *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae) на Южном Урале // Бот. журн. Т. 86, № 3. С. 109–119. Красная книга Республики Башкортостан. 2011. Т. 1: Растения и грибы. Уфа: Медиа-Принт. 384 с. Муллабаева Э. З. 2005. Особенности биологии, ценопопуляционные характеристики, тактики и стратегии выживания некоторых редких видов семейства Liliaceae и Iridaceae на Южном Урале: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 20 с. Мухаметишина Л. В., Барлыбаева М. Ш., Ишмуратова М. М., Муллабаева Э. З. 2014. Оценка состояния ценопопуляции *Tulipa riparia* Knjasev, Kulikov et Philiprov при мониторинговых исследованиях на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника // Труды Южно-Уральского государственного природного заповедника. Вып. 2. Уфа: Гилем, Башк. Энцикл. 244 с. Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. Vol. 15, № 13. P. 473–497.

О НЕКОТОРЫХ НЮАНСАХ ФОРМИРОВАНИЯ СПИСКА ВИДОВ ПТИЦ В РЕГИОНАЛЬНЫХ КРАСНЫХ КНИГАХ

В. А. Зубакин

Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва, Россия, vzubakin@yandex.ru

При формировании списка видов птиц региональных Красных книг (далее КК) возникает ряд проблем, часть из которых могут быть общими для всех систематических групп, а другие связаны с большой подвижностью птиц и регулярными миграциями многих видов из мест гнездования к местам зимовки и обратно. Ниже предлагаются варианты решения некоторых из этих проблем, основанные, главным образом, на опыте трех изданий КК Московской области (1998; 2008 и 2018).

Одна из возникающих проблем при составлении региональных КК связана с вопросом, кого из видов федеральной КК надо заносить в региональную КК. Согласно положениям о ведении региональных КК, в региональную КК заносятся те виды птиц из числа занесенных в КК РФ, которые постоянно или временно населяют данный субъект федерации. С видами, гнездящимися в регионе, проблем, как правило, не возникает. С регулярно пролетными видами (в случае Московской области — это пискулька *Anser erythropus*) тоже все более или менее ясно. Проблемы возникают с нерегулярно пролетными и залетными видами, изредка появляющимися на территории региона. В Московской области, например, за более чем двухсотлетнюю историю изучения ее орнитофауны отмечено 24 пролетных и залетных вида из ныне действующего списка видов птиц КК РФ (2001), из которых 18 относятся к нерегулярно пролетным или залетным. В частности, это такие виды, как степной орел *Aquila rapax*, белоголовый сип *Gyps fulvus*, дрофа *Otis tarda*, стрепет *Tetrax tetrax*, шилоклювка *Recurvirostra avosetta*, чеграва *Hydroprogne caspia*. В некоторых субъектах федерации залетные виды из списка КК РФ заносятся в региональные Красные книги. Так, в КК Республики Татарстан (2006) занесены колпица *Platalea leucorodia*, каравайка *Plegadis falcinellus* и фламинго *Phoenicopterus roseus*, встреченные в регионе считанное количество раз. Такой подход не кажется правильным в силу того, что при исключительной подвижности птиц и многочисленности случаев их залетов

региональные КК станут по видовому составу птиц во многом похожими друг на друга и, кроме того, список занесенных в КК птиц окажется неоправданно объемным. Правильный, на мой взгляд, выход из подобной ситуации был предложен во втором издании КК Нижегородской области (2014), где сведения о видах птиц КК РФ, регулярно встречающихся (но не гнездящихся) на территории Нижегородской области (краснозобая казарка *Rufibrenta ruficollis*, пискулька, черноголовый хохотун *Larus ichthyaetus* и вертлявая камышевка *Acrocephalus paludicola*) приведены в качестве приложения к областной КК; по этим видам в приложении даны такие же очерки, как и для видов КК области. Кроме того, в другом приложении дан аннотированный список еще 15 залетных видов из числа занесенных в КК РФ, в котором перечислены сведения о встречах этих видов на территории области. В третьем издании КК Московской области (2018) мы во многом переняли нижегородский опыт, поместив в конце КК специальное Приложение 4 — «Аннотированный список видов птиц, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (2001), отмечавшихся на территории Московской области в качестве пролетных или залетных видов», куда включили упомянутые 24 вида, специально оговорив, какие из этих видов занесены в КК Московской области.

Другая проблема касается занесения в КК редких синантропных видов. Как известно, статьей 24 Федерального закона «О животном мире» не допускаются действия, которые могут привести к нарушению среды обитания объектов животного мира, занесенных в КК. Проблемы с синантропными видами могут возникнуть именно в связи с этим требованием закона. Например, в Московской области с 1960-х гг. появилась и долгое время была редка горихвостка-чернушка *Phoenicurus ochruros*. По степени редкости она вполне заслуживала занесения в областную КК. Однако в нашем регионе гнездовым биотопом этого изначально скального вида достаточно долго служили городские строительные площадки, которые, в случае занесения горихвостки-чернушки в КК, по закону требовалось бы законсервировать и охранять как местообитания «краснокнижного» вида. Естественно, на осуществление подобных «природоохранных мер» никто бы не пошел даже под угрозой нарушения Федерального закона. Поэтому, чтобы избежать подобных несоразмерностей, после дискуссий в среде московских орнитологов было решено горихвостку-чернушку в КК Московской области не заносить, а ограничиться включением ее в Приложение 1 к областной КК — «Список редких и уязвимых таксонов, не включенных в Красную книгу Московской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении». Также поступили и с гнездящимися в населенных пунктах кольчатой горлицей *Streptopelia decaocto* и обыкновенной горихвосткой *Phoenicurus phoenicurus*.

По-видимому, заносить в КК виды из числа синантропных необходимо в тех случаях, когда ситуация с ними крайне тревожная, и занесение вида в КК реально поможет ему стабилизировать или увеличить численность. В условиях Московской области таким видом оказался белый аист *Ciconia ciconia*, который появился здесь в конце XX в. и стал единично гнездиться в сельских населенных пунктах. Занесение аиста в первое издание областной КК (1998) однозначно способствовало закреплению его в фауне области, во многом сняв пресс браконьерского отстрела и разорения гнезд, а также уменьшив, в результате целенаправленной установки специальных птицевозрастных устройств, гибель птиц на ЛЭП. В третьем издании КК Московской области (2018) белый аист занесен уже в 5-ю категорию как восстановившийся вид.

Еще одна проблема — «краеареальные» виды, т. е. виды, находящиеся в том или ином субъекте федерации на краю своего гнездового ареала и редкие по этой причине. Такие виды могут быть как постоянными обитателями данного региона, так и появившимися здесь недавно в ходе изменения климата, антропогенной перестройки ландшафта или же по причинам, связанным с внутривидовыми процессами. Если подобный «краеареальный» вид редок и на основной территории своего ареала, вопросов о необходимости его занесения в региональную КК обычно не возникает. Другое дело, если в других регионах это обычный и даже многочисленный вид. Подход к таким видам в разных субъектах федерации различный, в ряде регионов их заносят в региональные КК (так, в Новосибирской области в КК занесли черноголовую славку *Sylvia atricapilla* и обыкновенного соловья *Luscinia luscinia*, а в КК Республики Саха-Якутия — грача *Corvus frugilegus*, сойку *Garrulus glandarius* и обыкновенного скворца *Sturnus vulgaris*) [Горбатовский, 2003]. По-видимому, единого для всех регионов и видов решения здесь быть не может, и исходить надо из того, поможет ли «краеареальному» виду занесение его в КК и (что особенно важно в случае недавнего вселения вида в субъект федерации) есть ли вообще необходимость помогать такому виду закрепиться в фауне региона. В случае положительных ответов на эти вопросы занесение вида в КК целесообразно. В Московской области это осуществлено в отношении уже упоминавшегося белого аиста и появившейся на гнездовании белошекой крачки *Chlidonias hybrida*. Тогда как серебристую чайку *Larus argentatus*, начавшую заселять Подмоскovie в 1990-х гг., было решено в КК не заносить — исходя из возможного негативного воздействия этой крупной птицы с явно выраженной тенденцией к хищничеству на популяции аборигенных водоплавающих и околоводных птиц, и вероятной по этой причине в будущем необходимости регулирования численности данного вида.

Отдельный важный момент связан с исключением вида из КК. Вид выводят из КК, как правило, по трем причинам: во-первых, если он в результате принятых мер по охране или по естественным причинам восстановил свою численность и ареал настолько, что судьба его больше не вызывает опасений; во-вторых, если в результате дополнительных исследований выяснилось, что ситуация с видом в регионе гораздо более благополучная, чем это представлялась ранее; в-третьих, если вид исчез из региона (в отношении птиц — перестал гнездиться) и не отмечался здесь в течение фиксированного (как правило, разного для позвоночных и беспозвоночных животных) числа десятилетий. В отношении двух последних причин все более или менее ясно, хотя временные критерии исчезновения видов из региона весьма условны и, нередко, спорны. Что же касается выведения вида из КК по причине восстановления численности, то здесь, безусловно, не должно быть торопливости. Восстановление численности в течение десятилетнего периода, который обычно проходит между очередными изданиями КК — это повод не для выведения вида из КК, а для перевода его в 5-ю категорию КК (восстанавливающиеся виды). Не исключено, что увеличение численности — временное явление, и в следующем десятилетии ситуация с видом вновь ухудшится. Так произошло, например, с луговым луном *Circus pygargus* в Московской области: во втором издании КК (2008) его перевели из 2-й категории (вид, сокращающийся в численности) в 5-ю категорию, а в третьем издании (2018) вновь пришлось повышать его статус редкости до 3-й категории (редкий вид), поскольку численность вида снова снизилась из-за деградации гнездовых местообитаний. В связи со сказанным, было бы целесообразно следовать жесткому правилу выведения вида из КК (в том числе, и из федеральной КК): вид может быть выведен из КК только после как минимум десятилетнего нахождения его в 5-й категории. После этого, если положительные тенденции динамики численности и ареала сохраняются, можно принимать решение о выведении вида из КК.

Необходимо помнить еще об одном важном нюансе. Хотя КК учреждается с целью сохранения редких и находящиеся под угрозой исчезновения таксонов и популяций, ее возможности в сохранении биологического разнообразия этим далеко не исчерпываются. Федеральная и региональные КК используются гораздо шире в практике охраны природы — в частности, как инструмент при проектировании особо охраняемых природных территорий (ООПТ), при сохранении природных территорий от застройки, а лесов — от вырубания, при внедрении мер защиты птиц от гибели на ЛЭП. В этих и других подобных случаях нередко приходится преодолевать сопротивление различных хозяйствующих субъектов, что гораздо успешнее удается осуществлять, если на территории, запланированной под организацию ООПТ (либо, наоборот, выделяемой под коттеджное строительство, организацию полигона твердых бытовых отходов и т. п.), обитают «краснокнижные» виды. Так, занесение в первое и второе издания КК Московской области белоспинного дятла *Dendrocopos leucotos* — хотя и малочисленного вида, но широко распространенного в лиственных лесах Подмоскovie — в ряде случаев позволило сохранить от вырубки участки лесов вблизи населенных пунктов. Поэтому при составлении списков видов для занесения в КК и, особенно, при выведении видов из КК следует учитывать также возможности с помощью тех или иных «краснокнижных» видов содействовать сохранению других природных объектов. Речь, разумеется, не идет о смене приоритетов и критериев при занесении видов в КК. Однако, когда вопрос о необходимости занесения вида в КК или его исключения из КК не вполне ясен, при прочих равных условиях «способность» данного вида служить своеобразной «палочкой-выручалочкой» для сохранения ценных природных территорий региона или иных объектов природы следует принимать во внимание.

Литература

Горбатовский В. В. 2003. Красные книги субъектов Российской Федерации. М.: НИА-Природа. 496 с. *Красная книга Московской области*. 1998 / отв. ред.: В. А. Зубакин, В. Н. Тихомиров. М.: Аргус, Русский университет. 558 с. *Красная книга Московской области*. 2008 / отв. ред.: Т. И. Варлыгина, В. А. Зубакин, Н. А. Соболев. М.: Товарищество научных изданий КМК. 828 с. *Красная книга Московской области*. 2018 / отв. ред.: Т. И. Варлыгина, В. А. Зубакин, Н. Б. Никитский, А. В. Свиридов. Московская область: ПФ Верховье. 810 с. *Красная книга Нижегородской области*. 2014. Нижний Новгород: ДЕКОМ. Т. 1. 448 с. *Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы)*. 2006. Казань: Идел-Пресс. 832 с.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОХРАНЫ РЕДКИХ ВИДОВ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ГОРА ТРАТАУ»

М. М. Ишмуратова, А. Р. Ишбирдин

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия, ishmuratova@mail.ru, ishbirdin@mail.ru

Памятник природы «Гора Тратау» относится к группе уникальных стерлитамакских шиханов: останцев рифов древнего Пермского моря. Безлесные участки горы покрыты петрофитными степями и скальными растительными сообществами с участием кальцефилов.

Природные комплексы шиханов издавна привлекали внимание ученых-натуралистов. Комплексные исследования последних лет геологии и биоразнообразия памятника природы обобщены в коллективной монографии «Уникальные памятники природы — шиханы Тратау и Юрактау» (2014).

Однако, несмотря на давний интерес, в вопросах сохранения редких видов флоры шиханов наблюдается недостаточная проработка видовой стратегии охраны редких таксонов. Недостаточно охвачены редкие виды реинтродукционными, а отдельные виды и интродукционными исследованиями. Мало используются в сохранении генофонда редких видов современные методы размножения и сохранения видов, например, методы *in vitro*.

Всего из видов флоры горы Тратау 16 включены в Красную книгу Республики Башкортостан (РБ) (2011), из них 8 также в Красную книгу Российской Федерации (РФ) (2008).

Далее для редких видов флоры горы Тратау приведем сведения об обеспеченности охраной на территории РБ и разработке методов охраны (реализация интродукционного метода только для РБ).

I. Растения, включенные в Красную книгу Российской Федерации (2008):

Тонконог жестколистный (*Koeleria sclerophylla*). В РБ охраняется в Башкирском заповеднике и в заповеднике Шульган-Таш, на территориях природных парков Аслы-Куль, Кандры-Куль, Мурадымовское ущелье и многочисленных заказников и памятников природы. Выращивается в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Абрамова, Каримова, 2009; Абрамова и др., 2016]. Опыта реинтродукции нет. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Ковыль перистый (*Stipa pennata*). В РБ охраняется в Башкирском заповеднике, заповеднике Шульган-Таш, на территориях природных парков Аслы-Куль, Кандры-Куль, Мурадымовское ущелье и многочисленных заказников и памятников природы. Выращивается в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Абрамова, Каримова, 2009; Абрамова и др., 2016]. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Ковыль красивейший (*Stipa pulcherrima*). В РБ охраняется в Башкирском заповеднике, заповеднике Шульган-Таш, на территориях национального парка Башкирия, природных парков Аслы-Куль, Кандры-Куль, Мурадымовское ущелье и многочисленных заказников и памятников природы. Выращивается в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Абрамова, Каримова, 2009; Абрамова и др., 2016]. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Рябчик русский (*Fritillaria ruthenica*). Охраняется в заповеднике Шульган-Таш, национальном парке Башкирия, природных парках Аслы-Куль и Мурадымовское ущелье, а также на территориях многих заказников и памятников природы. Вид интродуцирован в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН (г. Уфа) [Абрамова, Каримова, 2009; Абрамова и др., 2016]. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют. Имеется опыт размножения в стерильных условиях в Саратовском университете, Волгоградском региональном ботаническом саду и др. [Агеева и др., 2012; Кульханова и др., 2014; Крицкая, Кашин, 2016; Muraseva, Novikova, 2018].

Минуарция Крашенинникова (*Minuartia krascheninnikovii*). Охраняется на территории национального парка Башкирия и ряда памятников природы, в т. ч. на горе Тратау. Вид интродуцирован в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Абрамова, Каримова, 2009; Абрамова и др., 2016]. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Копеечник крупноцветковый (*Hedysarum grandiflorum*). Охраняется на территории природных парков Аслы-Куль, Кандры-Куль, восьми памятников природы, в т. ч. на горе Тратау. Были осуществлены попытки реинтродуцировать вид семенами в природные условия [Мулдашев и др., 2012]. Вид интродуцирован [Абрамова, Каримова, 2009; Абрамова и др., 2016] и введен в культуру *in vitro* в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Ахметова, Зарипова, 2017]. В стерильной культуре размножается в Волгоградском региональном ботаническом саду [Агеева и др., 2012] и в Саратовском государственном университете [Блюднева и др., 2014].

Тимьян клоповый (*Thymus cimicinus*). На территории РБ охраняется на территории природного парка Аслы-Куль и пяти памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Сведений о размножении в стерильных условиях нет.

Полынь солянковидная (*Artemisia salsoloides*). В РБ охраняется на территории природного парка Аслы-Куль и трех памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Вид введен в культуру *in vitro* в Саратовском государственном университете [Крицкая, Кашин, 2016].

II. Растения, включенные в Красную книгу Республики Башкортостан (2011):

Ковыль Коржинского (*Stipa korshinskyi*). На территории РБ охраняется в природном парке Аслы-Куль и шести памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Интродуцирован в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Абрамова и др., 2016]. Сведений о размножении *in vitro* нет.

Ковыль сарептский (*Stipa sareptana*). В РБ охраняется на территориях природных парков Аслы-Куль, Кандры-Куль и нескольких памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Интродуцирован в Ботаническом

саду-институте УНЦ РАН РАН [Абрамова и др., 2016]. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Тюльпан Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana*). На территории РБ охраняется в Южно-Уральском и Башкирском заповедниках, национальном парке Башкирия, природном парке Аслы-Куль и на территориях многих памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Интродуцирован в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Биглова, Миронова, 2009; Абрамова и др., 2016; Реут, Миронова, 2016]. Очень много работ по введению в стерильные культуры декоративных видов тюльпанов и их гибридов и сортов.

Астрагал Гельма (*Astragalus helmii*). Охраняется на территориях природных парков Аслы-Куль, Кандры-Куль, Мурадымовское ущелье, заказника Шайтан-Тау и 10 памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Интродуцирован в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН [Абрамова, Каримова, 2009; Абрамова и др., 2016]. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Остролодочник башкирский (*Oxytropis baschkiriensis*). На территории РБ охраняется только на территории памятника природы Гора Тратау. Интродуцирован в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН (г. Уфа) [Круглова, Исламова, 2004; Маслова, Круглова, 2010; Маслова и др., 2012]. *In vitro* изучалась эмбриология вида [Круглова и др., 2010; Круглова, 2011; Kruglova, 2013].

Лен уральский (*Linum uralense*). Охраняется на территориях национального парка Башкирия, природного парка Мурадымовское ущелье и 3 памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Ясенец голостолбиковый (*Dictamnus gymnostylis*). На территории РБ охраняется на территории двух памятников природы, в т. ч. Гора Тратау. Интродуцирован в Ботаническом институте УНЦ РАН [Мустафина, Абрамова, 2010; Миронова, 2011; Мустафина, 2013; Миронова, Реут, 2014]. Сведения о выращивании в культуре *in vitro* отсутствуют.

Бедренец разрезаннолистный (*Pimpinella tomyophilla*). На территории РБ охраняется только на территории памятника природы Тратау. Сведений о выращивании в культуре нет.

На основе анализа состава охраняемых видов территории памятника природы Гора Тратау (состояние охраны, оценка лимитирующих факторов, интродукция и реинтродукция, введение в культуру *in vitro*) можно заключить:

1. Некоторые из охраняемых видов горы Тратау (*A. helmii*, *F. ruthenica*, *T. biebersteiniana*, *H. grandiflorum*, *K. sclerophylla*, *S. korshinskyi*, *S. lessingiana*, *S. pennata*, *S. pulcherrima*, *S. sareptana*, *L. uralense*) обладают определенной степенью антропоотолерантностью и отмечены на территориях городов Ишимбай (9 видов), Салават (4), Мелеуз (7), Кумертау (7) в растительных сообществах останцев естественной растительности и включенных в городскую территорию участках естественной растительности с высокой рекреационной нагрузкой [Голованов, 2012; Голованов, Баранова, 2013; Голованов, Абрамова, 2014; Голованов и др., 2015].

2. Из состава анализируемых видов интродуцированы в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН (г. Уфа) 6 из 8 видов Красной книги РФ и 6 из 8 видов Красной книги РБ.

3. В культуру *in vitro* с целью размножения растений вводились только 3 вида: *F. ruthenica*, *H. grandiflorum*, *A. salsoloides*.

4. В большей или меньшей степени охвачены территориальной охраной все исследованные виды. Два вида охраняются только на территории памятника природы Тратау: *O. baschkiriensis* и *P. tomyophilla*.

Таким образом, из результатов анализа состояния охраны исследованных видов очевидна необходимость ведения реинтродукционных работ, а также введения видов в культуру *in vitro* в целях создания генетического банка растений с последующим использованием для реинтродукции и интродукции. В связи с тем, что большинство редких видов шихана Тратау охвачены охраной на других ООПТ и некоторые из них представлены большим числом популяций в большом числе ООПТ и на не охраняемых территориях (например, виды рода *Stipa*), а многие виды охвачены интродукционными исследованиями, первостепенное значение приобретает сохранение таких видов, как *Oxytropis baschkiriensis* (остролодочник башкирский) и *Pimpinella tomyophilla* (бедренец разрезаннолистный).

Наибольшее рекреационное воздействие испытывают такие виды, как *Oxytropis baschkiriensis* (остролодочник башкирский) и *Linum uralense* (лен уральский), что также повышает их природоохранную значимость и актуализирует необходимость разработки и реализации методов их охраны и сохранения методом реинтродукции на иные аналогичные местообитания.

Литература

Абрамова Л. М. и др. 2016. Редкие виды Урала и Поволжья в коллекциях Ботанического сада города Уфы // Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. 10, № 3. С. 97–127. Абрамова Л. М., Каримова О. А. 2009. Виды красной Книги РФ в ботаническом саду г. Уфы // Вестник Оренбургского государственного университета. № 6. С. 15–17. Агеева С. Е. и др. 2012. Сохранение биоразнообразия редких и исчезающих видов растений в Волгоградском региональном Ботаническом саду // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. № 7. С. 103–109. Биглова А. Р., Миронова Л. Н. 2009. Редкие

виды луковичных растений в коллекции ботанического сада института Уфимского научного центра РАН // Вестник Оренбургского государственного университета. № 6. С. 72–74. Блюднева Е. А. и др. 2014. Сохранение видов и сортов растений в коллекции *in vitro* ботанического сада Саратовского государственного университета // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. Т. 14, № 1. С. 48–53. Голованов Я. М., Абрамова Л. М. 2014. Флора города Ишимбай (Республика Башкортостан) // Фиторазнообразии Восточной Европы. Т. 8, № 2. С. 14–56. Голованов Я. М., Абрамова Л. М. 2014. Флора города Мелеуз (Республика Башкортостан) // Фиторазнообразии Восточной Европы. Т. 8, № 1. С. 79–120. Голованов Я. М., Хусаинова С. А., Мулдашев А. А. 2015. Урбанофлора Кумертау (Республика Башкортостан) // Фиторазнообразии Восточной Европы. Т. 9, № 3. С. 77–119. Красная книга Республики Башкортостан. 2011. Т. 1: Растения и грибы / под ред. Б. М. Миркина. Уфа: Медиа-Принт. 384 с. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 855 с. Крицкая Т. А., Кашин А. 2016. Особенности длительного депонирования культуры *in vitro* некоторых редких и исчезающих видов растений Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. Т. 16, № 1. С. 74–80. Круглова А. Е. и др. 2010. Эмбриология редкого вида Южного Урала остролодочника сходного: морфогенез семян // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 12. С. 1–3. Круглова А. Е. 2011. Оценка качества пыльцевых зерен в зрелых пыльниках остролодочника сходного в условиях интродукции // Вестник Удмуртского университета. Сер. «Биология. Науки о Земле». № 1. С. 67–73. Круглова А. Е., Исламова Э. А. 2004. Цветение остролодочника сходного *Oxytropis ambigua* (Pall.) DC. в условиях интродукции в Ботаническом саду // VIII конф. ботаников в Санкт-Петербурге: материалы. СПб.: СПТУТД. С. 218–220. Кульханова Д. С., Эрст А. А., Новикова Т. И. 2014. Биотехнологические подходы для размножения редких лекарственных растений р. *Fritillaria* // I Международная конференция молодых ученых: биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов: сб. тез. Новосибирск. С. 5–7. Маслова Н. В., Елизарьева О. А., Галикеева Г. М. 2012. Характеристика средневозрастного генеративного состояния *Oxytropis kungurensis* Knjasev при интродукции // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 14, № 1–7. С. 1780–1783. Маслова Н. В., Круглова А. Е. 2010. Рост и развитие растений *Oxytropis ambigua* (Pall.) DC. (*Fabaceae*) в условиях интродукции // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. № 9, вып. 1. С. 89–93. Миронова Л. Н. 2011. Итоги интродукции декоративных травянистых многолетников в ботаническом саду города Уфы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. Т. 14, № 3–1 (98). С. 128–133. Миронова Л. Н., Реут А. А. 2014. Коллекции цветочно-декоративных растений Ботанического сада-института УНЦ РАН (г. Уфа). 85 с. Мустафина А. Н. 2013. Биология, структура популяций и интродукция *Dictamnus gymnostylis* Stev. в Предуралье Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 20 с. Мустафина А. Н., Абрамова Л. М. 2010. Интродукция редкого вида *Dictamnus gymnostylis* Stev. в ботаническом саду г. Уфы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 2 (26). С. 227–228. Уникальные памятники природы — шиханы Тратау и Юрактау. 2014 / кол. авторов; под ред. А. И. Мелентьева, В. Б. Мартыненко. Уфа: Гелим, Башк. энцикл. 312 с. Реут А. А., Миронова Л. Н. 2016. Результаты изучения и сохранения в культуре редких видов растений. Научные исследования в заповедниках и национальных парках России. С. 188. Kруглова А. Е. 2013. Structural organization of the *Oxytropis baschkiriensis* Knjaz. developing anther // Modern Phytomorphology. Т. 4. S. 233–234. Muraseva D. S., Novikova T. I. 2018. Efficient protocol for *in vitro* propagation from bulb scale explants of *Fritillaria ruthenica* Wikstr. (Liliaceae), a rare ornamental species // Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali. Т. 29, № 2. S. 491–497.

РАСТЕНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ В ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОМ ГЕРБАРИИ ПОПУЛЯЦИОННО-ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО МУЗЕЯ МАРИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

С. В. Козырева, Г. О. Османова

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, svk4475@mail.ru, gyosmanova@yandex.ru

В настоящее время одной из наиболее важных проблем человечества является сохранение биоразнообразия, недаром 2011–2020 годы объявлены Десятилетием биоразнообразия Организации Объединенных Наций. Уничтожение лесных массивов, распашка природных территорий, огромные мусорные свалки, возрастающие масштабы строительства, повсеместное загрязнение водоемов — все это уже привело к резкому сокращению численности представителей всех царств биосферы. Несмотря на издание Красных книг, создание заповедников и других особо охраняемых территорий экологическая культура населения резко снизилась. Поэтому необходимы более действенные меры, направленные на защиту природных объектов.

К числу таких мер можно отнести эколого-просветительскую, научную и культурно-образовательную деятельность Популяционно-онтогенетического музея, как центра изучения и сохранения внутривидового биоразнообразия растений, включенного в Евразийскую ассоциацию университетских музеев [Музеи евразийских университетов..., 2013; Музеи университетов Евразийской ассоциации..., 2016].

Идея создания уникального Популяционно-онтогенетического музея принадлежит Заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору биологических наук, профессору Людмиле Алексеевне Жуковой, которая является научным руководителем музея. Основная цель работы музея сводится к изучению, сбору, накоплению материалов и информации о биоразнообразии растений разных жизненных форм с позиции популяционно-онтогенетического подхода, а также для обеспечения учебного процесса и развития науки в вузе.

Популяционно-онтогенетический музей представлен в виде экспозиций музея, 6 отделов: Общего (Онтогенетический гербарий), Тематического, Начальных этапов онтогенеза, Коллекции плодов и семян, Изотеки, Фототеки и библиотеки, насчитывающей более 1800 источников, в которой собраны труды ученых, работающих в популяционно-онтогенетическом направлении. Особый интерес вызывает периодическое

издание «Онтогенетический атлас...», который издается с 1997 года благодаря научному руководителю музея и ответственному редактору всех томов атласа Л. А. Жуковой. Всего издано 7 томов, где описаны онтогенезы 278 видов растений из 67 семейств, авторами которых были 237 исследователей, работающих в популяционно-онтогенетическом направлении в России и ближнем зарубежье [Онтогенетический атлас лекарственных растений, 1997; 2000; 2002; 2004; Онтогенетический атлас растений, 2007; 2011; 2013].

Экспозиции Музея включают 24 стенда с гербарными образцами и фотографиями онтогенетических состояний растений разных жизненных форм, гербарными материалами по разным типам поливариантности онтогенеза, плакатами, демонстрирующими онтогенетическую и пространственную структуру ценопопуляций растений и их динамику. Особое внимание уделено истории развития и становления приоритетного для России популяционно-онтогенетического направления. Стенды «Онтогенез редких видов растений, включенных в Красную книгу Республики Марий Эл» и «Они нуждаются в охране» демонстрируют сведения о статусе, внешнем виде и схемы распространения с указанием мест нахождения вида на карте Республики Марий Эл.

Изучив экспозиции популяционно-онтогенетического музея по краснокнижным видам, исследователи могут ознакомиться с онтогенетическими состояниями представленных видов. Онтогенетический гербарий, являясь частью музея, состоит из научной и учебной частей. Научная часть насчитывает более 6 000 смонтированных гербарных листов 623 видов растений из 376 родов и 87 семейств; учебная часть включает 286 видов из 198 родов и 60 семейств. Коллекция Онтогенетического гербария официально зарегистрирована в Международном каталоге «Гербарии мира» Нью-Йоркского ботанического сада под акронимом — MARI (сайт <http://sweetgum.nybg.org/ih/herbarium.php?irn=176924>). В основу гербария были положены обширные коллекции, собранные в экспедициях учениками А. А. Уранова, привезенные из различных районов России и ближнего зарубежья. Сейчас его фонды состоят преимущественно из гербарных образцов растений флоры Республики Марий Эл. Онтогенетический гербарий представляет собой гербарий растений, находящихся на разных этапах индивидуального развития. Онтогенетические состояния выделяются с использованием концепции дискретного описания онтогенеза с учетом морфологических признаков-маркеров [Работнов, 1950; Уранов, 1975]. Каждый вид в Онтогенетическом гербарии представлен экземплярами в различных онтогенетических состояниях от проростков до сенильных растений (полный онтогенез), а в ряде случаев — неполный, т. к. в природе сразу собрать полный онтогенез достаточно сложно и поэтому такой гербарий постоянно дополняется. В нем представлены растения разных жизненных форм: деревья, кустарники, полукустарники, кустарнички, полукустарнички, однолетние и многолетние травянистые растения. Экспонаты в гербарии расположены по алфавиту латинских названий семейств и видов внутри этих семейств. Каталог постоянно обновляется, в нем указаны онтогенетические состояния видов, их количество, места сборов и основные коллекторы.

