

Российская академия наук  
Карельский научный центр

# СЕВЕРНАЯ ЕВРОПА В XXI ВЕКЕ: ПРИРОДА, КУЛЬТУРА, ЭКОНОМИКА

*Материалы международной конференции,  
посвященной 60-летию КарНЦ РАН  
(24–27 октября 2006 года)*

Секция: «Биологические науки»  
Секция «Науки о Земле»

Петрозаводск  
2006

**Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика.** Материалы Международной конференции, посвященной 60-летию КарНЦ РАН (24-27 октября 2006 г., г. Петрозаводск). Секция «Биологические науки». Секция «Науки о Земле». Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2006. – 336 с.

ISBN 5-9274-0247-X  
ISBN 5-9274-0249-6

© Коллектив авторов, 2006  
© Карельский научный центр РАН, 2006.

## О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

**А. Ф. Титов**

*Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия*

Изменение политического устройства России после распада СССР с неизбежностью потребовало пересмотра целей, функций, состава и отношений между основными государственными институтами, включая научно-технический комплекс. Предполагалось, что новое государство в кратчайшие сроки сформирует и новое институциональное устройство научно-технического комплекса страны. Однако из-за отсутствия обоснованной и четко сформулированной концепции и стратегии реформирования планово-директивной экономики, новых целей и приоритетов в части национальных интересов реорганизация российской науки постоянно откладывалась. Поэтому сегодня, спустя более 12 лет после первых официальных заявлений со стороны Правительства РФ о реформировании отечественной науки, приходится констатировать, что существенных изменений в ее организации в России так и не произошло. Государство по-прежнему является основным заказчиком научных исследований, по крайней мере, фундаментальных. Оно оплачивает данный заказ за счет средств федерального бюджета (более чем скромных), а также пытается привлечь для этих целей ресурсы регионов. В отличие от многих западных стран частные предприятия так и не стали реальными заказчиками научных исследований и, как правило, не проявляют сколько-нибудь выраженного интереса к науке и наукоемким технологиям, которые могли бы обеспечить им конкурентные преимущества на рынке товаров и услуг. Экономика России развивается в настоящее время преимущественно по экспортно-ориентированному сценарию, хотя наиболее перспективным для нее, безусловно, является инновационный путь развития с опорой на отечественную науку. Таким образом, можно заключить, что в сложившихся условиях, сколько-нибудь значимое улучшение положения науки в стране, как и раньше, зависит главным образом от политики государства в этой сфере, а также (в какой-то степени) от социальной активности самих ученых.

Определенная стабилизация ситуации с бюджетным финансированием науки, которая наметилась в последние несколько лет, является, по сути дела, стабилизацией «на уровне минимальных потребностей» и по большому счету не позволяет науке эффективно развиваться. Между тем специфика науки как сферы человеческой деятельности, логика ее внутреннего развития и опыт других стран убедительно говорят о том, что любая приостановка в развитии, а тем более застой (какими бы причинами они не определялись) приводят науку к деградации и быстрому отставанию от уровня характерного для других стран. Поэтому, чтобы обеспечить прогрессивное развитие отечественной науки, необходимо всеми возможными средствами добиваться ее постоянного обновления (прежде всего материально-технической базы и кадрового состава). Иными словами, если объективно отсутствуют предпосылки и необходимые ресурсы для ускоренного развития науки, то, по крайней мере, очень важно добиваться за счет постепенного улучшения ее финансирования и мер организационного характера стабильности ее функционирования и постоянного обновления (т.е. необходимо предельно рационально использовать имеющиеся ресурсы и активно изыскивать и привлекать дополнительные).

Исходя из вышеизложенного считаем, что главные цели научно-организационной работы на среднесрочную перспективу должны включать в себя: а) совершенствование структуры КарНЦ РАН и обеспечение более полного соответствия планов НИР научных подразделений Центра задачам и интересам развития науки, страны, региона; б) постепенное (поэтапное) обновление материально-технической и приборно-аналитической базы КарНЦ РАН, ориентируясь на получение результатов мирового уровня.

Для достижения этих целей предстоит решить целый ряд задач, к которым мы относим следующие:

1. Совершенствование механизмов (и процедур) формирования и определения приоритетов НИР, корректировка текущих планов и сложившихся приоритетных направлений НИР, нацеленная на выявление наиболее перспективных из них (опережающее развитие которых может дать наиболее значимые в научном и практическом отношении результаты).

2. Улучшение финансового обеспечения (прежде всего за счет активного привлечения дополнительных средств по линии РАН, а также из различных отечественных и зарубежных фондов поддержки науки, федеральных и республиканских программ, предприятий и организаций и т.д.).

3. Поэтапное обновление существующей материально-технической и приборно-аналитической базы, в том числе за счет создания системы Центров коллективного пользования дорогостоящего научного оборудования.

4. Улучшение квалификационной и оптимизация возрастной структуры научных кадров.

5. Усиление роли и увеличение удельного веса комплексных и мультидисциплинарных научных исследований.

6. Дальнейшее развитие международного научного сотрудничества (в том числе расширение тематики международных проектов, их числа и круга участников).

7. Улучшение информационного обеспечения Центра, развитие компьютерных сетей КарНЦ РАН и создание единой информационной среды КарНЦ РАН, основанной на современных коммуникационных средствах и перспективных информационных технологиях.

8. Стимулирование и поддержка инновационной деятельности.

9. Активное участие и усиление роли КарНЦ РАН в подготовке документов, определяющих стратегию развития региона на средне- и долгосрочную перспективу, а также в формировании элементов государственной научно-технической политики и в ее реализации в Республике Карелия.

10. Повышение авторитета науки, ученых и КарНЦ РАН в республике, а также его роли в социально-экономических и общественно-политических процессах в регионе и в Северо-Западном федеральном округе РФ.

Достижение заявленных целей и решение перечисленных выше задач должны стать очередным важным этапом на пути превращения КарНЦ РАН в признанный центр академической науки на Севере Европы, что, в свою очередь, является предпосылкой и условием его успешного развития в XXI веке.

## **ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫХ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ КарНЦ РАН**

**Е. П. Иешко, Н. В. Михайлова, И. Н. Шевчук**

*Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия*

Республика Карелия – приграничный регион Российской Федерации, и само ее географическое положение обуславливает развитие трансграничных связей в различных областях деятельности, в том числе и в сфере науки. Особенно активно международное научно-техническое сотрудничество стало развиваться в последние десятилетия и в настоящий момент является одним из приоритетных направлений деятельности Карельского научного центра РАН (КарНЦ РАН). Учеными Центра ежегодно реализуется около 60 проектов, выполняемых с участием зарубежных партнеров. География партнерских связей КарНЦ РАН достаточно обширна и охватывает более 80 организаций из 21 страны (Финляндия, Швеция, Норвегия, Дания, Германия, Венгрия, Чехия, Польша, Великобритания, Япония, США, Мексика и др.). Однако, традиционно основным партнером в международном сотрудничестве Центра является Финляндия: по количественным показателям (число проектов, обмен специалистами, совместные экспедиции, стажировки, научные конференции) на долю сотрудничества с Финляндией приходится более 70 процентов. КарНЦ РАН активно участвует в сотрудничестве, осуществляющемся в рамках программ Европейского Союза, Совета Министров Северных стран, Баренцева Евро-Арктического Региона (БЕАР), региона Балтийского моря (СГБМ).

Важное место в международной деятельности КарНЦ РАН занимают междисциплинарные исследовательские проекты. Тематика этих работ в первую очередь связана с решением вопросов в сфере экологии и охраны природы, развитием сети особо охраняемых природных территорий

(ООПТ), изучением ресурсного потенциала и управлением природными ресурсами, исследованием проблем социально-экономического развития Республики Карелия.

Работы в рамках международных междисциплинарных проектов начали развиваться в период организации таких крупных приграничных ООПТ как парк «Дружба» (1990 г.) и национальный парк «Паанаярви» (1992 г.), в результате которых сотрудниками Центра совместно с финскими коллегами были всесторонне исследованы экосистемы данных территорий. В это же время в связи с необходимостью инвентаризации и сохранения коренных лесов приграничья, оказавшихся под угрозой промышленных рубок, был реализован крупный международный комплексный проект «Приграничная полоса» (1992-1994 гг.). Этот проект (один из первых крупных совместных проектов, направленных на инвентаризацию лесов в приграничной полосе) показал, что приграничные территории играют очень важную роль в сохранении экосистем и видового состава таежных лесов в Северной Европе в целом.

В эти же годы, совместно российскими и финскими учеными, была предложена идея о создании так называемого «Зеленого пояса Фенноскандии» (Титов и др., 1994). Ее суть заключается в поэтапном формировании системы ООПТ вдоль российско-финляндской государственной границы, которые, взаимно дополняя друг друга, должны обеспечить сохранение природных сообществ и биологического разнообразия (БР) северной тайги, способствовать улучшению общей экологической ситуации в регионе, содействовать развитию принципов устойчивого природопользования и международному сотрудничеству в области охраны природы. Ядром «Зеленого пояса» являются 15 уже существующих и проектируемых ООПТ, общей площадью 9,7 тыс. км<sup>2</sup> с российской стороны и 36 существующих заповедников и национальных парков (НП) на территории Финляндии, общей площадью 9,5 тыс. км<sup>2</sup> (Фриман, Хогмандер, 2001). Эти территории представлены значительными по площади девственными хвойными лесами с их специфичным флористическим и фаунистическим разнообразием.

Необходимо отметить, что создаваемые в последние годы российские заповедники, НП и заказники, особенно приграничные, стали важным элементом развивающейся общеевропейской сети ООПТ, формированию которой содействуют процессы «гармонизации» и интеграции международных, национальных и региональных природоохранных программ и проектов. Тем самым создаются предпосылки и условия для более эффективного международного сотрудничества в деле сохранения разнообразия флоры и фауны, а также ключевых мест обитания. Биологическое разнообразие Северной Европы представлено уникальными природными комплексами мирового ранга, большим количеством редких и эндемичных видов, и за их охрану Россия (а вместе с ней Республика Карелия) несет особую ответственность. Таким образом, задачи республики по сохранению местообитаний и БР соответствуют как региональным, так и европейским приоритетам.

Одновременно с работой по формированию сети ООПТ международные проекты решали задачи по инвентаризации и определению статуса представителей северной фауны и флоры. За сравнительно короткий отрезок времени были изданы «Красная книга Карелии» (1995 г.) и «Красная книга Восточной Фенноскандии» (1998 г.). Важное место в ряду комплексных природоохранных программ занимают исследования, реализуемые под эгидой долгосрочной российско-финляндской программы развития устойчивого лесного хозяйства и сохранения биоразнообразия на Северо-Западе России, нацеленной на координацию двустороннего сотрудничества между Россией и Финляндией в области лесного сектора и охраны природы. В рамках данной Программы, начиная с 1997 г., институтами Центра реализовано 15 совместных проектов. Важнейшими результатами исследований явились: инвентаризация природных комплексов и исследование БР на приграничных территориях (1997-1998 гг.), на территории планируемых НП «Калевальский», «Тулос» и «Койтайоки» (1997-1998 гг.), побережье бассейна Белого моря (1998-1999 гг.), на Заонежском полуострове и северном побережье Ладожского озера (1999-2000 гг.); обоснования ландшафтного заказника «Сыроватка» (2003 гг.) и сети ООПТ в Вепской национальной волости РК (2004 г.); классификация биотопов, исследования флоры сосудистых растений, разработка научных основ устойчивого развития и охраны болот Восточной Фенноскандии (2003-2005 гг.); изучение мигрирующих птиц в Беломорье (2004 г.); состояния популяций хищных птиц Фенноскандии (2005 г.). В ходе работ по Программе реализован крупный издательский проект «Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды». Всего по результатам исследований опубликованы 1 монография и более 10 сборников научных статей.

Проведенные исследования позволили выявить наиболее ценные природоохранные территории, определить их площадь, границы и условия охраны ключевых лесных сообществ, определяющих ландшафтную, экологическую и зональную специфику таежных сообществ. Разработанные к настоящему времени планы управления национальными парками и проведенное функциональное зонирование их территорий позволило рекомендовать для каждого из них научно обоснованные объемы и виды природопользования. В этом плане особо выделяются уникальные хвойные леса национального парка «Калевальский» (создание НП «Калевальский» находится на последней стадии утверждения в Правительстве РФ), произрастающие на площади более 680 км<sup>2</sup> (70% территории парка). По заключению специалистов, эти леса имеют естественное пирогенное происхождение и, несмотря на то, что они подвергались выборочной рубке, могут считаться эталоном в северотаежной подзоне Фенноскандии (Национальный парк «Калевальский»: предложения к организации, 2001). В продолжение выполненных исследований в 2006 г. начата подготовка совместного российско-финляндского проекта «Анализ полноты и выявление «белых пятен» сети ООПТ на Северо-Западе России (ГЭП – анализ)», направленного на развитие управления ООПТ по обе стороны границы, анализ полноты включения особо ценных природных комплексов в существующую сеть ООПТ.