В Онтогенетическом гербарии представлено 23 вида растений Красной книги Республики Марий Эл [Красная книга..., 2013], что дает возможность исследователям определять онтогенетические состояния растений, которые встретились в новых районах, сравнить сделанные фотографии с музейными экспонатами, определить их жизненную форму, эколого-ценотическую группу и экологическую позицию вида (табл.). Если онтогенез изучаемых видов еще не описан, то необходимо сопоставить собранные гербарные образцы или фотографии с имеющимся гербарием. В любом случае, Онтогенетический гербарий поможет исследователю сравнить этапы онтогенезов и обратить внимание на детали, не выявленные на фотографиях и рисунках — опушение, форму края листа, степень расчленения листовой пластинки, количество листочков сложного листа и другие морфологические признаки. Описания этапов онтогенеза часто не включают мелкие морфологические признаки, которые могут быть значимы и которые можно видеть на гербарных образцах. Все это необходимо знать при изучении и сохранении внутривидового биоразнообразия в природе, а также для оценки состояния популяций редких краснокнижных видов растений.

Литература

Красная книга Республики Марий Эл. 2013. Т. Растения. Грибы / Мар. гос. ун-т; сост.: Г. А. Богданов, Н. В. Абрамов, Г. П. Урбанавичюс, Л. Г. Богданова. Йошкар-Ола. 324 с. *Музеи евразийских университетов* в поддержании и развитии общего образовательного пространства: материалы Международной научно-методической конференции. 2013 / под ред. Э. И. Черняка. Томск. 400 с. *Музеи университетов Евразийской ассоциации* и их роль в сохранении культурного наследия: материалы II Международной научно-методической конференции. 2016 / отв. ред. Н. М. Дмитриенко. Томск. С. 104–107. *Онтогенетический атлас лекарственных растений*. 1997 / отв. ред. Л. А. Жукова. Йошкар-Ола. Т. 1. 240 с.; 2000. Т. 2. 268 с.; 2002. Т. 3. 280 с.; 2004. Т. 4. 240 с. *Онтогенетический атлас растений*. 2007 / отв. ред. Л. А. Жукова. Йошкар-Ола. Т. 5. 372 с.; 2011. Т. 6. 336 с.; 2013. Т. 7. 364 с. *Работнов Т. А.* 1950. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды Биологического института АН СССР. Сер. 3 «Геоботаника». М. Вып. 6. С. 7–204. *Уранов А. А.* 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Научные доклады Высшей школы. Биологическая наука. М. № 2. С. 7–33. URL: <http://sweetgum.nybg.org/ih/herbarium.php?irn=176924>

Характеристика растений Красной книги Республики Марий Эл в Онтогенетическом гербарии

№	Название видов растений	Ареал	Жизненная форма		ЭЦГ	Климатические факторы		Почвенные факторы		Онтогенетические состояния	Место сбора и основные коллекторы
			по К. Раункиеру	по И. Г. Серебрякову		It	бионтность	It	бионтность		
1	Астрагал песчаный — <i>Astragalus arenarius</i> L.	евр.	гемикриптофит	по И. Г. Серебрякову многолетнее стержнекорневое	RnEg	МБ	0,47	0,42	ГСБ	im, v, g ₁ , g ₂	РМЭ, Медведевский район, пос. Силкатный. Экогонное сообщество. Кудряшова Т. А., Османова Г. О., 13.06.2015 г.
2	Башмачок настоящий — <i>Cypripedium calceolus</i> L.	евроаз.	криптофит (геофит)	многолетнее короткокормневидное	NmEg	ГЭБ	0,65	0,40	ГСБ	j-im, im, v, g ₁ , g ₂	Иркутская область. Шелеховский район, пос. Пионерский. Березово-разногравный лес. Быченко Т. М., 12.06.2004 г.
3	Башмачок пятнистый — <i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	евроаз. ам.	криптофит (геофит)	многолетнее длиннокормневидное	NmEg	ГСБ	0,41	0,17	СБ	j-im, im, v, g ₁	
4	Белозор болотный — <i>Ranassia palustris</i> L.	евроаз.-сев. ам.	гемикриптофит	многолетнее короткокормневидное кистекормневое	TrBl	ЭБ	0,68	0,52	МБ	p, j, im, v, g ₁ , g ₂	РМЭ, Моркинский район, окр. д. Коржатово. Склон г. Карман Курык. Османова Г. О., Ведерникова О. П., 07.07.2001 г.
5	Ветреничка дубравная — <i>Apetalooides petiolaris</i> (L.) Holub (<i>Apetone petiolaris</i> L.)	евр.	криптофит (геофит)	многолетнее короткокормневидное	NmF	ГСБ	0,42	0,51	МБ	im, v, g ₁ , g ₂	Тамбовская область, окр. г. Тамбова. Широколиственный лес. Торопова Н. А., 12.05.1985 г.
6	Гвоздика пыльная — <i>Dianthus superbus</i> L.	евр.-сев. аз.	гемикриптофит	многолетнее длиннокормневидное	NmEg	ГЭБ	0,57	0,36	ГСБ	j, im, v, g ₁ , g ₂	РМЭ, Медведевский район, пос. Сурок. Сосновая посадка. Мансурова Е. Л., Васильева Н. В., 16.07.2005 г.
7	Гроздовник полунный — <i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	евроаз.-сев. ам.	гемикриптофит	многолетнее корневидное	MFr	ЭБ	0,77	0,52	МБ	j, g ₁ , g ₂	РМЭ, Моркинский район, окр. д. Абдаево. Малый Карман Курык. Суходольный луг. Цветков В. А., Криницин И. Г., 10.07.2001 г.
8	Дремлик кровавокрасный — <i>Epiracis atropurpurea</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess.	евроаз.	криптофит (геофит)	многолетнее клубнеобразующее	NmF	МБ	0,50	0,34	ГСБ	j-im, im, v, g ₁ , g ₂ , g ₃ , ss, s	РМЭ, Моркинский район, окр. д. Коржатово. Каменный карьер. Смешанный лес. Османова Г. О., Ведерникова О. П., 07.07.2009 г.
9	Ежеголовник узколистный — <i>Sparganium angustifolium</i> Michx.	евросиб.	криптофит (гелофит)	многолетнее корневидное	InW	ГЭБ	0,59	0,36	ГСБ	j, im, v, g ₁ , g ₂	РМЭ, Медведевский район, г. Йошкар-Ола. Луг в пойме р. Ошля. Скворцова И. Г., Сидорова А. А., Османова Г. О., 02.07.2008 г.

№	Название видов растений	Ареал	Жизненная форма		ЭЦ	Климатические факторы		Почвенные факторы		Оптогенетические состояния	Место сбора и основные коллекторы
			по К. Раункяеру	по И. Г. Серебрякову		It	бионтность	It	бионтность		
10	Калипсо луковичная — <i>Calypso bulbosa</i> (L.) Oakes	евросиб сев. ам.	криптофит (геофит)	по И. Г. Серебрякову многолетнее короткостолбчатое клубнелуковичное	BtF	0,47	МБ	0,41	ГСБ	v, g ₁ , g ₂	Республика Бурятия, пос. Аршан. Сосняк рододендрово-зеленомошный. Быченко Т. М., 20.07.2004 г.
11	Ковыль перистый — <i>Stipa pennata</i> L.	евр.-аз.	гемикриптофит	многолетнее плотностерлянное	NSt Cal	0,45	ГСБ	0,50	МБ	v, g ₁ , g ₂ , g ₃	Республика Казахстан, Кустанайская область, Наурузумский заповедник. Степь. Заугольнова Л. Б., 31.05.1971 г.
12	Кокушник длинноротый — <i>Guttaderia conopsea</i> (L.) R. Bt.	евроаз.	криптофит (геофит)	многолетнее клубнеобразующее	BtF MFr	0,66	ГЭБ	0,44	ГСБ	j, im, v, g ₁ , g ₂ , g ₂₋₃ , g ₃	Иркутская область, Шелеховский район, пос. Пионерский. Березово-разнотравный лес. Быченко Т. М., 12.06.2004 г.
13	Кулена широколистная — <i>Polygonatum latifolium</i> Desf.	евросиб.	криптофит (геофит)	многолетнее короткостолбчатое	NmF	0,50	МБ	0,38	ГСБ	im, v, g ₁ , g ₂ , g ₃	Крымская область, Судакский район, п. Курорное. На склоне горы Блезнецы. Смешанный лес. Ведерникова О. П., Жукова Л. А., 26.04.1990 г.
14	Ладьян трехнадрезанный — <i>Corallorrhiza trifida</i> Chatef.	евроаз.-сев. ам.	криптофит (геофит)	многолетнее короткостолбчатое	BtF	0,70	ЭБ	0,48	МБ	v, g ₁ , g ₂	Иркутская область, Шелеховский район, п. Пионерский. Березово-разнотравный лес. Быченко Т. М., 12.06.2004 г.
15	Лапчатка прямая — <i>Potentilla recta</i> L.	евросиб.	гемикриптофит	многолетнее с многоглавым корневищем	MFr	0,50	МБ	0,56	МБ	p, j, im, v, g ₁ , g ₂	РМЭ, Медведевский район, пос. Старожильск. Искусственные посадки (Семена собраны с природных популяций около с. Петьялы). Богданов Г. А., 08.08.2010 г.
16	Лен слабительный, или ленок — <i>Cathartolimum catharticum</i> (L.) Small (<i>Linum catharticum</i> L.)	евроаз.	гемикриптофит	многолетнее стержнекорневое	MFr	0,62	ГЭБ	0,30	СБ	v, g ₁ , g ₂	РМЭ, Моркинский район, окр. д. Коркатово. Каменный карьер. Агроценоз. Посевы гречихи. Козырева С. В., Османова Г. О., 03.07.2009 г.
17	Медуница мяткая — <i>Pulmonaria mollis</i> Wulfen ex Hornem.	евр.	гемикриптофит	многолетнее короткостолбчатое	NmF	0,45	ГСБ	0,38	ГСБ	v, g ₁ , g ₂	Алтайский край, окр. пос. Южный. Леночный бор. Карбышева А. Л., 24.05.1984 г.
18	Мытник Кауфмана — <i>Pedicularis kaufmanni</i> Pfnzg.	вост. евр. зап. сиб.	гемикриптофит	многолетнее корнеклубневое	EgSt Cal	0,39	ГСБ	0,49	МБ	p, j, im, v, g ₁ , g ₂ , g ₃ , ss	Калужская область, Дзержинский район, с. Дворцы. Правый берег р. Угры. Ермакова И. М., 02.06.1995 г.

№	Название видов растений	Ареал	Жизненная форма		ЭЦГ	Климатические факторы		Почвенные факторы		Онгогенетические состояния	Место сбора и основные коллекторы
			по К. Раунккиеру	по И. Г. Серебрякову		It	бионтность	It	бионтность		
19	Мытник склеповидный — <i>Pedicularis scerptum-sarolinum</i> L.	евроаз.	гемикриптофит	по И. Г. Серебрякову многолетнее короткосторонневишнее	MFr	0,52	МБ	0,41	ГСБ	im, v, g ₁ , g ₂ , g ₃ , ss, s	Мурманская область, г. Кировск, ПАБСИ. Берег ручья. Полянская Т. А., 10.06.2008 г.
20	Мякотница однолистная — <i>Malaxis monophyllos</i> (L.) Sw.	евроаз.	криптофит (геофит)	многолетнее клубнеобразующее	TbVl	0,58	ГЭБ	0,49	МБ	j, im, im-v, v, g ₁ , g ₂ , g ₂ -g ₃	Иркутская область. Шелеховский район, пос. Пионерский. Березово-разнотравный лес. Быченко Т. М., 12.06.2004 г.
21	Неоттианта клубничковая — <i>Neottianthe sicullata</i> (L.) Schltr.	евр.-зап. сиб.	криптофит (геофит)	многолетнее короткостолонно-клубнеобразующее	VrF	0,41	ГСБ	0,24	СБ	j, im, v, g ₁ , g ₁ (v), g ₂ , g ₃	Иркутская область. Иркутский район, окр. пос. Большие Котлы. Быченко Т. М., 16.06.2004 г.
22	Пыльцеголовник красный — <i>Serphantha gibba</i> (L.) Rich.	евр.-зап. сиб.	криптофит (геофит)	многолетнее короткосторонневишнее	MSw	0,60	ГЭБ	0,43	ГСБ	v, g ₁ , g ₂ , ss	РМЭ, Моркинский район, окр. д. Коржатово. Каменный карьер. Смешанный лес. Османова Г. О., Ведерникова О. П., 07.07.2009 г.
23	Цмин, или бессмертник печеночный — <i>Helichrysum aeneum</i> (L.) Moench	евр.-зап. сиб.-аз.	гемикриптофит	многолетнее стержнекорневое	RnEg NSt	0,52	МБ	0,34	ГСБ	p, j, im, v, g ₁ , g ₂ , g ₃ , ss, s	Оренбургская область, окр. г. Соль-Илецк. Пойма р. Песчанки. Подорожниково-злаковый луг Актишенев Е. В., 19.08.2008 г.

Обозначения: ЭЦГ — эколого-ценотические группы; VrF — бореальная лесная; NmF — неморальная лесная; RnEg — боровая опушечная; EgSt — опушечно-степная; NSt — северо-степная; MFr — пойменно-луговая; MSw — мезотрофно-болотная; TbVl — мезотрофно-болотная; VrF — виды низинных и переходных болот; InW — внутриводная; Cal — кальцефиты.

It — индекс толерантности.

Бионтность: стенобионтная (СБ) It ≥ 0,33; гемистенобионтная (ГСБ) — от 0,34–0,45; мезобионтная (МБ) — от 0,46–0,56; гемизврибионтная (ГЭБ) — от 0,57–0,66; эврибионтная (ЭБ) — от 0,67 и более.

РМЭ — Республика Марий Эл.

РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ В СВЯЗИ С РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬЮ СЕМЯН

И. А. Коновалова¹, М. Н. Шаклеина², Е. В. Лелекова³

Вятский государственный университет, Киров, Россия

¹ S-dulcamara@yandex.ru, ² mariyashakleina@mail.ru, ³ LelekovaEV1980@mail.ru

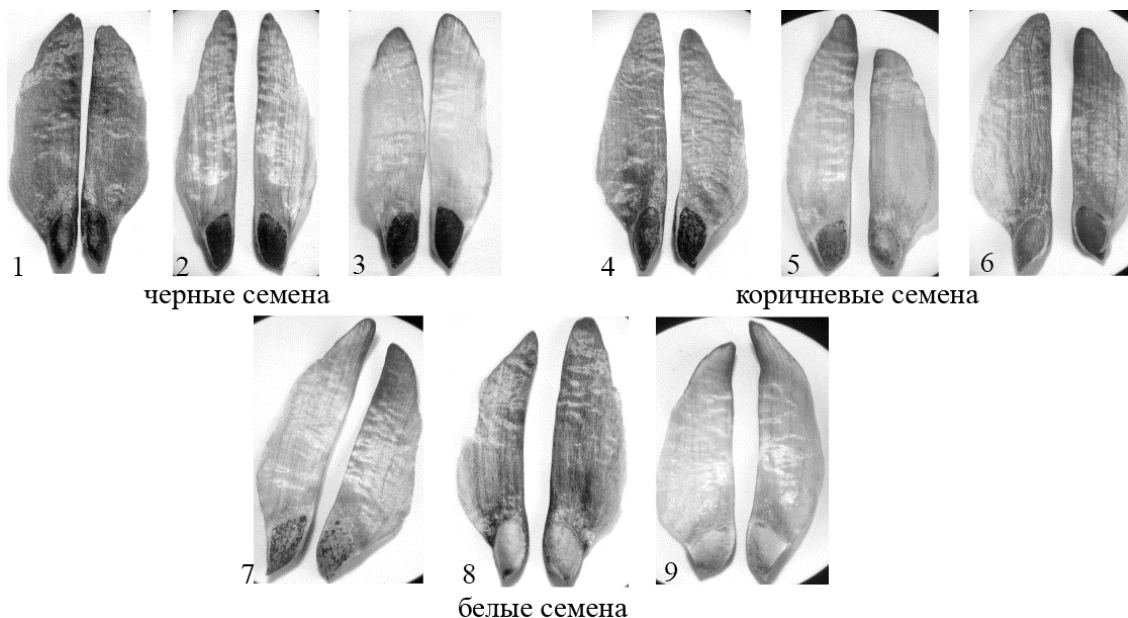
Эффективность интенсивного лесовосстановления во многом определяется качеством семян, используемых при выращивании посадочного материала [Теплых, 2016]. Одной из важнейших технологических операций при отборе семян хвойных пород, используемых для выращивания сеянцев, является их предпосевная сортировка [Казаков и др., 2016]. На рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) оказывает влияние не только разделение семян по размерам и по массе, но и по окраске семени. Доказано, что уже в первый год наиболее интенсивно растут сеянцы из семян черной расы в сравнении с растениями из серых семян [Парамонов, Ананьев, 2011; Новикова и др., 2016].

Окраска семян определяется цветом трех слоев семенной кожуры: первый (внутренний) — равномерно черный или коричневый; второй (средний) — черный из зернистых структур; третий (наружный) окрасочный слой желтовато-белый — может отсутствовать [Видякин, 2004]. Известно, что фены окраски семян сосны обыкновенной отличаются высокой наследуемостью [Видякин, Тараканов, 2009]. Установлено, что в большинстве популяций *P. sylvestris* в Северной Монголии преобладают деревья с темноокрашенными семенами [Новикова и др., 2016]. Доказана зависимость цвета семян от влажности: деревья сосны обыкновенной с темными семенами свойственны достаточно увлажненным экотопам, а со светлой окраской семян — сухим борам лесостепной зоны [Черепнин, 1964; 1980].

Сосновые леса Кировской области, как и всей территории северо-востока Евразии, сформированы разными популяциями сосны обыкновенной [Видякин, 1998]. Одна из наиболее продуктивных — южная, характеризующаяся высокими товарными качествами древесины [Савиных и др., 2017].

Цель нашего исследования — изучить влияние цветовой расы семян южной популяции сосны обыкновенной на рост и развитие сеянцев в первый год жизни.

Шишки сосны были собраны в феврале 2018 г. в ООПТ «Медведский бор» Нолинского района Кировской области. В лаборатории они были высушены, семена извлечены. В ходе сортировки по цвету семени и крыла выделено 9 групп семян (рис.).



Семена сосны обыкновенной: 1 — черные с красными крыльями; 2 — черные с коричневыми крыльями; 3 — черные с белыми крыльями; 4 — коричневые с черными пятнами и красными крыльями; 5 — коричневые с черными точками и белыми крыльями; 6 — коричневые с коричневыми крыльями; 7 — белые с черными точками и коричневыми крыльями; 8 — белые с коричневыми крыльями; 9 — белые с белыми крыльями

Из шишек извлекли порядка 12 тыс. семян, из них 30 % составили черные семена (группа 2), в диапазоне 11–15 % находились семена 5, 6 и третьей групп.

У 50 семян каждой группы измеряли длину и ширину семени и крыла. Семена всех 9 групп отнесли к самым крупным (более 3 мм). Статистическая обработка данных проводилась в программе Excel 2013, где для выявления различий между группами семян применяли критерий Стьюдента (различия достоверны

при $p < 0,05$). Анализ данных показал, что коричневые с черными точками (группа 5) и коричневые (группа 6) семена достоверно короче других. Черные семена (группа 3) достоверно длиннее семян 5, 6, 7 групп, с остальными группами различия незначимы. Наименьшая длина семени равна 0,36–0,38 см, наибольшая — 0,39–0,41 см.

Белые семена (группа 8, 9) статистически достоверно шире других (0,23 см). Различия по ширине у остальных групп семян не значимы. Средний показатель ширины семени 0,20–0,22 см, максимальный — 0,23 см.

Крылья белых с черными точками (группа 7) и черных семян (группа 1) статистически достоверно длиннее других, кроме крыльев семян 3 и 5 групп. Максимальная длина крыла варьирует от 1,46 до 1,49 см, минимальная — от 1,34 до 1,44 см.

Крылья вышеупомянутых семян (группа 7, 1) достоверно шире других, кроме крыльев семян 3, 5, 8 и 9 групп. Статистически достоверным максимальным значением ширины крыла является 0,48–0,50 см, минимальным — 0,45–0,47 см.

Таким образом, длинными являются все черные, коричневые с черными пятнами и чисто белые семена, последние из которых — самые широкие. Максимальные значения длины и ширины крыла характерны для черных (группа 1, 3), коричневых с черными точками (группа 5) и белых с черными точками (группа 7) семян (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрические показатели 9 групп семян сосны обыкновенной

№ группы	Длина семени, см	Ширина семени, см	Длина крыла, см	Ширина крыла, см
1	0,39 ± 0,005	0,20 ± 0,004	1,49 ± 0,03	0,50 ± 0,01
2	0,40 ± 0,007	0,21 ± 0,004	1,40 ± 0,02	0,47 ± 0,01
3	0,41 ± 0,006	0,22 ± 0,005	1,44 ± 0,02	0,48 ± 0,01
4	0,39 ± 0,008	0,21 ± 0,004	1,34 ± 0,004	0,46 ± 0,008
5	0,36 ± 0,007	0,21 ± 0,004	1,46 ± 0,03	0,48 ± 0,01
6	0,38 ± 0,007	0,20 ± 0,004	1,37 ± 0,02	0,45 ± 0,01
7	0,38 ± 0,005	0,21 ± 0,005	1,49 ± 0,12	0,50 ± 0,009
8	0,40 ± 0,007	0,23 ± 0,007	1,41 ± 0,03	0,48 ± 0,01
9	0,39 ± 0,007	0,23 ± 0,006	1,42 ± 0,03	0,48 ± 0,01

После сортировки и соответствующих измерений у каждой группы семян определяли посевные качества по следующим показателям: масса 1000 семян, энергия прорастания и всхожесть. Наибольшее значение массы 1000 семян (6,9 г) наблюдалось у черных (группа 1) и белых с черными точками семян (табл. 2). Наименьшие показатели принадлежат белым семенам с белыми (1,7 г) и коричневыми крыльями (3,5 г). Остальные значения варьируют от 6 до 6,6 г. Согласно данным А. И. Видякина (2008), такие показатели массы 1000 семян характерны для *P. sylvestris* подзоны хвойно-широколиственных лесов Кировской области.

Перед проверкой всхожести семена протравливали в 0,5 % р-ре перманганата калия и обескрыливали. Из каждой группы семян отбирали по 10 шт. и помещали в чашку Петри на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой. Исследование проводили в трех повторностях. Результаты учитывали на 7, 10 и 15 день.

Таблица 2

Характеристика посевных качеств семян сосны обыкновенной

№ группы	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания за 7 дней, %	Всхожесть за 15 дней, %	Класс качества семян
1	6,9	90 ± 5,7	93 ± 3,3	1
2	6,5	93,3 ± 3,3	93,3 ± 3,3	1
3	6,6	96,6 ± 3,3	96,6 ± 3,3	1
4	6	86,6 ± 3,3	93,3 ± 3,3	1
5	6,2	100 ± 0	100 ± 0	1
6	6,3	80 ± 5,7	80 ± 5,7	2
7	6,9	73,3 ± 6,6	90 ± 0	1
8	3,5	0	0	не конд.
9	1,7	0	0	не конд.

Выяснилось, что высокими значениями всхожести и энергии прорастания обладают все черные и коричневые с черными точками семена (табл. 2). Они относятся к первому классу качества. Коричневые семена имеют более низкие показатели, поэтому отнесены ко второму классу качества. Чисто белые семена оказались пустыми или запревшими, что объясняет их низкий вес. Они являются некондиционными, поэтому были отбракованы.

В первой половине мая 2018 г. семена были высажены в кассеты фирмы Plantek 64FD в поликарбонатные теплицы. Для семян первого класса качества был определен односемянной, для второго — двусемянной посев. На каждую группу семян выделялось по 8 кассет, то есть семена первого класса высевались в числе 512 шт. каждой группы, второго класса — 1 536 шт. Перед посевом набивали кассеты смесью торфа и песка в соотношении 3 : 1. Готовую почвосмесь обрабатывали фунгицидом «Превикур Энерджи» немецкой компании «Байер Гарден». После высева кассеты ежедневно поливали водой. Через 12 дней появились первые всходы. Спустя неделю у каждой группы семян подсчитали число семядольных листьев (табл. 3). Достоверных различий по их числу у 7 групп семян не выявлено; среднее число семядолей варьирует от 5,7 до 5,9 шт. Эти данные подтверждают, что семена сосны принадлежат южной ее популяции, у которой среднее значение числа семядолей равно 5,79–5,88 [Видякин, Глотов, 1999; Видякин, 2002].

Таблица 3

Число семядольных листьев сосны обыкновенной

Группа	1	2	3	4	5	6	7
Среднее число семядолей, шт.	5,8 ± 0,07	5,8 ± 0,07	5,9 ± 0,1	5,7 ± 0,07	5,8 ± 0,08	5,8 ± 0,07	5,8 ± 0,1

Через две недели после всходов и до середины августа сеянцы подкармливали по следующей схеме: 0,3 % р-р хвойного удобрения, через 7 дней — 0,3 % р-р мочевины. В период замедленного роста отменили подкормки комплексными и азотными удобрениями и ввели калийное в той же концентрации. Подкормку производили каждые 10 дней до октября.

В первых числах октября провели инвентаризацию, сеянцы поместили на площадку закаливания. Инвентаризацию проводили у 100 особей каждой группы по 7-ми признакам (табл. 4). Под высотой сеянца подразумевали высоту надземной его части, меряли с помощью линейки. Диаметр корневой шейки измеряли у основания стебля штангенциркулем. Процент побуревшей / пожелтевшей хвои определяли визуально. Прямой ствол у сеянцев принимали за 100 %, изогнутый у основания — за 70 %, изогнутый выше семядольных листьев — за 50 %, перевершинивание — за 0 %. Хорошо заметную невооруженным глазом верхушечную почку принимали за 100 %, почку меньших размеров, слабо различимую среди хвои на верхушке побега — за 50 %. Хорошо одревесневший коричневого цвета стебель до семядольных листьев брали за 100 %. При низкорасположенных семядольных листьях он просматривался плохо, поэтому в графе «наличие одревесневшего стебля» отмечали 50 %. Морозоустойчивость сеянцев определяли по содержанию сухого вещества в надземной части растения: при содержании его более 33–36 % морозоустойчивость считается достаточной.

Таблица 4

Характеристика сеянцев сосны обыкновенной первого года жизни

№ группы	Высота сеянца, см	Диаметр корневой шейки, мм	Наличие желтой и бурой хвои, %	Наличие прямого стволика, %	Развитие верхушечной почки, %	Наличие одревесневшего стебля, %	Морозоустойчивость, %
1	5,3 ± 0,15	0,9 ± 0,02	41,7 ± 3,3	95,6 ± 1,2	89 ± 2,1	99,5 ± 0,5	41,9
2	5,4 ± 0,14	1,0 ± 0,01	70,1 ± 2,8	96,9 ± 1,0	87,5 ± 2,1	99,5 ± 0,5	41,6
3	4,7 ± 0,12	0,9 ± 0,06	44,2 ± 3,7	96,8 ± 0,9	91 ± 1,9	99,5 ± 0,5	41,3
4	4,8 ± 0,15	1,0 ± 0,004	31,3 ± 3,2	95 ± 1,6	92,5 ± 1,8	89,5 ± 2,1	48,2
5	5,2 ± 0,15	1,0 ± 0,005	28,5 ± 2,8	95,3 ± 1,2	77 ± 2,5	97,5 ± 1,1	39,6
6	4,7 ± 0,12	0,9 ± 0,02	41,5 ± 3,4	96,8 ± 1,1	77,5 ± 2,5	99 ± 0,7	42,5
7	5,2 ± 0,14	1,0 ± 0,01	72,1 ± 6,5	97,4 ± 0,9	87 ± 2,2	99 ± 0,7	41,7

Статистически достоверно, что самые высокие сеянцы (5,2–5,3 см) развиваются из черных (группа 1, 2), коричневых и белых с черными точками семян. По диаметру корневой шейки высокими показателями (1,0 мм) отличаются черные (группа 2), коричневые с черными пятнами, коричневые и белые с черными точками семена.

Все исследуемые сеянцы имеют тот или иной процент побуревшей/пожелтевшей хвои. Более зеленая хвоя отмечена у растений, развивающихся из коричневых с черными пятнами и точками семян. Самый

высокий процент побуревшей/пожелтевшей хвои (70,1–72,1 %) имеют сеянцы, которые сформировались из черных (группа 2) и белых с черными точками семян. Средние значения (41,5–44,2 %) принадлежат остальным группам семян.

Показатели прямого стволика у всех групп сеянцев сосны высокие (> 95 %), различия между ними статистически незначимы. Кроме растений с прямым стволиком, часто встречаются особи с изогнутым у основания стеблем.

Верхушечная почка хорошо развита и визуально просматривается у большинства исследуемых особей. Низкий процент развития верхушечной почки наблюдается у сеянцев, развивающихся из коричневых и коричневых с черными точками семян (77–77,5 %). Разница значений по этому параметру между другими группами статистически незначима.

До семядольных листьев стебель большинства сеянцев одревесневший. Однако растения, сформировавшиеся из коричневых с черными пятнами семян, имеют статистически достоверное наименьшее значение по данному параметру (89,5 %). Это связано с тем, что у особей этой группы семядольные листья находятся на уровне почвы.

Таким образом, анализ морфометрических параметров сеянцев сосны обыкновенной первого года жизни показал, что растения, развивающиеся из черных (с красными и коричневыми крыльями) и пятнистых (коричневых и белых с черными точками) семян имеют более высокие показатели по высоте и диаметру корневой шейки; прямой стволик, хорошо развитую верхушечную почку (кроме 5 группы) и одревесневший стебель. Сеянцы, развивающиеся из коричневых семян (2 категория качества), имеют низкие показатели по высоте и диаметру корневой шейки, их верхушечные почки развиты слабо. Морозостойчивость надземной части сеянцев варьирует от 39,6 до 48,2 % и считается высокой (более 33–36 %). Для получения более точных результатов влияния цветовой расы семян на рост и развитие сеянцев сосны планируется дальнейший мониторинг.