Создаваемые ООПТ должны решать не только проблемы экологического и природоохранного характера, но и содействовать развитию экономики прилегающих территорий за счет расширения видов хозяйственной деятельности и создания новых рабочих мест. В качестве общей для всех ООПТ и наиболее перспективной формы занятости выступает туризм. В настоящее время бурно развивающийся туристский бизнес способствует активному вовлечению действующих ООПТ в организацию экологического туризма. За последние годы при поддержке различных фондов и программ сотрудники Центра активно участвовали в работах по развитию туристской инфраструктуры в Суоярвском, Муезерском (проекты, реализованные в рамках программ ЕС «Тасис» и «Интеррег», 1998-2005 гг.) и Олонецком районах (Фонд Дикой природы, программы Совета Министров Северных стран и др., 2000-2006 гг.). Примером могут служить уже действующие пешеходные и водные туристские маршруты с обустроенными стоянками в заказнике «Толвоярви», на водных маршрутах р. Лексозерки в Муезерском районе. В рамках сотрудничества с научными организациями Финляндии подготовлено обоснование для создания международного биосферного заповедника под эгидой ЮНЕСКО на базе Биосферного заповедника «Северная Карелия» в Финляндии и ландшафтного заказника «Толвоярви» в Суоярвском районе Республики Карелия. В Олонецком районе, начиная с 2000 г. сотрудниками КарНЦ РАН реализуется серия международных проектов (8 проектов за последние 5 лет), направленных на развитие сельскохозяйственных территорий, научно-обоснованное использование природных ресурсов, сохранение крупнейших в Северной Европе стоянок гусей.

Научно-исследовательские работы, реализуемые в рамках международных мультидисциплинарных программ и проектов и направленные на изучение, сохранение и рациональное использование природного и культурного наследия Республики Карелия, тесно связаны с вопросами экологического просвещения. По инициативе КарНЦ РАН в рамках международных проектов ежегодно организуются экологические мероприятия (экологический праздник в г. Олонец – с 2000 г., экофестивали в г. Сортавала – с 2003 г.), способствующие вовлечению местного населения в природоохранную деятельность.

За последние 10 лет КарНЦ РАН совместно с зарубежными партнерами было реализовано более 50 международных проектов, связанных с проблемами сохранения БР, охраны природы, развития сети ООПТ (в первую очередь «Зеленого пояса Фенноскандии»). На наш взгляд, создаваемый «Зеленый пояс Фенноскандии» является весьма уникальным для Европы международным природоохранным и социально-экономическим проектом, требующим активных совместных усилий как со стороны ученых, так и государственных служащих, что в перспективе могло бы привести к закреплению за ним статуса объекта мирового наследия ЮНЕСКО.

## Литература

*Национальный парк «Калевальский»:* предложения к организации. Под редакцией А.Н. Громцева. Проект ТАСИС «Развитие особо охраняемых природных территорий в пограничной полосе Республики Карелия. Петрозаводск. 2001. 76 с.

- Фриман А., Й. Хогмандер. Стратегия развития туризма для карельской части Зеленого пояса. Проект ТАСИС «Развитие особо охраняемых природных территорий в пограничной полосе Республики Карелия. Петрозаводск. 2001. 140 с.
- Titov A., E. Ieshko, J. Aho, T.J. Hokkanen, P. Pelkonen. Joint ecological policy: a key element in interregional and international relation. Karelian Biosphere reserve studies. Joensuu. 1995. P. 61-63.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕСОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАРЕЛИИ

**В. И. Крутов**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Лесобиологические исследования в Карелии имеют почти 80-летнюю историю. До 1948 г. они выполнялись учеными из г. Ленинграда и носили в основном экспедиционный характер: изучались растительность, товарная структура древостоев, санитарное состояние лесов, разрабатывались способы рубок леса и естественного возобновления леса на вырубках. В 1948 г. в составе Карело-Финской научно-исследовательской базы АН СССР (с 1956 г. Карельский филиал АН СССР) был создан Отдел леса с группами лесоводов, геоботаников, лесопатологов, просуществовавший до 1957 г. В течение этого периода проводились широкие лесотипологические исследования (Ф.С. Яковлев), продолжалось изучение возобновления леса (И.Т. Кищенко), исследовалась роль насекомых в жизни леса, разрабатывались методы хранения неокоренных лесоматериалов на лесных делянках в летний период. Опубликованная в 1954 г. В.Я. Шиперовичем брошюра «Защита от вторичных пороков лесоматериалов хвойных пород» была удостоена премии АН СССР. Основные ее положения вошли в «Санитарные правила в лесах СССР» (1970) и не потеряли актуальности до настоящего времени.

Круг исследуемых проблем значительно расширился с преобразованием в 1957 г. Отдела леса в Институт леса Карельского филиала АН СССР (ныне Карельского научного центра РАН), которому были определены следующие основные направления НИР:

- изучение лесов республики, их гидрологической и климатической роли, разработка теоретических основ лесовозобновления на вырубках в условиях современной механизации лесозаготовок и вопросов рационализации ведения лесного хозяйства;
- исследование биологических и экологических свойств лесообразователей и других полезных растений;
- изучение флоры, растительности и почвенного покрова, фауны позвоночных и беспозвоночных, особенно видов, имеющих хозяйственное значение.

В период с 1957 по 1970 г. проводятся исследования лесов в флористическом, фитоценоотическом, гидрологическом аспектах. Начато комплексное исследование структурно-функциональной организации лесных экосистем. Ведутся интенсивные исследования в области лесозащиты – изучается лесная энтомофауна, грибные болезни древесных растений. Продолжаются исследования эффективности сохранения подроста и тонкомера хвойных пород при сплошных рубках, разрабатываются способы рубок ухода. Начаты исследования в области лесосушительной мелиорации. С целью рационализации рубок главного пользования изучается структура еловых и сосновых древостоев в коренных (климаксовых) и производных лесах. Возрастают темпы исследований в области лесовосстановления – разрабатывается агротехника создания лесных культур, выращивания посадочного материала сосны и ели в питомниках. Развиваются работы по исследованию генетического фонда основных лесообразующих пород, закладываются лесосеменные плантации. Начаты исследования в области лесной микологии. В 1963 г. институт приступил к углубленным исследованиям репродуктивной сферы хвойных с применением методов электронной и люминесцентной микроскопии и гистохимии. К 1970 г. в основном разработаны научные основы рубок главного пользования, рубок ухода, лесовосстановления.

В 1970-1990 гг. продолжают исследования в области экологии леса, ведутся разработки в области его эксплуатации, выращивания и повышения продуктивности. Разработаны рекомендации производству по рубкам главного пользования, рубкам ухода, лесовосстановлению, лесосушительной мелиорации, лесосеменному делу, применению минеральных удобрений и арборицидов в лесном хозяйстве. Проведено изучение влияния арборицидов на все основные компоненты лесной биоты. Опубликованы сводки по видовому составу, экологии, роли грибов в лесных биогеоценозах и их использованию. С 1976 г. начаты комплексные исследования в области ландшафтоведения и ландшафтной экологии.

В период с 1971 по 1985 гг. публикуется ряд монографий, посвященных формированию лесных биоценозов с различным составом доминантов в различных лесорастительных условиях, в которых показаны структура фитомассы, химический состав компонентов, круговорот питательных веществ, фиксация солнечной энергии в фитомассе древостоя и др. Получены данные о ресурсах ягодных и лекарственных растений, их экологии, фенологии, химическом составе, определены оптимальный режим эксплуатации их зарослей, методы учета и прогнозирования урожая и т.д.

В области лесозащиты проведены исследования фауны, экологии и биологии насекомых-мицетобионтов, исследуется проблема защиты сеянцев хвойных пород от грибных болезней.

В области лесосушительной мелиорации продолжалось изучение особенностей заболоченных лесов и проблемы их осушения. Разработаны параметры осушительной сети, технология осушения избыточно увлажненных земель и создания на них лесных культур.

В области лесного почвоведения проведены исследования современных процессов почвообразования, структуры почвенного покрова, состава органического вещества почв, их биологической активности.

На основе цитозембриологических исследований изданы атласы ультраструктуры растительных клеток и растительных тканей. Один из них – «Атлас ультраструктуры растительных клеток» (1972) был удостоен премии АН СССР им. К.А. Тимирязева.

В области физиологии древесных растений следует отметить исследование ритмики физиологических процессов у древесных растений. Проведены комплексные генетико-селекционные исследования березы карельской, разработаны способы размножения ее лучших форм.

С созданием в 1991 г. РАН структура и основные направления исследований ИЛ претерпели существенные изменения. Исключен ряд прикладных направлений, приоритетными стали изучение структурно-функциональной организации, биоразнообразия, динамики и биоресурсного потенциала лесных экосистем, разработка научных основ повышения их комплексной продуктивности и охраны; исследование цитолого-физиологических аспектов адаптации древесных растений; изучение структуры почвенного покрова и генезиса лесных почв; разработка проблем охраны лесных ландшафтов (эколого-экономическая оптимизация природопользования и создание охраняемых природных комплексов). Результаты исследований этого периода детально изложены в книге «Академическая наука в Карелии: 1946-2006» (М., 2006. Т.2).

В итоге почти 50-летней деятельности ИЛ:

- разработана система типов леса и вырубок РК;
- исследованы возрастная структура, динамика, продуктивность, экологические функции лесов республики, разработана региональная система ведения лесного хозяйства (включающая эксплуатацию лесных ресурсов, повышение комплексной продуктивности лесов и уход за ними);
- завершен цикл многолетних исследований структуры и динамики основных биотических компонентов ландшафтов, разработана их типологическая классификация, составлена ландшафтная карта, осуществлено районирование республики по экологическим, биоресурсным и хозяйственным критериям на ландшафтной основе;
- установлены закономерности антропогенной трансформации биотических компонентов географических ландшафтов запада таежной зоны России и разработаны основы минимизации ее негативных экологических последствий;
- разработаны методологическая основа и общие принципы (впервые для таежной зоны Европы) ландшафтно-экологического планирования многоцелевого лесопользования (на модельной территории осуществлена их практическая реализация);
- дано научное обоснование хозяйственного освоения лесоболотных биогеоценозов, производству переданы рекомендации по ведению лесного хозяйства в осушенных лесах РК;

– обобщены результаты долговременных исследований по микосимбиотрофии древесных растений на северо-западе таежной зоны России, изучены видовой состав микоризных, фитопатогенных и дереворазрушающих грибов, лишайников, насекомых-мицетобионтов и вредителей леса, их экология;

– исследованы структура, генезис и агрохимические свойства лесных почв, составлены почвенная карта региона и крупномасштабные почвенные карты Валаамского архипелага, заповедника “Кивач”, российско-финляндского парка “Дружба”. Обобщены результаты многолетних исследований по содержанию и трансформации органического вещества в лесных биогеоценозах Восточной Фенноскандии;

– исследована репродуктивная деятельность хвойных пород, вскрыты механизмы формирования узорчатой структуры у березы карельской и разработаны способы размножения ее лучших форм;

– обобщены результаты более чем 30-летних исследований роста и развития гибридного потомства березы, полученного в результате внутри- и межвидового скрещивания березы пушистой и березы повислой с участием уникального растения — карельской березы;

– проведены комплексные исследования влияния промышленного загрязнения на состояние лесных экосистем, созданы полигоны интегрированного в европейскую сеть и локального эколого-биологического мониторингов;

– исследованы флоры и фауны лесов Карелии, разработана концепция формирования системы охраняемых природных территорий, обоснованы предложения по созданию новых ООПТ.

За истекшие годы сотрудниками ИЛ опубликовано более 90 монографий, 110 тематических сборников научных работ, более 75 научно-популярных книг, брошюр, многочисленные статьи в отечественных и зарубежных изданиях, 11 научно-популярных плакатов. По результатам прикладных исследований разработаны и переданы производству более 90 региональных наставлений, рекомендаций, методических указаний по всем направлениям лесохозяйственной деятельности в РК.

## **РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС РФФИ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ**

**А. М. Крышень<sup>1</sup>, О. Н. Обрезков<sup>2</sup>, А. Ф. Титов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup> Российский фонд фундаментальных исследований, Москва, Россия

Создание в 1992 г. Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) явилось логичным следствием начавшихся в стране демократических преобразований. Развитие системы финансирования науки через фонды позволило более эффективно и гибко распределять ограниченные средства государственного бюджета. За годы своего существования РФФИ сумел сформировать эффективную экспертную систему, с помощью которой проводит четко регламентированный отбор наиболее перспективных научных проектов, поддерживая тем самым талантливых и эффективно работающих российских ученых.

Постоянный мониторинг выполнения исследований по грантам РФФИ позволил своевременно выявить определенный «перекос» в финансировании проектов в сторону центральных (московских) научных коллективов и организовать новую форму – региональные конкурсы РФФИ. Основное отличие региональных конкурсов – это многоступенчатость экспертизы и вовлечение в финансирование научных проектов средств региональных бюджетов. Республика Карелия (РК) одна из первых поддержала данную инициативу РФФИ, организовав в 1998 г. региональный конкурс «Карелия–1998». При подготовке конкурса было разработано положение о его проведении, согласно которому в конкурсе могли принять участие сотрудники карельских учреждений и организаций или работающие по тематике, непосредственно связанной с Карелией.