Литература

- Видякин А. И. 1998. Миграция в голоцене и популяционная структура *Pinus sylvestris* L. на востоке европейской части России // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл. Ч. 2. С. 4–12. Видякин А. И. 2002. Межсемейная изменчивость количества семядолей у сосны обыкновенной в связи с селекцией на быстроту роста // Аграрный вестник Урала. С. 60–62. Видякин А. И. 2004. Популяционная структура сосны обыкновенной на востоке европейской части России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург. 48 с. Видякин А. И. 2008. Сосна обыкновенная // Леса Кировской области / под ред. А. И. Видякина, Т. Я. Ашихминой, С. Д. Новоселова. Киров. С. 85–90. Видякин А. И., Готов Н. В. 1999. Изменчивость количества семядолей у семян сосны обыкновенной на востоке европейской части России // Экология. № 3. С. 170–176. Видякин А. И., Тараканов В. В. 2009. Оценка наследуемости и точности идентификации фенотипов окраски семян у сосны обыкновенной // Аграрный вестник Урала. № 10 (64). С. 98–100. Казаков В. И., Проказин Н. Е., Лобанов Е. Н., Казаков И. В. 2016. Влияние сортировки семян хвойных пород на посевные качества // Лесотехнический журнал. № 3. С. 161–167. Новикова Т. Н., Милютин Л. И., Жамьянсурен С. 2016. Цветосеменные расы сосны обыкновенной в Южной Сибири и Монголии // Растительный мир азиатской России. № 2 (22). С. 8–13. Парамонов Е. Г., Ананьев М. Е. 2011. Влияние цветковых рас семян сосны на рост лесных культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 4 (78). С. 40–43. Савиных Н. П., Воронцова Р. Ю., Романова А. М. 2017. О семенах сосны обыкновенной в ООПТ «Медведский бор» // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: материалы конф. Киров. С. 303–308. Теплых А. А. 2016. Посевные качества семян сосны обыкновенной и ели европейской в Республике Марий Эл // Лесхоз. информ.: Электрон. сетевой журн. № 1. С. 17–24. Черепнин В. Л. 1964. Селекционное значение происхождения семян сосны обыкновенной, их веса и цвета // Селекция древесных пород в Восточной Сибири. М.: Наука. С. 58–68. Черепнин В. Л. 1980. Изменчивость семян сосны обыкновенной. Новосибирск. 183 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ *FERULA TADSHIKORUM* M. PIMEN. В ЕСТЕСТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ

Х. С. Рахмонов¹, Е. М. Олейникова²

¹Таджикский национальный университет, Душанбе, Республика Таджикистан

²Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, Воронеж, Россия
cichor@agronomy.vsu.ru

В настоящее время в Таджикистане, где сосредоточено значительное мировое видовое разнообразие флоры и фауны, отмечается ухудшение состояния биологических ресурсов луговых, лесных, степных, пустынных и других экосистем. Многие виды стали редкими и находятся под угрозой исчезновения [Национальная..., 2003]. Опасность потери богатства биологического разнообразия становится крайне угрожающей, так как в последнее время население стало вовлекать в хозяйственный оборот значительно больше биологических ресурсов. Одним из видов, к которым в последние два десятилетия лет значительно возрос хозяйственный и коммерческий интерес, является ферула таджиков (*Ferula tadshikorum* M. Pimen.) из семейства Зонтичные (Ariaceae Lind) [Рахмонов, 2017; Рахмонов и др., 2018].

Ферула таджиков — длинностержнекорневой полурозеточный монокарпик, единожды цветущий и плодоносящий на 24–27 году жизни. Эндемичный вид, произрастающий на территории только Южного Таджикистана — географически это юго-западную часть страны, расположенная в междуречьях Сурхан – Кафирниган – Вахш – Кызыл – Су. Общая площадь района равна 1 361 814 га.

Актуальность исследования современного состояния *F. tadshikorum* обусловлена прежде всего исследованием особей ценного лекарственного, кормового и ценозообразующего растения при сборе смолы из клубнекорня кустарным способом, который до настоящего времени используют как местные жители, так и афганские заготовители, незаконно проникающие на территорию Таджикистана. Для охраны и предотвращения снижения численности популяций *F. tadshikorum* в различных районах произрастания нами был проведен посев семян (мерикарпиев) и дальнейший мониторинг сохранения жизнеспособных особей. Трансекты размером 6 × 10 м были заложены в трехкратной повторности в следующих пунктах: в ботаническом саду агробиологической лаборатории «Ромит» Таджикского государственного педагогического университета; вокруг кишлака Аракчин в ущелье реки Варзоб; на Фахрабадском перевале Гозималикского района. На каждой трансекте в октябре 2011 г. было высеяно по 1000 семян, из расчета 16–17 штук на 1 м².

Как отмечает ряд авторов [Хмелев и др., 2002; 2003; Никулин и др., 2006; Олейникова, 2007; 2010; Парахневич, Кирик, 2012], растения со стержневым корнем являются закрепителями склонов различной крутизны, и, как следствие, их внедрение на определенную территорию за счет семенного размножения (а стержневой корень и семенное возобновление в большинстве случаев являются сопряженными биологическими свойствами) способствует дальнейшему восстановлению растительности на данных участках. Мерикарпии плодов ферулы покрыты тонкими оболочками, которые в период осенних осадков пропитываются влагой и в зародыше начинаются биохимические процессы, предшествующие всхожести. При повышении температуры в марте происходит прорастание семян. Семена сохраняют всхожесть в течение 4–5 лет.

При посеве семян использовали различные варианты. № 1 — на поверхности почвы, на открытом пастбищном склоне, проективное покрытие 45–55 %; № 2 — на поверхности почвы, проективное покрытие травостоя 50–60 %; № 3 — на поверхности почвы с высоким травостоем (30–40 см), проективное покрытие 85–95 %; № 4 — на поверхности почвы с изреженным травостоем, проективное покрытие 25–30 %. Несколько лет назад на этом участке высевали горох и лен масличный; № 5 — с заделкой семян в почву на глубину 0,3–0,5 см, на участке естественного травостоя, загороженном от выпаса сельскохозяйственных животных; № 6 — на поверхности эродированных щебнистых и каменистых склонов.

Вариант № 1 был заложен на склоновом участке в Гозималикском районе, который использовался для нерегулярного выпаса скота. Варианты № 2 и № 5 включали участки, наиболее защищенные от антропогенного воздействия — это участок естественного травостоя в ботаническом саду агролаборатории «Ромит» (вариант № 2) и участок возле кишлака Аракчин, защищенный от проникновения сельскохозяйственных животных (вариант № 5). Оба участка имели проективное покрытие до 60 %. Участки варианта № 3 покрыты практически сомкнутым травостоем, поэтому мерикарпии сначала рассеивались по поверхности травостоя, и только после заморозков, когда трава оседала, они достигали поверхности почвы. Варианты № 4 и № 6 являются наиболее неблагоприятными по экологическим показателям. Это каменистые склоны с крутизной 10–15° и низким проективным покрытием (вариант № 4) или почти полным отсутствием растительности (вариант № 6). На участках варианта № 4 примерно 20 лет назад были выкорчеваны кустарники, почва разрыхлена ручной обработкой и в течение 4–5 лет высевался горох и лен масличный. За это время плодородный слой был в значительной мере смыт дождями и тальми водами, почва сильно эродировалась. За последующие годы на более ровных участках произошло частичное восстановление травостоя за счет рудеральных видов, а на более крутых участках остаются только щебень и мелкие камни. На участках варианта № 6 также происходило выкорчевывание растительности и последующий смыл почвы, в настоящее время их используют как скотопрогонный путь. Поверхность участков сильно разрыхлена копытами животных и практически не имеет растительности. На всех указанных участках наблюдения велись в течение пяти лет (табл. 1–3). Анализ полученных данных подтверждает закономерность, отмеченную нами ранее [Олейникова, 1997; 1999; Рахронов и др., 2018] — количество появившихся проростков в первый год значительно (в 1,5–2 раза и более, табл. 1–3) превышает количество особей, сохранившихся на этих же участках в последующие годы.

Таблица 1

Всхожесть семян и динамика изменения численности особей в ботаническом саду агробиологической лаборатории «Ромит» ТГПУ

№ площадки	Первый вегетац. сезон (10.04.2012 г.)		Второй вегетац. сезон (12.04.2013 г.)		Третий вегетац. сезон (08.04.2014 г.)		Четвертый вегетац. сезон (14.04.2015 г.)		Пятый вегетац. сезон (10.04.2016 г.)	
	кол-во прор., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа
Вариант посева — № 2										
1	530	53,0	312	31,2	283	28,3	265	26,5	259	25,9
2	496	49,6	301	30,1	256	25,6	235	23,5	228	22,8
3	477	47,7	270	27,0	211	21,1	198	19,8	187	18,7

Установлено, что максимальный процент всхожести и последующего сохранения молодых растений отмечается на участках ненарушенных фитоценозов (варианты № 2 и 5). Так, при заделке на глубину 0,3–0,5 см средняя всхожесть составила 57 %, спустя четыре года на участке было в среднем 420 растений (42 %), при поверхностном посеве всхожесть была 50 %, спустя три года сохранилось 22 % растений. Хорошие показатели выживаемости отмечены и в случае посева на поверхности почвы с высоким травостоем (вариант № 3) — 21–24 %. При среднем уровне антропогенного воздействия (вариант № 1) всхожесть составила 42 %, на пятый вегетационный сезон осталось в среднем по 17 растений ферулы на участке.

Таблица 2

Всхожесть семян и динамика изменения численности особей в Гозималикском районе

№ площадки	Первый вегетац. сезон (10.04.2012 г.)		Второй вегетац. сезон (12.04.2013 г.)		Третий вегетац. сезон (10.04.2014 г.)		Четвертый вегетац. сезон (14.04.2015 г.)		Пятый вегетац. сезон (10.04.2016 г.)	
	кол-во прор., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа
Вариант посева — № 1										
1	435	43,3	190	19,0	175	17,5	173	17,3	169	16,9
2	395	39,5	201	20,1	193	19,3	190	19,0	187	18,7
3	427	42,7	187	18,7	161	16,1	155	15,5	148	14,8
Вариант посева — № 4										
1	198	19,8	169	16,9	150	15,0	139	13,9	137	13,7
2	208	20,8	173	17,3	163	16,3	144	14,4	141	14,1
3	230	23,0	181	18,1	175	17,5	153	15,3	151	15,1

Подчеркнем, что на всех рассмотренных вариантах, начиная с четвертого вегетационного сезона, численность особей ферулы стабилизируется. Очевидно, что это связано с укреплением мощности сохранившихся особей и повышением уровня их адаптации в фитоценозе. Обычно такие особи уже не гибнут от затенения, недостатка влаги или других абиотических факторов, гибель чаще может быть лишь следствием прямого механического воздействия — поедания или вытаптывания скотом.

Таблица 3

Всхожесть семян и динамика изменения численности особей вокруг кишлака Аракчин

№ площадки	Первый вегетац. сезон (12.04.2012 г.)		Второй вегетац. сезон (11.04.2013 г.)		Третий вегетац. сезон (09.04.2014 г.)		Четвертый вегетац. сезон (15.04.2015 г.)		Пятый вегетац. сезон (11.04.2016 г.)	
	кол-во прор., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа	кол-во растен., шт.	% от общ. числа
Вариант посева — № 3										
1	348	34,8	229	22,9	219	21,9	216	21,6	214	21,4
2	360	36,0	283	28,3	243	24,3	241	24,1	238	23,8
3	417	41,7	249	24,9	237	23,7	225	22,5	217	21,7
Вариант посева — № 5										
1	587	58,7	463	46,3	445	44,5	431	43,1	431	43,1
2	551	55,1	445	44,5	412	41,2	409	40,9	406	40,6
3	568	56,8	457	45,7	421	42,1	417	41,7	414	41,4
Вариант посева — № 6										
1	71	7,1	40	4,0	27	2,7	18	1,8	16	1,6
2	96	9,6	55	5,5	39	3,9	33	3,3	29	2,9
3	83	8,3	44	4,4	31	3,1	22	2,2	22	2,2

На эродированных участках (варианты № 4 и 6) всхожесть достаточно низкая и составляет в среднем 8–21 % в первый год; спустя 4 года приживаемость оставляет 2–15 %. Отметим, что на третий – четвертый вегетационный сезон выживаемость стабилизируется и на данных участках, так как корневая система даже на каменистом склоне проникает достаточно глубоко, что обеспечивает благоприятные экологические условия для сохранения растений. Опыт наших наблюдений показывает, что после цветения ферулы таджиков на этих площадях количество проросших из семян растений в несколько раз увеличится. Это поспособствует возобновлению другого разнотравья, а значит, восстановлению растительного покрова в

целом. Полагаем, что культивирование ферулы таджиков на эродированных склонах способствует сохранению и восстановлению почвенного покрова и может активно использоваться для рекультивации обширных пастбищных угодий, продуктивность которых существенно снижена в настоящее время из-за неумеренного выпаса и иного антропогенного воздействия, в частности, уничтожения взрослых особей ферулы при кустарной заготовке камедесмола из клубнекорня.

В целом считаем, что использованная нами технология выращивания *F. tadshikorum* из семян в естественных условиях произрастания с различными экологическими характеристиками может быть применена как эффективный агротехнический прием по сохранению популяций данного вида и восстановлению естественного травостоя пастбищ в условиях Южного Таджикистана.

Литература

- Национальная стратегия и план действий по сохранению и рациональному использованию биоразнообразия. 2003. Душанбе: Национальный центр по биоразнообразию и биобезопасности Республики Таджикистан. 235 с. Никулин А. В., Кирик А. И., Олейникова Е. М. 2006. Применение эколого-ценотического анализа для оценки степени восстановления растительного покрова // Успехи современного естествознания. № 2. С. 67–68. Олейникова Е. М. 1997. Онтогенез и возрастные группы цикория обыкновенного // Экология и интродукция растений Центрального Черноземья. Воронеж: Из-во ВГУ. С. 124–129. Олейникова Е. М. 1999. Структура и динамика ценопопуляций *Cichorium intybus* L. Русской лесостепи: дис. ... канд. биол. наук. Воронеж. 211 с. Олейникова Е. М. 2007. Онтоморфогенез и возрастные группы *Eryngium campestre* L. бассейна Среднего Дона // Биоморфологические исследования в современной ботанике: материалы междунар. конф. Владивосток: БСИ ДВО РАН. С. 327–330. Олейникова Е. М. 2010. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Eryngium campestre* (Ariaceae) бассейна Среднего Дона (Воронежская область) // Растительные ресурсы. Т. 46, вып. 3. С. 33–43. Парахневич Т. М., Кирик А. И. 2012. Изменение структуры растительных сообществ в ходе сукцессии на залежи // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. № 4 (35). С. 68–73. Рахмонов Х. С. 2017. Биология и ресурсы *Ferula tadshikorum* M. Pimen. в Южном Таджикистане: дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж. 178 с. Рахмонов Х. С., Олейникова Е. М., Халимов А. Х. 2018. Популяционная биология и ресурсный потенциал *Ferula tadshikorum* M. Pimen. в Южном Таджикистане. Душанбе. 160 с. Хмелев К. Ф., Никулин А. В., Олейникова Е. М. 2002. Онтогенез *Cichorium intybus* L. Русской лесостепи // Раст. ресурсы. Вып. 4. С. 42–48. Хмелев К. Ф., Никулин А. В., Олейникова Е. М. 2003. Сезонная и погодичная динамика численности и возрастного состава ценопопуляций *Cichorium intybus* L. в Русской лесостепи // Раст. ресурсы. Вып. 1. С. 3–11.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДВЕДСКОМ БОРУ (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) В СВЯЗИ С ТИПОМ СООБЩЕСТВА

Н. П. Савиных¹, О. Н. Пересторонина¹, С. В. Шабалкина¹, А. Г. Гальвас²

¹ Вятский государственный университет, Киров, Россия

² Нолинская лесопромышленная компания, Нолинск, Россия
botany-vsu@yandex.ru

Особо охраняемая природная территория (ООПТ) «Медведский бор» (Нолинский район) расположена на северной границе подзоны хвойно-широколиственных лесов в юго-восточной части Кировской области. Исходно он был сформирован сосняками на месте перигляциальных степей. В начале прошлого века здесь встречались степные (более 30 видов) и неморальные элементы флоры. Некоторые из них и сегодня присутствуют в составе растительных сообществ.

В настоящее время леса этого бора представлены в основном хвойными породами. Сосновые насаждения средневозрастные, спелые и перестойные. Средний возраст густо стоящих деревьев 86,4–97,9 лет; сосняки 2 класса бонитета, деревья в большинстве своем со средней и слабой жизненностью; многие повреждены раком серяжкой, суховершинные и с округлой кроной. Еловые леса в основном спелые. Ельники 3 класса бонитета со средним возрастом 103,6 лет, *Picea × fennica* (Regel) Kom. активно возобновляется в лесу; отмечен хороший подрост разного возраста в сосняках. Мягколиственные сообщества представлены в основном березняками, на втором месте осинники, затем липняки и ольшаники. Средний возраст *Betula pubescens* Ehrh. 59 лет. Осинники 1 класса бонитета вегетативного происхождения со средним возрастом 69 лет. Отмечена кустовая поросль *Populus tremula* L. и отдельно стоящие деревья. Все зрелые растения повреждены трутовыми грибами. Средний возраст деревьев *Tilia cordata* Mill. 49 лет. Липа в виде отдельных торчков и деревьев с тонкими стволами, она присутствует даже в сосняках; вдоль волока и эстакады растут отдельные генеративные растения.

Исследование флоры и растительности Медведского бора проводятся с 2001 г. В 2015 г. проведено зонирование ООПТ с выделением трех зон: особой охраны, рекреационной и регулируемого лесопользования.

За период наблюдений с 2001 по 2018 гг. площадь сосняков постепенно снижалась. Кроме того, с приданием территории охранного статуса, необходимые мероприятия по уходу за лесом, особенно в молодняках, не проводились. Анализ состояния лесов после лесохозяйственных мероприятий показал недостаточное изъятие древесины — сообщество в пасаках остается прежним. Процент выборки не обеспечивает достаточного для восстановления сосны освещения, и трансформация сосняков в зональные типы растительности продолжается, особенно в зоне особой охраны.

В Медведском бору установлены следующие лесные сообщества: сосняки редкостойные (отдельные сообщества с формулой 10С), сосняки с двумя ярусами сосны (7С3С, 8С2С, 5С5С, 6С4С), елово-сосновые

леса (10С+Е, 10С+Б, 10С+Е+Б, 10С+Б+Е), березово-сосновые леса (8С2Б, 6С2Б2С), елово-березово-сосновые леса (7С1Е2Б), елово-березово-сосновые леса с лиственницей (6С2Л1Е1Б, 5С1Е1Л3Б, 8С1Е1Б+ЛЛ) и более сложные сообщества с участием в составе древостоя осины (2С1С2Е4Б1Ос), пихты (3С2Е1П2Ос2Б) и липы (3С3П2Е1Б1Лп); есть еловые и осинные леса с участием многих указанных пород в составе древостоя.

Эти сообщества представляют своеобразный ряд преобразований исходных сосняков (рис.). Отдельные звенья его указывают на сукцессионный статус сообществ — место в ряду преобразований. Для определения его стали очевидны некоторые качественные характеристики фитоценоза. Состав подроста является одним из основных индикаторов для определения статуса. Очевидно, что наличие жизнеспособного подроста ели и пихты, равно как березы и осины, и особенно липы, свидетельствует о скором формировании на данной территории лесов иного типа.

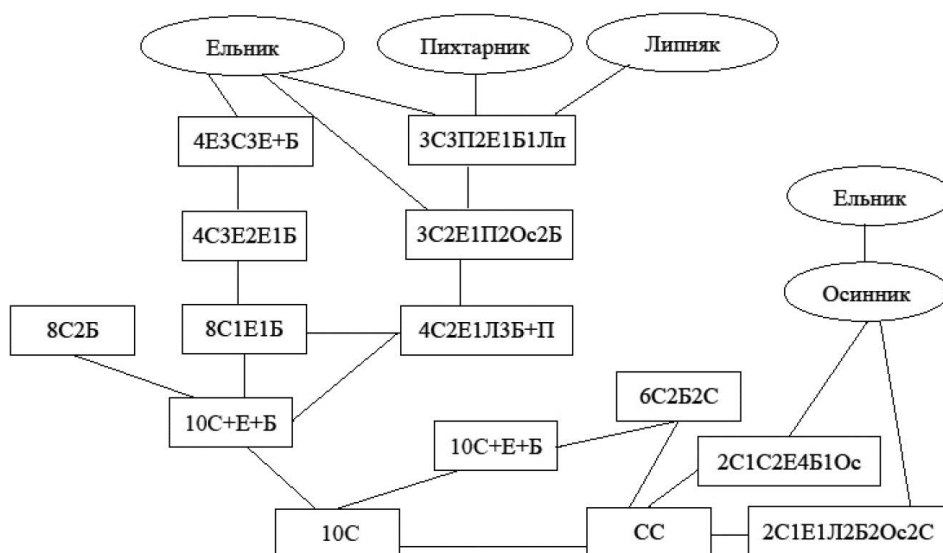


Схема трансформации сосняков Медведского бора

Появление в составе подлеска бореальных и неморальных видов, особенно их процентное соотношение и общее покрытие, также может служить для определения сукцессионного статуса лесного участка. Еще более показательным является спектр эколого-ценотических групп в травяно-кустарничковом ярусе.

Анализ состава эколого-ценотических групп растений подлеска и трав позволил выделить индикаторные виды кустарников и трав для выяснения возможного типа исходных лесов на территории Медведского бора. Для сосняков это: кустарники *Juniperus communis* L. и *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klásk. (первый сохраняется в составе сообществ дольше). Среди трав — *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Convallaria majalis* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Centaurea sumensis* Kalen. Эти виды дольше всех, особенно *P. aquilinum*, *C. majalis* и *P. patens* сохраняются при трансформации сосняков из-за дуализма их жизненных стратегий. Ландыш, кроме того, обладает эфемероидным ритмом развития и способен существовать при достаточном освещении весной до раскрытия листьев у листопадных деревьев и кустарников. В некоторых достаточно светлых лесах индикаторами могут служить также *Gypsophila paniculata* L. и *Dracocephalum ruyschiana* L.

Смена исходных редкостойных остепененных боров на территории Медведского бора является ответной реакцией лесного сообщества на изменения условий в нем, главным образом освещенности и повышения обеспеченности азотом почв. При достаточной освещенности, обеспечивающей естественное воспроизведение *Pinus sylvestris* L., формировались сначала леса с двумя ярусами сосны в пологе, а позднее — более сомкнутые сообщества. Это приводило к снижению освещенности в них. Из близ расположенных лесов уже сформировавшейся на данной территории в последниковый период темнохвойной тайги сюда мигрировали бореальные кустарники (*Sorbus aucuparia* L. и др.), вытесняя типичные боровые виды. В результате освещенность снижалась еще больше, воспроизведение *P. sylvestris* становилось невозможным из-за формирования нежизнеспособного подроста. При этом активно в лес заселялись *P. × fennica* и *B. pubescens*, в более влажных местах — *P. tremula*. Степные и боровые виды трав вытеснялись бореальными. Впоследствии в травяно-кустарничковом ярусе пока еще сосновых лесов, но со значительным участием *P. × fennica*, *B. pubescens* и *P. tremula* стали преобладать бореальные виды: *Oxalis acetosella* L., *Trientalis europaea* L., *Linnaea borealis* L. и др. Но в них еще можно встретить *P. aquilinum*, *C. majalis*, на более светлых местах — *P. patens*. При укреплении позиций ели в ходе естественного вос-

произведения на месте сосняка формируется еловый или березовый лес. На исходный сосняк указывает лишь присутствие в незначительном количестве в составе флоры обычно *P. aquilinum* и *C. majalis*.

Подобные изменения наблюдаются в ходе дальнейших трансформаций растительности. Кроме описанного первого тренда этих процессов возможно указать на формирование елово-пихтовых, осиновых и, возможно, липовых лесов (рис.).

Очевидно одно: на трансформацию исходных остепненных сосняков Медведского бора указывает наличие в его составе всех этапов этих преобразований, которые обеспечиваются косвенным действием биотического фактора: снижением освещенности в результате повышения плотности лесных насаждений и сомкнутости полога. При этом изменение фитоценоза носит волновой характер: повышение сомкнутости крон древостоя вызывает изменение состава полога и подроста, а далее изменение видового состава — травяно-кустарничкового яруса и формирование нового древостоя. При этом травяно-кустарничковый ярус становится типичным для будущего сообщества раньше формирования древостоя другого типа.

Еще более перспективным для определения сукцессионного статуса сообщества, на наш взгляд, может быть оценка процентного соотношения совокупностей следующих эколого-ценотических групп травяно-кустарничкового яруса: 1) боровые, бореально-опушечные, виды сухих песков и лугово-степные (ковыльниковая группа); 2) бореальные; 3) неморальные, нитрофильные и неморально-опушечные; 4) прочие (растений сухих лугов и др.).

Очевидно, что лесные сообщества на территории Медведского бора своеобразны, представляют большую часть лесов региона. Сохранение исходных остепненных сосняков и даже отдельных степных видов, редких и охраняемых в Кировской области, невозможно без хозяйственной деятельности, поскольку дюны в наше время не образуются, и *P. sylvestris* не способна формировать редкостойные первичные сообщества, куда могли бы мигрировать степняки и сопутствующие им виды. Поэтому сохранение крайних по отношению к реке Вятке боров с имеющимися здесь пока еще степными и боровыми растениями невозможно без хозяйственной деятельности.

Считаем возможным сохранение степного и борового элементов в составе лесов Медведского бора в зависимости от современного состава сообщества. Предлагаем реализацию следующих лесохозяйственных мероприятий в обследованных типах лесов в зависимости от состава сообщества.

1. Сосняки редкостойные (10С), сосняки с разновозрастной сосной (СС).

Поддержание их в неизменном состоянии возможно путем выборочных рубок по состоянию: сохранение лесных насаждений с изъятием из состава леса деревьев и подроста *P. × fennica* и *B. pubescens*; всех больших и старых особей *P. sylvestris* и доведением сомкнутости крон до 0,4–0,5.

При определении процента изъятия древесины учитывать следующие показатели: возможный предоставленный объем по основной породе *P. sylvestris* + предоставленный объем нецелевых пород (*P. × fennica* и *B. pubescens* в стадии дерева, не подроста) + объем подроста нецелевых пород + объем, который будет изъят при прокладке волоков. Возможно, при первых приемах работ объем изъятия будет большим.

Для обеспечения успешного естественного воспроизводства сосняков проводить мульчирование, минерализацию на следующий год после изъятия древесины.

Для достижения целевых показателей по сохранению биоразнообразия и обеспечения выборки больших, старых и поврежденных деревьев использовать разнонаправленные и старые волока.

Мероприятия проводить только зимой, особенно в выделах с охраняемыми и контролируемыми видами.

2. Сосново-еловые леса, березово-сосновые леса, елово-березово-сосновые леса (10С+Е, 10С+Б, 10С+Е+Б, 10С+Б+Е, 8С2Б, 7С1Е2Б и др.).

Проводить добровольно-выборочные или равномерно-постепенные рубки с изъятием нецелевых пород в пологе и подросте, что будут способствовать поддержанию исходного сообщества; уборка ослабленных, подсоченных, больных и других деревьев. Использовать старые волока.

Для успешного возобновления и развития молодого поколения целевых пород полнота не должна снижаться ниже 0,5. С целью создания условий для естественного возобновления целевой породы проводить нарушение мохово-лишайникового покрова.

При 15–20 % выборочных рубках — целевой показатель остается прежним, или сдвинется в сторону соснового леса на одну единицу, но по-прежнему сообщество будет смешанным, с примесью ели или березы.

3. Березово-сосновые или елово-сосновые леса с лиственницей или с пихтой.

Если в сообществе присутствуют в равных количествах ель, береза, *P. sylvestris* (обычно возрастная из состава прошлого сообщества: ее возраст выше возраста основной лесобразующей породы) и нет липы возможны добровольно-выборочные рубки с разнонаправленными волоками. Мероприятие должно быть направлено на обеспечение естественного возобновления древостоя. При наличии в этом сообществе видов индикаторов исходных сосняков, через несколько приемов лесохозяйственной деятельности здесь возможно будет восстановить сосняки.

4. В сообществах с участием *T. cordata* возможно проводить мероприятия по двум вариантам:

4.1. Липняки неморальные с единичным подростом хвойных видов перевести в охранную зону с наблюдением дальнейшей сукцессии. Такие липняки в результате успешного порослевого возобновления лесообразующей породы и отсутствия достаточного количества подростка хвойных видов способны длительно существовать без дальнейших смен. Такой вариант нежелателен из-за возможного укрепления позиций липы и в дальнейшем — деградации сосновых лесов.

4.2. Для поддержания хвойного сообщества возможны добровольно-выборочные рубки с большим процентом выборки по состоянию, что возможно, приведет к формированию ельника. При отсутствии источника семян для естественного возобновления, необходима посадка *P. sylvestris* и *Larix sibirica* Ledeb.

5. В осиновых лесах также возможно проводить мероприятия по двум вариантам:

5.1. При проведении добровольно-выборочных рубок стремиться к созданию сложных осинников, в которых верхний ярус должен быть из разреженных деревьев *P. tremula* с развитыми кронами и с хорошо выделяемым вторым ярусом из *P. × fennica*, формирование в будущем хвойно-лиственного леса, а затем хвойного (елового) леса высокой продуктивности. Для этого необходимо также проводить рубки ухода с регулированием густоты насаждения.

5.2. В перестойных осиновых сообществах, с полным отсутствием во всех ярусах видов сосновых лесов целесообразно перевести эту территорию в зону особой охраны и наблюдать сукцессию.

Таким образом, для сохранения сосновых лесов, ценопопуляций контролируемых видов необходимо осветление в виде рубок по состоянию.

Иными способами сохранить биоразнообразие всех уровней на ООПТ «Медведский бор» не представляется возможным. Необходимо осуществлять мониторинг изменения лесных сообществ и разработать мероприятия по уходу за лесом в других направлениях изменения растительности Медведского бора, в частности — при формировании и изменениях сложных боров с неморальным элементом (ландышевые боры), осинников с неморальным элементом.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ООПТ

С. В. Стрелкова

Центр развития национальных парков: WildCamp, Химки, Россия, sofia.vyachesl@gmail.com

1/3 всех регионов Земли, обладающих высоким биоразнообразием, пересечены границами. Трансграничное сотрудничество — действенный метод охраны природы и ее компонентов, а рекреационное природопользование — один из компонентов трансграничного сотрудничества. Цель исследования — систематизировать имеющийся опыт трансграничного сотрудничества на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) в мире и в России. По данным, представленным в Ежегодном отчете МСОП (2017), в конце 2017 года ООПТ охватывали около 15 % суши и почти 7 % акваторий во всем мире. ООПТ неравномерно распределены по природным регионам мира: показатели их общего количества и совокупной площади не коррелируют друг с другом. По состоянию на декабрь 2018, в мире насчитывалось более 235 000 ООПТ, которые расположены в 245 странах и территориальных образованиях. На 10 стран с самым большим количеством особо охраняемых природных территорий приходится более 60 % всего количества ООПТ в мире: США, Австралия, Бразилия, Россия, Китай, Новая Зеландия, Канада, Мексика, Чили, Венесуэла. Все 10 стран имеют выход к морю, и в их акваториях образованы ООПТ. Особенно отличаются по показателю площади особо охраняемых природных территорий США и Австралия. Особо охраняемые природные территории разделяют на категории в соответствии с целями их создания. Несмотря на то, что развитие экологического туризма входит в основные цели создания только национальных парков, этот вид деятельности в том или ином виде осуществляется на ООПТ всех категорий. Туризм на особо охраняемых природных территориях — один из самых безопасных для окружающей среды видов деятельности, который, к тому же, служит дополнительным источником дохода и средством для последующего развития территории. Трансграничное сотрудничество — это процесс объединения усилий двух и более стран в целях охраны природы. Сотрудничество реализуется на территориях трансграничных охраняемых зон, среди которых МСОП, основываясь на мировом опыте, выделяет 3 типа: трансграничные особо охраняемые природные территории, трансграничные охраняемые ландшафты суши и моря, трансграничные охраняемые районы миграции. Различия заключаются в том, какие территории входят в их состав. С 1988 по 2007 гг. отмечается устойчивый рост количества трансграничных ООПТ мира. Первая инвентаризация была проведена в 1988 г., в последний раз — в 2007 г.

В ходе работы был изучен опыт развития рекреационного природопользования как на зарубежных, так и на российских трансграничных ООПТ. Кроме того, было отмечено, что развитие экологического туризма на российских ООПТ — часть перспективной государственной экологической политики. Исследование международного опыта показало, что организация туризма на особо охраняемых природных территориях

оказывает положительное влияние в различных сферах: на деятельность природоохранной общественности, структурные изменения экономики региона, борьбу с браконьерством и незаконной геологоразведкой, сохранение жизненно важных для местного населения экосистем, укрепление мира и взаимопонимания между народами, повышение квалификации сотрудников. Несмотря на то что на российских частях трансграничных ООПТ осуществляется туристическая деятельность, не на всех территориях в полной мере реализован трансграничный потенциал в рекреационной сфере. Трансграничные маршруты организованы в заповедниках «Пасвик» и Костомукшском, национальном парке «Себежский». На других российских территориях не действуют трансграничные туристические маршруты, а на Трансграничной охраняемой территории Оуланка — Паанаярви организация такого маршрута представляет собой сложную задачу в связи с транспортной обеспеченностью региона. У российских ООПТ есть большой потенциал для развития трансграничного туризма.

Литература

IUCN Annual Report for 2017. International Union for Conservation of Nature. Gland, Switzerland. 2018. 48 p. David M., Dinerstein E. 2002. The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation // Ann. Missouri Bot. Gard. Vol. 89. P. 199–224. *Protected Planet*. URL: <https://protectedplanet.net/> (дата обращения: 12.01.2019). Vasiljević M., Zunkel K., McKinney M., Erg B., Schoon M., Rosen Michel T. 2015. Transboundary Conservation: A systematic and integrated approach. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 23, Gland, Switzerland: IUCN. xii + 107 pp.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ХРАНЕНИЯ РИЗОТЕКИ

Л. Г. Таршис, Н. Г. Ерохин

¹ Ботанический сад УрО РАН, Уральский государственный педагогический университет, Екатеринбург, Россия

² Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

tarshis.liudmila@yandex.ru

В самом начале XXI века на 6 Международном симпозиуме по корневым системам растений (в ноябре 2001 года в Японии (г. Нагойя)) произошло становление ризологии как науки. Тогда же было осуществлено и ее публичное признание в качестве нового научного направления в биологии.

На разных этапах развития ризологию определяли по-разному. Сначала — как науку о корнях (от греч. *gíza* — корень, *logos* — слово, учение); затем — как науку о подземных органах или частях растений [Lukasiewicz, 1962] и, наконец, как науку о подземных органах растений и подземной сфере фитоценозов, их структуре и изменчивости [Таршис, 1980; 1981]. В последнем издании Словаря по биоморфологии растений [Жмылев, Алексеев, Карпухина, Баландин, 2005] ризология определена как «наука о развитии корней и корневых систем, их строении, функциональной специализации и эволюции. В более широком смысле ризологию рассматривают как дисциплину, изучающую структуру подземных органов растений, включая *корневую* систему и подземные стебли (*корневище, каудекс, столон, клубень, луковица* и др.)».

Исследование подземных органов растений сегодня необходимо, главным образом, для объяснения путей адаптации вида, для идентификации жизненной формы особей, и для понимания закономерностей эволюции таксона. Подземные органы стали важным источником информации, как для анатомов и морфологов, так и для систематиков. Однако, многие корни не только близкородственных, но и весьма далеких в систематическом плане видов, откопанные на одном участке чрезвычайно похожи друг на друга. Для идентификации их таксономической принадлежности существует комплексный метод ризологического анализа. Он основан на интеграции сравнительно-морфологического и сравнительно-анатомического методов исследования [Таршис, 2003]. Следует отметить, что в случае значительного углубления корневых систем растений, происходящего у многих видов например, в аридных зонах, или при невозможности откопки корней на их полную длину в условиях вечной мерзлоты или на каменных субстратах в горах, достаточной для сравнительно-анатомического изучения и полного описания структуры подземных органов является их откопка на глубину от 5–10 см до 0,5 метра, т. к. у генеративных особей корни, расположенные в базальной части корневых систем, как правило, достигают характерной для вида гистогенетической дифференциации коры и стелы.

К особенностям ризологических исследований также относят несколько важных моментов. Во-первых, это их трудоемкость, — подземные органы необходимо, как правило, откопать и отмыть; во-вторых, у корней и прочих подземных структур наблюдается плохая сохранность в наземно-воздушной среде, что связано либо с их мумификацией, либо с гниением. Отсюда вопросы длительной сохранности корней, корневищ и их метаморфозов стали весьма актуальными в научных исследованиях. Природу органа, закономерности проявления внутривидовой изменчивости и микроструктурное разнообразие можно порой установить лишь в камеральных условиях при наличии соответствующей техники. То есть корни необходимо довести до лаборатории. Сейчас этот вопрос решается довольно просто. Полиэтиленовые пакеты и пластиковые герметичные контейнеры, — удобные емкости для перевозки. При перевозке в тару можно добавить немного 70 % — 40 %-го спирта (1–1,5 см от дна), чтобы образцы сохранялись в его парах (как

показывает опыт, для некоторых сильно одревесневших корней фиксатором может быть даже обычная вода с очень незначительной добавкой спиртосодержащих жидкостей, но на срок не более 2–3 недели).

Сохранять подземные органы длительное время (30–50 и более лет) в фиксированном состоянии возможно. Лучше всего для этих целей подходит стеклянная тара и пластиковые контейнеры с герметичными крышками. Подобная коллекция нами названа ризотекой. Термин «ризотека» составлен из двух греческих слов: «riza» — корень и «theke» — ящик, хранилище или вместилище. Ризотека обозначает коллекцию образцов подземных органов высших растений, сохраняемых в лабораторных условиях в течение многих лет с помощью их фиксации в смеси: этиловый спирт — вода — глицерин. Техника фиксации образцов для анатомических исследований детально описана в известных руководствах по анатомии растений [Воронин, 1972]. Поэтому ниже даны только специальные указания по созданию ризотеки. При первоначальной фиксации подземных органов на пластиковые пакеты или контейнеры наклеиваются этикетки. На каждой этикетке простым карандашом записываются русское и латинское название семейства, рода и вида; местонахождение объекта (например, Свердловская область, окрестности ж/д станции Перегон), тип местообитания (например, опушка сосняка ягоdnикового — разнотравного), и степень распространения (единично, редко, обильно). Внизу, как правило, слева на этикетке отмечают дату откопки образца, а справа — фамилию лица откопавшего и определившего растение. Фиксированные и перевезенные в полиэтиленовых пакетах подземные органы, в лабораторных условиях, перекладываются в банки, на которые наклеиваются дубликаты этикеток, аналогичные по содержанию этикеткам, наклеенным в полевых условиях. Одновременно составляется опись единиц хранения. Хранить твердые по консистенции подземные органы, например клубнекорневища нимфейных и ряда других видов, лучше в смеси спирта и глицерина. Для приготовления смеси сначала концентрированный глицерин разбавляют водой в соотношении 1 : 1, а затем 26 см³ такой смеси добавляют к 70 см³ 96 %-го этилового спирта. Складируют банки с образцами в комнатных условиях на стеллажах. Периодически образцы проверяются и в них добавляется фиксатор.

Анатомическое строение корней в корневой системе каждого вида можно исследовать на поперечных срезах, сделанных с помощью бритвы от руки в базальной части органа. Срезы обрабатываются последовательно в концентрированных растворах: флороглюцина (спиртовой раствор) и соляной кислоты; затем заключаются в глицерин и анализируются с помощью светового или компьютерного микроскопа (компьютерной микроскопической насадки). Далее срезы можно измерять либо с помощью окуляр-микрометра, либо линеек имеющихся в компьютерной микроскопической насадке, и оцифровывать, — создавая фототеку поперечных срезов. Для повышения объективной характеристики дифференциации подземных органов вида следует измерять основные структурные признаки корней у 10 особей. Результаты измерений можно подвергнуть стандартной математической обработке, включающей определение коэффициента вариации каждого признака по формуле:

$$CV \% = \frac{g \times 100}{M_{cp}},$$

где CV % — коэффициент вариации; g — среднее квадратическое отклонение; M_{cp} — среднее арифметическое.

Сравнительно-анатомическое изучение подземных органов растений лучше проводить по программе, согласно которой последовательно характеризуются особенности строения корней обладающих **первичной структурой**; у них исследуются: 1. Ризодерма и корневые волоски; 2. Особенности первичной коры, в том числе наличие в ней механических элементов и аэренхимы, выраженность экзодермы, расположение и число слоев клеток коры, особенности эндодермы, наличие и тип микоризы в корнях; 3. При описании структуры стелы характеризуют: наличие и особенности перицикла; количество слоев клеток перицикла; расположение проводящих тканей в стеле; особенности групп ксилемы и флоэмы, элементов прото- и метаксилемы; прото- и метафлоэмы. Наличие в стеле механических, паренхимных и выделительных элементов. 4. Развитие сердцевины в центральной части стелы. При **вторичном строении** корней, наблюдаемом у двудольных покрытосеменных и у голосеменных растений описываются следующие структурные особенности: 1) характер заложения феллогена в корне, образование перидермы и мощность пробки; 2) образование и состав луба, формируемого в наружную сторону камбием; его мощность; наличие механических и выделительных элементов, их особенности; 3) образование и состав древесины, темп ее формирования по сравнению с корой; размеры зоны древесины и отдельных ее элементов; ширина и высота лубодревесных лучей; 4) типы древесинной паренхимы; 5) наличие структурных аномалий в корне. Например, поликамбиальность и т. п. [Гаршис, 2007].

С 2018 ризотека, включающая 180 единиц хранения включена в состав коллекционных фондов музея Института Экологии растений и животных УрО РАН. Это единственный биологический музей в Уральском отделении РАН. По общему объему коллекций (почти 1,5 млн единиц хранения) он входит в десятку крупнейших учреждений данного профиля в Российской Федерации. Основу составляют сборы сотрудников Института, а также сборы знаменитых российских и европейских ботаников XIX — начала XX веков, вошедшие в коллекции Уральского общества любителей естествознания (1870–1929 гг.). Кроме этого в коллекции присутствуют сборы сотрудников Свердловского ботанического сада (1936–1956 гг.), и мате-

риалы из заповедников Уральского региона (1939–2009 гг.). Все фонды музея делятся на три крупных раздела. Неонтологическая коллекция состоит из гербария (269 237 ед. хранения) и зоологических коллекций (511 806 ед. хранения). Палеонтологическая часть насчитывает 657 906 ед. хранения. На настоящий момент электронная база данных музея включает подробные сведения о 188 тыс. гербарных образцов, хранящихся в фондах. Ведущим направлением исследовательской деятельности на базе музея является работа по описанию и анализу биоразнообразия на территории Урала и Западной Сибири. Мы считаем, что ризотека станет достойным пополнением фондов музея ИЭРиЖ УрО РАН.

В ризотеке представлены подземные органы как древесных, так и травянистых жизненных форм растений разных экологических групп, собранных в основном из экосистем Урала, однако в ней имеются образцы из Якутии, Центрально-Европейской части нашей страны, из Казахстана и с Дальнего Востока. В ближайшее время планируется пополнять ризотеку образцами подземных органов не только дикорастущих растений, но и представителей оранжерейной коллекции растений тропиков и субтропиков ботанического сада УрО РАН. Данная работа будет проводиться параллельно с созданием фототеки и коллекции сканов надземной части растений закрытого грунта. Основанием для этого служит то, что почти все агротехнические приемы выращивания культурных растений, используемые в разных странах мира, в первую очередь, воздействуют на корневые системы, способствуя этим улучшению условий роста и жизнедеятельности корней, и лишь затем определяющих успешное развитие надземных органов растений. Знание особенностей подземных органов интродуцентов закрытого грунта, на наш взгляд, существенно облегчит их выращивание в условиях культуры.

Литература

Воронин Н. С. 1972. Руководство к лабораторным занятиям по анатомии и морфологии растений. М.: Просвещение. 160 с. Жмылев П. Ю., Алексеев Ю. Е., Карпухина Е. А., Баландин С. А. 2005. Биоморфология растений: иллюстрированный словарь: учебное пособие. М. 256 с. Таршис Г. И. 1980. Подземные органы травянистых многолетников, их структура и изменчивость: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Институт экологии растений и животных УрО РАН. Свердловск. 32 с. Таршис Г. И. 1981. Атлас травянистых растений Урала: учебное пособие. Свердловск: Изд-во пединститута. 83 с. *Lukasiewicz A.* 1962. *Morfologiczno — rozwojowe typu bylin.* Poznan. 399 s. Таршис Л. Г. 2003. Структурное разнообразие подземных органов высших растений. Екатеринбург: УрО РАН. 194 с. Таршис Л. Г. 2007. Анатомия подземных органов высших сосудистых растений. Екатеринбург: УрО РАН. 222 с.

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ НА ООПТ Г. МОСКВЫ КАК ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ

О. В. Чернышенко, В. А. Фролова, Е. В. Кутьева

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана
(Национальный исследовательский университет), Мытищи, Россия
tchernychenko@mgul.ac.ru

Мир природы претерпевает глобализацию, биоразнообразие видов сокращается, в основном, из-за потери местообитания, что связано с ростом популяции человека и увеличения использования разнообразных природных ресурсов. Москва — уникальный город, на территории которого находится более 118 природных объектов общей площадью более 16 тыс. га [Особо охраняемые природные территории Москвы, 2013]. В городской черте представлены почти все свойственные Подмосковию лесные экосистемы — сосняки, ельники, липняки, дубняки, березняки, осинники, ольшаники, ивняки, природные территории разбросаны по разным районам города, отличаются большим типологическим и биологическим разнообразием. Для сохранения биоразнообразия города принят закон о ООПТ в Москве (от 26.09.2001 г. № 48). Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий города обеспечивает устойчивое функционирование природных экосистем. Сохранение и воспроизводство компонентов природной среды, выполняющих экосистемные функции и услуги, является главным фактором поддержания экологического баланса в условиях рекреационного использования территории. Спектр предоставляемых экосистемных услуг зависит от биологического разнообразия экосистем, а уничтожение разнообразия, наоборот, снижает их качество и количество.

ООПТ Москвы отличаются большим разнообразием биотопов, в лесных массивах представлены разновозрастные насаждения естественного и искусственного происхождения, луга, болота с многочисленной флорой и фауной. Особое значение имеют объекты, сохраняющие в черте города редкие и исчезающие виды животных и растений, такие как национальный парк «Лосиный остров», где обитают крупные млекопитающие — лось, кабан, пятнистый олень, бобр, зарегистрировано 125 видов птиц, произрастает более 800 видов растений. Основной причиной сокращения биоразнообразия в границах города за последние 65–70 лет следует считать то, что меняется характер и интенсивность антропогенных нагрузок, строительство автомобильных дорог, пересекающих природные территории, происходят естественные изменения за счет природных динамических процессов. Восстановлением природной флоры и фауны занимаются ученые института лесоведения РАН, Главного ботанического сада РАН, Национального парка «Лосиный остров», Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы и др.

Экосистемные услуги, предоставляемые ООПТ, напрямую связаны с биоразнообразием данных территорий. Были разработаны социально-экономические методы оценки природных территорий [Бодров и др., 2018; Тихонова, 2011], однако методов учета биологической значимости и выборов критериев количественной оценки видового разнообразия предложено не было. Цель нашей работы — разработать методику расчета экосистемных функций ООПТ, с учетом занимаемой площади, показателей уникальности ландшафта и биотопов, наличия редких и эндемичных видов, наличия видового разнообразия, возрастных характеристик древостоев, их устойчивости и продуктивности, способности к самовосстановлению после антропогенной нагрузки, а также пейзажной привлекательности и частотой посещения горожанами. Ценность экологических услуг приобретает огромную значимость для сохранения данных территорий.

Работа выполнена при поддержке Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, номер гранта 0604-7/18.

Литература

Бодров К. С., Яковлев А. С., Семенов О. В., Стома Г. В. 2018. Методические подходы к экономической оценке экосистемных услуг на примере московского природного парка «Битцевский лес» // Здоровье почвы — гарант устойчивого развития: сборник материалов научно-практической конференции с международным участием. Курск. С. 82–88. *Особо охраняемые природные территории Москвы: справочник-путеводитель*. 2013. М.: Ториус77. 178 с. Тихонова Т. В. 2011. Социально-экономическая оценка особо охраняемых природных территорий (на примере заказников Республики Коми) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. № 2 (14). С. 144–157.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

М. Н. Шаклеина¹, И. А. Коновалова², Е. В. Лелекова³

Вятский государственный университет, Киров, Россия

¹ mariyashakleina@mail.ru, ² S-dulcamara@yandex.ru, ³ LelekovaEV1980@mail.ru

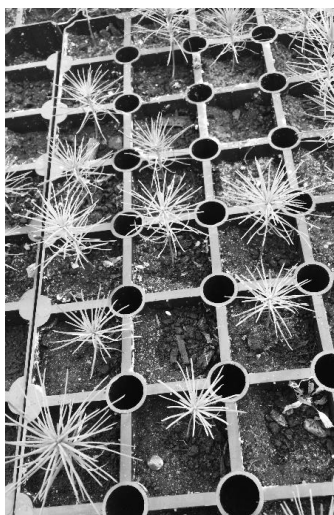
В настоящее время остро стоит вопрос о качестве материала, используемого при лесовосстановлении. В условиях Европейской территории России однолетние сеянцы не достигают стандартных параметров. Соблюдение всех агротехнических мероприятий во время роста растений, может сократить сроки их нахождения на площадках доразбивания. Высокая эффективность роста сеянцев и повышение выхода стандартного посадочного материала, обеспечиваются за счет внесения удобрений различного типа в зависимости от периода их роста [Бобушкина, 2014]. В связи с этим целью нашего исследования стало выяснение влияния удобрений на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной в условиях Кировской области.

Для достижения цели в 2018 году был поставлен эксперимент по выращиванию сеянцев сосны обыкновенной в теплице из поликарбоната. Для этого использовали семена из шишек, собранных в январе 2017 г. с генеративных особей, определенных летом в ходе полевых исследований, в 55 квартале (выдел 14), где была назначена санитарная выборочная рубка. Шишки хранились в комнатных условиях и в конце февраля из верхних их частей семена высыпались естественным путем. Позднее у них вскрывались средние части и в зависимости от этого, а также цвета крыла и семени они были отсортированы.

Перед посевом семена протравливали 0,5 %-м раствором перманганата калия в профилактических целях и для уничтожения возбудителей грибковых заболеваний. Для этого семена помещали в раствор на два часа. Затем проветривали до состояния сыпучести и высевали. Для посадки использовали кассеты Plantek FD64, предназначенные для двухлетней ели, а также одно- и двухлетней сосны. Субстрат готовили путем смешивания верхового торфа с песком в пропорции 3:1 соответственно. Посев семян производили 14 мая 2018 года. Дополнительно проводили обработку почвы фунгицидом «Превикур Энерджи» («Байер КрокСайенс АГ», Германия).

Первую подкормку проводили спустя 2 месяца после посадки (13 июля) органоминеральным удобрением «Хвойное» («Буйские удобрения») в расчете 30 г/м². Вторую подкормку — через 7 дней минеральным азотным удобрением «Карбамид» («Кирово-Чепецкая химическая компания») в расчете 30 г/10 л воды. В последующем проводили чередование применения данных удобрений с разрывом в 7 дней. Последнюю подкормку проводили органоминеральным удобрением 10 августа. С 17 августа, для подготовки сеянцев к перенесению зимних условий, применяли минеральное калийное удобрение «Сульфат калия» («Буйские удобрения») в расчете 20 г/м². Подобные подкормки проводили на протяжении месяца с интервалом в 10 дней. Перед выносом сеянцев на площадку закаливания организовали инвентаризацию сеянцев с учетом следующих параметров: наличие прямого стволика и его одревеснение, высота сеянца, диаметр корневой шейки, % пожелтевшей или побуревшей хвои (при оценке исключались семядольные листья, отмирание которых естественно в это время), сформированность верхушечной почки.

Во время наблюдений при визуальной оценке установили, что сеянцы, которые получали подкормки с применением удобрений выглядели лучше и имели большие размеры по сравнению с теми, которые не получали никаких дополнительных элементов питания (рис.).



a



б

Внешний вид сеянцев сосны обыкновенной без применения удобрений (*a*) и с применением удобрений (*б*)

При анализе полученных в ходе инвентаризации данных установили: прямой ствол отмечен у 97 % особей, к которым применялись удобрения, в то время как в группе без удобрений показатель составил 99 % (табл.). Согласно расчету критерия Стьюдента ($t = 0,63$) различия статистически не значимы ($p = 0,527823$): внесение удобрений не влияет на ориентацию стволика в пространстве.

Высота сеянцев варьировала в пределах 3–13 ($7,6 \pm 0,2$) см в группе с применением удобрений и 3–8 ($5,1 \pm 0,095$) см — без удобрений (табл.). Критерий Стьюдента равен 2,45, различия статистически значимы ($p = 0,000000$), то есть внесение удобрений влияет на высоту растения.

Процент побуревшей или пожелтевшей хвои находится в пределах от 0 до 95 % (29 ± 3) у сеянцев к которым применялись удобрения (табл.), в группе без удобрений — от 0 до 90 % ($13,95 \pm 2,45$). Значение t -критерия Стьюдента — 3,89: различия статистически значимы ($p = 0,000139$).

Диаметр корневой шейки у сеянцев, к которым применялись удобрения варьировал в пределах от 0,7 до 1,8 ($1,1 \pm 0,019$) мм, в группе без применения удобрений эти показатели были несколько меньше 1 ($1 \pm 0,00$) мм (табл.). Значение t -критерия Стьюдента — 5,26: различия статистически значимы ($p = 0,000000$). Следовательно, показания диаметра корневой шейки зависят от проведения подкормок.

Полностью сформированная и четко выделяющаяся верхушечная почка отмечена у 80 % особей к которым применяли удобрения, в то время как у тех, к которым они не применялись, присутствовала только у 41 % сеянцев (табл.).

Одревесневший ствол отмечен у всех особей, к которым применялись удобрения, и у 98 % сеянцев в группе без применения удобрений (табл.).

Высота сеянцев, к которым применялись удобрения в 1,5 раза больше по сравнению с теми, которые не получали подкормок, а диаметр корневой шейки — в 1,1 раза.

Показатели параметров сеянцев сосны обыкновенной

Параметр	С использованием удобрений	Без использования удобрений
Наличие прямого стволика, % от общего числа особей	97	99
Высота сеянца, см	$7,6 \pm 0,2^*$	$5,1 \pm 0,095$
Пожелтевшая или побуревшая хвоя, %	29 ± 3	$13,95 \pm 2,45$
Диаметр корневой шейки, см	$1,1 \pm 0,019$	$1 \pm 0,00$
Сформированность верхушечной почки, % от общего числа особей	80	41
Наличие одревесневшего стволика, % от общего числа особей	100	98

Примечание. *Приведены средние значения показателей с средней арифметической ошибкой.

Таким образом, внесение органоминеральных и минеральных азотных удобрений в период быстрого роста сеянцев и минеральных калийных во время их замедленного роста влияет высоту и диаметр корневой шейки растений. Это главные параметры, стандартные значения которых необходимы при высаживании сеянцев на лесокультурные площади. Поэтому проведение подобных агротехнических мероприятий позволит получать сеянцы с лучшими значениями данных показателей за более короткий срок.

Литература

Бобушкина С. В. 2014. Интенсивность роста и развития сеянцев сосны с закрытой корневой системой при разных режимах выращивания для лесовосстановления в Архангельской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск. 23 с.

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КРАСНОГО СПИСКА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Г. Шихова

ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова, Киров, Россия
biota.vniioz@mail.ru

Начало официальной охране непромысловых видов животных и нелесохозяйственных видов растений Кировской области было положено в 1979 г. Решением исполкома областного Совета народных депутатов «Об охране редких и исчезающих растений и позвоночных животных по Кировской области» [Решение..., 1979] были утверждены составленные по инициативе заведующего отделом природы Кировского областного краеведческого музея А. Н. Соловьева «Список позвоночных животных, подлежащих охране, которые в условиях Кировской области являются редкими или имеют тенденцию к сокращению» (48 видов) и «Список растений, произрастающих на территории Кировской области, которые подлежат охране» (72 вида). Список подлежащих охране видов животных составил А. Н. Соловьев, хорошо представлявший состояние фауны области и в процессе комплексного обследования территории установивший новые для региона виды. Список подлежащих охране сосудистых растений составил известный вятский ботаник А. Д. Фокин. Оба списка прошли рецензирование: по животным — во Всероссийском НИИ охотничьего хозяйства и звероводства, по растениям — в Кировском отделении ботанического общества. После официального утверждения они были опубликованы в областной газете «Кировская правда», в ней же под рубрикой «Они подлежат охране» в 1983–1988 гг. А. Н. Соловьев опубликовал 37 очерков с авторскими фото о подлежащих охране животных и растениях. Эти публикации и изданный областным отделением Общества охраны природы плакат «Сохраняйте редкие и исчезающие растения» под редакцией профессора Э. А. Штиной более 20 лет заменяли региональную Красную книгу.

Спустя девять лет после утверждения первого красного списка Кировской области вышел его книжный популярный и в некоторой степени произвольный вариант [Злобин, Носкова, 1988], в котором были приведены очерки по ряду обычных видов (ласка, кутора, поползень и др.), но отсутствовали виды, действительно нуждающиеся в охране (нетопырь, усатая ночница, большой подорлик и др.). Книга вызвала критику со стороны научной общественности (ботаников, орнитологов, экологов) [Литун и др., 1989]. Поэтому основой создания региональной Красной книги послужили официально утвержденные областным органом власти в 1979 г. списки растений и позвоночных животных, подлежащих охране в Кировской области.

Первые списки формировались с нуля — подобных работ ранее не проводилось, не было сложившихся критериев редкости и необходимости охраны того или иного вида в условиях такого крупного региона, как Кировская область. Многие виды здесь находятся на пределе своего распространения, что обуславливает их редкость, повышенную динамичность состояния популяций и чувствительность к внешним факторам.

В первом Красном списке Кировской области [Решение..., 1979] по аналогии с Красной книгой СССР (1978) и Красным списком МСОП (1972) были приняты две основные категории: виды, находящиеся под угрозой исчезновения и редкие виды. Кроме того, введены дополнительные категории (3 — растения, нуждающиеся от чрезмерных заготовок в естественных местах обитания и 4 — растения, нуждающиеся в защите от массового обрывания), которые в Красных книгах (2001; 2014) вынесены в приложение, как дополнение к основным спискам (виды, нуждающиеся в постоянном контроле и наблюдении).

При подготовке первого книжного варианта регионального красного списка [Красная книга..., 2001] авторский коллектив под руководством А. Н. Соловьева детально проработал критерии оценки состояния видов в регионе и категории статуса. Была принята новая оценочная шкала с четкой формулировкой критериев, включающая шесть категорий (виды категории 0 были вынесены в приложение). Подход к занесению таксонов в региональный красный перечень отличается от критериев федерального уровня. В региональный список могут быть занесены виды относительно редкие, т. е. обычные на основной части ареала, но редкие в условиях региона [Соловьев и др., 2003]. Критерии включения таксонов разных групп организмов в региональные красные списки широко обсуждаются [Соловьев, 2015; Шихова, 2010; 2015; Кириллов, 2011 и др.]. Во втором издании Красной книги Кировской области (2014) применено пять категорий с довольно размытыми формулировками критериев, а виды вероятно исчезнувшие (категория 0) также вынесены в приложение.

Наполненность категорий первого и второго издания Красной книги Кировской области (2001; 2014) различна, но закономерно наибольшее число таксонов относится к категории III — редкие виды, имеющие низкую численность и распространенные на ограниченной территории или спорадически встречающиеся на значительных территориях (рис. 1).

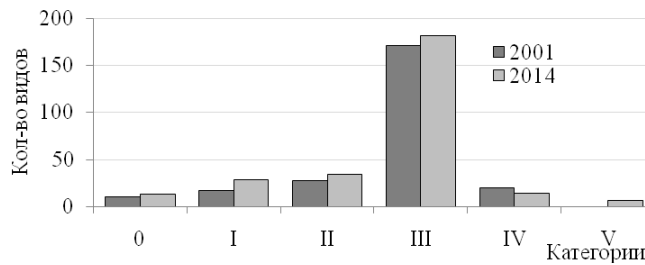


Рис. 1. Динамика количества видов по категориям статуса Красной книги (2001; 2014)

Поскольку ко времени подготовки первого издания [Красная книга..., 2001] работа по мониторингу редких таксонов только начиналась, в ней оказалась не использованной категория V (восстанавливающаяся) (рис. 1). В дальнейшем, с накоплением количественных данных, по ряду видов было зафиксировано улучшение состояния их популяций в регионе. Во втором издании Красной книги Кировской области (2014) к этой категории отнесены семь видов животных: один представитель рукокрылых (непопырь Натужиуса *Pipistrellus nathusii* Keyserling, Blasius, 1839), пять видов птиц (красношейная поганка *Podiceps auritus* (Linnaeus, 1758), большая поганка *Podiceps cristatus* (Linnaeus, 1758), болотный лунь *Circus aeruginosus* (Linnaeus, 1758), камышница *Gallinula chloropus* (Linnaeus, 1758)) и два вида рыб (подуст *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758), обыкновенный подкаменщик *Cottus gobio* (Linnaeus, 1758)).