Ученые Карельского научного центра (КарНЦ) РАН, карельских вузов, а также организаций из Санкт-Петербурга и Москвы представили на конкурс более полусотни заявок, из которых были

поддержаны 15. Первый конкурс выявил и ряд организационных проблем, главной из которых было нестабильное финансирование со стороны республики. Эти моменты были учтены при организации второго регионального конкурса в 2001 г. «Карелия – 2002», на который поступило 34 заявки, 11 из которых были поддержаны. Несмотря на неполное и нестабильное финансирование, связанное со сложной финансовой ситуацией в РК, конкурс в целом прошел организованно, а его задачи в основном были выполнены. Только один проект был снят с финансирования экспертами РФФИ по результатам промежуточного отчета.

Третий региональный конкурс «Карелия – 2005» был проведен в 2004 г. На него поступило 35 заявок из различных научных организаций Карелии и Санкт-Петербурга. Лишь одна из них не соответствовала целям и задачам регионального конкурса (фактически была направлена на внедрение разработок на конкретных предприятиях Карелии). Региональный экспертный совет посчитал, что подобные работы должны финансироваться соответствующими предприятиями и снял заявку с конкурса. Из 34-х направленных на экспертизу в РФФИ были поддержаны 15 проектов, и все они были утверждены в качестве победителей конкурса на третьем этапе экспертизы региональным экспертным советом. При распределении финансирования между проектами региональный экспертный совет исходил из объема запрашиваемых средств, а также учитывал состав (квалификацию) исполнителей и имеющиеся научные заделы. При прочих равных условиях предпочтение отдавалось комплексным (исполнители из разных организаций) и молодежным (более половины исполнителей моложе 35 лет) коллективам. Такие проекты получали несколько больше средств. Анализ участия в конкурсе научных и образовательных учреждений Карелии в целом показал их достаточно высокую активность в подготовке заявок на получение грантов регионального конкурса РФФИ, которая отражена в табл. 1.

Таблица 1. Распределение грантов региональных конкурсов РФФИ по РК по организациям исполнителям

| Научная организация                       | 1-й конкурс<br>(1999–2001 гг.) |                      | 2-й конкурс<br>(2002–2004 гг.) |                      | 3-й конкурс<br>(2005–2007 гг.) |                      |
|---|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
|   | подано<br>заявок               | из них<br>поддержано | подано<br>заявок               | из них<br>поддержано | подано<br>заявок               | из них<br>поддержано |
| ИБ КарНЦ РАН                              | 3                              | 2                    | 4                              | 1                    | 4                              | 2                    |
| ИВПС КарНЦ РАН                            | 4                              | 3                    | 9                              | 5                    | 6                              | 3                    |
| ИГ КарНЦ РАН                              | 6                              | 2                    | 2                              | 1                    | 6                              | 3                    |
| ИЛ КарНЦ РАН                              | 3                              | 1                    | 1                              | 1                    | 7                              | 2                    |
| ИПМИ КарНЦ РАН                            | 2                              | 1                    | –                              | –                    | 2                              | –                    |
| ИЭ КарНЦ РАН                              | 5                              | –                    | 2                              | –                    | –                              | –                    |
| КГПУ                                      | 3                              | 2                    | 2                              | –                    | 1                              | 1                    |
| ПетрГУ                                    | 9                              | 1                    | 4                              | 2                    | 8                              | 4                    |
| Научные организации<br>С.-Петербурга      | 13                             | 1                    | 7                              | –                    | 1                              | –                    |
| Научные организации<br>Москвы             | 8                              | 1                    | –                              | –                    | –                              | –                    |
| Научные организации<br>из других регионов | 1                              | 1                    | 3                              | –                    | –                              | –                    |
| Всего                                     | 57                             | 15                   | 34                             | 11                   | 35                             | 15                   |

Данные о распределении полученных грантов по научным специальностям (табл. 2) указывают на преобладание заявок на исследования в области биологии и медицины, а также наук о Земле, что в целом вполне соответствует распределению грантов РФФИ основного конкурса по научным направлениям с некоторой поправкой на региональные особенности. В частности, в Карелии такой особенностью является незначительное количество грантов по направлению «физика и астрономия», что объясняется небольшим количеством научных коллективов, работающих в этих областях знаний.

Таблица 2. Распределение грантов региональных конкурсов РФФИ по РК по научным специальностям

| Научная специальность   | 1-й конкурс<br>(1999–2001 гг.) |                   | 2-й конкурс<br>(2002–2004 гг.) |                   | 3-й конкурс<br>(2005–2007 гг.) |                   |
|---|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
|   | подано заявок                  | из них поддержано | подано заявок                  | из них поддержано | подано заявок                  | из них поддержано |
| 01 – Математика, информатика, механика  | 2                              | –                 | –                              | –                 | –                              | –                 |
| 02 – Физика и астрономия  | 4                              | 1                 | 2                              | 1                 | 1                              | –                 |
| 04 – Биология и медицинская наука   | 18                             | 5                 | 8                              | 2                 | 16                             | 9                 |
| 05 – Науки о Земле  | 20                             | 5                 | 12                             | 5                 | 8                              | 4                 |
| 06 – Науки о человеке и обществе  | 11                             | 3                 | 8                              | –                 | 1                              | –                 |
| 07 – Создание и развитие информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов для проведения фундаментальных исследований | 2                              | 1                 | 4                              | 3                 | 9                              | 2                 |
| Всего   | 57                             | 15                | 34                             | 11                | 35                             | 15                |

При организации региональных конкурсов в Карелии ставилась задача консолидации усилий РФФИ и республиканских органов власти в плане финансовой поддержки фундаментальных исследований, направленных на изучение природной среды и социально-экономических процессов в РК, а также поддержки научных школ, сложившихся в регионе. При этом предполагалось, что появление регионального конкурса не должно привести к сокращению числа инициативных проектов по основному конкурсу. Анализ структуры грантов РФФИ за период с 1995 г. показал, что организация регионального конкурса действительно не повлияла отрицательно на активность ученых КарНЦ РАН в подготовке заявок и участии в других конкурсах фонда (рис. 1).

Постепенное улучшение экономической ситуации в РК и увеличение расходов бюджета Карелии на НИР позволило

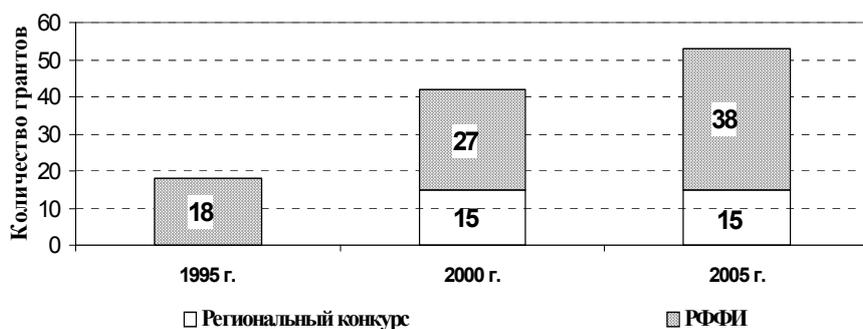


Рис. 1. Количественное соотношение грантов РФФИ основного и регионального конкурсов

увеличить финансирование проектов регионального конкурса РФФИ. Так, впервые за все годы существования конкурса в 2006 г. удалось выйти на уровень финансирования, предусмотренный в договоре между РФФИ и РК в полном объеме. В то же время приходится признать, что Министерство экономического развития РК справедливо ставит вопрос о более жесткой привязке проектов регионального конкурса к нуждам региона, к развитию его экономики. И здесь региональному экспертному совету следует учитывать инновационную составляющую заявляемых проектов и стимулировать подачу заявок на конкурс так называемых ориентированных фундаментальных исследований. Важно, что РФФИ за годы своего существования постоянно расширял спектр конкурсов. К сожалению, следует констатировать, что активность сотрудников КарНЦ РАН в привлечении средств РФФИ на организацию экспедиций, подготовку и издание монографий, развитие материальной базы исследований пока не столь высока (рис. 2).

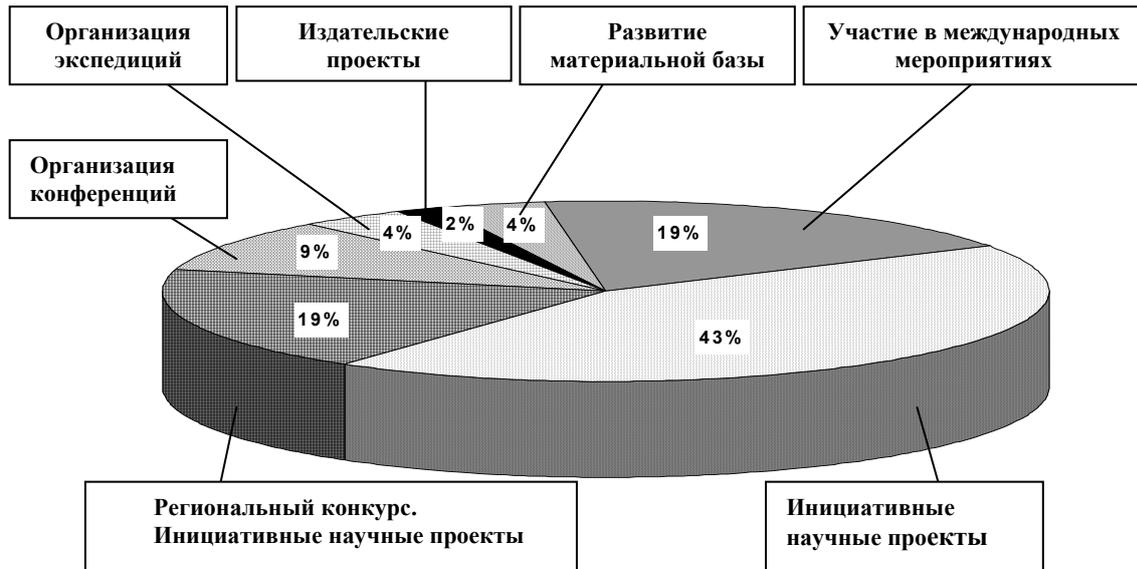


Рис. 2. Структура грантов РФФИ, полученных учеными КарНЦ РАН в 2005 г.

Практически отсутствуют гранты на проведение ориентированных фундаментальных исследований, хотя заявки и подаются. Относительной «популярностью» пользуются гранты на организацию конференций, а среди молодых ученых – гранты на участие в международных мероприятиях. Ежегодно в КарНЦ РАН проводится около двух десятков научных мероприятий, среди которых несколько крупных международных конференций и молодежных школ, и практически все они получают поддержку РФФИ.

Таким образом, организация регионального конкурса РФФИ не только способствовала решению важных для РК социально-экономических задач, но и развитию фундаментальных исследований по широкому спектру научных дисциплин. По проектам регионального конкурса исследовались особенности природных комплексов уникальной по геологическому строению, гидрографии, сообществам растений и животных территории Восточной Фенноскандии, медицинские проблемы, связанные с проживанием людей в условиях Севера, свойства искусственных и природных материалов и др. Большое внимание уделялось информационным технологиям и созданию электронных баз данных, систематизирующих накопленные знания и переводящие их в удобную для использования форму. Очень важно, что региональный конкурс в целом стимулировал «грантовую активность» карельских ученых. Организация конкурса также способствовала развитию деловых и конструктивных взаимоотношений между научными организациями и органами власти РК.

Дальнейшее развитие взаимодействия ученых Карелии с РФФИ, по нашему мнению, должно быть направлено не только на увеличение объемов финансирования проектов регионального конкурса, но в первую очередь на внедрение всего спектра предлагаемых РФФИ форм проектов в региональный конкурс по РК. И, разумеется, мы надеемся на более активное участие ученых Карелии во всех конкурсах РФФИ.

## ИССЛЕДОВАНИЯ НА БЕЛОМ МОРЕ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ИСТОРИИ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Л. А. Кудерский

*Институт озераведения РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*Посвящается первым штатным сотрудникам  
Беломорской биологической станции Карело-  
Финского филиала АН СССР*

Карельский НЦ РАН на первых этапах развития активно осуществлял исследования западной части Белого моря. Интерес, проявившийся к морю не был случайным и обуславливался той ролью, которую оно играло в жизни поморского населения республики благодаря имеющимся биологическим ресурсам. Началу изучения Белого моря Карельским НЦ РАН предшествовали работы, выполнявшиеся в 1944-1945 гг. по инициативе Наркомпищепрома Карело-Финской ССР и при содействии и материальной поддержке комиссии по расширению пищевых ресурсов АН СССР. Задача этих работ заключалась в выявлении нерыбных объектов промысла и определении их сырьевых запасов. В течение двух лет небольшой группой специалистов (три человека) были осуществлены исследования в прибрежной зоне Поморского и Карельского побережий и установлены запасы зоотеры, морских водорослей и промысловых моллюсков (Паленичко, 1947а, 1947б). В 1946 г. в связи с организацией Карело-Финской научно-исследовательской базы АН СССР указанные работы Президиумом АН СССР в порядке преемственности были переданы этому новому исследовательскому учреждению и на первых порах концентрировались в секторе зоологии.