Таксономическая структура Красных списков Кировской области также претерпела значительные изменения. Если первый список включал только позвоночных животных и сосудистые растения, то в первом издании Красной книги (2001) были и беспозвоночные (моллюски, членистоногие), а также мхи, водоросли, лишайники, грибы (рис. 2). В процессе подготовки первого типографского издания по неизвестной причине в него не вошли три вида птиц, три вида насекомых, два вида водорослей, один вид гриба и ряд видов покрытосеменных растений [Соловьев и др., 2003].

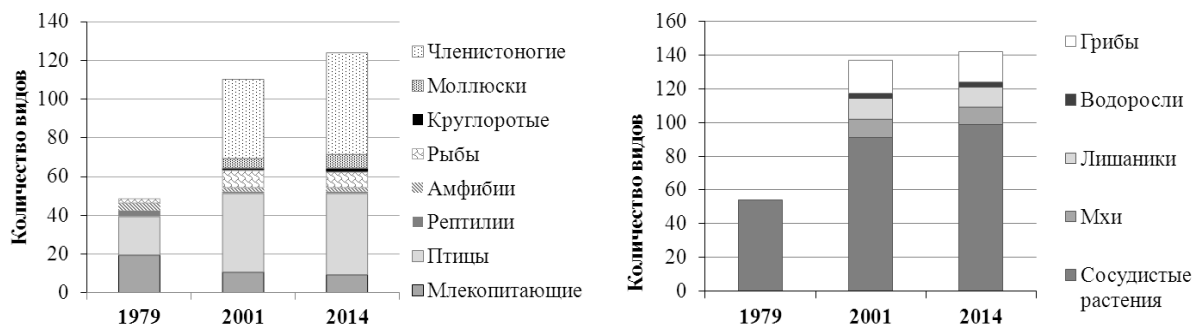


Рис. 2. Динамика таксономической структуры красных списков

Во второе издание Красной книги Кировской области (2014) дополнительно включено 55 видов (38 — животных, 14 — растений, 3 — грибов), а из прежних списков исключено 38 видов (24 — животных, 9 растений, 5 — грибов). Существенные изменения в статусе отдельных таксонов произошли даже в период подготовки этого издания, но не все они были учтены [Соловьев, 2015].

За 35 лет региональные красные списки закономерно трансформировались. По мере накопления сведений уточнялись категории статусов видов, значительно увеличилось количество таксонов как основного списка, так и дополнительного, а также перечень вероятно исчезнувших в регионе видов (рис. 3).

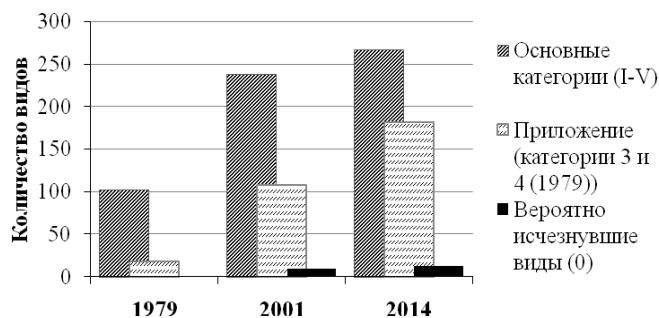


Рис. 3. Динамика соотношения количества видов основных категорий Красной книги и дополнительных списков

Состояние популяций достаточно динамично, особенно в современных условиях меняющегося климата и антропогенной трансформации природных экосистем [Соловьев, 2007]. Поэтому необходим планомерный и непрерывный мониторинг региональных флор и фаун в целом и редких видов в частности для выработки тактических мероприятий по сохранению биоразнообразия. Региональные красные книги служат информационной основой для разработки стратегии и принятия мер по сохранению биологического разнообразия конкретной территории [Соловьев, 2015]. Эффективность Красных книг в сохранении биоразнообразия покажет будущее, а в настоящее время все еще сохраняются тенденция увеличения списков нуждающихся в охране таксонов на всех уровнях Красных книг — от региональных и государственных до международных.

Литература

Злобин Б. Д., Носкова Т. С. 1988. Редкие растения и животные Кировской области. Киров: Волго-Вятское книж. изд-во. 175 с.
Кириллов Д. В. 2011. Биоценология макромицетов в экосистемах Кировской области: дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск. 179 с.
Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы. 2001. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 288 с. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. 2014. Киров: ООО «Кировская областная типография». 336 с. Красная книга СССР. 1978. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. М.: Лесная промышленность. 460 с. Литун В., Егошина Т., Соловьев А. и др. 1989. Красная книга области: какой ей быть? // Кировская правда. 1989. 9 февр. Решение Кировского исполкома областного Совета народных депутатов. 1979. № 22/635 от 26.11.1979 «Об охране редких и исчезающих растений и позвоночных животных по Кировской области». Соловьев А. Н. 2007. Климатогенные фенологические тенденции и динамика биоразнообразия // Изменение климата и биоразнообразия России: постановка проблемы. М.: Акрополь. С. 23–56. Соловьев А. Н. 2015. Красная книга — руководство к действию или формальная констатация? // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в регионах Российской Федерации. Красная книга как объект государственной экологической экспертизы: материалы межрег. науч.-практ. конф. Пермь: ПГНИУ. С. 42–46. Соловьев А. Н., Сотников В. Н., Шихова Т. Г. и др. 2003. О Красной книге Кировской области // Экология. Здоровье. Жизнь: материалы третьей обл. общественной конф. Киров: Кировский обл. Совет ВООП. С. 72–77. Шихова Т. Г. 2010. Критерии включения континентальных моллюсков в региональную Красную Книгу // Видовые популяции и сообщества в антропогенно трансформированных ландшафтах: состояние и методы его диагностики: материалы XI Междуна. науч.-практ. эколог. конф. Белгород: ИПЦ ПОЛИТЕРРА. С. 57–58. Шихова Т. Г. 2015. Региональные особенности включения моллюсков в Красный список // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в регионах Российской Федерации. Красная книга как объект государственной экологической экспертизы: материалы межрег. науч.-практ. конф. Пермь: ПГНИУ. С. 166–170.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПИЩЕВОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОТОСА ОРЕХОНОСНОГО *NELUMBO NUCIFERA*

Е. А. Эверскова, А. И. Никифоров

Московский государственный институт международных отношений (университет)
Министерства иностранных дел Российской Федерации, Москва, Россия
hosanianig@gmail.com

Проблема обеспечения необходимым количеством продовольствия непрерывно возрастающее население Земли является сегодня одной из самых острых и трудноразрешимых глобальных задач. Согласно данным ООН, не менее 815 миллионов человек регулярно недоедает, и каждый 3-й страдает от неполноценного питания (официальный сайт ООН). По мнению большинства мировых экспертов в области продовольственной безопасности, исключение проблемы голода из числа глобальных проблем современности, возможно лишь при активном выявлении и эффективном использовании имеющегося у человечества опыта рационального природопользования, в комбинации с грамотным применением социальных, экономических и политических мер [Никифоров и др., 2017].

Одним из перспективных направлений на пути решения обозначенной выше проблемы является использование пищевых растительных ресурсов, которые можно получить в ходе эксплуатации интегрированных агроаквасистем, создаваемых на водоемах комплексного назначения. Интегрированной агроаквасистемой является искусственно созданная система, в которой в трофическую сеть с целью производства продуктов питания объединены водные и наземные компоненты биоценоза — растения, рыбы, моллюски, ракообразные и прочие компоненты [Никифоров, 2016].

Перспективным объектом для использования в рамках рассматриваемого направления эксплуатации внутренних водоемов является лотос орехоносный (*Nelumbo nucifera*). Данное растение относится к разделу покрытосеменных,



Лотос орехоносный. Ботаническая иллюстрация
из книги Франсиско Мануэля Бланко
Flora de Filipinas, 1880—1883

цветковых, семейству лотосовых (*Nelumbonaceae*), роду *Nelumbo*. Лотос орехоносный внесен в Красную книгу России (категория — редкий вид) [Красная книга Российской Федерации, 2008].

Область распространения данного растения достаточно обширна. Оно растет в Северо-Восточной Австралии, на островах Малайского архипелага, острове Шри-Ланка, на Филиппинских островах, в Южной Японии, на полуостровах Индостан и Индокитай, в Китае, а также в России: по берегам Каспийского моря, в устьях Волги и Куры и на Дальнем Востоке. Лотос орехоносный размножается вегетативно (корневищами) и семенами [Шамрук, 1989].

Издавна лотос орехоносный применяется в китайской, индийской, российской (Астраханская область) народной медицине. К примеру, в древнем Китае корневища лотоса орехоносного использовали в качестве мочегонного, кровоостанавливающего и тонизирующего средства. И на сегодняшний день плоды лотоса входят в состав более чем двухсот препаратов китайской и индийской медицины [Чуйков, 2013].

Данное растение обладает вышеупомянутыми целебными свойствами благодаря уникальному химическому составу. Так, лепестки лотоса орехоносного содержат протеины, липиды, углеводы, каротин, нуклеин, витамины; стебли-лиензинин, неферин; листья- витамин С, танин и др (официальный сайт GRIN).

Кроме того, анализ содержания биологически активных веществ (БАВ) в корневище и орехах лотоса, проведенный учеными из Астраханского государственного университета, показал, что они содержат широкий спектр биологически активных веществ. Среди них аспаргин, витамины группы А, В, РР, С [Кондратенко, 2012].

Стоит также отметить основные жирные кислоты, которые входят в состав лотоса орехоносного (табл.).

Основные жирные кислоты, входящие в состав лотоса орехоносного

Название жирных кислот	Их содержание в лотосе орехоносном, %
лауриновая	35,26
линолэладиновая	18
линолевая	12,76
миристиновая	11,37
пальмитиновая	10,10
олеиновая	4,25

Благодаря уникальному химическому составу лотос орехоносный широко используется в зарубежной практике (Япония, Китай, Вьетнам и др.) как лекарственное растение, пищевой объект, прядильный материал (из волокон листовых черешков лотоса делают фитили) и материал для фармацевтических и косметических целей. Для использования в этих целях его искусственно выращивают [Лактионов, 2009].

В Индии, Китае, Японии и других странах Юго-Восточной Азии корень лотоса орехоносного является деликатесом. Так, богатые крахмалом корневища едят в сыром, вареном, жареном виде, а в Северном Китае на зиму маринуют. Также из корневищ варят суп, получают крахмал и масло. Молодые листья употребляют в пищу как спаржу. Семена едят сырыми и засахаренными. Кроме того, из семян и корневищ готовят муку, которая ценится как диетический продукт [Лактионов, 2009].

В японской кухне корень лотоса относится к весенним блюдам. Наиболее распространенными блюдами из корня лотоса являются субасу (кисло-сладкий корень лотоса), тэмпура, комбу то рэнкон-но нимоно (вареная морская капуста и корень лотоса). Также стоит отметить, что жители Японии ежегодно потребляют около 30 тыс. тонн лотоса орехоносного [Солодовниченко, 2002].

А в китайской кухне и культуре роль лотоса настолько велика, что его корню поставили монумент в городе Ухань (Китай). Так, жители поднебесной готовят засахаренные ломтики корня лотоса, сладкие корни лотоса с томатом [Wu, 2003].

Однако при неправильном приготовлении и несвоевременном сборе корень лотоса может быть ядовит, поскольку в его составе присутствует алкалоид нелюмбин, который может вызывать головокружение и рвоту. Поэтому далее в статье пойдет речь о технике сбора данного растения.

В августе собирают листья, стебли, лепестки, тычинки, несозревшие коробочки. Листья и цветы со стеблями собирают с лодки с помощью серпа. Ни в коем случае нельзя выдергивать растения с подземными частями. После сбора листьев и цветов со стеблями необходимо перебрать растения и удалить дефектные листья. С помощью ножа или секатора необходимо отделить стебли от листьев и цветов. Сбор лепестков и тычинок следует осуществлять, общипывая вручную, несозревшие коробочки при этом нужно срезать ножом или с помощью секатора. Сбор орешков стоит производить также вручную. Собранные орешки необходимо хранить в сухом, проветриваемом помещении [Пилипенко, 2011].

Подземные части лотоса орехоносного (корневища) нужно собирать осенью или весной. В это время корни, корневища и клубни содержат наибольшее количество действующих лекарственных веществ. Корневища лотоса необходимо выкапывать лопатами или извлекать вилами. Заготовленное сырье следует

быстро промыть проточной водой, очистить от надземной части. Для ускорения сушки и предупреждения образования плесени крупные корневища стоит разрезать вдоль на две-три части. А сушить расщепленные толстые корни после предварительного провяливания на воздухе нужно в хорошо проветриваемых помещениях или в сушилках [Пилипенко, 2011].

Заключение. Все вышесказанное свидетельствует о том, что лотос орехоносный — уникальное растение, обладающее высоким потенциалом для обеспечения пищевых потребностей населения Земли в XXI веке. Масштабное культивирование лотоса может стать одним из методов решения проблемы голода в ряде регионов мира.

Безусловно, в отношении лотоса орехоносного и других съедобных гидрофитов, приоритетным направлением развития региональных программ их целенаправленного использования и культивирования следует признать расширение применения интегрированных агроаквасистем.

Создание таких систем обеспечивает достижение как минимум девяти из семнадцати декларируемых ООН Целей устойчивого развития: ликвидация голода, хорошее здоровье и благополучие, недорогостоящая и чистая энергия, достойная работа и экономический рост, индустриализация, инновации и инфраструктура, ответственное потребление и производство, сохранение морских экосистем, сохранение экосистем суши, партнерство в интересах устойчивого развития (the 2030 Agenda for Sustainable Development).

Вобрав в себя многовековой практический опыт многих народов и поколений, интегрированные системы в аквакультуре продолжают развиваться и совершенствоваться. Культивирование же съедобных гидрофитов представляет собой наиболее перспективный вариант взаимодействия водного хозяйства и аграрного сектора, не только согласующийся с международными принципами зеленой экономики, но и реализующий принципы ресурсосбережения, обеспечивая стабильный рост производства продуктов питания и формируя условия для устойчивого развития всего мирового сообщества.

Литература

- Кондратенко Е. И., Великородов А. В., Мохамад Ахмед Эль сайед Авад, Ломтева Н. А., Кондратенко К. Н. 2012. Химический состав и антиоксидантная активность экстрактов семян *Nelumbo nucifera* // Химия растительного сырья. Т. 3. С. 115–120. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008 / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. В. М. Ломоносова; гл. редколл.: Ю. П. Трутнев и др. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 855 с. Лактионов А. П. 2009. Флора Астраханской области: монография. Астрахань. 296 с. Никифоров А. И., Круглова Д. К., Савцова Я. С. 2017. Интегрированные системы в мировой аквакультуре // Рыбоводство и рыбное хозяйство. № 8. С. 65–72. Никифоров А. И. 2016. Экологические основы рационального использования водоемов комплексного назначения в агропромышленном производстве // Труды ВНИРО. Т. 161. С. 162–168. ООН. URL: <http://www.un.org/ru/index.html>. Пилипенко С. В., Бармин А. Н. 2011. Методика сбора и первичной переработки лотоса орехоносного (*Nelumbo nucifera*) // Естественные науки. № 1 (34). С. 80–84. Солодовниченко Н. 2002. Лекарственное растительное сырье: учебное пособие. Харьков: МТК-Книга. 407 с. Чуйков Ю. С. 2013. Лотос орехоносный в дельте Волги — охрана и возможное использование // Астраханский вестник экологического образования. № 3 (25). С. 145–151. Шамрук С. 1989. Лекарственные растения. Сбор, заготовка, применение. Минск: Ураджай. 288 с. GRIN — National Genetic Resources Program. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?25110> (дата обращения: 12.12.2018). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. URL: www.un.org/sustainable-development-goals/ Wu M. J., Wang L., Weng C. Y., Yen J. H. 2003. Antioxidant activity of methanol extract of the lotus leaf (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) // Am. J. Chin. Med. Vol. 31, № 5. P. 687–698.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ДЕНДРОСАДА МФ МГТУ ИМ. Н. Э. БАУМАНА
В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ПРОСВЕЩЕНИИ ШКОЛЬНИКОВ**

П. А. Аксенов, Т. Г. Махроva

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Россия

axenov.pa@mail.ru, mathilda2604@mail.ru

Дендрологический сад на территории Мытищинского филиала МГТУ им. Н. Э. Баумана (до 1993 г. — Московский лесотехнический институт, до 2016 г. — Московский государственный университет леса) поэтапно создавался начиная с 60-х годов прошлого века под руководством академика А. С. Яблокова и профессора А. Я. Любавской. Изначально создавая дендросад, сотрудники института преследовали цели изучения интродукции древесных растений, а также частной селекции древесных пород с высокодекоративной древесиной. Наряду с этим активно ставились опыты по отработке методов семенного и вегетативного размножения селекционного посадочного материала. Деятельность ученых привела к накоплению большого числа видов и сортов в коллекции древесных растений, что позволило также использовать дендрологический сад для учебных целей. В настоящее время коллекция дендросада содержит около 150 видов, форм и сортов древесных растений, сосредоточенных на площади 1,47 га, и представляет собой отличную базу для проведения ряда практических, а также студенческих научных работ в области дендрологии и селекции древесных растений.

В связи с тем, что при активной поддержке государства на всех уровнях образования внедряется процесс изучения экологии и смежных с ней дисциплин. Дендрарий активно используется для целей экологического просвещения. Экологию и охрану окружающей среды студенты изучают в контексте соответствующих учебных дисциплин, при этом им предоставлен широкий выбор учебных баз, включающий в себя крупные лесохозяйственные объединения по всей территории России. Учащиеся средних школ, расположенных в подмосковных городах Мытищи и Королёв, как правило, не имеют такого выбора учебных объектов, поэтому изучение биологических дисциплин в этих учебных заведениях чаще всего ограничено аудиторными занятиями. В связи с этим было принято решение на постоянной основе проводить экскурсии для школьников в нашем дендрарии. Целью данных мероприятий является расширение общебиологических и экологических знаний школьников, усиление их мотивационной активности для поступления в высшие учебные заведения по данной специальности.

При разработке маршрутов экскурсий старались учесть экскурсионную доступность объектов (возможность подойти к дереву близко), выбрать наиболее интересные древесные растения и дать максимальный объем информации. Если для студентов содержание экскурсии должно быть привязано к действующим рабочим программам изучаемых дисциплин, то для школьников оно может быть более вариативным и в большей степени зависеть от интересов учащихся. Обычная продолжительность экскурсии для школьников не превышает одного часа. Участникам экскурсии разрешается подходить к растениям, дотрагиваться до них, собирать шишки и листья.

Как правило, началом экскурсионного маршрута служит участок хвойных пород. Первыми объектами является старейшие на территории дендросада экземпляры *Pinus sylvestris* L., возраст которых оценивается в 140–180 лет. Они служат одним из объектов дендрохронологических исследований ученых МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана (с начала 2000-х годов на территории дендросада действует лаборатория дендрохронологии Научного центра исследований древесных растений под руководством Президента НПСА «Здоровый лес» доцента С. Б. Пальчикова). Экскурсантам рассказывают, что в годичных кольцах деревьев фиксируется воздействие климатических факторов на рост и развитие растений в течение их жизни, и как по годичным кольцам этих сосен можно проследить историю климатических изменений в Мытищинском районе Московской области за последние 180 лет [Липаткин, Пальчиков и др., 2017]. Рядом произрастает лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) — дерево, являющееся символом России, и единственный представитель среди хвойных в нашей флоре, сбрасывающий на зиму хвою.

На примере сосны румелийской (*Pinus peuce* Griseb.) школьники получают первичное понятие об интродукции растений. Экскурсовод акцентирует внимание на морфологических особенностях (5 хвоинок, мягкая древесина и пр.), географическом происхождении дерева-интродуцента и на зависимости успеха интродукции от региона естественного произрастания [Брынцев и др., 2012]. После этого экскурсия перемещается к ели сизой (*Picea glauca* (Moench.) Voss.), выращенной из семян, побывавших в космосе на корабле «Аполлон» [Телегина, 1999]. Особый интерес вызывает у экскурсантов запах смородины, исходящий от хвои этой ели при растирании. При посещении псевдотсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) большой интерес у школьников вызывают шишки с длинными завернутыми кроющими чешуями. Под растущей рядом пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) экскурсовод предлагает экскурсантам поиск

кать шишки, а потом объясняет, почему найти их невозможно. У представителей этого рода шишки опадают при созревании, оставляя на ветвях только стержни, которые держатся несколько лет, так что по их количеству можно оценить урожай шишек пихты за несколько прошедших лет. Огромный интерес вызывает возможность выдавить из смоловместилиц в коре пихты несколько кристалльных ароматных капель пихтового бальзама. При этом у учащихся формируется представление о том, что в лесу можно заготавливать не только древесину, но и так называемые «недревесные ресурсы леса» [Коротков, 2015]. Далее экскурсанты рассматривают ель европейскую (*Picea abies* (L.) Karst.) 'Virgata' – редкую декоративную форму, которая внешним обликом не похожа на основной вид. Здесь же можно увидеть ель сербскую (*Picea omorika* (Pančić) Purk.), узкоконическая крона которой напоминает школьникам космическую ракету, и крайне редко встречающийся в насаждениях Подмосковья кипарисовик горохоплодный (*Chamaecyparis pisifera* (Sieb. et Zucc) Endl.). В качестве примера внутривидового разнообразия демонстрируется коллекция декоративных форм туи западной (*Thuja occidentalis* L.). Учащиеся с удивлением узнают, что непохожие друг на друга растения разной высоты с шаровидной, колонновидной, яйцевидной, пирамидальной формой кроны, а также с золотистой и серебристой хвоей относятся к одному и тому же виду [Любавская, Виноградова, 2006].

Интересным деревом, которое настолько нетребовательно к почвенным условиям, что может расти на свалках и отвалах, оставшихся после добычи полезных ископаемых, является североамериканская сосна Банкса — *Pinus banksiana* Lamb [Васильев, Леденёв, 2010]. Особенный интерес для школьников представляет свойство шишек этого дерева раскрываться и выбрасывать семена только при аномально высоких температурах — например, после продолжительной жары или лесного пожара.

У гибридных пихт селекции Ивантеевского питомника (*Abies* × *hybrida* 'Ivanteevskaja' (*Abies veitchii* Lindl. × *Abies sibirica* Ledeb.)) экскурсовод рассказывает о селекции растений методом гибридизации, уделяя особое внимание работам отечественных ученых [Царев, Погиба, Лаур, 2014]. Рядом с пихтами растет сосна сибирская (*Pinus sibirica* Rupr.), легко отличимая по длинной хвое, собранной в пучки по 5 штук, и известная питательной ценностью своих семян. Для большинства школьников, особенно учеников начальных классов, новой является информация, что «кедровые орешки» — это не орехи, а семена сосны. Любой из экскурсантов может дотянуться и взять шишку с самой низкорослой сосны нашей коллекции — *Pinus mugo* Turra. (сосна стланиковая европейская или сосна горная). Завершающими объектами экскурсии на участке хвойных являются представители рода можжевельник (*Juniperus* L.) — *J. communis* L. (м. обыкновенный) и *J. sabina* L. (м. казацкий). Под руководством экскурсовода учащиеся находят отличия двух видов можжевельника — по форме кроны, расположению и размерам хвои и т. д.

С этого момента объектами экскурсии становятся лиственные деревья и кустарники. Знакомство с лиственными начинается с представителя флоры Кавказа и юга Европы — граба обыкновенного (*Carpinus betulis* L.) — дерева с тонкой корой и плотной древесиной. Рядом произрастает клен полевой (*Acer campestre* L.), распространенный в лесостепных районах Центральной России. В качестве объекта экскурсии этот вид наиболее интересен в период плодоношения, когда школьники могут сравнить его с автохтонным *Acer platanoides* L. (клен платановидный) не только по листьям, но и по плодам.

Отдельный упор делается на березу карельскую (*Betula pendula* Roth. var. *carelica* (Merckl.) Hamet-Ahti) разновидность березы повислой. При этом экскурсовод может рассказать о различных методах селекции, применяемых для получения высокодекоративной древесины и сложностях изучения внутривидовой изменчивости древесных растений [Любавская, 1966].

Очень информативный этап экскурсии — лечение больных деревьев. Школьникам демонстрируют вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), пораженного «голландской болезнью вязов», вызываемой грибом *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nann., а также ясеня пушистого (*Fraxinus pubescens* L.), пострадавших от ясеневой изумрудной узкотелой златки (*Agrilus planipennis* Fairmaire). Больные растения целенаправленно сохраняются на территории дендрария как объект исследования ученых МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана. Данные куртины находятся на периферии дендросада и не снижают общего эстетического восприятия коллекции. К тому же, для других видов из коллекции дендросада данные поражающие факторы опасности не представляют, а примыкающие к территории дендрария насаждения заражены теми же самыми вредителями и болезнями, что и растения в дендрарии. Учащиеся осматривают усыхающие ветви, отслаивающуюся кору, вылетные отверстия вредителей, и обсуждают с экскурсоводом методы карантина и защиты насаждений, пути распространения болезней деревьев в городской среде. А на примере *Aesculus hippocastanum* L. (конский каштан обыкновенный) демонстрируется способ глубокого введения внутрь ствола фунгицидов и стимуляторов роста с помощью специальных капельниц — школьники могут видеть современные методы лечения деревьев.

Примером особого успеха интродукции в коллекции дендросада является *Quercus rubra* L. Этот вид растет быстрее, чем автохтонный *Q. robur* L., не поражается мучнистой росой, хорошо переносит пересадку даже во взрослом возрасте [Коровин, Зуихина, 2010]. Об успехе интродукции свидетельствует также хорошее семенное возобновление, и экскурсовод демонстрирует это на примере самосева *Juglans mandshurica* Max. (орех маньчжурский).

В центральной части дендрария уделяется внимание наиболее популярным в городских насаждениях кустарникам: *Symphoricarpos albus* (L.) Blake (снежноягодник белый), *Euonymus verrucosus* Scop. (бересклет бородавчатый) и *E. europaea* L. (б. европейский), *Berberis vulgaris* L. (барбарис обыкновенный) и *B. thunbergii* DC (б. Тунберга), *Viburnum opulus* L. (калина обыкновенная) и *V. lantana* L. (к. гордовина), *Swida alba* (L.) Opiz. (свида белая), а также несколькими представителями рода *Spiraea* L. Экскурсовод акцентирует внимание на отличительных особенностях того или иного вида, а также на экологических свойствах данных растений, позволяющих применять их в условиях высокой антропогенной нагрузки [Баженков, Лысыков, Сапелин, 2017]. Школьникам предлагается оценить декоративные качества этих кустарников.

Далее экскурсия следует к *Phellodendron amurense* Rupr. Прикоснувшись к коре бархата амурского, участники сами могут догадаться, почему это дерево называется бархатом. А экскурсовод расскажет, почему бархат амурский — «пробковое дерево». Напротив него растет невысокое дерево с декоративной зелено-полосатой корой — *Acer tegmentosum* Maxim. (клен зеленокорый). Отсюда начинается участок дальневосточной флоры, на котором собрана коллекция кленов этого региона: *A. ginnala* Maxim. (к. приречный), *A. pseudosieboldianum* (Pax) Kom. (к. ложнозибольдов), *A. mandshuricum* Maxim. (к. маньчжурский), *A. mono* Maxim. (к. мелколистный). Экскурсанты имеют возможность увидеть многообразие листовых пластинок различных видов клена, сравнить их между собой и выбрать наиболее понравившуюся. С ними соседствует *Acer pseudoplatanus* L. (клен белый) и его декоративная форма *Purpurea*. Их специально высадили здесь, когда проводили селекцию на декоративность древесины, а в настоящее время эта куртина служит границей участка растений Кавказа и Южной Европы. Почти все представленные здесь виды теплолюбивы. В затененной части участка произрастают самые теневыносливые растения нашей коллекции: *Taxus baccata* L. (тис ягодный) и *Fagus sylvatica* L. (бук европейский). Экскурсовод объясняет, что растущие рядом крупные деревья, такие как (ива белая) *Salix alba* L., *Vitellina pendula*, не только дают тень, но и задерживают снег зимой, что дает возможность даже южным растениям перезимовать в условиях Московской области. На более освещенном участке растет светолюбивый орех грецкий (*Juglans regia* L.) — этот факт неизменно вызывает удивление экскурсантов, которые уверены, что это дерево может расти только на юге страны. От северных ветров орех защищают клены и яблони — так же, как и *Cornus mas* L. (кизил обыкновенный). Съедобные плоды кизила известны практически всем школьникам, а на наших весенних экскурсиях у них появляется возможность увидеть цветение этого растения, а также узнать об уникальных качествах его древесины.

Постепенно экскурсия перемещается к растущему на поляне крупному экземпляру дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Школьники по просьбе экскурсовода перечисляют сказки и стихи, в которых встречается дуб и узнают от него множество интересных фактов об этом дереве, а на осенних экскурсиях могут собрать под ним желуди, чтобы попробовать вырастить дуб самостоятельно. За поляной произрастает *Robinia pseudoacacia* L. (робиния лжеакация), североамериканский вид, который отлично размножается корневыми отпрысками и имеет настолько твердую древесину, что в США из нее делали полицейские дубинки. Интересным для экскурсантов оказывается тот факт, что это дерево за красивые душистые цветки называют «белой акацией», хотя на самом деле она «лжеакация». Нечто подобное они узнают чуть позже о чубушнике весеннем (*Philadelphus coronarius* L.), который в народе часто называют «жасмином», в то время как настоящий жасмин — теплолюбивый вьющийся кустарник и похожи эти два растения только ароматом цветков.

Завершающий этап экскурсии проходит по отрезку центральной аллеи дендрария, где учащиеся могут увидеть несколько редких дальневосточных растений, в том числе элеутерококк колючий (*Eleuterococcus senticosus* Maxim.), применяемый в медицине в качестве тонизирующего средства. В начале лета привлекает к себе внимание актинидия коломикта (*Actinidia kolomicta* (Maxim.) Maxim.). В период цветения на ее листьях появляются бело-розовые пятна для привлечения насекомых. И, разумеется, наибольший интерес вызывают молодые посадки реликтового растения гинкго двулопастное (*Ginkgo biloba* L.), которое Чарльз Дарвин называл «живым ископаемым», а теперь часто называют «современником динозавров».

Как правило, при проведении экскурсий школьники проявляют неподдельный живой интерес как к самим деревьям, так и к проблемам, связанным с ними. Так как в настоящее время большинство городских жителей видит древесные растения преимущественно в городе, а не в условиях девственной природы, всегда вызывают интерес следующие вопросы: каково значение древесных растений в городской среде, почему они медленнее растут и быстрее гибнут, как защитить дерево от воздействия антропогенных факторов. Эти вопросы постоянно возникают на каждой экскурсии, поэтому, при желании учащихся и соответствующем лимите времени, экскурсия может быть дополнена лекцией на природе.