В течение 1946-1949 гг. базой были продолжены гидробиологические работы (Паленичко, 1948), а также выполнялись исследования по биологии рыб и охране их запасов (Николаев, 1949; Николаев, Паленичко, 1949; Паленичко, 1949), включая выяснение летнего распределения трески игравшей большую роль в местном промысле у Карельского побережья. Последние работы проводил привлеченный сектором зоологии ихтиолог Д.Д. Прозоров (Правдин, 1951). Однако из-за большой значимости Белого моря для Карелии, руководство республики поддержало предложение о дальнейшем усилении исследований на море и в 1949 г. Президиумом АН СССР было принято решение о создании Беломорской биологической станции (далее ББС). Первыми штатными работниками станции были З.Г. Паленичко (директор), М.Н. Тимакова (Русанова) (м.н.с.), В.М. Эрастова (Ерастова) (ст. лаб.), Л.А. Кудерский (лаб.), А.П. Николаев (м.н.с.). Вскоре к ним присоединились ихтиолог А.А. Михайловская (м.н.с.), гидрологи В.М. Надежин (с.н.с.) и М.А. Терентьева (лаб.), гидробиологи Л.М. Эпштейн (м.н.с.) и С.С. Иванова (с.н.с.) и др. Сотрудники ББС с момента ее организации принимали активное участие в жизни К-Ф филиала АН СССР, что отразилось, в частности, в выступлениях уже в 1950 г. и 1951 г. на научных сессиях (так автор выступал с докладами: в 1950 г. по питанию беломорских рыб и в 1951 г. по бентосу северной части Онежского залива).

В истории ББС вполне естественно выделяется два основных периода, которые условно можно обозначить как петрозаводский и беломорский. Гранью разделившей их стал июль 1957 г.: 17 июля на заседании Бюро Отделения биологических наук АН СССР было принято решение о перебазировании ББС в бухту Чупа, а 19 июля вблизи мыса Картеш начаты первые натурные наблюдения – взяты пробы зоопланктона и получены первые гидрологические данные. В петрозаводский период работы на море выполнялись по открытой воде, то есть сезонно. Лабораторные помещения оставались в Петрозаводске, вспомогательные находились в г. Беломорске. Там же находился исследовательский флот. В беломорский период станция разместилась на берегу моря в районе мыса Картеш где были построены необходимые лабораторные, жилые и вспомогательные помещения. Работы приобрели круглогодичный (стационарный) характер. Правда, на этом преобразования не завершились – в 1968 г. станция была передана из состава Карельского филиала АН СССР в Зоологический институт АН СССР. Поэтому второй период распадается как бы на два подпериода. Однако осуществленная передача носила формальный характер и никак не сказалась на содержательной стороне выполнявшихся исследований, в отличие от первого преобразования.

Выделенные два периода в истории ББС сводятся не только к географическим и календарным изменениям. В течение первого из них основное внимание уделялось выявлению и оценке промысловых ресурсов моря и разработке на этой основе путей рационального использования потенциала водоема для достижения максимального выхода ценной биопродукции (Паленичко, 1957а). Задачи на второй период, определенные Отделением биологических наук АН СССР, сводились к изучению 1) биологии и жизненных циклов основных представителей фауны и флоры моря; 2) сезонных, годовых и многолетних колебаний биологических свойств и динамики численности ведущих представителей фауны и флоры; 3) сезонных, годовых и многолетних колебаний условий жизни в море. Как видно из этих пунктов, предполагалось, что во второй период исследования приобретут более фундаментальный характер и позволят решить злободневный вопрос о повышении роли Белого моря в производстве дефицитной биологической продукции. Не касаясь работ выполнявшихся после 1957 г., так как они описаны достаточно подробно (например, Бергер, Наумов, 1987 и др.) ограничимся краткой характеристикой деятельности ББС в 1949-1957 гг.

Сразу же с начальных шагов деятельности ББС стали проявляться такие трудности, как, во-первых, малочисленность кадров сотрудников и, во-вторых, отсутствие достаточно глубоких проработок основных вопросов намечаемых для решения силами станции и имевших серьезное практическое значение. Кроме того, не совсем ясной оказалась генеральная проблема, вставшая перед коллективом ББС: каковы реальные продукционные возможности моря. У разных исследователей высказывания по этой проблеме колебались от оптимистических декларировавших огромные рыбные запасы ждущие освоения до пессимистических, заключающихся в признании уникальной бедности моря. Дать убедительный ответ на этот вопрос в короткие сроки коллектив ББС не мог, а от этого зависела стабильность работы станции и отношение к ней со стороны различных руководящих структур. В сложившихся условиях было найдено следующее решение: привлечь для ответа на поставленный вопрос наиболее опытных и авторитетных специалистов ведущих научных центров. С этой целью было подготовлено, пролоббировано (пользуясь современным языком) и подписано распоряжение Совмина СССР о комплексном изучении сырьевых запасов основных промысловых рыб Белого моря в 1951-1952 гг. К исследованиям привлекались, кроме Карельского филиала АН СССР, ведущие рыбохозяйственные (ВНИРО, ПИНРО) и академические (Зоологический, Институт океанологии) институты. Благодаря распоряжению Совмина, штаты ББС были увеличены, станция получила новое исследовательское судно шведской постройки («Профессор Месяцев»), на котором в 1952 г. выполнил детальную съемку бентоса Онежского залива, продолжившую работы 1950 г. и 1951 г. Исследования по заданию Правительства СССР были завершены в срок. Их результаты нашли отражение в вышедшем в 1957 г. сборнике «Материалы по комплексному изучению Белого моря», вып. 1. Для коллектива ББС оказалось важным то, что в итоге авторитетными специалистами было сформулировано заключение о том, что состояние запасов ведущих промысловых рыб не дает оснований ставить вопрос о возможности резкого увеличения вылова рыбы в ближайшие годы и что для роста биологических ресурсов необходимо проведение широких мелиоративных и рыбо-водных мероприятий (Дмитриев, 1957).

Коллектив ББС активно участвовал в выполнении задания, но это была лишь часть ее деятельности. В целом в течение 1949-1957 гг. станция осуществляла работы по таким ведущим направлениям, как гидрология, зоопланктон и зообентос, питание рыб, нерыбные ресурсы, ихтиология. По каждому из них были получены следующие основные результаты.

**Гидрология.** Изучение гидрологического режима проводилось в Онежском, Кандалакшском, Двинском заливах. Наиболее детальные исследования выполнялись в Онежском заливе, который до начала работ ББС оставался наименее изученным. Для залива были составлены карты сезонной изменчивости солености, температуры и прозрачности воды, а также постоянных течений и зонального распределения водных масс (Атлас..., 1959). Выяснялась многолетняя динамика солености глубинных вод моря (Надежин, 1960). В рыбопромысловом отношении важное значение имело выяснение влияния факторов среды на рыб, в частности, установление зависимости концентраций сельди от температурных условий зимовки (Надежин, 1957; 1958а; 1958б; 1959).

**Зоопланктон.** Детально исследовался зоопланктон Онежского залива, включая сезонную динамику. Освещен зоопланктон Воронки и Горла (Эпштейн, 1951; 1957а; 1957б).

**Зообентос.** К моменту организации ББС донная фауна Белого моря была изучена односторонне. Выполненные исследования охватывали наиболее глубоководную центральную часть моря, некоторые прибрежные участки (Гридино, устье р. Умбы, участки вдоль Терского берега) и отдельные

реликтовые губы (Глубокая на Б.Соловецком острове, Бабье море и др.). Донная фауна значительных пространств оставалась слабо освещенной. Коллектив ББС основное внимание уделил изучению некоторых из таких районов и, прежде всего Онежскому заливу и губам Поморского и Карельского побережий, продолжив работы, начатые до 1949 г. Материалы по бентосу губ в публикациях отражены очень слабо (несколько тезисов докладов; Паленичко. Тимакова, 1957). Донная фауна открытых районов Онежского залива, напротив, освещена достаточно подробно. Общая характеристика бентоса залива приведена в двух работах (Иванова, 1957; Кудерский, 1966). Во второй общим объемом около 10 печ. листов приведен полный список донных организмов (625 видов) и характеристика семи основных типов распространения по заливу наиболее обычных видов. В сублиторали залива выделено 14 донных сообществ, в том числе семь сообществ инфауны и семь эпифауны. Для каждого сообщества приведены карты распространения, подробный видовой состав ранжированный по частоте встречаемости, биомассы видов и характерные дночерпательные пробы (при наличии), общее описание. Уделено внимание анализу таких вопросов, как сходство видового состава сообществ (с использованием для расчетов оригинальной формулы), особенности видового состава сообществ с учетом способа питания беспозвоночных, пищевые взаимоотношения между руководящими видами, зоогеографические особенности видового состава сообществ и кормовое (для рыб) значение бентоса. В ряде публикаций рассмотрен видовой состав отдельных систематических групп беспозвоночных (двустворчатые моллюски, десятиногие раки, полихеты, иглокожие) и обсуждены некоторые общие вопросы, связанные с бентосом (Кудерский, 1961; 1962; 1964; 1965 и еще девять публикаций этого автора).

**Нерыбные ресурсы.** В связи с общими исследованиями бентоса находятся работы ББС по использованию промысловых беспозвоночных и водорослей. В продолжение изучения нерыбных ресурсов выполнявшихся до 1949 г. были определены перспективные концентрации (банки) двустворчатых моллюсков и осуществлена пробная добыча мидий, модиолы, гребешка. На Беломорском рыбокомбинате из моллюсков изготавливались опытные партии пищевых консервов и кормовая мука (Паленичко, 1959; Ковальчук, Паленичко, 1959). Что касается промысловых водорослей, то ББС непосредственно ими не занималась. Однако, руководство станции способствовало проведению работ в этом направлении и не упускало из поля зрения исследования, осуществлявшиеся другими организациями (Гемп, Паленичко, 1956; Вишневский, Паленичко, 1958).

**Питание рыб.** В тесной связи с гидробиологическими работами находились исследования по питанию рыб. До работ ББС этому вопросу не уделялось необходимого внимания. Выполненные станцией исследования разделялись на две части: 1) изучение питания рыб зоопланктонофагов (сельдь и молодь корюшки); 2) изучение питания донных рыб потребляющих бентос и хищничающих. Полученные данные по зоопланктонофагам изложены в статье Л.М. Эпштейн (1957). Для сельди приведены подробные сведения по питанию личинок и взрослых рыб и сезонная изменчивость питания, для корюшки только данные по питанию личинок.

Питание донных рыб изучалось подробнее. Исследовалось питание наваги, трески, сига (Кудерский, 1958; 1966а; 1966б; Кудерский, Эрастова, 1962). Большой интерес представляет работа М.Н. Тимаковой (1953; 1957) по питанию и пищевым взаимоотношениям наваги и корюшки. Оба вида имеют сходные пищевые спектры, но практически не конкурируют из-за пищи в связи с расхождением местообитаний. Питание 11 видов донных рыб (включая перечисленные выше) рассматривается в обобщающей работе Л.А. Кудерского и М.Н. Русановой (1964) объемом около 5 печ. листов. В ней отражены не только материалы, характеризующие питание рыб, но и подробно проанализированы межвидовые пищевые взаимоотношения беломорских рыб. Несколько в стороне от указанных публикаций находится статья Л.А. Кудерского (1966в), посвященная вопросу обеспеченности донных рыб кормовыми ресурсами. Показана ограниченность донного корма и сделан вывод о лимитировании запасов этих видов наличной кормовой базой.

**Ихтиология.** Одна из задач стоявших перед ББС заключалась в изучении биологии и ресурсов ведущих промысловых рыб. Она решалась по ряду направлений. Во-первых, оценивались условия обитания и их влияние на запасы рыб (гидрологические работы). Во-вторых, определялась обеспеченность рыб кормовой базой (исследования по гидробиологии и питанию рыб). Наконец, изучались сами рыбы. Сотрудники ББС выполнили ряд исследований по биологии и промыслу сельди (Михайловская, 1957; Эрастова, 1963; Кудерский, Эрастова, 1960), наваги (Николаев, 1957), камбаловых рыб (Николаев, 1949; 1955а; 1955б) и др. Кроме того, осуществлялась инвентаризация рыбного населения губ Поморского побережья (Николаев, 1951), разрабатывались общие вопросы раз-

вития беломорской ихтиофауны (Паленичко, 1957в) и анализировалось состояние промысла (Эрстова, 1957).

Подводя общие итоги можно отметить, что за сравнительно короткие сроки (1949-1957 гг.) наибольшим коллективом ББС был выполнен значительный объем работ. Их результаты изложены в более чем 70 научных публикациях. В ББС были также подготовлены и изданы такие обобщения, как «Атлас научных основ рыбопромысловой карты Онежского залива Белого моря» (1959) и «Рыбы Белого моря» (1958). Весомым вкладом в знания о Белом море следует рассматривать сборник «Материалы по комплексному изучению Белого моря» (1957) сконцентрировавший научные материалы, полученные специалистами разных институтов в ходе выполнения задания Совмина СССР о комплексном изучении сырьевых запасов моря. По ценности заключенных в нем материалов и значимости для последующих исследований Белого моря он по праву занимает ведущее положение в литературе о море после известной монографии К.М. Дерюгина (1928). Кроме того, следует отметить, что сотрудниками ББС были проанализированы такие важные для объективной оценки особенностей органического мира Белого моря и его продукционного потенциала, как фаунистическая и промысловая бедность моря (Кудерский, Скарлато, 1986), многолетняя изменчивость его фауны, балтийские реликты в фауне и флоре моря, закономерности развития ихтиофауны и др. Таким образом, коллективом ББС в целом был создан основательный задел для продолжения исследований в направлении, обозначенном в качестве задачи на первый период существования станции.

### Литература\*

Бергер В.Я., Наумов А.Д. Беломорская биологическая станция Зоологического института АН СССР. Л.: Наука, 1987. 40 с.

Кудерский Л.А., Скарлато О.А. Эколого-географические и исторические факторы, определяющие фаунистическую и промысловую бедность Белого моря // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. 1986. Вып. 252. С. 19-30.

Для поиска литературных источников (до 1971 г.), ссылки на которые приводятся в тексте можно использовать: Курзикова Т.П. (составитель). Биология Белого моря, библиографический указатель отечественной литературы 1881-1971. Л.: БАН СССР. 1976. 158 с.

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ В КАРЕЛИИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

### Е. Ф. Марковская

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Начало формирования исследований в области физиологии растений в Карелии приходится на 1940 год - период организации Карело-Финского университета, когда на биологический факультет на должность зав. кафедрой физиологии растений был приглашен **А.Я. Кокин** - известный специалист в области фитопатологии, который в 1941 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Физиологические и анатомические исследования больного растения». Им же была опубликована монография «Физиология больного растения» (1953), которая до настоящего времени остается актуальной. Когда в 1946 году начала образовываться Карело-финская исследовательская база АН СССР, по приглашению его председателя академика А.П. Полканова должность заведующего почвенно-ботаническим сектором занял (по совместительству) профессор Карело-Финского университета, д.б.н., физиолог растений А.Я. Кокин. Идея создания научного центра предусматривала активное участие науки в освоении Карельского края и становлении народного хозяйства. Первые

\* Хотя календарный срок окончания первого периода истории ББС приходится на 1957 г., но публикации приводятся и за более поздние годы в тех случаях, если они основаны на материалах полученных в 1949-1957 гг. и не были опубликованы ранее по организационным и иным причинам.

работы по физиологии растений касались хозяйственно ценных плодовых культур, которые проходили испытание на Сортавальском плодово-ягодном питомнике, где находился первый научный стационар университета. Тогда же начались темы, связанные с минеральным питанием растений в условиях северного земледелия. По этой тематике активно работали аспиранты А.Я. Кокина, которые в последствии составили основной костяк физиологов растений в Карелии.

*Аспиранты А.Я. Кокина:* М.П. Миронова, Л.Д. Музалева, Л.Г. Ганюшкина, А.А. Комулайнен, Б.П. Смирнов, И.М. Пелгонен, Л.Н. Потахина, Г.С. Олимпиенко и аспирантка Школьника - Ю.Е. Новицкая.

Исследования по влиянию микро- и макроэлементам проводились в ИБ КФ научно-исследовательской базы и КФАН СССР, но именно в университете они стали объектом длительного исследования. Это было связано с подключением в эти работы химиков - зав. каф. неорганической химии, профессора М.А. Тойкка.

*Исследовательская группа физиологов растений ПетрГУ:* М.П. Миронова, Л.Г. Ганюшкина, Л.Д. Музалева.

Проблема влияния микроэлементов остается актуальной до настоящего времени и на современном этапе она представлена работами группы д.б.н. **Н.П. Чернобровкиной** по изучению роли бора в продуктивности хвойных растений.

В 1956 г. зав. сектором ботаники и растениеводства, а с 1957 г. - лаборатории физиологии и экологии растений становится д.б.н., профессор **А.И. Коровин**, при котором исследования по минеральному питанию выходят на новый, прежде всего методический уровень. Совместно с **В.К. Курцом** организует научный стационар - агробиологическую станцию, где разрабатываются авторские термо-вегетационные установки по изучению влияния низкой температуры на минеральное питание растений. Крупным научным достижением этого периода является разработка северной дозы макроудобрений NPK 1: 3: 1.5. С 1959 по 1961 гг. А.И. Коровин является директором Института биологии. По почвенному питанию травянистых растений выполнена пионерская работа по изучению микоризы, в которой **З.Ф. Сычева** впервые показала, что микориза широко представлена у видов местной флоры, причем наиболее широко эндотрофная микориза. В это же время проводятся активные исследования по влиянию минеральных и органических удобрений на поступление в сеянцы древесных пород элементов минерального питания под руководством **Р.К. Саляева** (в последствии чл.-корр. РАН, д.б.н., профессор), который с 1958 г. возглавляет группу биохимии и физиологии древесных растений сектора лесоведения Карело-Финской научно-исследовательской базы. Им в 1962 г. создается лаборатория физиологии древесных растений. Большое внимание уделяется микоризе хвойных растений. Р.К. Саляев выдвинул гипотезу об ингибировании роста апекса корня мицелием гриба. Далее эти работы были продолжены лесоводами Института леса под руководством д.б.н. В.И. Шубина.

В 1957 г. в исследования по физиологии растений в Институте биологии включается д.б.н., профессор **В.П. Дадыкин**, который к этому времени уже длительное время работал на Крайнем Севере и в 1953 г. им была издана монография «Особенности поведения растений на холодных почвах», которая была удостоена премии К.А. Тимирязева. В.П. Дадыкин приступает к исследованию особенностей спектральных характеристик растений в условиях Севера. Он вносит большой вклад в экспериментальную базу исследований в области физиологии растений и при его участии в Институте биологии по чертежам Института биофизики АН СССР строится уникальный спектральный прибор – спектровизор. Этот прибор впервые позволил исследовать оптические свойства растений при освещении белым светом. Работы с применением этого прибора проводятся на различных видах растений и в разных климатических зонах вплоть до Памира. *Выявлены пути хроматической адаптации наземных растений в различных экологических условиях.* Сделан вывод о ведущей роли К-ДК света для жизнедеятельности растений в условиях Севера. Это направление исследований, связанное с ролью фитохрома в физиологических механизмах адаптации растений в условиях Севера, продолжается в группе профессора, д.б.н. Е.Ф. Марковской. В.П. Дадыкин с 1960 по 1962 гг. являлся Председателем президиума Карельского филиала АН СССР.

*Исследовательская группа:* Е.В. Потаевич, Б.Н. Грушевский, Р.П. Иванова, Е.А. Акулова, Л.М. Закман, Е.П. Нечаева, Б.С. Красноярский.

В 1958 г. в Институт биологии на должность м.н.с. приходит молодой кандидат наук из Ленинграда **С.Н. Дроздов** (в последствии д.б.н., профессор), который уже в 1961 г. становится зав. лаб. физиологии и экологии растений, а затем директором Института биологии и остается на этой долж-

ности 35 лет. Он продолжает формировать начатое А.И. Коровиным направление, связанное с реакцией растения на действие низкой температуры. Первые работы связаны с актуальной для Карелии проблемой заморозкоустойчивости растений в весенний период. Совместно с В.К. Курцом (автор и разработчик первого отечественного фитотрона, который был спроектирован с применением только серийного отечественного оборудования и построен в г. Иркутске) и при активном участии Н.И. Хилкова начинается разработка новой современной экспериментальной базы - установок искусственного климата и исследования с полевых смещаются в область камеральных. Расширяется спектр объектов и включается весь диапазон температур, действующих в период активной вегетации на растения, что позволило установить основные закономерности варьирования устойчивости в зависимости от действующей температуры. Работа осуществляется по различным аспектам низкотемпературной адаптации, в том числе по энергетике этих процессов (З.Ф. Сычева), липидному обмену (К.А. Нюппиева, В.С. Родионов), большое внимание уделяется методическим разработкам (Н.И. Балагурова). На основании полученных данных С.Н. Дроздовым формируется *гипотеза зонального действия температурного фактора*. Весь температурный диапазон включает 5 зон: фоновая, холодового и теплового закалывания (адаптации), холодового и теплового повреждения. Изменения температуры фоновой зоны не влияют на устойчивость растений, зон закалывания - увеличивают, а из зон повреждения - снижают, но при увеличении экспозиции приводят к гибели растений.

*Исследовательская группа:* З.Ф. Сычева, Т.А. Барская, Н.П. Будыкина, Р.И. Волкова, К.А. Нюппиева, Н.И. Балагурова, В.П. Дмитриев, А.А. Комулайнен, Н.П. Холопцева, А.Ф. Титов, В.К. Курец, Л.А. Кучко, Т.А. Акимова, И.В. Ильина, В.А. Васюкова, З.А. Быстрова, Л.Н. Соловьева.

В рамках этого направления сформировались представления об эколого-физиологической характеристике вида и разработаны методические подходы для ее получения. На современном этапе получены ЭФХ для 25 видов растений (травянистые и древесные). Эта разработка под руководством профессора, д.б.н. С.Н. Дроздова и профессора, д.б.н. В.К. Курца была удостоена премии имени И.И. Гунара за 1997 год.

*Исследовательская группа:* Н.П. Будыкина, А.В. Таланов, Э.Г. Попов, Е.С. Холопцева, Т.Ф. Алексеева, Е.Н. Икконен, Т.С. Гоголева.

К началу 70-х годов в рамках лаборатории выделяется группа, которая в 1977 г. оформляется в лабораторию моделирования биологических процессов под руководством к.б.н. **В.К. Курца** (впоследствии д.б.н., профессор). В ее задачи входит разработка и модернизация современного оборудования (этот блок работ удостоен 3-х бронзовых медалей ВДНХ) и разработка методологической и методической основы системных исследований. Модифицированы применительно к решению задач по экологической физиологии растений методы активного и пассивного планируемого эксперимента и совместно с лабораторией физиологии растений проводятся экспериментальные исследования. Эта лаборатория имела тесные контакты с отделом Математических методов автоматизации научных исследований и проектирования КФ АН СССР (ныне Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН).

*Исследовательская группа:* Э.Г. Попов, А.В. Таланов, М.И. Сысоева, В.А. Виролайнен, Ю.Ю. Попков, Е.Ф. Марковская, Л.А. Обшатко, Т.М. Кочанова, Н.И. Хилков, Г.К. Корнилова.

Уже в рамках этой лаборатории выделилось направление по изучению онтогенетических реакций растения на факторы среды, где активно используются и продолжают разрабатываться методы системного анализа. Группу возглавляет д.б.н., профессор **Е.Ф. Марковская** и современное направление связано с путями адаптации растений к нестабильному суточному климату в условиях Севера. Высказана *гипотеза о ведущей роли переменных температур при адаптации растений в условиях таежной зоны*. Получено значительное повышение устойчивости различных видов растений на фоне высокого уровня жизнедеятельности, вызванный кратковременным многосуточным воздействием низкой температуры в сутках. Изучается феноменология и механизмы этого явления. Авторами совместно с фитопатологами удалось найти способ температурной обработки, повышающий продуктивность растений и увеличивающий их устойчивость к действию патогенов. Д.б.н. **М.И. Сысоева** является консультантом по использованию методов многомерной статистики при обработке данных по различным разделам биологии.

*Исследовательская группа:* М.И. Сысоева, Е.Г. Шерудило, Т.Г. Харькина, С.А. Трофимова.

В лаборатории физиологии растений в 1976 г. на стыке генетики и физиологии растений защищает кандидатскую, а в 1989 г. докторскую диссертацию ученик С.Н. Дроздова **А.Ф. Титов** (в по-

следствии чл.-корр. РАН, д.б.н., профессор) и с 1986 г он становится зав. лабораторией. Вновь сформированная научная группа изучает механизмы устойчивости растений, и ее руководитель А.Ф. Титов формулирует *молекулярно-генетическую гипотезу устойчивости*. По его представлению рост устойчивости в условиях закалывающей температуры представляет собой кооперативный процесс, в котором участвуют как специфические (связанные с геномом), так и неспецифические (осуществляются на посттранскрипционном уровне) реакции и который контролируется преимущественно через механизм индуцированного синтеза стрессовых белков.

На современном этапе развития это направление включает изучение передачи сигнала в системе целого растения в ответ на локальное действие неблагоприятной температуры.