Как оказалось в процессе работы, достаточно познавательные экскурсии по дендросаду можно проводить и для дошкольников. Эти экскурсии непродолжительны и содержат ограниченное количество видов, по каждый объект рассказывается занимательная история, доступная для восприятия детям.

Таким образом, коллекция древесных растений дендросада МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана является прекрасной базой для внешкольного экологического просвещения обучающихся разных возрастов. Перечень направлений ее использования в этом процессе в перспективе будет расширен.

Литература

- Баженов Ю. А., Лысков А. Б., Сапелин А. Ю. 2017. Декоративные деревья и кустарники. Иллюстрированный атлас. М.: Фитон+. 240 с. Брынцев В. А., Дроздов И. И., Храмова О. Ю., Храмова М. И. 2012. Лесосеменная база для интродукционных культур кедра сибирского // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. № 3. С. 21–23. Васильев С. Б., Леденёв Д. А. 2010. Интродукция сосны Банкса при рекультивации техногенного ландшафта Егорьевского месторождения фосфоритов // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. № 6. С. 41–43. Коровин В. В., Зуихина С. П. 2010. Введение в современную биологию и дендрологию: учебное пособие. М.: Изд-во Московского государственного университета леса. 360 с. Коротков С. А. 2015. Теоретические проблемы устойчивости леса // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. № 4. С. 26–32. Липаткин В. А., Пальчиков С. Б., Ловеллус Н. В. и др. 2017. Факторы среды в годы аномальных приростов сосны в лесной зоне РФ // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana). № 3. С. 99–109. Любавская А. Я. 1966. Селекция и разведение карельской березы. М.: Лесная промышленность. 123 с. Любавская А. Я., Виноградова О. Н. 2006. Селекционная оценка древесных растений, применяемых для озеленения г. Москвы: учебное пособие. М.: ГОУ ВПО МГУЛ. 114 с. Телегина Л. И. 1999. Каталог древесных растений Переславского дендросада. М.: Информпечать. 182 с. Царев А. П., Погиба С. П., Лаур Н. В. 2014. Селекция лесных и декоративных древесных растений: учебник. М.: Московский государственный университет леса. 552 с.

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СОЗНАНИЯ И ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БИОСФЕРЫ

Л. А. Жукова¹, В. А. Нотов²

¹ Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, pinus9@mail.ru

² Средняя общеобразовательная школа № 3, пос. Редкино, Россия, vnotov123@mail.ru

Человек еще не осознал в полной мере масштабы происходящих процессов антропогенной динамики биосферы. Они представляют опасность не только для биосферы, но и для него самого [Яблоков, Левченко, Керженцев, 2015]. Необходимо развитие таких взаимоотношений человека и природы, которые могли бы предотвратить кризис [Яблоков, Левченко, Керженцев, 2017]. В этой связи особую актуальность приобретает реализация предложенных ранее принципов и подходов к экологизации образования [Назаренко, 1994; Мамедов, 1995; 2013; Моисеев, 1996 и др.]. Она предполагает проникновение экологических идей и принципов в разные учебные дисциплины, а также подготовку экологически грамотных специалистов самого различного профиля [Мамедов, 1995; 2013]. В настоящее время требуется экологизация всей системы образования и воспитания, включение экологических ценностей во все сферы общественной жизни.

Получение положительного результата зависит во многом от уровня экологизации общественного сознания [Жукова, 2013]. Осознание того, что сохранение биосферы определяет не только дальнейшую судьбу биомов нашей планеты, но и человеческой цивилизации в целом, должно привести к отнесению этой задачи к числу приоритетных, глобальных проблем современности [Решение..., 2010]. На данном этапе развития биосферы особенно актуально сохранение лесных экосистем [Жукова, Паленова, 2015]. Тенденция сокращения площади лесных массивов проявляется на протяжении многих тысячелетий. Однако сейчас ее темпы приобрели катастрофический характер. Только за последние 25 лет площадь лесов сократилась на 3,1 % (уничтожено около 0,1 млрд га). В тропическом поясе объем лесов сократился почти вдвое. Сейчас безжалостно вырубаются южноамериканские лесные массивы, обеспечивавшие Европу и отчасти нашу территорию кислородом. Огромное количество кислорода расходуется в связи с быстрым развитием промышленности. Все это вызывает большую тревогу. Еще более сложные проблемы ожидают следующие поколения. Все должны это знать и понимать. Нам и всем государствам нужно срочно вносить серьезные коррективы в наши планы хозяйственно-экономического развития, социальные и образовательные программы.

Сейчас очень немногие люди считают себя должниками природы, забывая, что любое живое существо, в том числе и человек, дышит кислородом, которого на Земле становится все меньше. Ежедневно каждому человеку в среднем требуется 8 л кислорода. В сутки один гектар зеленых насаждений выделяет 80 л кислорода и поглощает примерно столько углекислого газа, сколько выдыхают 200 человек. По данным ЮНЕСКО к середине 21 века количество кислорода в воздухе сократится до 20–19 %, а при дальнейшем уменьшении содержания кислорода в атмосфере Земли человечество может погибнуть. Показательны следующие данные. Ежедневно взрослый человек в среднем поглощает 700 литров воздуха, или 1,45 кг кислорода, а выдыхает около 600 л воздуха, и соответственно 1,24 кг углекислого газа [Борисевич, Каленникова, 2006]. В этой связи 100 га леса могут полностью обеспечить кислородом только 3–4 человек [Губиш, Ковалевская, Петряев, 1982]. Для дыхания людям планеты, число которых превысило 7 млрд, ежедневно нужно 1 400 000 литров кислорода. Однако за время существования земной цивилизации уничтожено уже 450 млн га леса и вырубка лесов продолжается [Захаров, 2000].

К сожалению, почти забыты важные традиции и нравственные принципы, которые передавались из поколения в поколение. Согласно им «каждый человек должен посадить дерево, построить дом, создать семью и вырастить сына». С древнейших времен люди понимали и учили своих детей не только рубить леса для строительства дома и отопления, но и сажать их. Современных технологий строительства, использующих только древесину значительно меньше, что укрепило в сознании людей модели каменных домов со всеми удобствами. Однако и для их создания нужна древесина.

Проблема озеленения населенных пунктов пока решается не на должном уровне. Создаваемые посадки деревьев, как правило, не образуют единой системы зеленых насаждений. Во многих городах преобладают посадки тополей. Однако в последнее время ассортимент используемых деревьев стал расширяться.

Школьники, студенты и другие категории населения пока еще редко участвуют в мероприятиях по лесовосстановлению. Некоторую надежду на позитивное изменение этой ситуации дает практика создания школьных лесничеств [Усанин, Ермакова, 2013; Тимошина, 2014 и др.]. Данная форма работы предполагает объединение школьников, которые активно занимаются изучением природы, выращиванием и посадкой древесных растений, охраной закрепленных лесных квартальных участков, оказанием помощи лесничествам в охране и уходе за лесонасаждениями. Школьники и студенты занимаются лесовосстановлением разных типов лесов, включая сосновые, еловые, березовые, липовые, дубовые. Очень важно, чтобы каждый человек понимал важность и необходимость посадки деревьев и активно в этом участвовал. Положительный пример отношения к проблеме создания новых зеленых насаждений дал президент Российской Федерации В. В. Путин, который сажал деревья не только в нашей стране, но и во время своих визитов за рубежом. Он принял участие в создании аллеи победителей в Олимпийском парке Сочи, посадил дерево в честь юбилея саммита АТЭС, проходившего в пригороде Пекина, участвовал в посадках в национальном парке «Мещера». Проекты по озеленению, в которых участвуют все категории населения, должны реализовываться при строительстве всех новых городов и поселков. Обязанностью каждого руководителя и администратора является забота об экологическом состоянии всех населенных пунктов. Все вузы, школы, учреждения, каждая семья должны в этом участвовать.

Формирование экологического мышления предполагает экологизацию образования. К сожалению, постоянное перекраивание планов и программ вузовских и школьных учебных курсов не приводит к их улучшению. Даже в 2017 г., объявленном годом экологии, в школах эта дисциплина так и не стала учебным предметом. Без него сложно сформировать отношение к задаче сохранения природных объектов как к приоритетной, имеющей особое значение для нашего будущего.

Необходимо возрождать и развивать все формы более тесного общения с природой [Жукова, 2013]. В этом отношении особую роль играют учебные практики и экспедиции, которые формируют бережное отношение к природе, учат основам ее познания и исследования. Современные планы и программы, к сожалению, не позволяют проводить полноценные зональные практики и экспедиции даже на биологических факультетах. В соответствии с новой нормативной документацией возникает все больше технических проблем и препятствий при организации выездных практик со школьниками, студентами.

Министерству науки и высшего образования и министерству просвещения Российской Федерации необходимо срочно организовать разработку и внедрение новых планов и программ, ориентированных на экологизацию образования, укреплению позиций учебных практик, связанных с экскурсиями и походами в природу школьников и студентов. Этот стратегически важный вопрос заслуживает обсуждения на заседаниях Правительства России, Верховного Совета России, Ученых советов вузов, педагогических советах школ и различных детских организаций. Без решения этой проблемы нельзя достигнуть качественно иного уровня экологизации сознания. Только в этом случае современные технические возможности (включая последние компьютерные технологии, Интернет) позволят сделать новые фундаментальные открытия, научить нас жить в гармонии с природой. К сожалению, факторов, препятствующих прогрессивному развитию науки много. Мировая наука страдает от попыток реализации политических амбиций и претензий на мировое господство отдельных государств, прежде всего, США. Другим государствам, и особенно, России, приходится перестраивать систему финансирования, совершенствовать вооружение. Это уже привело к сокращению финансовой поддержки многих направлений науки, которые напрямую не связаны с обороноспособностью государства.

Большая опасность заключается в снижении роли науки в развитии высшей и средней школы. Практически все мы в той или иной степени ощущаем это. Преподаватели и научные сотрудники вынуждены тратить силы и время на создание множества бумаг и документов, которые ничего не дают для развития образования и науки. В учебных программах исключают все книги и учебники, написанные до 2005 г., снижается роль библиотек, многие из которых закрываются. Тем самым уничтожаются вековые традиции нашей науки и образования. Занятие наукой перестало быть престижным. Зарплата ученого не дает возможности содержать семью. Выпускники вузов не идут в аспирантуру, потому что трудно прожить на аспирантскую стипендию, а для публикации статей и защиты диссертаций нужны значительные средства. Выделяемые гранты недостаточны и чаще их средства не идут по прямому назначению. Все это должно стать поводом для серьезной оценки современной ситуации и учеными, и государственными структурами. Необходимо принятие и реализация масштабных программ, которые, будут направлены на предотвращение дальнейшей деградации науки и образования.

В тоже время отрадно отметить, что, несмотря на все трудности, ботаника и экология удерживает свои позиции. Под эгидой ЮНЕСКО принимаются новые программы по сохранению биоразнообразия [Жукова, Палёнова, 2015]. В некоторых вузах проводят полноценные полевые практики, есть аспиранты и даже студенты, выезжающие за счет грантов в экспедиции для сбора оригинальных материалов. Многие вузовские преподаватели активно участвуют в работе конференциях, хотя в большинстве случаев эти поездки

осуществляются на собственные средства. Это значит, что вопреки всем обстоятельствам, мы продолжаем изучать и охранять природу. Прежде всего, это происходит, потому, что мы не представляем жизни без общения с природой, нам хочется снова и снова слушать шум леса и шелест трав, пение птиц, стрекотание кузнечиков и сверчков, разгадывать загадки их жизни. Мы едины с природой не только потому, что мы дышим кислородом и используем создаваемые ей органические вещества. Мы сами созданы Природой и являемся ее частью!

Таким образом, экологизация системы образования и воспитания — важнейшее условие включения экологических ценностей во все сферы общественной жизни и качественных изменений в сознании человека. Экологизацию сознания можно рассматривать как ключевой фактор устойчивого развития. Она будет способствовать решению проблемы сохранения природного разнообразия экосистем и биосферы в целом.

Литература

- Борисевич А. Р., Каленникова Т. Г.* 2006. Экология, учитель, ученик: учеб.-метод. пособие для учителей. Минск: ИВЦ Минфина. 174 с.
- Губин Г. В., Ковалевская А. М., Петряев Е. П.* 1982. Что мы оставим потомкам? Минск: Нар. асвета. 191 с.
- Жукова Л. А.* 2013. Духовность человека, умение общаться с природой — необходимая составляющая устойчивости биосферы // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы докл. V Междунар. науч. конф.: в 2 ч. / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола. Ч. 2. С. 119–122.
- Жукова Л. А., Палёнова М. М.* 2015. Международные конвенции сохранения биоразнообразия и популяционно-онтогенетические подходы российских ученых // Научные исследования в Национальном парке «Марий Чодра». Вып. 4. Красногорский. С. 5–10. Приложение. С. 117–129.
- Захаров В. М.* 2000. Здоровье среды: концепция. М.: ЦЭПР. 27 с.
- Мамедов Н. М.* 1995. Теоретические основы экологического образования // Экологическое образование и устойчивое развитие. М. С. 25–40.
- Мамедов Н. М.* 2013. Экология и устойчивое развитие: учебное пособие. М.: Изд. центр МГДА. 365 с.
- Моисеев Н. Н.* 1996. Устойчивое развитие и экологическое образование // Философские аспекты социальной экологии. М. С. 1–12.
- Назаренко В. М.* 1994. Система непрерывного экологического образования в средней и высшей педагогической школе: дис. ... д-ра пед. наук. М. 281 с.
- Решение X/17 КБР ООН* 2010. Глобальная стратегия сохранения растений на 2011–2020 годы. URL: www.bgci.org/plants2020_ru/about-the-gspc (дата обращения: 03.09.2018).
- Тимошина Е. В.* 2014. Из опыта работы школьных лесничеств Калужской области // Внешкольник. № 1. С. 54–57.
- Усанин В., Ермакова Д.* 2013. Движение школьных лесничеств: анализ и перспективы развития (на примере Красноярского края) // Устойчивое лесопользование. № 3 (36). С. 22–24.
- Яблоков А. В., Левченко В. Ф., Керженцев А. С.* 2015. Очерки биосферологии 1. Выход есть: переход к управляемой эволюции биосферы // Philosophy and Cosmology. Т. 14, № 1 (14). С. 91–117.
- Яблоков А. В., Левченко В. Ф., Керженцев А. С.* 2017. Очерки биосферологии. 3. О гармонизации взаимоотношений человека и биосферы // Philosophy and Cosmology. Т. 18. С. 52–83.

СПЕЦИФИКА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В МГИМО МИД РОССИИ

А. И. Никифоров

Московский государственный институт международных отношений (университет)
Министерства иностранных дел Российской Федерации, Москва, Россия
hosanianig@gmail.com

История возникновения экологического образования как самостоятельного направления обучения в МГИМО МИД России непосредственно связана с формированием учебного направления «эколог-международник» в рамках ФГОС № 05.-3.06 «Экология и природопользование», которое было открыто в Московском государственном институте международных отношений (МГИМО) в 2011 году, на факультете Прикладной экономики и коммерции [Никифоров, 2017]. Подготовка по данному направлению ведется в рамках созданной специальной выпускающей кафедры Международных комплексных проблем природопользования и экологии. Формирование основной образовательной программы по направлению «эколог-международник» было предпринято с учетом лучших мировых образцов подобных образовательных программ и стандартов различных стран, причем не только таких признанных лидеров экологического образования, как скандинавские страны, но и обладающих значительной региональной спецификой некоторых стран Востока (Индия, Таиланд). По мнению нашего коллектива, такой подход обеспечивает поступательное формирование необходимых профессиональных навыков и развитие востребованных на мировом рынке компетенций у обучающихся.

Относительно специфики подготовки выпускников следует отметить, что, в силу ведомственной принадлежности, МИД РФ ежегодно корректирует профессиональную заявку на необходимые объемы подготовки специалистов разных направлений (в том числе владеющих различными языками), в соответствии с прогнозируемыми и реальными расчетными потребностями нашей страны. Поэтому нельзя не отметить, что доля запросов на экологов — международников неуклонно растет, причем особенно «дефицитны» выпускники-экологи, владеющие китайским, японским, корейским и другими восточными языками. Указанные тенденции являются отражением текущей международной обстановки, а также курса России на сотрудничество с азиатскими странами в научном, промышленном и торговом направлениях [Никифоров, 2017].

Нельзя также не отметить еще одно востребованное направление в рамках подготовки экологов-международников — актуальные вопросы «арктической повестки» России. Как известно, наша страна в настоящее время значительно увеличивает свое присутствие в Арктике, вследствие значительной активизи-

зации многих стран в отношении освоения Арктического региона. Поскольку это связано, в том числе, с вопросами стратегического планирования освоения шельфовых районов Северного Ледовитого океана, для нашей страны требуется в краткие сроки обеспечить подготовку необходимого контингента высокопрофессиональных специалистов-экологов, способных к планомерному отстаиванию на международном уровне интересов России в арктическом регионе [Рязанова, Никифоров, 2016].

В целом в ходе построения современной системы подготовки экологов-международников в МГИМО МИД России применяются образовательные стандарты 3го поколения, содержащие в себе такие понятия, как формирование знаний, умений и навыков. Эти стандарты относительно подробно прописывают базовые понятия в рамках общекультурных, профессиональных и дополнительных профессиональных компетенций. При этом в рамках каждой учебной программы обеспечивается формирование определенного набора компетенций из разных образовательных блоков. Итогом же формирования содержательной части основной образовательной программы становится, фактически, создание матрицы профессиональных компетенций, в пределах которой видны тематические и содержательные взаимосвязи различных дисциплин учебного плана из разных его блоков [Рязанова, Никифоров, 2016].

Однако при этом следует отметить, что гуманистически ориентированное образование зачастую оказывается малоэффективным, если базируется только лишь на сообщении обучающимся многочисленных актуальных, но не подкрепленных при этом конкретными примерами из жизни сведений. Особенно губителен формализм при изучении экологических дисциплин, так как он резко тормозит личностный рост обучающихся и уводит их в сторону абстрактного теоретизирования в ущерб формированию деятельностной компоненты мировоззрения [Никифоров, 2009].

В целом, современное экологическое образование должно подразумевать внедрение в сознание обучающихся комплекса неразрывно связанных знаний, умений и навыков, базирующихся на теоретических и практических сведениях из самых разных областей знания (биология, химия, физика, география, экономика, социология, философия и др.). Подобный подход обеспечивает понимание студентами причин тех или иных негативных изменений в экосистемах Земли, а также — что немаловажно — позволяет предвидеть возможные последствия еще не совершенных действий антропогенного характера [Никифоров, 2009].

С целью обеспечить соответствие высоким требованиям, предъявляемым в настоящее время к профессиональному экологическому образованию, реализуемые в МГИМО образовательные стандарты 3 поколения для экологов-международников в обязательном порядке содержат большой, подробно структурированный блок практик. Так, отдельно планируются и проводятся учебные и производственные практики, что обеспечивает более качественное формирование специалиста, поскольку вначале (1-й и 2-й курсы) студент осваивает профессиональные компетенции под руководством профессиональных педагогов, но затем, с 3 курса, для каждого студента открывается возможность проходить практику в самых разных организациях, тем или иным образом связанных с вопросами природопользования и экологии.

Тем не менее, необходимо отметить, что есть ряд факторов, в совокупности негативно влияющих на результативность профессионального обучения, и предопределяющих важность разработки новых образовательных стандартов. Так, одним из таких факторов является некоторая «оторванность» существующих программ обучения от реальных запросов производства (по крайней мере, на уровне обучения бакалавра). Также, по мнению многих экспертов, к таковым факторам следует отнести сократившийся до 4 лет нормативный базовый период обучения экологов [Рязанова, Никифоров, 2016].

Это особенно рельефно просматривается ввиду того факта, что сегодня немалое количество выпускников выбирают не поступление в магистратуру сразу по окончании бакалавриата, а практическую профессиональную деятельность — однако, как показывает практика, полученных знаний, умений и навыков для профессиональной деятельности им зачастую (в т. ч. по их собственным отзывам) остро не хватает. Фактически, следует констатировать, что при обучении по системе бакалавриата в ряде профессий (и эколог-международник, безусловно, относится к таковым) довольно затруднительно совместить в одной образовательной программе и необходимость за столь короткое время (4 года) преподавать основы классического разностороннего общего высшего образования, и обеспечить формирование прочных профессиональных компетенций [Рязанова, Никифоров, 2016].

Одним из способов, который активно применяется в МГИМО для повышения качества профессиональной подготовки экологов-международников, является обеспечение возможности приглашения на учебные занятия специалистов-практиков из различных организаций, деятельность которых непосредственно связана со сферой будущей профессиональной деятельности наших выпускников (органы государственной власти, научно-исследовательские организации, коммерческие структуры и др.). Следует отметить, что эффективность усвоения знаний в ходе занятий с приглашенными специалистами значительно повышается при проведении занятия в форме групповых аналитических решений кейсовых задач, максимально приближенных к реальным задачам той организации, которую представляет конкретный приглашенный специалист [Никифоров, 2017].

Следуя основным тенденциям на российском и зарубежном рынках образовательных технологий, для повышения качества подготовки бакалавров в МГИМО при разработке образовательных программ для экологов-международников формируются блоки специальных дисциплин, в рамках которых активно раз-

рабатываются интерактивные формы обучения. В перечень этих форм входят такие, как: работа в малых группах, эвристические беседы, моделирование ситуаций, кейсовые разборы профессиональных ситуаций, тематические деловые игры, а также различные модели международных процессов (Модель ООН, Модель Арктического совета, Модель Международной климатической конференции и прочие). Подобные формы обучения (особенно Модели) значительно повышают интерес обучающихся к приобретению профессиональных компетенций, так как они дают возможность студентам включиться в реальный профессиональный международный экологический процесс, хоть и в несколько упрощенной (модельной) форме [Рязанова, 2017].

В свою очередь, потребность в саморазвитии, в том числе и в области изучаемых в вузе дисциплин, формируется в значительной степени благодаря разнообразной внеучебной познавательной активности, многообразии доступных форм которой в настоящее время предоставляет широкое поле возможностей для каждого студента [Никифоров, Новикова, Захарова, 2018а].

Одной из организационных форм координации подобной активности студентов ВУЗов является организация тематических студенческих научных клубов. Деятельность таких структур обеспечивает не только вовлечение наиболее активной и одаренной части студентов в процесс формирования дополнительных компетенций, но и в целом весьма способствует повышению качества образования [Пучков, Забавникова, 2017].

Чрезвычайно важно, что участие конкретного студента в работе клуба позволяет ему реализовать свои интересы, которые, как известно, могут простираться далеко за пределы объема изучаемых дисциплин. Кроме того, в ходе проведения клубом различного рода публичных мероприятий студент получает возможность оценить степень собственной готовности к несению ответственности за порученные или самостоятельно предпринятые действия. Этот бесценный опыт в значительной степени способствует более четкому профессиональному самоопределению.

В МГИМО появление «центра кристаллизации» экологических инициатив в виде созданной кафедры Международных комплексных проблем природопользования и экологии стимулировало создание студентами-экологами (при участии ряда эко-активистов из состава других факультетов МГИМО) молодежного научного экологического клуба MGIMO GOES GREEN. Официальной датой создания этого молодежного клуба считается 15 мая 2012 года, поскольку в это день в рамках проведения Зеленого дня МГИМО была осуществлена его официальная презентация [Никифоров, Новикова, Захарова, 2018б].

Деятельность клуба связана с проведением различных по своему масштабу научных и общественно-просветительских мероприятий и акций экологической направленности (например, таких, как Кубок экологических кейсов (Eco Solution Cup), проведение Зеленой недели МГИМО, круглый стол по вопросам продовольственной безопасности, участие во всероссийской акции ВузЭкоФест и др.).

Одним из наиболее масштабных мероприятий, осуществленных клубом, является проведение в 2016 году Международной молодежной климатической конференции GLCC-2016, в которой приняли участие более 150 молодых ученых и специалистов из различных стран в области климатологии, политологии, дипломатии, экономики и других научных направлений. По итогам работы данной конференции был подготовлен и издан сборник работ конференции, материалы которого в настоящее время включены в Российский Индекс Научного Цитирования. Успех данного мероприятия был отмечен как профессиональным сообществом, так и ведущими СМИ [Никифоров, Новикова, Захарова, 2018б].

В целом следует отметить, что уникальность и специфика вопросов международной экологической тематики в ходе формирования учебного плана экологов-международников в МГИМО в значительной степени обеспечивается благодаря выстраиванию такой образовательной траектории, которая позволяет непосредственно реализовать эти особенности за счет тщательно скомпонованных блоков специальных дисциплин, обеспечивающих углубление и актуализацию знаний, преподаваемых именно в международном аспекте [Никифоров, 2017].

Кафедра Международных комплексных проблем природопользования и экологии МГИМО в полной мере осознает ту немалую ответственность, которая лежит на ней при подготовке нового поколения экологов-международников, чьими профессиональными императивами будут не только участие в тематических переговорных процессах на международном уровне и представление позиции России по ряду ключевых тем международной экологической повестки дня, но и поиск взвешенных политических решений, ориентированных на обеспечение устойчивого развития мирового сообщества благодаря сознательному соблюдению экологических требований в области природопользования всеми участниками международного политического процесса.

Литература

- Никифоров А. И.* 2009. Учебные экологические туры — эффективный метод повышения качества биологического образования // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России: материалы 3-й Международной научно-практической конференции. М.: РГАУ-МСХА. С. 698–700. *Никифоров А. И.* 2017. Специфика организации учебного процесса при подготовке экологов-международников в МГИМО МИД РФ // Современная экология: образование, наука, практика: материалы международной научно-практической конференции. Воронеж. С. 104–108. *Никифоров А. И., Новикова Е. А., Захарова А. А.* 2018а. Внеучебная познавательная деятельность студентов как один из механизмов профессионального самоопределения // Профессиональное самоопределение молодежи инновационного региона: проблемы и перспективы: сб. ст. по материалам всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч.

Красноярск. С. 170–172. *Никифоров А. И., Новикова Е. А., Захарова А. А.* 2018б. Молодежная студенческая организация MGIMO GOES GREEN — флагман экологического просвещения в МГИМО МИД РФ // Экологическое образование сегодня. Взгляд в будущее: сб. материалов и докл. V Всерос. науч.-практ. конф. по эколог. обр. / под общ. ред. В.А. Грачева. М.: Изд-во Фонда Вернадского. М. С. 1209–1214. *Пучков Н. П., Забавникова Т. Ю.* 2017. Саморазвитие студентов в условиях профессионально и лично стимулирующей образовательной среды вуза // Педагогическое образование: вызовы XXI века: материалы VIII международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАО В. А. Сластёнина. Рязань: Концепция. С. 202–205. *Рязанова Н. Е.* 2017. Обучающие кейсы по моделированию процессов в водных экосистемах // Пресноводная аквакультура: мобилизация ресурсного потенциала: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с межд. уч. М.: Перо. С. 422–429. *Рязанова Н. Е., Никифоров А. И.* 2016. Типовые профессиональные задачи в подготовке эколога-международника // 18-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки 2016». [труды научного конгресса]. В 3 т. / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т; отв. ред. А. А. Лапшин. Н. Новгород: ННГАСУ. Т. 2. С. 217–219. *Рязанова Н. Е., Никифоров А. И.* 2016. Собственный образовательный стандарт вуза: движение к стандартам четвертого поколения в профессиональном экологическом образовании // Актуальные проблемы биологической и химической экологии: сборник материалов V Международной научно-практической конференции (г. Москва, 21–23 ноября 2016 г.) / отв. ред. Н. В. Васильев; редкол.: Х. Б. Юнусов и др. М.: ИИУ МГОУ. С. 336–341.

БОТАНИЧЕСКИЙ САД — ПЛОЩАДКА И ПОМОЩНИК НА ПУТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ

М. А. Новикова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, *fatuna@mail.ru*

В 1953 году на месте строительной площадки Главного здания МГУ был заложен новый Ботанический сад (историческая территория которого — «Аптекарский огород» — осталась на прежнем месте в центре Москвы). Сад занял территорию, расположенную на самом высоком участке правобережья реки Москвы, поблизости от впадения в нее реки Сетунь. Такое расположение приводит к тому, что холодные воздушные массы скатываются в долины рек, и на территории сада создаются благоприятные условия для развития теплолюбивых растений [Тихомиров, 1975]. От прежней растительности был сохранен участок оврага с фрагментом естественной подмосковной дубравы. В овраге сохранились травянистые растения, характерные для широколиственного леса: редкий для Подмосковья папоротник страусник, калужница болотная, несколько видов ветрениц, пролесник многолетний [Ботанический сад..., 2012]. В дальнейшем сотрудники добавили к аборигенным видам другие папоротники, дальневосточный реликт симплокарпус, сазу курильскую, белокопытник, весенние первоцветы, лук странный, так что склоны оврага превратились в настоящие экспозиционные участки.

Одной из важных задач Ботанического сада является образование и просвещение. В Ботаническом саду МГУ работают программы дополнительного образования «Школа садовников», Декоративная дендрология, Практическое плодоводство, Цветоводство открытого грунта, Ландшафтное проектирование. Проходят летние экологические школы для детей, циклы занятий по ботанике и отдельные мастер-классы (*botsad.msu.ru*). Но самым регулярным и масштабным способом взаимодействия сада с посетителями являются экскурсии [Лаврова, Романова, 2016].

Многие посетители под словом «экскурсия» понимают прогулку «под присмотром» или тематическую лекцию по ботанике на ходу. Что же на самом деле делают экскурсоводы, о чем они рассказывают посетителям?

В первую очередь, экскурсоводы знакомят посетителей с историей, и не только с историей сада. Рассказывают для чего нужен Ботанический сад, и чем он отличается от городского парка. Если посмотреть широко, то сад — это место, где человеком посажены растения с определенной целью. К примеру, аптекарские и монастырские сады для поддержания здоровья тела и духа. Начиная со времен Древнего мира люди создавали сады как образцы искусства, и если и не все из них вошли в перечень чудес света, то все несут в себе частички истории. Маленькие частные сады-огороды являются местом для отдыха и подспорьем в хозяйстве. Опытные-испытательные станции, учебные базы вузов, школьные грядки и палисадники являются важной материальной основой учебного процесса. Городские парки — это близкое и доступное место для отдыха горожан. История каждого сада или парка может быть очень поучительной: сад возникает, меняется и развивается подобно растительному сообществу, но главным фактором изменений в саду всегда остаются люди.