*Исследовательская группа:* Т.В. Акимова, В.В. Таланова, Н.И. Балагурова, С.П. Критенко, А.А. Филимонов, Т.М. Маркова, Е.Г. Шерудило, Л.В. Маркова, Л.В. Топчиева, Е.А. Назаркина, С.А. Фролова, Н.А. Боева, Н.М. Казнина, Г.Ф. Лайдинен, Ю.В. Батова.

Работы Карельских физиологов в области терморезистентности растений получили высокую оценку, и руководитель этого направления профессор, д.б.н. С.Н. Дроздов был признан как организатор и руководитель научной школы по устойчивости растений. На современном этапе его сменил член-корр. РАН, профессор, д.б.н. А.Ф. Титов.

В 1991 г. физиолог растений А.Ф. Титов избирается и до настоящего времени остается председателем Президиума Карельского научного центра РАН.

В 1963 г. на должность зав. лаб. физиологии древесных растений по представлению С.Н. Дроздова избирается к.б.н. **Ю.Е. Новицкая**. Эта лаборатория была организована для участия в лесоводческих исследованиях, направленных на решение задачи восстановления лесов и повышения продуктивности. Ю.Е. Новицкая сформировала большую исследовательскую группу для изучения основных физиолого-биохимических механизмов роста и адаптации хвойных в условиях Севера. И если на первых этапах исследования этой лаборатории имели прикладной характер, то на всех последующих ведущим было фундаментальное направление. *Были установлены закономерности образования летучих органических веществ и смолообразования у хвойных, сделан вывод об усилении анаэробного дыхания в осенне-зимне-весенний период*. Впервые Ю.Е. Новицкой была высказана гипотеза о наличии гетеротрофного питания у хвойных в зимний период. Высокий уровень новизны имели работы по составу транспирационной жидкости, в которых были получены доказательства транспирации как регулируемого физиологического механизма не только для водного, но и минерального обменов. Большое внимание было уделено фотосинтетическому аппарату хвойных, где при оригинальной постановке опытов были получены доказательства зимнего синтеза пигментов и функциональной активности пигмент-белково-липидного комплекса по сезонам года (к.б.н. С.О. Царегородцева).

*Исследовательская группа:* В.В. Габукова, С.О. Царегородцева, П.Ф. Чикина, Г.И. Софронова, М.К. Ильинова, И.Л. Фуксман, В.С. Родионов, И.Ю. Ивонис, Н.П. Чернобровкина, В.А. Козлов, Л.А. Манцырева, Г.И. Трубина, Т.Н. Макарова.

С 1986 г. зав. лабораторией физиологии древесных растений становится к.б.н. **В.В. Габукова** и в этот период формируется новое направление, связанное с загрязнением природной среды. Особенно остро встает вопрос о действии промышленных комбинатов на состояние лесных экосистем. И лаборатория, в которой наработана большая база данных по жизнедеятельности растений в условиях «чистой среды» (контроль), активно включается в новое направление под руководством В.В. Габуковой. Участниками этой работы были заложены постоянные пробные площади и разработаны основы мониторинга лесов по физиологическим показателям на примере действия Костомукшского ГОКа в Карелии. Выявлены основные закономерности изменения физиолого-биохимических показателей в ответ на условия загрязнения. Современное продолжение этого направления представлено в работе группы под руководством к.б.н. Т.А. Сазоновой, где изучается реакция хвойных растений разного жизненного состояния на действие выбросов комбината Североникель.

*Исследовательская группа лаборатории:* И.Л. Фуксман, В.С. Родионов, И.Ю. Ивонис, Н.П. Чернобровкина, Т.А. Шуляковская.

В 1971 г в Институте леса в рамках лаборатории физиологии древесных растений под руководством к.ф.-м. н. **Л.К. Кайбияйна** (в последствии д.б.н.) формируется группа биофизиков, которая входит в состав лаб. физиологии и биофизики древесных растений (зав. лаб. Ю.Е. Новицкая), с 1984 отделяется и становится вплоть до 1988 г лабораторией биофизики древесных растений (зав.

лаб. Л.К. Кайбияйнен). Биофизики впервые в России установили многоканальную систему автоматической регистрации различных физиологических процессов (рост, газообмен, потоки влаги в ксилеме) и факторов среды в полевых условиях на лесном стационаре п. Габозеро. Были разработаны оригинальные методики измерения концентрации CO<sub>2</sub> в ксилеме и интенсивности ее дыхания. Этой уникальной группе удалось показать динамику физиологических процессов в ответ на действие факторов среды в суточных и сезонных циклах на протяжении многолетних мониторинговых исследований. Авторами сделан вывод, что *приспособление древостоев к изменяющимся экологическим условиям происходит в большей степени за счет адаптационных изменений структуры*. Эта группа так же включилась в исследования по загрязнению лесов около комбината Североникель (Мурманская область). Ими была поднята проблема об изменении участия лесных экосистем в условиях загрязнения в глобальном балансе углерода: из объекта стока они могут становиться источником эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосферу.

*Исследовательская группа:* П.В. Тихов, Т.А. Сазонова, Г.И. Софронова, Н.Н. Балыков, В.В. Болондинский, Б.М. Веселков, Е.И. Робонен, А.П. Смирнов, Л.И. Виликайнен, Е.Е. Ялынская, И.А. Софронова.

В 1994 г зав. лабораторией физиологии древесных растений становится к.б.н. **Т.А. Сазонова**, при которой основные направления исследований продолжают, а в 1998 г избирается д.б.н. **Л.Л. Новицкая**, которая формирует новое направление, связанное с экспериментальной регуляцией роста и развития древесных растений и объектами исследования становятся различные аномалии в строении древесных растений. Особое внимание уделяется узорчатой древесине различных видов сем. Betulaceae и, в частности, карельской березе. Эти виды были объектом длительного селекционно-генетического исследования под руководством к.с.-х.н. В.И. Ермакова и продолжение этого направления физиологами растений оказалось очень продуктивным. Так, Л.Л. Новицкой сформулирована *гипотеза об узорчатости как аномалии развития растений, связанной с транспортными сахарами, где индуктором этих изменений выступает сахароза*. В лаборатории продолжают исследования по физиолого-биохимическим особенностям декоративных разновидностей сем. Betulaceae L. под руководством д.б.н. Л.В. Ветчинниковой и к.б.н. Т.А. Шуляковской. Авторами изучаются морфо-физиологические и биохимические особенности различных видов и разновидностей березы в условиях Восточной Фенноскандии. По инициативе В.И. Ермакова под руководством д.б.н. **Л.В. Ветчинниковой** организована экспериментальная лаборатория, где в настоящее время разработаны технологии клонального микроразмножения ряда хозяйственно ценных высокодекоративных видов древесных с помощью культуры ткани.

*Исследовательская группа:* Л.В. Ветчинникова, Т.А. Шуляковская, Т.А. Сазонова, В.В. Болондинский, Н.Н. Николаева, Н.А. Галибина, В.Б. Придача, Л.Л. Веселкова, Г.К. Канюкова, С.М. Шредерс, Л.А. Чиненова.

Одним из общих направлений исследования физиологов древесных и травянистых растений является изучение роли в процессах роста и развития растений Севера физиологически активных веществ (ФАВ). Р.И. Волковой получены новые данные о регуляторной роли системы эндогенных ауксинов в процессе температурной адаптации травянистых растений. В области лесной физиологии это работы И.Ю. Ивониса и Т.А. Шуляковской по роли ауксина и гиббереллина в росте и развитии хвойных и работы Н.А. Чернобровкиной по фитогормональному статусу семян березы карельской. Большой блок работ включает разработку приемов использования искусственных регуляторов роста для управления продуктивностью овощных растений в условиях защищенного грунта на Севере (С.Н. Дроздов, Н.П. Будыкина, Р.И. Волкова, Л.П. Шабалина, Л.В. Тимейко).

Следует отметить, что физиологи подключались в основные направления работы других лабораторий: в паразитологические исследования по изучению состояния растения хозяина – картофеля к заражению нематодой (Е.В. Потаевич), в болотоведческие – по изучению физиологических особенностей ряда хозяйственно-ценных болотных растений (Е.В. Потаевич). Работы физиологов растений ИЛ на протяжении всей истории были тесно связаны с работами лаборатории лесоведения и лесоводства по проблемам минерального питания (В.В. Габукова, Г.И. Софронова и др.). В ПетрГУ совместно с ИБ и ИЛ проводились работы по адаптации интродуцированных древесных растений в условиях Карелии (Т.А. Барская, Т.А. Шуляковская, И.Л. Фуксман, Л.Г. Ганюшкина, Л.Д. Музалева, М.П. Миронова, Г.И. Софронова), а так же по влиянию загрязнения на различные физиологические показатели хвойных (Е.Ф. Марковская, Т.А. Сазонова, Н.А. Галибина, В.Б. Придача, Е.Н. Тербова). Современные физиологические исследования, которые проводятся в ПетрГУ совместно с

ИЛ включают изучение различных аспектов адаптации местных и интродуцированных хвойных растений (Е.Н. Теребова, Н.А. Галибина). Совместно с генетиками ИБ проведены исследования состояния фотосинтетического аппарата у хлорофиллдефектных мутантов овсяницы луговой (Е.Ф. Марковская, Т.Ю. Таланова, Ю.В. Венжик). В КГПУ велись работы по минеральному питанию различных сортов сельскохозяйственных растений (Т.В. Петрова), по морфогенезу и продуктивности плодово-ягодных культур (И.В. Ильина).

История становления физиологии растений в Карелии свидетельствует об ее тесной тематической связи с развитием этого направления науки в России, в подготовке кадров принимали участие как высококвалифицированные специалисты Карелии, так и других ведущих научно-исследовательских институтов страны (ИФР, БИН, ВИР и др.). Именно физиологи растений в Карелии возглавляли и возглавляют на уровне Президиума Карельского научного центра академическую науку (В.П. Дадькин, А.Ф. Титов), были директорами академических институтов (А.И. Коровин, С.Н. Дроздов), стали член-корреспондента РАН (Р.К. Салаяев, А.Ф. Титов). Особенностью развития физиологии растений в Карелии на современном этапе является ее тесная интеграция со смежными науками (использование методов и привлечение специалистов), а так же интеграция вузовской и академической науки. В Институте биологии КарНЦ РАН работает специализированный совет по защитах кандидатских диссертаций по специальности «физиология и биохимия растений». На протяжении более, чем 60-летней истории развития физиологии растений в Карелии по специальности «физиология растений» и «физиология и биохимия растений» было защищено 12 докторских и более 70 кандидатских диссертаций. Результаты работ представлены в 22 монографиях и многочисленных публикациях в различных отечественных и зарубежных журналах: «Доклады РАН», «Физиология растений», «Онтогенез», «Ботанический журнал», «Лесоведение», «Физиология и биохимия культурных растений», «Успехи современной биологии», «Генетика и селекция», «Physiologia Plantarum», «Plant Growth Regulation», «Biotronics» и др. Результаты экспериментальных исследований в области физиологии термоустойчивости и продуктивности растений представлены в серии сборников статей, изданных в ИБ КарНЦ РАН с 1978 по 1994 гг.

Работа физиологов растений Карелии поддерживается различными российскими и международными фондами: РФФИ, Баренц-секретариат, INTAS, Совет Министров Северных Стран и др.

Ведущие физиологи растений принимают активное участие в общественной работе города, РК и России. С.Н. Дроздов неоднократно избирался членом районного, городского и республиканского Совета народных депутатов, длительное время возглавлял Общество охраны природы РК, до настоящего времени он председатель Карельского отделения общества физиологов растений России. А.Ф. Титов является членом Общественной палаты РФ. Ряд физиологов растений Карелии были удостоены высоких званий заслуженных деятелей науки РФ (С.Н. Дроздов, А.Ф. Титов, В.К. Курец) и РК (С.Н. Дроздов, Ю.Е. Новицкая, А.Ф. Титов, В.К. Курец, Е.Ф. Марковская).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ**

**Н. Н. Немова**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В рамках основных направлений научных исследований в течение всего периода существования института (более 50 лет) проводилось изучение биологического разнообразия и оценка биологических ресурсов Республики Карелия и прилегающих к ней территорий. В последнее десятилетие эти исследования были поддержаны как российскими (Министерством науки РФ, РФФИ, Министерством природных ресурсов РФ и др.) так и международными (Министерством окружающей среды Финляндии, Советом Министров Северных стран, INTAS, Академией Финляндии, Комитетом ох-

раны окружающей среды Швеции, Сельскохозяйственным университетом Норвегии, Министерством сельского хозяйства и леса Финляндии, Европейским союзом и др.) фондами и программами. В последние 5 лет эти исследования осуществлялись в рамках программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Научные основы сохранения биоразнообразия России» и отделения биологических наук РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами».

В Конвенции о биологическом разнообразии, ратифицированной Российской Федерацией в 1994 г., приводится следующее определение **биоразнообразия**: «биологическое разнообразие означает вариабельность живых организмов из всех источников, включая среди прочего, наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются; это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем» (Международное законодательство по охране биосферы, 1995). Сохранение и неистощительное использование биоразнообразия определено в качестве стратегической цели в Экологической доктрине Российской Федерации.

В понятие «**биологические ресурсы**» включаются живые организмы и их сообщества, продукция и жизнедеятельность которых используются или могут быть использованы человеком. Уникальным свойством биоресурсов, отличающим их от других видов природных ресурсов, является способность к самовоспроизводству и самовосстановлению при условии рационального (неистощительного) использования и сохранения среды обитания. Следует отметить, что именно «пользовательский» аспект определяет грань различий между просто биологическим объектом и биологическим ресурсом, переводя его в категорию экономической и социальной значимости (Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами, 2005).

Эффективное сохранение биоразнообразия и использование биологических ресурсов могут быть основаны только на точных данных о современном состоянии и тенденциях изменения объектов живой природы, на знании механизмов формирования разнообразия биосистем и его влиянии на биосферные процессы и характеристики среды (Научные основы сохранения биоразнообразия России, 2006). Эти исследования являются приоритетными для биологической науки, и имеют не только теоретическое, но и важное практическое значение.

Результаты изучения биоразнообразия и состояния биоресурсов Республики Карелия и прилегающих территорий, проводимые в Институте биологии (часто в комплексе с Институтом леса КарНЦ РАН) позволили сформулировать некоторые заключения и выводы, имеющие как теоретическое, так и практическое значение при решении различных проблем природопользования на Европейском Севере России.

### **1. Проведена инвентаризация биологического разнообразия и биоресурсов исследуемых районов на экосистемном, видовом и популяционном уровнях.**

Выполнен детальный анализ флоры болотных экосистем, составлен новый список видов для охраны. Исследованы локальные флоры сосудистых растений ряда модельных территорий Карелии, по которым имеются сведения по видовому составу флоры 60-летней давности. Отмечена стабильность в составе флоры аборигенных видов, при отсутствии сильной трансформации или уничтожения местообитаний, и более резкие изменения адвентивной фракции флоры. Установлено, что видовой состав каждой локальной флоры необходимо исследовать в разные сезоны в течение ряда лет, только тогда можно достаточно полно выявить ее состав и установить тенденции изменения. Установлено быстрое расселение по территории Карелии ряда североамериканских, западных и южных видов, активно внедряющихся в луговые (*Thlaspi caerulescens*, *Carex hirta*, *Potentilla thuringiaca*) и вторичные (*Epilobium adenocaulon*, *Lupinus polyphyllus*, *Juncus tenuis*) сообщества. Исследованы локальные флоры листостебельных мхов ряда модельных территорий Карелии, по которым имеются сведения по составу бриофлоры 60-летней давности. Выявлена стабильность видового состава мхов на небольших территориях при отсутствии трансформации их местообитаний. Половина редких видов мхов, внесенных в Красную книгу Карелии, все еще не выявлена вновь через 60-100 лет после их обнаружения в регионе. Необходим пересмотр списка редких видов мхов и подготовка нового издания Красной книги Республики Карелия. Осуществляемый мониторинг состояния популяций некоторых видов орхидных в южной Карелии свидетельствует о том, что отмеченные колебания по общей численности, плотности особей и возрастному составу носят скорее естественный характер. Самовозобновление происходит успешно, и при отсутствии каких-либо антропогенных нарушений их местообитаний сокращение численности не должно произойти в ближайшие годы. Учеты численности и структуры модельных популяций многолетних растений можно прово-

дуть через 3–5 лет, а древесных пород еще реже. Только длительный мониторинг (20 и более лет) на сети постоянных пробных площадей позволит выявить тенденции динамики биоразнообразия регионов тайги.

Впервые в России разработана детальная тополого-экологическая классификация растительных сообществ болот. Описано 57 ассоциаций, объединенных в группы и 4 класса, которые выделены по типам водно-минерального питания. Дана подробная характеристика описанных синтаксонов, включая состав их ценофлор. Выполнено сравнение классификации с другими, построенными на иных принципах, показана возможность сопоставления их синтаксонов разного уровня. Предложенная классификация хорошо отражает ценоотическое разнообразие бореальных болот и является научной основой для решения вопросов охраны растительного покрова и рационального использования ресурсов. Эти данные свидетельствуют о важной роли болот в таксономическом разнообразии региона. Разработаны и апробированы методы исследования палеоэкосистем на фоне динамики природных факторов в позднеледниковье и голоцене. Предложен прогноз развития болот и лесов на следующее тысячелетие. Для графического представления размещения в экологическом пространстве выделенных синтаксонов, а также уточнения экологического и флористического сходства ассоциаций и их групп, была выполнена ординация ассоциаций методом бестрендового анализа соответствия. В экологическом пространстве на ординационной диаграмме, на которую приходится 37,8 % изменчивости, четко выделились 4 градации местообитаний по условиям увлажнения и 3 – по условиям минерального питания (**лаб. болотных экосистем**).

Установлено, что для большинства видов на периферии ареала характерна смена относительно обилия и резких депрессий численности. Доказано, что местное население птиц таких видов ежегодно формируется из значительного числа особей, родившихся за пределами гнездовой территории их родителей – в пределах нормы и оптимума их ареалов. Даже уничтожение ранее известных популяций редких видов в северных регионах часто не означает исчезновение этих видов, так как велика вероятность их нахождения в других пунктах с благоприятными для них условиями. Происходит активное расселение также некоторых аборигенных видов по таким местообитаниям в северном направлении.

Анализ многолетней динамики численности видов-доминантов среди мелких млекопитающих, выполненный с применением оригинальной скрининговой процедуры факторного анализа показал, что такие параметры популяции как интенсивность размножения, выживаемость и общая численность этих животных связаны главным образом с демографической ситуацией в популяции осенью предшествующего года и условиями зимовки.

Основными факторами, определяющими изменение видового состава, динамику ареалов, численности охотничьих животных, структурных изменений, происходящих в экосистемах с их участием, играют факторы антропогенные. Так, отступление к северу россомахи и лесного северного оленя и сокращения их численности стало следствием прямого преследования человеком. Несомненно, что существенные изменения распространения и численности происходят и в результате многолетних периодических изменений численности, так называемых «волн жизни», что установлено для ряда видов. Названные и многие другие периодические и непериодические явления в жизни птиц и млекопитающих, а также управление их популяциями и охрана, продолжают оставаться основными направлениями исследований зоологов (**лаб. зоологии**).

Изучено влияние почвенного разнообразия на формирование структуры биогеоценозов; разработана система индексов и показателей, характеризующих таксономическое почвенное разнообразие (**лаб. экологии и географии почв**).

Использование концепции фаунистических комплексов показало, что с продвижением к югу происходит постепенная замена рыб арктического пресноводного комплекса на представителей бореального — равнинного и понто—каспийского и аналогично возрастает разнообразие рыбного населения и его продукция. Многолетний мониторинг показал, что эвтрофирование и селективный промысел приводят к существенным изменениям в структуре и продуктивности рыбного населения озерных экосистем. В озерах Южной Фенноскандии коренным образом меняется состав ихтиофауны. Число видов рыб в каждом озере возрастает до 10–14. При этом из озер исчезают практически все лососевые рыбы, а кумжа и голец по-прежнему остаются в составе ихтиофауны только в крупных озерах или озерах и реках Беломорского бассейна. Разнообразие рыб возрастает как по числу видов (10–14 в каждом озере и до 20 во всем регионе), так и по числу экологических форм у сига (5 форм во всем регионе), ряпушки (2 формы) и гольца (2–3 формы). С повышением биомассы зоо-

планктона (0,6-1,7 г/м<sup>3</sup>) и бентоса (1-15 г/м<sup>2</sup>) повышается и общая ихтиомасса в водоемах: если для озер Лапландии она составляла 6-15 кг/га, то в этом регионе она уже равна 20-50 кг/га. Существенно изменяются не только численность и биомасса отдельных видов рыб, но и соотношение представителей экологических групп различающихся по характеру размножения. Преимущество в водоеме получают рыбы с весенним нерестом и коротким периодом инкубации—корюшка, окуневые и карповые. Сиговые рыбы с осенним нерестом и длительным инкубационным периодом, вследствие заиления нерестилищ, значительно сокращают свою численность.

При бедной кормовой базе северных водоемов стратегия выживания рыб может идти по нескольким направлениям (образование проходных форм, которые уходят на откорм в море; преобладание эврифагии, переход летом на экзогенный вид пищи в виде падающих на воду насекомых и сносимого в реках сестона, распределение трофических ниш между разными популяциями и т.п.) Во всех исследованных водоемах северной части Фенноскандии основу биомассы составляют рыбы арктического пресноводного комплекса - 72,5%, причем в основном это разные формы сига *Coregonus lavaretus* (L). Значительно реже встречаются в составе ихтиофауны и составляют меньшую долю в опытных уловах представители бореального предгорного комплекса (25,5%), бореального равнинного (1,5%), и совсем малая часть ихтиомассы приходится на рыб морского бореально-атлантического (0,4%) и арктического морского (0,1%). Изучены пути расселения и становления лососевых популяций на территории Фенноскандии в последниковый период. Исследованы механизмы и условия формирования биоразнообразия на внутривидовом уровне, на примере рыб. (**лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных**). На примере лосося вскрыты биохимические механизмы дифференцировки молоди на разные фенотипические группы, различающиеся по своей миграционной активности и характеру освоения местообитаний (**лаб. экологической биохимии, лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных**).

Исследованы модели динамики природных сообществ в условиях развития эпизоотических процессов, обусловленных антропогенным расширением ареала паразитов. На основании изучения биоразнообразия паразитов животных и растений Севера получены новые данные об особенностях их биологии и экологии. На примере паразитов рыб озерно-речных систем северной Европы показаны закономерности становления фауны и пути расселения паразитов лососевидных рыб. Показаны зоогеографические различия формирования фауны паразитов озерно-речных систем Белого, Баренцева и Балтийского морей Разработана концепция формирования фауны паразитов рыб эвтрофируемых пресноводных экосистем. Видовое разнообразие формируется за счет паразитов карповых рыб, при этом возрастает разнообразие и численность личинок трематод.

Составлен конспект фауны паразитов массовых видов мелких млекопитающих, показано, что основу видового богатства Европейского Севера составляют виды, которые пришли из южных районов Палеарктики. При этом фауна гельминтов Северо-западной Палеарктики существенно беднее, чем в Восточной Палеарктике, которая не была покрыта льдом в Плейстоцене Межгодовая динамика численности активных фаз развития таежного клеща и мелких млекопитающих на территории среднетаежных лесов Карелии показала, что основным фактором, определяющим активность природного очага клещевого энцефалита, является численность ведущего носителя инфекции и основного прокормителя таежного клеща – европейской рыжей полевки. Изучение фауны почвообитающих нематод естественных биоценозов Карелии, что позволило установить состояние нормы в природных экосистемах для сообществ нематод. Показана островная специфичность сообществ почвенных нематод, заключающаяся в существовании неполночленных сообществ нематод и супердоминировании отдельных видов (**лаб. паразитологии животных и растений**).

Полученные результаты позволили сформулировать важные теоретические обобщения и гипотезы о механизмах формирования биоразнообразия в разных условиях среды

## **2. Выявлены виды-индикаторы антропогенного воздействия на водные и наземные экосистемы Карелии и прилегающих районов.**

Показано доминирование сиговых рыб характерное для всех водоемов Голарктики. Рыбное население из девственных водоемов Финской Лапландии представлено небольшим числом видов (8-10). Его основу по биомассе составляют представители арктического пресноводного фаунистического комплекса (60-90%), из которых ведущее место принадлежит сигу. Именно сиг является видом индикатором при оценке состояния северных экосистем. Полученные материалы подтверждают точку зрения ряда авторов, что сложность и устойчивость структуры северных экосистем достигается не только количеством видов, но и числом внутривидовых форм у сига и гольца, которые в

энергетическом плане равноценны самостоятельным видам (**лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных**).

Данные по плотности популяций нематод, соотношению их эколого-трофических групп, приуроченности отдельных видов к определенным местообитаниям, степени зрелости сообществ нематод можно использовать для прогнозирования состояния почвенной экосистемы. Высказано предположение, что трофическая структура сообществ нематод может использоваться для прогнозирования путей разложения органического вещества в почве. Исследована фауна почвообитающих нематод естественных биоценозов Карелии, что позволило установить состояние нормы в природных экосистемах для сообществ нематод. Дана оценка показателям, характеризующим популяционную структуру фауны нематод (индекс разнообразия, индекс зрелости сообществ, индекс приуроченности видов к местообитанию, соотношение эколого-трофических групп нематод) и показана возможность их применения для прогнозирования состояния почвенной экосистемы. Экспериментально на модельных видах подтверждены биоиндикационные свойства почвенных нематод (**лаб. паразитологии животных и растений**).

Использование биохимических методов при изучении влияния антропогенной нагрузки на водные экосистемы показало, что состояние клеточного метаболизма рыб и водных беспозвоночных может служить дополнительным биоиндикатором, позволяющим выявлять такие воздействия на ранних этапах (**лаб. экологической биохимии рыб**).