Вторая задача экскурсовода ботанического сада не просто ошеломить посетителей обилием информации, а показать то, что обычно ускользает от внимания, помочь увидеть не просто зеленое растение. Так, например, гордостью нашего сада является коллекция сирени (более 130 сортов), которая включает знаменитые сорта Леонида Колесникова, французскую сирень Лемуана, новинки зарубежной и отечественной селекции, а также не мало дикорастущих видов сирени и близкого рода Лемустрины. Для многих посетителей становится открытием, что сорта сирени отличаются друг от друга, что где-то в южной Европе сирень обыкновенная до сих пор растет в диком виде, что есть другие виды сирени, кроме обыкновенной и венгерской, по большей части растущие в Китае. Вместе с сиренью экскурсанты погружаются в историю Франции, вспоминают героев первой и второй мировых войн, узнают интересные подробности из этноботаники, литературы и искусства. После экскурсий по коллекции сирени, как правило поток посетителей на

другие экскурсии резко возрастает, а количество обломанной сирени на улицах города (по крайней мере, прилегающих к саду) уменьшается.

Многим экскурсоводам доводилось слышать изумленные возгласы посетителей о том, что, оказывается все птицы поют по-разному, а зеленая масса травы и листвы, на самом деле, это десятки и сотни разных видов. Знания даже взрослых людей, выросших на советских учебниках, а не только детей, растущих на современных тестах для ЕГЭ, часто сводятся к заученным правилам и формулам, например, нужно охранять лес, рубить деревья плохо, собирать букеты нельзя, нужно беречь природу. Поэтому для многих любящая рубка кажется очевидным злом, а создание новых парков или интродукция новых растений безоговорочным добром. Правила ухода за лесом, парком, вообще за любыми древесными насаждениями открывают новый мир отношений человека и дерева. Например, как в лесу необходимы рубки ухода, для сохранения и поддержания древесной, биологической и экологической продуктивности [Лесоводство..., 2015], так и в саду необходим уход за контурами, имитирующими лесные, и выборочные рубки деревьев. В случае сада, важна не сама продуктивность, а состояние дендрологических посадок. Как оказалось, такие хозяйственные подробности вызывают живой интерес на экскурсиях (всем хочется понять, почему и зачем решили удалить то или иное дерево. Посетители внимательно наблюдают за тем, как сад переживает сильные природные катаклизмы: снегопады, обледенение, ливни с грозами, ураганные ветры, как восстанавливается, продолжает жить и развиваться, как меняется его растительный покров.

Но развенчивание мифов не главная задача, решаемая на экскурсиях.

Ботанический сад МГУ включает в себя разнообразные природные ландшафты: террасированные альпийские горки, дендрарий, водоемы и открытые участки с разным режимом ухода. Хотя ни одна из экспозиций сада не может быть похожа на настоящий модельный участок (в силу своих площади, расположения, типа использования и т. п.), со своей ознакомительной и образовательной задачами они справляются успешно. Для многих посетителей сад становится наглядной моделью природных сообществ. Окинуть взглядом обширные природные ландшафты (леса, луга, степи, горы), да еще и во временном масштабе, удается не каждому. В саду же посетители в режиме реального времени наблюдают приспособления растений к определенным местообитаниям, сезонные изменения, происходящие с растениями и животными, взаимодействие сада и города, природы и человека.

В Ботаническом саду МГУ, начиная с его закладки, создавались и менялись разные экспозиции; какие-то стали устойчивыми и практически самоподдерживающимися, какие-то даже при тщательном уходе не смогли сохраниться и были заменены новыми. Из выбывших экспозиций можно вспомнить степные экосистемы, которые удавалось поддерживать исключительно благодаря ежегодному в течение пяти лет обновлению всей дернины (которую рулонами везли из природных степей). Полярно-альпийские растения экспонировались в саду также недолго, первые годы жизни сада. Когда сотрудники столкнулись с непреодолимыми в условиях открытого грунта трудностями по выращиванию растений из высоких арктических широт (несоответствие длины дня, недостаточность освещенности и др.), экспозиция была заменена на коллекцию североамериканских растений. От прежней экспозиции оставались два вида: щавель арктический и посаженные позднее карельские березы. С такой же проблемой сталкивались и другие ботанические сады: в настоящее время попытка создать северные ландшафты в парке «Зарядье» также оказалась неудачной — приходится регулярно заменять выпадающие растения на новые (что аналогично заменам степной дернины в нашем саду, от которой когда-то разумно отказались). Не удается без больших затрат красочно и масштабно воссоздать болотные экосистемы: с трудом удерживаются в коллекции сада багульник, болотный мирт, подбел, клюква и пушица и другие представители верховых болот. Несмотря на это, коллекция болотных и влаголюбивых растений постоянно пополняется куратором, и если запастись терпением, то на крошечном участке можно рассмотреть несколько десятков видов, включая редкие орхидеи, в том числе виды, включенные в Красную книгу Московской области (пальчатокоренники, дремлик болотный, бровник обыкновенный и др.). В Альпинарии относительно скромной по сравнению с другими выглядит экспозиция «Крым и Средиземноморье», которая в основном представлена мелколуковичными и засухоустойчивыми почвопокровными растениями. Тем не менее в коллекции насчитывается 75 видов, среди крупных многолетников и древесных растений выделяются: акант мягкий, рута душистая, валериана красная, мордовник вооруженный, парадизея, пираканта ярко-красная, вероника крымская, гладыш шершавый, можжевельник высокий, бобовник золотистый (botsad.msu.ru).

Поскольку некоторые экспозиции не поддаются прямому внедрению в чуждую экологическую обстановку, кураторы участков постепенно находят альтернативные решения. Например, на месте прежней экспозиции степей был заложен питомник сортовой облепихи. А степной участок (вернее лугово-стопной) был создан в виде небольшой круглой рабатки на участке «Растения Средней полосы России» (там успешно растут ковыли, степной шалфей, типчак и т. д.) и на самом солнечном и сухом газоне вдоль Альпинария. Характерные для степных и суходольных биотопов растения высаживаются в этот разнотравный газон, и постепенно становятся устойчивыми аборигенами или даже доминирующими видами. На участке соблюдается особый режим полива и прополки. Растения привозятся куратором из природы и внедряются в уже существующее сообщество (дикая морковь, синяк, эспарцет, воробейник лекарственный, репешок, астрагалы, подмаренники и т. д.). Действительно, за несколько лет газон из сорного разно-

травья приобрел вид лугово-степного сообщества. Куратор участка, будучи энтомологом, обогащает его и соответствующими видами насекомых (преимущественно из отряда прямокрылых).

Растения средиземноморского климата, способные расти в открытом грунте (кроме оставшихся на основной экспозиции Альпинария), рассредоточили по территории сада, подобрали для каждого из них наиболее подходящие места в других экспозициях. В филиале Ботанического сада МГУ «Аптекарский огород» в оранжерее содержится богатая экспозиция средиземноморских растений, которые не поддаются культивированию в открытом грунте. Такое рассредоточение экспозиции по территории всего сада не мешает ежегодному проведению тематической экскурсии для студентов филологов и историков в рамках курса «Греко-римские древности», где студенты знакомятся с природой изучаемого региона Средиземноморья.

Знакомство с историей и перипетиями экспозиций и участков в саду помогает посетителям лучше понять и оценить и процессы, происходящие в природе, связанные с климатическими изменениями и деятельностью человека. Слова биоразнообразия, интродукция, карантин, природоохранные меры и т. п. перестают быть только газетным или законодательным сленгом, как сказал словами лиса Сент-Экзюпери: «узнать можно только те вещи, которые приручишь». Невозможно привить любовь и бережное отношение к природе лозунгами со щитов и постулатами в учебнике. Также не самый лучший способ научить как детей, так и взрослых основам безопасности в природе — лекции с картинками, напоминающими комиксы в популярных книгах. Как известно, любое действие рождает противодействие, равное по силе и противоположное по направлению, поэтому борьба с экологической безграмотностью вызывает закономерное отторжение в любом возрасте. В то время как приятная и увлекательная беседа во время прогулки дает возможность не только услышать те же слова, но и увидеть все своими глазами, потрогать своими руками как в прямом, так и в переносном смысле, и понять. Как гласит китайская притча: «Я услышал, и я забыл; я увидел, и я запомнил; я сделал, и я понял» [Кавтарадзе, 2009].

В последние годы одной из самых популярных стала тема съедобных, ядовитых и лекарственных растений. Помимо того, что этой теме уделяется особое внимание на обычных экскурсиях, приглашенные специалисты — фармацевты и ботаники — читают циклы лекций, проводят мастер-классы и экскурсии. Посетителей интересуют не только коллекции ярко цветущих декоративных растений нашего сада (сирень, розы, пионы, ирисы, флоксы) и урожай плодово-ягодных культур (экскурсии с дегустацией сортов яблок, вишни и рябин). Многие приходят, чтобы узнать, что, как и почему происходит в городе с растениями и животными. На обзорных экскурсиях упоминается о сорняках и вредителях растений, иногда они даже становятся ведущим мотивом рассказа (если возникает особо сильный интерес у посетителей). Наглядными примерами на таких экскурсиях становятся агрессивные сорняки-интродуценты: борщевик Сосновского, клен американский, галинзога четырехязычковая, горец сахалинский; конкурентные отношения между растениями, скорость роста и степень доминирования одних растений над другими и т. п., а также насколько велика роль человека в этих процессах. Насекомые-вредители тоже яркой и наглядный пример. Так, недавно в саду появилась каштановая моль, которая откладывает личинки исключительно на листьях конского каштана обыкновенного (другие виды каштанов остаются здоровыми), в течении лета можно наблюдать три поколения этого насекомого, а в течении нескольких лет колебания численности, эффективность мер борьбы и состояние каштанов. Большим спросом пользуются читаемые сотрудниками сада научно-популярные ботанические лекции, например, субботние бесплатные лекции в рамках проекта «Университетские вечера».

Понимание того, каким хрупким может быть отдельное растение или целое сообщество и как правильно и взаимовыгодно взаимодействовать с окружающей природой, формируется постепенно. Желая больше времени провести в полюбившихся уголках сада, посетители приходят к нам на субботники, многие из них потом становятся постоянными волонтерами, а некоторые со временем и сотрудниками. Каждый субботник обычно приурочен к сезонным задачам сада в целом, какой-то коллекции или экспозиции. Кураторы знакомят волонтеров со своими участками, общаются с ними во время работы, обучают, а в чем-то и обучаются сами. Субботники обязательно завершаются экскурсиями для волонтеров. Многие волонтеры приводят потом с собой свои семьи, друзей, и круг друзей сада растет.

Литература

Ботанический сад Биологического факультета Московского университета. 1706–2011: первому научному ботаническому учреждению России 305 лет 2012 / под ред. В. С. Новикова, М. Г. Пименова, К. В. Киселёвой, С. В. Ефимова, А. Ю. Паршина, А. В. Раппопорта. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 351 с. *Кавтарадзе Д. Н.* 2009. Обучение и игра: введение в интерактивные методы обучения. М.: Просвещение. 176 с. *Краткий путеводитель* по Ботаническому саду МГУ. 1975 / под ред. В. Н. Тихомиров. М.: Изд-во Московского ун-та. 41 с. *Лаврова Т. В., Романова Е. С.* 2016. Необходимость экологического просвещения и образования в современных ботанических садах // Биоразнообразие и культуроценозы в экстремальных условиях: материалы IV Всерос. науч. конф., посвященной 85-летию Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН (26–28 октября 2016 г.). Апатиты; Кировск. С. 47–49. *Лесоводство*: учебник. 2015 / В. И. Обыденников, С. А. Коротков, В. Д. Ломов, С. Н. Волков; под ред. проф. В. И. Обыденникова. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ. 272 с. Ботанический сад Московского университета. URL: botsad.msu.ru.

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КУРСОВ «ГЕОГРАФИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ» В ВУЗАХ СТРАНЫ

Г. Н. Огуреева

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
ogur02@yandex.ru

Биогеография является одним из важнейших направлений географической науки и преподается в университетах страны, осуществляющих подготовку бакалавров и магистров по направлениям «География» и «Экология». На кафедре биогеографии МГУ имени М. В. Ломоносова осуществляется образовательная программа «География биоразнообразия и биомониторинг», которая дает фундаментальные знания о проблемах формирования биоразнообразия, географических закономерностях его распространения, дифференциации распределения по градиентам среды, знакомит с существующими концепциями, принципами и подходами к его изучению и оценке на разных уровнях организации биосферы.

Для преподавания курсов по этому направлению важно информационное обеспечение работ по оценке биоразнообразия различных уровней эколого-географических подразделений биосферы, и, прежде всего, картографическое представление материалов, раскрывающих пространственные особенности распределения биоразнообразия. Одной из актуальных проблем является картографическое обеспечение работ по изучению, оценке и охране биологического разнообразия. Картографирование биоразнообразия идет на разных уровнях географических исследований — глобальном — региональном — локальном соответственно объектам и масштабам исследования [Огуреева, Котова, 2002].

Картографирование разнообразия *на видовом уровне* осуществляется более века. Здесь имеется достаточно большой опыт представления знаний о распространении систематических таксонов разного ранга (видов, родов, семейств) или групп видов, выделенных по определенным критериям, на многочисленных картах ареалов отдельных таксонов, кадастрово-справочных картах соответствующих масштабов. Особо следует отметить карты оценки уровней видовой богатства в пересчете на единицу площади. На картах-схемах Л. И. Малышева (1994) богатство сосудистых растений России показано изолиниями, полученными при обработке статистических данных, рассчитанных на площади в 100 — 1 000 — 10 000 — 100 000 км². Первая версия карты потенциального разнообразия сосудистых растений мира публикуется в 1999 году (1 : 85 000 000) (Barthlott et al., 1999).

Флористические и фаунистические комплексы принимаются во внимание при разработке схем ботанико- и зоогеографического районирования разных в природном отношении территорий. Имеются крупные картографические произведения, представляющие материал о распространении отдельных видов [Атлас ареалов деревьев и кустарников СССР, 1977–1981]; уровни видовой богатства отображены в Атласе биоразнообразия лесов Европейской России (1996); ареалы полезных растений нашли отображение в Атласа природных ресурсов мира [Resources and Environment: World Atlas, 1998 и др.]. На планетарном уровне опубликованы две обзорные карты: карта потенциального разнообразия сосудистых растений мира (1 : 85 000 000) в пересчете на 10 000 км² [Mutke et Barthlott, 2005] и карта видовой разнообразия наземной фауны мира (1:150 000 000), на которой показано число видов животных суши и прибрежных вод в пересчете на 100 км² (в границах элементарных фаун) с выделением 7 зон зооразнообразия [Resources and Environment, 1998].

Картографирование *разнообразия растительных сообществ и животного населения* в естественных условиях и при антропогенном воздействии традиционно отображается на картах растительности и зоогеографических картах разного тематического содержания в разных масштабах. Эти карты востребованы, они широко используются в учебном процессе и в научной работе; методы и технологии их составления постоянно совершенствуются, а сам набор карт пополняется [Емельянова, Огуреева, 2017].

Генеральная стратегия сохранения биоразнообразия ориентирована на сохранение биоты как компонента экосистем (совокупностей) видов в их пространственном распределении — от конкретных биогеоценозов и их сопряженных территориальных сочетаний на локальном уровне, вплоть до типов экосистем глобального масштаба. В географическом плане *экологическое, или биохорологическое, разнообразие* рассматривается как самостоятельное направление. Оно часто определяется как разнообразие сочетаний организмов тех или иных территориальных выделов, объединенных единством экотопов. В качестве структурной единицы экологического разнообразия могут выступать экорегионы, биомы и другие подразделения биосферы как компоненты экосистем соответствующего ранга. Картографирование разнообразия экосистем пока еще находится в процессе разработки подходов к их выделению и поиска интегральных характеристик дифференциации биотического покрова в целом. Здесь важны разработки новых подходов к отражению биоэкологических связей между компонентами биоты и между биотой и окружающей средой, на основе которых ведутся исследования биоразнообразия.

Использование биомов в качестве опорных единиц учета биоразнообразия дает возможность интегрального анализа ботанической и зоогеографической составляющих биотического покрова, а также сопряженного изучения биотических и абиотических компонентов экосистем. Зональные биомы нашли

отображение на ряде обзорных мелкомасштабных карт, где число таких подразделений колеблется от 6–8 до 10–20 [Вальтер, 1968; Одум, 1986; Небел, 1993; Кюхлер, 1990].

При разработке тематического содержания и составлении новой научно-справочной биогеографической карты «Биомы России» (масштаб 1:7 500 000) с оценкой их биоразнообразия, изданной в серии карт природы для высших учебных заведений страны [Карта..., 2015], за основу принята концепция разнообразия наземных экосистем [по Walter, Breckle, 1991]. Карта представляет собой первый опыт совместного отображения закономерностей пространственной дифференциации биотического покрова страны на региональном уровне. В основу легенды карты «Биомы России» положена классификационная схема уровней биомной организации биосферы. Легенда организуется в соответствии с рубрикацией трех градаций: зоно- и оробиомы (субзонобиомы и оробиомы II порядка) — географические группы биомов — биомы регионального уровня и экосистемы. Региональный биом на карте является основной, базовой единицей оценки биоразнообразия. Всего на карте нашли отображение 66 региональных биомов, из них 35 равнинных и 31 — горный оробиом.

Региональный биом как часть зонобиома существует при определенном соотношении тепла и влаги, при которых существуют и развиваются популяции видов биоты. Для биома характерно видовое разнообразие растений и животных как показателей богатства флоры и фауны, определяемое биоклиматическими условиями и историей развития территории. Он включает климаксовые сообщества, отражающие биоэкологический потенциал равнинных и горных территорий, а также ряд сопутствующих сообществ (эдафические климаксы), существующих в незональных условиях; растительные сообщества и животное население биома неразрывно связаны друг с другом, а биота (растения, животные, микроорганизмы) наиболее эффективно использует абиотические компоненты среды вследствие определенной, исторически обусловленной адаптации к этим условиям. Ценотическое разнообразие растительного покрова биома отражает потенциальное разнообразие и степень его антропогенной трансформации, и во многом определяет экологический состав сообществ животных. Как экологическая единица подразделения биосферы региональный биом, в свою очередь, может быть подразделен на более мелкие подсистемы, вплоть до элементарных экосистем, или биогеоценозов, на локальном уровне. В характеристике биома отражается экологическая структура территории и биологическое разнообразие по основным группам организмов и ценотическим комплексам.

Для каждого биома приводятся климатические характеристики, которые включают: средние годовые температуры воздуха, суммы температур за вегетационный период (выше 10 °С), среднее годовое количество осадков. На карте они даны в виде климадиаграмм, выбранных для каждого биома по средним показателям метеостанций. В ботанической характеристике приводятся сведения: 1) об общем количестве видов сосудистых растений, 2) количестве видов в конкретных флорах, 3) количестве видов мохообразных и 4) количестве видов лишайников (в скобках указано потенциальное число видов). Характеристика фауны приводится для 4-х групп наземных позвоночных животных: 1) млекопитающие, 2) птицы, 3) пресмыкающиеся и 4) земноводные. В качестве примера привожу фрагмент легенды карты «Биомы России» (табл.).

Фрагмент легенды карты «Биомы России» (1: 7 500 000)

БИОМЫ ГЕМИБОРЕАЛЬНЫЕ ШИРОКОЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ И МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (подтаежные)				
№	биомы	количество видов растений	климадиаграммы	количество видов животных
23	Смоленско-Приволжский	1) 2200 2) 400–550 3) 420 4) 800 (1200)		1) > 65 2) 166–180 3) 7 4) 11
24	Вятско-Камский	1) 2200 2) 650–850 3) 250 4) 500 (800)		1) 56–60 2) 181–195 3) 8 4) 12

В текстовой части характеристики каждого биомов приводятся сведения о его площади, структуре биома (в % от площади), особенностях флоры и фауны. Дается краткая характеристика основных экосистем, ценозического разнообразия преобладающих формаций и экологических групп животного населения. Включаются сведения о наличии особо охраняемых природных территориях федерального значения. Это делает возможным провести оценку существующей сети особо охраняемых природных территорий и, в первую очередь, биосферных резерватов, с целью ее дальнейшего развития и совершенствования. Каждый биом должен быть представлен в системе охраняемых территорий, так как именно совокупность эталонов всех сообществ в данном биоме обеспечивает сохранение экосистемного (экологического) разнообразия. В настоящее время не во всех биомах есть охраняемые природные территории такого статуса (федерального уровня), а, следовательно, нельзя гарантировать сохранение генофонда экосистем биома в полном объеме.

В целом, эколого-географический подход к дифференциации биоты, растительного покрова и животного населения страны делает возможным представлять информацию о биоразнообразии в виде картографических произведений на разных уровнях его организации, при этом важен выбор хорологических единиц оценки биоразнообразия. Многовековой опыт познания выделил карту в качестве эффективного инструмента исследования пространственно-временных явлений и процессов и незаменимого средства представления пространственно распределенной информации. Значение карт биоразнообразия для образовательного процесса трудно переоценить.

Литература

Атлас ареалов деревьев и кустарников СССР. 1977. Л.: Наука. Т. 1. 99 карт и пояснительный текст. 164 с. *Атлас биоразнообразия лесов Европейской России.* 1996. М.: ПАИМС. 144 с. *Вальтер Г.* 1968. Растительность земного шара. М.: Прогресс. Т. 1. 554 с. *Емельянова Л. Г., Огуреева Г. Н.* 2017. Биогеографическое картографирование. М.: Юрайт. 134 с. *Карта «Биомы России»* (1 : 7 500 000). 2015 / гл. ред. Г. Н. Огуреева. Серия карт природы для высшей школы. М.: ФОК-ГИС. *Кюхлер А.* 1990. Карта «Распределение биомов по земному шару» // Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника. М.: Мир. С. 272–273. *Мальшев Л. И.* 1994. Флористическое богатство СССР. Актуальные проблемы сравнительного изучения флор. СПб.: Наука. С. 34–87. *Небел Б.* 1993. Наука об окружающей среде. М.: Мир. Т. 1. С. 27. *Огуреева Г. Н., Котова Т. В.* 2002. Картографирование биоразнообразия. География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во НУМЦ. С. 371–419. *Одум Ю.* 1986. Экология. М. Т. 1. 328 с. *Mutke J., Barthlott W.* 2005. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales // *Biologische Skrifter*. Vol. 55. P. 521–531. *Resources and Environment: World Atlas.* 1998. Т. 1, 2 / Ин-т географии РАН. М.; Вена: Ed. Hölzel. 190 л. *Walter H. and Breckle S.-W.* 1991. *Ökologische Grundlagen in global Sicht.* Stuttgart. 586 p.

ФОРМИРОВАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ (на примере ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»)

Е. В. Сарбаева

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, sarbaevaev@mail.ru

В последние годы в российских вузах существенно выросло число студентов из стран ближнего и дальнего зарубежья, особой популярностью пользуются специальности сферы здравоохранения. В настоящее время число студентов-иностранцев превышает 1500 человек и ежегодно увеличивается — это существенная доля населения г. Йошкар-Олы (из более 270 тыс. человек). Такой рост связан, прежде всего, с открытием в Марийском государственном университете специальностей Лечебное дело и Фармация. В социальной структуре городского населения возросла с 2014 года существенно возросла доля иностранных граждан, в том числе обучающихся на английском языке. Различия студенческой молодежи во взглядах на окружающую среду могут породить негативное представление городского населения об экологической культуре данной категории жителей столицы Республики Марий Эл.

В настоящее время студенты, обучающиеся на данных специальностях, проходят социальную адаптацию в обществе, что, бесспорно требует проведения мониторинга включения их в общественную жизнь социума, а их принадлежность к разным национальностям требует специфического подхода, основанного на объединении их в группы на основе формируемых ценностей.

Адаптация иностранных граждан к новым социокультурным условиям при поступлении в высшее учебное заведение является основополагающим фактором, определяющим в большинстве случаев эффективность образовательного процесса в целом. Молодые люди, приехавшие на учебу в нашу страну из других государств, оказываются в очень непростой ситуации. Студенческая жизнь становится для них серьезным жизненным испытанием. Они вынуждены не только осваивать новый вид деятельности — учебу в высшем учебном заведении, готовиться к будущей профессии, но и адаптироваться к совершенно незнакомому социокультурному пространству.

В настоящее время данной категорией населения проводятся как образовательные, так и воспитательные мероприятия, направленные на их адаптацию, в том числе и экологической направленности, они

нацелены на повышение общего уровня экологической культуры студенческой молодежи, особенно являющихся гражданами иных государств, что должно привести к лучшей социализации местного населения и студентов, обучающихся в городе Йошкар-Оле, в том числе и граждан иностранных государств; это позволит уменьшить количество конфликтных ситуаций и негативных суждений об уровне экологического воспитания студенческой молодежи.

Имеющийся задел позволяет включить эту группу населения в социально-экологические исследования, по результатам которых можно не только проводить мониторинг формирования экологической культуры данной социальной группы, но и исследовать социальную адаптацию иностранных студентов в многонациональной республике, где коренное население (мари) составляет около 40 % (распространены русские, татары, чуваша).

С целью развития познавательной активности и творческого интереса студентов из числа как иностранных граждан, так и местных жителей в сфере экологии и природопользовании, для привлечения иностранных студентов к работе по изучению и решению проблем экологического состояния окружающей среды, ресурсосбережению и охране природы в ноябре – декабре 2018 г. был проведен месячник экологии.

В течение данного месячника были проведены следующие мероприятия:

- конкурс экологических буклетов;
- конкурс творческих студенческих работ «Актуальные проблемы охраны окружающей среды», посвященного Году добровольца и волонтера в ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»;
- IX научно-практическая конференция «Современное состояние окружающей среды в Республике Марий Эл и здоровье населения»;
- внутривузовская акция по сбору макулатуры «Экобатл 2018» Конкурс фотографий «Экодизайн интерьера»;
- форум «Жизнь в стиле Эко»;
- конкурс экологических плакатов и рисунков «Мы встречаем Новый год»;
- конкурс социальных видеороликов «ЭкоГород».

В конкурсах приняли участие 358 студентов специальностей Фармация, Лечебное дело и направлений подготовки Биология и Экология и природопользование. К месячнику экологии были привлечены 142 иностранных студента, в том числе — 110 из Индии. 50 студентов были отмечены грамотами и дипломами за победителей в различных номинациях проведенных конкурсов.

Мероприятия месячника были направлены на углубление базовых теоретических знаний студентов по экологии в предметной и смежных с ней областях, реализуемых в рамках освоения основной образовательной программы; выявление экологических проблем и способов их решения; формирование у студентов экологической культуры и активной жизненной позиции по отношению к глобальным и региональным экологическим проблемам, стоящим перед человечеством; воспитание у студентов бережного отношения к единым общечеловеческим ценностям в соответствии с принципом сохранения культурного и природного наследия; формирование у студентов навыков ведения дискуссии, представления результатов исследования в различных формах устной и письменной деятельности.

Авторский указатель

- Абакарова М. А., 25
Абдураходов А. А., 302
Абдыева Р. Т., 158
Абрамова Л. М., 27, 108, 253
Аброров С. С., 31
Азизов С. Д., 302
Аксенов П. А., 340
Али-заде В. М., 158
Алябьшева Е. А., 243, 245
Алябьшева Ю. С., 243
Анциферова Г. А., 112
Аптуллина А. Д., 157
Асадова К. К., 158
Афанасьев К. И., 298
Афанасьев П. К., 298
Ахкубекова А. А., 159
Баранова О. Г., 72
Барлыбаева М. Ш., 189, 308
Башинский И. В., 162, 286
Бедова П. В., 32
Бекмансуров М. В., 35
Бекмансуров М. В., 55
Бекузарова С. А., 165
Бенедиктов А. А., 167
Березина Н. А., 114
Бикмухаметова З. Ш., 178
Билалова Э. Г., 273
Бобоев М. Т., 37
Бобокалонов К. А., 31, 37
Богатырев Л. Г., 232
Бознак Э. И., 117
Болтачев А. Р., 99
Болтунов А. Н., 296
Борисова Е. А., 39
Бугаев А. В., 298
Бухарина И. Л., 247
Бушуева Ю. О., 42
Быховец С. С., 63
Вавилов Д. Н., 49
Варлыгина Т. И., 169
Ведерников А. А., 260, 263
Виноградова Ю. К., 120, 124
Волкова Н. А., 43, 85
Воробьева Э. Е., 173
Воронин А. А., 142
Воронина О. Е., 123
Воронков А. С., 197, 256
Воскресенская О. Л., 225
Гаврило М. В., 296
Гаврилов Б. Г., 46
Галкина М. А., 124
Гальвас А. Г., 326
Гемонов А. В., 75
Герасимов Ю. Л., 173
Герасимова Т. С., 48
Гетманец И. А., 140
Голованов Я. М., 253, 282
Гордиенко Т. А., 49
Гриценко В. В., 175
Далькэ И. В., 127
Датиева И. А., 165
Двирна Т. С., 303
Дгебуадзе Ю. Ю., 4
Демаков Ю. П., 205
Димитриев А. В., 305
Дмитриева А. Н., 308
Дольникова О. Г., 296
Драгавцев В. А., 5
Дробот В. И., 130
Дробот Г. П., 260, 263
Дубовик Д. В., 120
Дуброва Ю. Е., 8, 357
Дубровная С. А., 178
Дьяченко Е. А., 274
Дьяченко М. А., 308
Егорова Н. Ю., 42, 249
Егошина Т. Л., 42, 227
Ёкубов С. Б., 37
Емец В. М., 179
Емец Н. С., 179
Ермаков О. А., 281, 286
Ермакова И. М., 52
Ерохин Н. Г., 330
Ефимова Т. Н., 228, 240
Животовский Л. А., 10, 276, 298
Жукова Л. А., 343
Заболотских Л. А., 55
Загайнова И. Ю., 221
Закамская Е. С., 58
Зелеев Р. М., 60
Зонтиков Д. Н., 279
Зубакин В. А., 310
Зубкова Е. В., 63
Зуева Л. В., 144
Зульфугарова М. Б., 65
Иванов А. Ю., 281, 286
Иванова Р. Р., 183, 186
Иванова Т. В., 256
Ильина В. Н., 67
Интересова Е. А., 133
Искендерова Р. Г., 284
Исламова Н. А., 247
Истомина Е. А., 289
Ишбирдин А. Р., 189, 312
Ишмуратова М. М., 273, 308, 312
Ишмурзина М. Г., 189
Кадетов Н. Г., 70
Камаев И. О., 136
Каплевский А. А., 191
Карамхудоева Ш. К., 302
Каримова Ф. А., 284
Карпова Е. П., 99
Кашинина Н. В., 22
Каштанова О. В., 137
Клевцова М. А., 142
Клосс Д. П., 259
Козырева С. В., 315
Колдомова Е. А., 72
Коновалова И. А., 320, 333
Коростылева Т. В., 289
Кочиева Е. З., 13
Кочнев А. А., 296
Крестьянов А. А., 231
Криницын Д. С., 194
Криницын И. Г., 31, 37, 75, 279
Крюкова А. В., 253
Крюкова Н. В., 296
Кудрявцев А. М., 292
Кузнецова Е. Г., 201, 210
Кузнецова И. А., 196
Куклина А. Г., 137
Кулагин А. Ю., 231
Куллаев Ш. Дж., 37
Кумахова Т. Х., 197, 256
Курганов А. А., 39
Кутьева Е. В., 332
Лебедев А. В., 75
Лебедева М. А., 247
Левченко П. В., 140
Лежнина Ю. С., 32
Лелекова Е. В., 320, 333
Лепешкина Л. А., 142
Лиханова И. А., 201
Лиханова Н. В., 78

- Малинина Т. В., 296, 298
Мальшев Р. В., 127
Марков М. В., 79
Маттеи К. Д., 259
Махрова Т. Г., 340
Мельников И. А., 203
Мехтиева Н. П., 158
Миллер Д., 120
Митякова И. И., 183, 205, 208
Михайленко А. П., 167
Михайлова Е. В., 282
Михеев П. Б., 259
Моролдоев И. В., 81
Мубалиева Ш. М., 31
Мурсал Н., 83
Мустафина А. Н., 253, 282
Мухаметова С. В., 302
Мухина Н. С., 196
Насруллаева М. Я., 284
Никифоров А. И., 173, 298, 337, 345
Новикова М. А., 348
Новикова Н. М., 43, 85
Новицкий Р. В., 15
Нотов А. А., 144
Нотов В. А., 144, 343
Огуреева Г. Н., 351
Одинцова Т. И., 289
Олейникова Е. М., 88, 323
Орлова С. Ю., 298
Осипов В. В., 162
Османова Г. О., 10, 97, 315
Пакеева А. Э., 91
Переверзев А. А., 296
Пересторонина О. Н., 91, 326
Пикуленко М. М., 197
Позолотина В. Н., 268
Полянская Т. А., 94
Посохова Е. С., 46
Прохоровская В. Д., 298
Пыстина Т. Н., 201, 210
Ракицкая Т. А., 298
Рафиков Р. Р., 117
Рахмонов Х. С., 323
Реут А. А., 213
Рогожникова Д. Р., 27
Розенберг Г. С., 19
Романова А. Н., 97
Рубцова Г. А., 298
Русова Н. И., 112
Рыжова В. В., 208
Рябушко В. И., 146
Рябчикова Т. Н., 260, 263
Савиных Н. П., 326
Садовин П. С., 225
Садыкова Ф. В., 273
Сарапульцева Е. И., 238
Сарбаева Е. В., 353
Светочев В. Н., 296
Свинин А. О., 260, 263, 286
Свистова И. Д., 216
Семенова В. С., 296
Семенюк О. В., 232
Семериков В. Л., 288
Сергеев Р. В., 279
Сидушкина М. Н., 260, 263
Силаева Т. Б., 219
Скочилова Е. А., 157, 194, 302
Скуратович А. Н., 120
Слезина М. П., 289
Слугина М. А., 300
Слынько Е. Е., 99, 146
Слынько Ю. В., 99, 146
Смирнов А. К., 221
Смирнова Л. Г., 221
Соловьев С. А., 223
Соловьев Ф. С., 223
Сорокин П. А., 22
Спиридович Е. В., 120
Старикова Е. А., 225
Стахурлова Л. Д., 216
Стрелкова С. В., 329
Сугоркина Н. С., 52
Сулейманова В. Н., 227
Суслова Е. Г., 169
Суходольская Р. А., 49
Суюндуков И. В., 189
Сытина М. А., 228
Тагирова О. В., 231
Тамарова О. В., 186
Тамахина А. Я., 159
Таршис Л. Г., 330
Телеснина В. М., 232
Терентьев Д. В., 183
Ткаченко К. Г., 150
Трейвас Л. Ю., 137
Трифонова А. А., 292
Ту Вейго, 142
Турбина И. Н., 152
Турмухаметова Н. В., 48
Уланова Н. Г., 191, 235
Ускалова Д. В., 238
Устенко К. В., 238
Файзулин А. И., 281
Фархан Жавад А. З. А., 247
Филимонова М. В., 152
Филюшин М. А., 294
Фролов Н. А., 154
Фролов П. В., 63
Фролова В. А., 332
Холодова М. В., 22
Хохлов Ю. Н., 298
Чадин И. Ф., 127
Чернышенко О. В., 332
Черятова Ю. С., 103
Чистяков С. А., 75
Шабалкина С. В., 91, 326
Шаклеина М. Н., 320, 333
Шаров А. Н., 106
Шведова Т. Е., 228, 240
Швидко И. А., 223
Шелеева О. В., 267
Шилов М. П., 305
Шималина Н. С., 268
Шитова М. В., 296, 298
Шихлинский Г. М., 284
Шихова Т. Г., 335
Шкулёв А. А., 219
Шмелькова Е. О., 300
Шонгина Т. М., 130
Эверскова Е. А., 337
Юрченко А. А., 24
Юсупов И. Р., 108
Юсупова О. В., 108
Aleshin V. V., 292
Arend M., 251
Cuervo-Alarcon L., 251
Efeykin B. D., 292
Filatov D., 272
Finkeldey R., 251
Gavrilets S., 272
Krutovsky K. V., 13, 251
Loopstra C. A., 13
Lu M., 13
Mikhaylov K. V., 292
Müller M., 251
Panchin Y. V., 292
Salzburger W., 272
Sperisen C., 251
Spiridonov S. E., 292
Teterina A. A., 292
Yampolsky L., 272

Содержание

Предисловие	3
Пленарные доклады	
<i>Дгебуадзе Ю. Ю.</i> Инвазии чужеродных видов и биотическая гомогенизация	4
<i>Драгавцев В. А.</i> Экспрессная оценка адаптивности приростов отдельных моноподиальных хвойных деревьев в естественных популяциях	5
<i>Дуброва Ю. Е.</i> Эпигенетика и наследование приобретенных признаков	8
<i>Животовский Л. А., Османова Г. О.</i> Экогеографические единицы и популяционная структура вида	10
<i>Кочиева Е. З.</i> Оценка биоразнообразия растений: разные участки генома, разные методы	13
<i>Krutovsky K. V., Lu M., Loopstra C. A.</i> Population Genomics of conifers and study of adaptive variation to preserve biodiversity	13
<i>Новицкий Р. В.</i> Нормативно-правовые и экологически значимые технологии по сохранению биоразнообразия в Беларуси	15
<i>Розенберг Г. С.</i> Сущность, оценка, охрана и управление биологическим разнообразием природных экосистем	19
<i>Холодова М. В., Кашина Н. В., Сорокин П. А.</i> Разнообразие диких копытных по селективно-нейтральным и функционально-значимым молекулярным маркерам	22
<i>Юрченко А. А.</i> Геномные следы отбора и популяционная структура российских пород крупного рогатого скота	24
Секция 1. Таксономическое, ценолитическое и популяционное разнообразие	
<i>Абакарова М. А.</i> Ресурсный потенциал растений Дербентского района Дагестана	25
<i>Абрамова Л. М., Рогожникова Д. Р.</i> Биология и структура популяций инвазионного вида <i>Solidago canadensis</i> L. в Республике Башкортостан	27
<i>Аброров С. С., Бобокалонов К. А., Криницын И. Г., Мубалиева Ш. М.</i> Новые местонахождения вида <i>Ziziphora suffruticosa</i> Pazijet Vved. в Республике Таджикистан	31
<i>Бедова П. В., Лежнина Ю. С.</i> Таксономический состав и эколого-географическая характеристика зообентоса озера Елан ер	32
<i>Бекмансуров М. В.</i> Характеристика ценопопуляций <i>Quercus robur</i> L. и <i>Abies sibirica</i> Ledeb. в пойменных фитоценозах	35
<i>Бобоев М. Т., Бобокалонов К. А., Ёкубов С. Б., Криницын И. Г., Куллаев Ш. Дж.</i> Таксономическое разнообразие флоры Северо-Придарвазского подрайона Гиссаро-Дарвазского флористического района Таджикистана	37
<i>Борисова Е. А., Курганов А. А.</i> Редкие виды флоры заказника «Затеихинский» Ивановской области	39
<i>Бушуева Ю. О., Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л.</i> Состояние популяции <i>Iris sibirica</i> L. на особо охраняемых природных территориях в окрестностях г. Кирова	42
<i>Волкова Н. А., Новикова Н. М.</i> Характеристика флоры экотонной полосы побережий водохранилищ на юге европейской части России	43
<i>Гаврилов Б. Г., Посохова Е. С.</i> Биотопическая приуроченность булавоусых чешуекрылых острова Валаам	46
<i>Герасимова Т. С., Турмухаметова Н. В.</i> Видовой состав Carabidae в насаждениях липы сердцевидной и дуба черешчатого	48
<i>Гордиенко Т. А., Суходольская Р. А., Вавилов Д. Н.</i> Изменчивость структуры почвенной макрофауны на речных островах	49
<i>Ермакова И. М., Сугоркина Н. С.</i> Изменение состава ценотипов растений Залидовских лугов реки Угры в ходе мониторинга при восстановлении подстожий	52
<i>Заболотских Л. А., Бекмансуров М. В.</i> Таксономическое и структурное разнообразие травяных фитоценозов лесопарков г. Йошкар-Олы	55
<i>Закамская Е. С.</i> Изменение состава жизненных форм растений при зарастании залежей	58
<i>Зелеев Р. М.</i> Природа биологического таксона в рамках представлений о функциональных модулях	60

Зубкова Е. В., Фролов П. В., Быховец С. С. Методические рекомендации по сбору и подготовке данных для параметризации модели травяно-кустарничкового яруса CAMPUS-S	63
Зульфугарова М. Б. Изучение состояния ценопопуляции видов рода <i>Sambucus</i> L., произрастающих в Азербайджане	65
Ильина В. Н. Особенности онтогенетической структуры популяций адониса весеннего в Самарском Заволжье	67
Кадетов Н. Г. О значении меридиональных ботанико-географических рубежей в Заволжье	70
Колдомова Е. А., Баранова О. Г. Характеристика некоторых ценопопуляций <i>Solidago canadensis</i> L. на территории Удмуртской Республики	72
Креницын И. Г., Лебедев А. В., Чистяков С. А., Гемонов А. В. Охраняемые виды сосудистых растений государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына	75
Лиханова Н. В. Изменение структуры напочвенного покрова в условиях среднетаежных ельников через 10 лет после вырубki	78
Марков М. В. Еще раз о популяционной биологии малолетних растений	79
Моролдоев И. В. Новые сведения о распространении восточноевропейской полевки (<i>Microtus rossiaemeridionalis</i>) к востоку от оз. Байкал	81
Мурсал Н. Изучение особенностей биологии редкого вида <i>Iris reticulata</i> Vieb.	83
Новикова Н. М., Волкова Н. А. Изменение фиторазнообразия солонцовых комплексов после прекращения комплексных мелиораций	85
Олейникова Е. М. Методические подходы и принципы изучения растения как многоуровневой системы	88
Пересторонина О. Н., Шабалкина С. В., Пакеева А. Э. Состояние ценопопуляции <i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich. на территории памятника природы «Медведский бор» Кировской области	91
Полянская Т. А. Состояние ценопопуляций астрагала песчаного (<i>Astragalus areanarius</i> L.) в Национальном парке «Марий Чодра»	94
Романова А. Н., Османова Г. О. Процессы самоподдержания ценопопуляций <i>Viola odorata</i> L. в условиях г. Йошкар-Олы	97
Слынько Ю. В., Карпова Е. П., Болтачев А. Р., Слынько А. Р. Молекулярно-генетическая ревизия таксономического разнообразия Gobiesocidae <i>P. apletodon</i> и Gobiidae <i>P. pomatoshistus</i> Черного моря	99
Черятова Ю. С. Биология развития <i>Oenothera missouriensis</i> Sims.	103
Шаров А. Н. Разнообразии фитопланктона холодноводных озерных экосистем	106
Юсупова О. В., Абрамова Л. М., Юсупов И. Р. Онтогенетическая структура ценопопуляций высокогорного эндема <i>Anemonastrum biarmense</i> (Juz.) Holub. на Южном Урале	108

Секция 2. Биологические инвазии чужеродных видов

Анциферова Г. А., Русова Н. И. Инвазия цианобактерий в природные и природно-антропогенные водоемы в условиях глобальных климатических изменений	112
Березина Н. А. Интродукции амфипод в водных экосистемах севера Европейской России	114
Бознак Э. И., Рафиков Р. Р. Фенотипическое разнообразие инвазивной популяции уклейки <i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758) из бассейна р. Печора	117
Виноградова Ю. К., Дубовик Д. В., Скуратович А. Н., Спиридович Е. В., Миллер Д. Снижение естественного биоразнообразия фитоценозов как результат внедрения чужеродных инвазионных видов	120
Воронина О. Е. Критерии адаптации гребенщика к условиям средней полосы России	123
Галкина М. А., Виноградова Ю. К. <i>Bidens connata</i> Muehl. ex Willd. в Восточной Европе — инвазионный вид или гибридогенный таксон?	124
Далькэ И. В., Чадин И. Ф., Малышев Р. В. Оценка морозостойкости борщевика Сосновского (<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.) после удаления снежного покрова в ранневесенний период	127
Дробот В. И., Шонгина Т. М. Сурик байбак (<i>Marmota bobak</i> Muller, 1776) в Республике Марий Эл	130
Интересова Е. А. Чужеродные виды в структуре пресноводной ихтиофауны бассейна р. Обь	133
Камаев И. О. Анализ инвазионной активности и путей распространения растительоядных клещей (Acari-formes)	136
Куклина А. Г., Капитанова О. В., Трейвас Л. Ю. Поиск биоагентов против инвазионных видов гибридогенного комплекса <i>Reunoutria</i> Houtt.	137
Левченко П. В., Гетманец И. А. Исследование аллелопатической активности некоторых инвазивных древесных видов г. Челябинска	140

<i>Лепешкина Л. А., Ту Вейго, Воронин А. А., Клевцова М. А.</i> К вопросу о российско-китайском сотрудничестве по инвазиям растений в экосистемах Евразии	142
<i>Нотов А. А., Нотов В. А., Зуева Л. В.</i> Полемохоры как компоненты флоры Тверского края	144
<i>Слынько Е. Е., Рябушко В. И., Слынько Ю. В.</i> Генетическое разнообразие аборигенных и интродуцированных видов моллюсков, культивируемых в Черном море	146
<i>Ткаченко К. Г.</i> Коллекции ботанических садов — потенциальные источники возможных инвазионных видов	150
<i>Турбина И. Н., Филимонова М. В.</i> Интродукция <i>Bergenia crassifolia</i> (L.) Fritsch в условиях Западной Сибири (г. Сургут)	152
<i>Фролов Н. А.</i> Экологические особенности распространения трихинеллеза среди домашних и диких животных в городе Калининград	154

Секция 3. Мониторинг природных и урбанизированных экосистем

<i>Антуллина А. Д., Скочилова Е. А.</i> Содержание тяжелых металлов в отходах смёта деревообрабатывающего предприятия	157
<i>Асадова К. К., Абдыева Р. Т., Мехтиева Н. П., Али-заде В. М.</i> Мониторинг лесов Хачмазского района Азербайджана	158
<i>Ахкубекова А. А., Тамахина А. Я.</i> Окопник кавказский (<i>Symphytum caucasicum</i> M. Bieb.) во флоре Кабардино-Балкарии	159
<i>Башинский И. В., Осипов В. В.</i> Фауна низших позвоночных стариц верховьев р. Хопёр в условиях нарушенного водного режима	162
<i>Бекузарова С. А., Датиева И. А.</i> Однолетние виды клевера — биоиндикаторы тяжелых металлов	165
<i>Бенедиктов А. А., Михайленко А. П.</i> Дистанционный биомониторинг акустически активных насекомых (<i>Insecta</i>) как перспективный и гуманный метод изучения региональных фаун «поющих» видов (на примере личного опыта авторов)	167
<i>Варлыгина Т. И., Сулова Е. Г.</i> Результаты мониторинга редких видов сосудистых растений в Московской области	169
<i>Воробьева Э. Е., Герасимов Ю. Л., Никифоров А. И.</i> Видовое разнообразие планктонных ракообразных как индикаторов экологического состояния малых городских водоемов (на примере пруда на ул. Бронная г. Самары)	173
<i>Гриценко В. В.</i> Состав и динамика энтомофауны на посевах зерновых культур в опыте точного земледелия РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева	175
<i>Дубровная С. А., Бикмухаметова З. Ш.</i> Анализ календарного возраста рамет <i>Pyrola rotundifolia</i> при интерпретации механизма формирования онтогенетической структуры ценопопуляции	178
<i>Емец В. М., Емец Н. С.</i> Об использовании эпигеобионтных беспозвоночных для индикации нарушенности лесных экосистем вдоль экотроп на территории биосферного резервата «Воронежский»	179
<i>Иванова Р. Р., Митякова И. И., Терентьев Д. В.</i> Оценка степени загрязнения нефтепродуктами селитебной зоны г. Йошкар-Олы	183
<i>Иванова Р. Р., Тамарова О. В.</i> Воздействие городской среды на состояние ели колючей (на примере города Йошкар-Олы)	186
<i>Ишмурзина М. Г., Суяндукоев И. В., Ишибирдин А. Р., Барлыбаева М. Ш.</i> Сравнительный анализ синантропной флоры Южного Урала (ЮУГПЗ) и Предуралья Республики Башкортостан	189
<i>Каплевский А. А., Уланова Н. Г.</i> Мониторинг динамики ельника зеленчукового после гибели древостоя в очаге поражения короедом-типографом	191
<i>Креницын Д. С., Скочилова Е. А.</i> Оценка пылеудерживающей способности листьев березы повислой в районах г. Йошкар-Олы	194
<i>Кузнецова И. А., Мухина Н. С.</i> Биоиндикация состояния природных комплексов в Свердловской области	196
<i>Кумахова Т. Х., Пикуненко М. М., Воронков А. С.</i> Мониторинг структурно-функциональных параметров листьев и плодов <i>Malus</i> Mill. (Rosaceae)	197
<i>Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г., Пыстина Т. Н.</i> Формирование растительности на начальных этапах управляемой сукцессии в подзоне средней тайги северо-востока европейской части России	201
<i>Мельников И. А.</i> Многолетний мониторинг биоразнообразия водно-ледовой экосистемы Центрального Арктического бассейна	203
<i>Митякова И. И., Демаков Ю. П.</i> Пространственное изменение свойств почвы лесопарка «Дубовая роща»	205
<i>Митякова И. И., Рыжова И. И.</i> Состояние почвенного покрова прихрамовых территорий в городе Йошкар-Оле	208

Пыстина Т. Н., Кузнецова Е. Г. Мониторинг состояния растительности и почв в зоне влияния Средне-Тиманского бокситового рудника	210
Реут А. А. Мониторинг озеленения города Уфы Республики Башкортостан	213
Свистова И. Д., Стахурлова И. Д. Сукцессия микромицетов чернозема заповедника «Стрелецкая степь» под влиянием многолетней агрогенной нагрузки	216
Силаева Т. Б., Шкулёв А. А. Редкие растения в местах обитания сурка (<i>Marmota bobac</i>) в Сеченовском районе Нижегородской области	219
Смирнова Л. Г., Загайнова И. Ю., Смирнов А. К. Изучение возможности использования синтетических сорбентов для очистки экосистем	221
Соловьев С. А., Швидко И. А., Соловьев И. А. Основные методы и принципы мониторинга орнитокомплексов природных и урбанизированных экосистем лесостепи и степи Северной Евразии	223
Старикова Е. А., Садовин П. С., Воскресенская О. Л. Изменение активности каталазы у хвойных растений, произрастающих в условиях городской среды	225
Сулейманова И. А., Егошина Т. Л. Онтогенетические тактики и стратегии выживания <i>Convallaria majalis</i> L. и <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt в Кировской области	227
Сытина М. А., Ефимова Т. Н., Шведова Т. Е. Изучение рекреационной емкости посещаемых туристических стоянок Национального парка «Водлозерский»	228
Тагирова О. В., Крестьянов А. А., Кулагин А. Ю. Фитопатологическая характеристика и мониторинг состояния древесных насаждений Уфимского промышленного центра Республики Башкортостан	231
Телесина В. М., Семенюк О. В., Богатырев Л. Г. Особенности напочвенного покрова различных древесных насаждений г. Москвы на примере территории МГУ	232
Уланова Н. Г. Мониторинг биоразнообразия после природных и антропогенных «катастроф» в ельниках европейской части России	235
Устенко К. В., Ускалова Д. В., Саранульцева Е. И. Роль биотических и абиотических факторов в проявлении радиационных эффектов у низших ракообразных	238
Шведова Т. Е., Ефимова Т. Н. Мониторинг состояния осушительных систем в Республике Марий Эл	240

Секция 4. Механизмы адаптации организмов к среде обитания

Алябьева Е. А., Алябьева Ю. С. Влияние условий произрастания на накопление дубильных веществ в листьях и плодах каштана конского обыкновенного (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	243
Алябьева Е. А. Анализ интенсивности фотосинтеза у особой частухи подорожниковой (<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.) разного онтогенетического возраста	245
Бухарина И. Л., Исламова Н. А., Фархан Жавад А. З. А., Лебедева М. А. Влияние инокуляции эндوفитом <i>Cylindrocarpon magnusianum</i> на устойчивость растений к действию солей тяжелых металлов	247
Егорова Н. Ю. Изменчивость корреляционных структур морфологических признаков <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	249
Krutovsky K. V., Cuervo-Alarcon L., Arend M., Müller M., Sperisen C., Finkeldey R. Study of adaptive variation in beech populations using functional markers in the context of climate change	251
Крюкова А. В., Мустафина А. Н., Абрамова Л. М., Голованов Я. М. Оценка фенотипического разнообразия редких степных видов рода <i>Iris</i> L. на Южном Урале методом дискриминантного анализа	253
Кумахова Т. Х., Иванова Т. В., Воронков А. С. Цитологические приспособления плодов дикорастущих видов <i>Cydonia oblonga</i> Mill. и <i>Mespilus germanica</i> L. (Rosaceae) в горах	256
Михеев П. Б., Клосс Д. П., Маттейи К. Д. Данные мониторинга биоты форелевого ручья как основа модели приемной емкости лотической экосистемы	259
Рябчикова Т. Н., Дробот Г. П., Свинин А. О., Ведерников А. А., Сидушкина М. Н. Морфогистохимическое исследование печени зеленых лягушек, обитающих в разных по антропогенной нагрузке биотопах	260
Сидушкина М. Н., Дробот Г. П., Свинин А. О., Ведерников А. А., Рябчикова Т. Н. Гистоморфологическое и гистохимическое изучение легочной ткани зеленых лягушек рода <i>Pelophylax</i>	263
Шелепова О. В. Пластичность накопления терпеновых соединений в растениях как ответная реакция на изменение условий произрастания	267
Шималина Н. С., Позолотина В. Н. Сравнительная характеристика подорожника большого из зон радиоактивного и химического загрязнения	268
Yampolsky L., Filatov D., Salzburger W., Gavrillets S. Genomic signatures of adaptation in rapid evolutionary radiations	272

Секция 5. Генетические основы биоразнообразия

Билалова Э. Г., Ишмуратова М. М., Садыкова Ф. В. Особенности выращивания лимонов в условиях закрытого грунта в г. Уфе и в культуре <i>in vitro</i>	273
Дьяченко Е. А. Определение геномной вариабельности образцов исчезающего вида <i>Vavilovia formosa</i> (Steven) Fed.	274
Животовский Л. А. Экогеографические единицы и единицы запаса вида в пресноводных экосистемах (на примере кеты о. Сахалин)	276
Зонтиков Д. Н., Криницын И. Г., Сергеев Р. В. Использование технологии клонального микроразмножения для воспроизводства и сохранения некоторых редких видов растений на примере <i>Atragene sibirica</i> L., <i>Iris sibirica</i> L., <i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill., <i>Rubus arcticus</i> L.	279
Иванов Р. В., Ермаков О. А., Файзулин А. И. Молекулярно-генетическая характеристика озерных лягушек (<i>Pelophylax ridibundus</i>) Зауралья	281
Мустафина А. Н., Михайлова Е. В., Голованов Я. М. Генетическое разнообразие некоторых популяций редких видов рода <i>Iris</i> L. в Оренбургской области	282
Насруллаева М. Я., Шихлинский Г. М., Искендерова Р. Г., Каримова Ф. А. Влияние долговременной почвенной засухи на содержание фотосинтетических пигментов и активность антиоксидантных ферментов ячменя (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	284
Свинин А. О., Иванов А. Ю., Башинский И. В., Ермаков О. А. Молекулярно-генетическая идентификация видов трематод планорбидных моллюсков (Mollusca: Pulmonata) заповедника «Приволжская лесостепь»	286
Семериков В. Л. Маркеры митохондриальной ДНК сибирских видов хвойных проливают свет на историю расселения в ходе ледниковых циклов плейстоцена	288
Слезина М. П., Истомина Е. А., Коростылева Т. В., Одинцова Т. И. Генетическое разнообразие гевеиноподобных антимикробных пептидов у видов семейства мятликовые	289
Teterina A. A., Efevkin A. A., Mikhaylov K. V., Aleshin V. V., Panchin Y. V., Spiridonov S. E. Reconstruction of demographic histories of <i>Nematomorpha</i>	292
Кудрявцев А. М., Трифонова А. А. Методы молекулярно-генетического маркирования для изучения разнообразия редких и исчезающих видов растений	292
Филюшин М. А. Высокая вариабельность генома чеснока посевного (<i>Allium sativum</i> L.) как основа его экологической пластичности	294
Шитова М. В., Болтунов А. Н., Гаврило М. В., Дольникова О. Г., Кочнев А. А., Крюкова Н. В., Переверзев А. А., Светочев В. Н., Семенова В. С., Малинина Т. В. Популяционно-генетическая структура циркумполярных видов морских млекопитающих Арктики	296
Шитова М. В., Хохлов Ю. Н., Никифоров А. И., Афанасьев П. К., Орлова С. Ю., Ракицкая Т. А., Прохоровская В. Д., Малинина Т. В., Афанасьев Т. В., Рубцова Г. А., Бугаев А. В., Животовский Л. А. Генетическое разнообразие кеты (<i>Oncorhynchus keta</i> Walbaum) рек Чукотки	298
Шмелькова Е. О., Слугина М. А. Генетическое разнообразие и эволюция вакуолярной инвертазы <i>PAIN-1</i> видов рода <i>Solanum</i>	300

Секция 6. Сохранение и использование биоразнообразия: экономические, социальные и правовые аспекты

Азизов С. Д., Абдурахимов А. А., Карамхудоева Ш. К., Скочилова Е. А., Мухаметова С. В. Содержание дубильных веществ в плодах некоторых видов рода (<i>Crataegus</i> L.)	302
Двирна Т. С. Ресурсный потенциал видов адвентивной фракции флоры Роменско-Полтавского геоботанического округа (Украина)	303
Димитриев А. В., Шилов М. П. Роль семикультур в сохранении биоразнообразия на планете	305
Дмитриева А. Н., Дьяченко А. Н., Барлыбаева А. Н., Ишмуратова А. Н. Сохранение некоторых редких видов рода <i>Tulipa</i> (Liliaceae) в культуре <i>in vitro</i>	308
Зубакин В. А. О некоторых нюансах формирования списка видов птиц в региональных Красных книгах	310
Ишмуратова М. М., Ишибирдин М. М. Состояние и перспективные методы охраны редких видов памятника природы «Гора Тратау»	312
Козырева С. В., Османова Г. О. Растения Красной книги в онтогенетическом гербарии Популяционно-онтогенетического музея Марийского государственного университета	315
Коновалова И. А., Шаклеина М. Н., Лелекова М. Н. Развитие семян сосны первого года жизни в связи с разнокачественностью семян	320
Рахмонов Х. С., Олейникова Е. М. Технология эффективного выращивания <i>Ferula tadshikorum</i> M. Pimen. в естественных фитоценозах	323

<i>Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Шабалкина С. В., Гальвас С. В.</i> Особенности лесопользования в Медведском бору (Кировская область) в связи с типом сообщества	326
<i>Стрелкова С. В.</i> Международный опыт развития рекреационного природопользования на трансграничных ООПТ	329
<i>Таршиш С. В., Ерохин С. В.</i> Особенности создания и хранения ризотеки	330
<i>Чернышенко С. В., Фролова В. А., Кутьева Е. В.</i> Сохранение биоразнообразия на ООПТ г. Москвы как один из аспектов предоставления экосистемных услуг	332
<i>Шаклеина М. Н., Коновалова И. А., Лелекова Е. В.</i> Влияние агротехнических мероприятий на рост и развитие семян сосны обыкновенной	333
<i>Шихова Т. Г.</i> Становление и развитие красного списка Кировской области	335
<i>Эверскова Е. А., Никифоров Е. А.</i> Международный опыт пищевого и технического использования лотоса орехоносного <i>Nelumbo nucifera</i>	337

Секция 7. Экологическое образование и просвещение

<i>Аксенов П. А., Махрова Т. Г.</i> Использование коллекции дендрсада МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана в экологическом просвещении школьников	340
<i>Жукова Л. А., Нотов В. А.</i> Экологизация сознания и проблема устойчивого развития биосферы	343
<i>Никифоров Л. А.</i> Специфика организации экологического образования в МГИМО МИД России	345
<i>Новикова Л. А.</i> Ботанический сад — площадка и помощник на пути экологического просвещения и образования	348
<i>Огуреева Г. Н.</i> Картографическое обеспечение образовательных курсов «География биоразнообразия» в вузах страны	351
<i>Сарбаева Е. В.</i> Формирование экологической культуры студентов медицинских специальностей (на примере ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»)	353
Авторский указатель	355

Научное издание

ПРИНЦИПЫ И СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

МАТЕРИАЛЫ
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Статьи публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка

С. Н. Баestraкова

Дизайн обложки

И. В. Шишкарёва

В оформлении обложки использована фотография *М. В. Бекмансурова*
и рисунок «Филогения Жизни» с сайта <https://ru.pinterest.com/sonjaspescha/society/>

На титульном листе логотип «Десятилетие биоразнообразия ООН 2011–2020»
с сайта <https://yandex.ru/images/search?text=десятилетие биоразнообразия оон 2011–2020&stypе=image&lr=41&source=wiz>

ISBN 978–5–907066–29–8



Тем. план 2019 г. № 18.

Подписано в печать 11.03.2019 г. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 42,32. Уч.-изд. л. 30,69. Тираж 300. Заказ № 1250.

Оригинал-макет подготовлен к печати в РИЦ
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет».
424001, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Вертола».
424004, г. Йошкар-Ола, ул. Льва Толстого, д. 45.