Предложенные принципы выделения видов-индикаторов для проведения орнитологического мониторинга учитывают с одной стороны, многообразие связей птиц со средой обитания, с другой стороны многоликость антропогенных воздействий на природу. Показано, что нестабильность численности вида не всегда является признаком его неблагополучия. Для периферийных поселений птиц это норма существования. Поэтому мониторинг в первую очередь должен базироваться на контроле состояния популяций аборигенных видов, но обязателен и мониторинг периферийных поселений как средство ранней диагностики неблагополучия вида внутри основного ареала. В качестве видов-индикаторов антропогенных воздействий на экосистемы можно использовать такие виды как лебедь-кликун, гусь-гуменник, глухарь, из млекопитающих – выдра, лесной северный олень, россомаха.. Обзор динамики численности и общего состояния популяций «видов-индикаторов» животных северной и средней тайги позволяет констатировать стабильность населения ряда видов, в том числе и бурого медведя. Вызывает серьезные опасения продолжающийся процесс сокращения численности лесного северного оленя. Необходимо принятие немедленных мер по его охране и воспроизводству (**лаб. зоологии**).

### **3. Установлены закономерности и механизмы развития инвазийных процессов на территории Республики Карелии.**

Показано, что необратимые изменения фауны млекопитающих, структуры и функционирования биоценозов произошли в результате интродукции новых видов: ондатры, американской норки, енотовидной собаки, канадского и европейского бобров (**лаб. зоологии**).

В составе ихтиофауны Карелии впервые появляются представители южного комплекса — понто-каспийского (лещ и уклейка), хотя по биомассе они составляют в уловах всего лишь 3,0%. Эти водоемы еще достаточно холодны для этих видов, поэтому они не достигают высокой численности и биомассы. Поэтому в водоемах Карелии пока еще нет рыб, питающихся только фитопланктоном или макрофитами (изредка их поедает плотва), настоящие фитофаги обитают только в южных водоемах. Практически не занята ниша илофагов и детритофагов (частично это восполняет лещ), однако это тоже экологические ниши рыб южного происхождения, условия жизни для которых в водоемах Южной Фенноскандии не пригодны.

На примере корюшки, обитающей в Сямозере показано, что вселение нового вида, особенно хищника, всегда влечет за собой перестройку всех звеньев пищевой цепи, а следовательно, и перестройку всего сообщества. Поэтому интродукция нового вида должна быть тщательно обоснована в виду значительного экологического и экономического риска. Как показали наши исследования изменения в структуре рыбного населения Сямозера, в основном, повлияли промысел, эвтрофирование и спонтанное вселение корюшки. Появление корюшки в водоеме и падение численности сиговых вызвали большие изменения в системе пищевых отношений хищных рыб Сямозера, которые в водоеме представлены судаком, налимом, щукой и окунем. У молоди всех хищников во вновь сложившихся условиях отмечается более длительное питание зоопланктоном, уменьшение или выпадение бентосного периода откорма. С вселением корюшки коренным образом изменилась струк-

тура трофических связей. Если раньше в водоёме было два равных потока: 1) зоопланктон – ряпушка -- хищные рыбы и 2) бентос –рыбы-бентофаги — хищные рыбы, то теперь первый путь явно преобладает над вторым. Впервые нашими исследователями для Сямозера рассчитан поток вещества и энергии по трофическим цепям и показано, что основной поток идет через зоопланктон. В связи с этим резко возросла продукция рыб-планктофагов: В составе ихтиофауны Карелии впервые появляются представители южного комплекса — понто-каспийского (лещ и уклейка), хотя по биомассе они составляют в уловах всего лишь 3,0%. Эти водоемы еще достаточно холодны для них, здесь они не достигают высокой численности и биомассы. Поэтому в наших водоемах пока еще нет рыб, питающихся только фитопланктоном или макрофитами (изредка их поедает плотва), настоящие фитофаги обитают только в южных водоемах. Практически не занята ниша илофагов и детритофагов (частично это восполняет лещ), однако это тоже экологические ниши рыб южного происхождения, условия жизни для которых в водоемах Средней Карелии не пригодны (**лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных**).

Мониторинг биоразнообразия флоры сосудистых растений и мхов может быть организован в условиях таежной зоны России на сети предварительно хорошо изученных локальных флор, частично приуроченных к охраняемым природным территориям различного статуса, научным станциям. Наряду с наблюдениями за составом флоры, в пунктах мониторинга необходимо изучение динамики и устойчивости ценопопуляций индикаторных видов, списки которых должны быть региональными и включать как массовые, так и редкие виды. Более активно меняется адвентивная флора, ежегодно выявляются новые заносные виды, а также быстрое расселение некоторых из них по территории региона по вторичным и нарушенным местообитаниям. Составной частью мониторинга должно стать наблюдение за проникновением и расселением заносных видов, как элементов “биологического загрязнения” (**лаб. болотных экосистем**).

#### **4. Разработаны методические рекомендации по сохранению и восстановлению биологического разнообразия и использования биологических ресурсов.**

Исследования инвентаризационного и мониторингового характера за состоянием популяций ресурсных видов растений и животных позволяют разрабатывать и оперативно представлять в различные государственные организации и частные фирмы рекомендации по использованию ресурсных видов растений и животных.

Примером работы в данном направлении могут служить полученные данные по влиянию на орнитофауну различных методов ухода за лесом. Особое место в исследованиях, выполненных на территории Карелии, занимала разработка методов привлечения птиц, с особым вниманием к группе открытогнездящихся дендрофильных видов. Всего разработано и испытано в природе около 100 различных методов, на 18 из которых получены Авторские свидетельства об изобретении. Экспериментами в природе подтверждена более или менее высокая привлекательность отдельных методов для птиц. Показано, что их использованием можно управлять

Состав аборигенной флоры таежной зоны европейской части России, при условии сохранения основных типов местообитаний слагающих ее видов, стабилен. Давать прогнозные оценки изменений аборигенной флоры Карелии в настоящее время затруднительно. Это относится и к другим северо - и среднетаежным регионам европейской части России, так как их флора также изучена недостаточно детально. Даже уничтожение ранее известных популяций редких видов в северных регионах часто не означает исчезновение этих видов, так как велика вероятность их нахождения в других пунктах с благоприятными для них условиями. Более активно меняется адвентивная флора, ежегодно выявляются новые заносные виды, а также быстрое расселение некоторых из них по территории региона по вторичным и нарушенным местообитаниям. Происходит активное расселение также некоторых аборигенных видов по таким местообитаниям в северном направлении.

Оценка численности охотничьих животных позволила рассчитать нормы использования популяций ресурсных видов: лося, лесного северного оленя, кабана, медведя, пушных зверей с целью устойчивого использования их популяций. Материалы регулярно передаются в Россельхознадзор и Управление охраны окружающей среды по Республике Карелия. По этим представлениям в Карелии запрещена охота на росомаху, выдру, рысь, значительно ограничены квоты добычи лесного северного оленя и кабана.

По предложениям орнитологов института решается вопрос рекультивации части заброшенных угодий в Олонецком районе Республике Карелия, где расположены крупнейшие в Европе весенние скопления пролетных гусей и других водно-болотных птиц. Для таежной зоны разработан комплекс

мер сохранения разнообразия орнитофауны и предотвращения их концентрации на гражданских и военных аэродромах и их окрестностей. Соответствующие предложения разрабатываются для сельскохозяйственных угодий и городского паркового хозяйства. Для сельскохозяйственных территорий, кроме того важна и разработка мер, предотвращающих их заселение некоторыми видами птиц.

Результаты исследований гидробионтов и ихтиофауны, в частности, в озерно-речных экосистемах Европейского Севера России используются при составлении ежегодных прогнозов возможного вылова рыбы и при экономической оценке мероприятий по рациональному использованию рыбных запасов Государственным комитетом окружающей среды по Республике Карелия, Карелрыбводом, Карелрыбпромом и другими организациями, имеющими отношение к рыбной отрасли. Методика оценки воздействия форелевого комплекса на озерно-речную экосистему применяется для экспертной оценки в различных хозяйствах региона. Результаты исследований лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных могут служить основой для экологического прогнозирования изменений в структуре гидробионтов при антропогенном воздействии и в других регионах страны.

Предложены новые эффективные, экологически безвредные средства защиты картофеля для регуляции численности картофельной нематоды, не снижающие продуктивность культуры. Получен патент на изобретение «Нематицидное средство против картофельной цистообразующей нематоды». Показана возможность утилизации отходов деревообрабатывающего и целлюлозно-бумажного производства, что способствует уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду (патент).

Режимы эксплуатации ценопопуляций ряда видов лекарственных растений болот (багульника болотного, вахты трехлистной, росянки, подбела, касандры, сабельника болотного) разработаны лабораторией болотных экосистем и были переданы в Государственный комитет охраны окружающей среды по РК, Аптекоуправление, Министерство лесного хозяйства РК, а также опубликованы в научно популярных изданиях. Часть опытов по скорости восстановления ценопопуляций растений продолжается и в настоящее время. По научным обоснованиям Института в Республике Карелия в течение многих лет устанавливались начальные сроки сбора ягод (Постановлением Правительства РК). Однако в последние годы эти сроки не устанавливаются, и собирается много незрелых ягод с потерей их урожая и качества. Основная причина – органы местного самоуправления не считают нужным опираться на научную информацию, предоставляемую им безвозмездно. По-видимому, такая проблема стоит не только в нашем регионе. Лицензии на заготовку и экспорт ягод, выдававшиеся Государственным комитетом охраны окружающей среды по РК, частично согласовывались с Институтом. В обязательном порядке проходят экспертизу и согласование в Институте заявки фирм и частных предпринимателей, пытающихся организовать массовую заготовку и экспорт кустистых лишайников (оленьего мха) в европейские страны.

Разработана рекомендация по использованию многолетних злаковых трав луговых фитоценозов островов Онежского и Ладожского озер для рекультивации земель. По результатам многолетних маршрутных и стационарных исследований получены оценки ресурсов ряда ягодных и лекарственных растений болот, разработаны рекомендации по их рациональному использованию. Установлены высокие флуктуации урожайности ягод клюквы, и особенно морошки, обусловленные климатическими и фитоценозическими факторами.

На основе ГИС-технологий (компьютерные программы MapInfo и ArcView) разработана методика дешифрирования растительного покрова основных типов болотных участков на космических снимках, которая использована для создания различных тематических карт, оценки ресурсов болот и разработки основ их рационального использования. Что касается состава аборигенной флоры таежной зоны европейской части России, то при условии сохранения основных типов местообитаний слагающих ее видов, он достаточно стабилен. Давать прогнозные оценки изменений аборигенной флоры Карелии в настоящее время затруднительно. Это относится и к другим северо- и среднетаежным регионам европейской части России, так как их флора также изучена недостаточно детально. Выделены виды растений, обитающие на болотах, нуждающиеся в различных формах охраны и мониторинге. Эти материалы используются при подготовке новой редакции Красной книги Карелии.

Результаты по изучению биоразнообразия и оценке биологических ресурсов постоянно находят применение в практической деятельности. Значителен вклад института в области охраны природы Карелии. Совместно с российскими и финскими специалистами при участии Министерства экологии и природных ресурсов РК изданы Красные книги Карелии и Восточной Фенноскандии. На ос-

новании научных обоснований, разработанных нашими учеными, приняты постановления правительства РФ и РК о создании ряда особо охраняемых природных территорий.

По ряду вышеперечисленных и других разработок получены патенты, которые защищают приоритет института.

**5. Разработка рекомендаций для экологического туризма.** Работа по данному направлению ведется в рамках отдельных международных и региональных проектов как по линии программы «Тасис», так и с Министерствами и комитетами Республики Карелия. Изданы информационные материалы и серия карт с указанием объектов экологического туризма.

**6. Разработка и совершенствование нормативно-правовой базы по использованию и охране биологического разнообразия.**

Правительство Республики Карелия и Министерство промышленности, науки и технологий РФ в 2000 г. подписали Генеральное Соглашение о сотрудничестве по широкому кругу вопросов в научно-технической сфере. В соответствии с программой реализации Соглашения Институт биологии в сотрудничестве с другими институтами Карельского научного центра РАН подготовил проектного варианта регионального закона «О биологическом разнообразии Республики Карелия». Законопроект направлен на регулирование различных интересов общества в области сохранения и восстановления биологического разнообразия, среды обитания объектов животного и растительного мира и устойчивого использования биологических ресурсов.

Результаты научных исследований сотрудников института имеют важнейшее значение и уже сегодня могут быть использованы для корректировки принципов управления биологическим разнообразием и биологическими ресурсами, оптимизации механизмов их сохранения и неистощительного использования. Вместе с тем, очевидно, что исследования должны быть продолжены, в том числе и с целью формирования государственной политики в области сохранения биоразнообразия и рационального использования биологических ресурсов, учитывая ключевую роль природных систем России в поддержании биосферных процессов.

## **ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Н. Н. Филатов**

*Институт водных проблем севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

При углублении процесса глобализации к середине XXI века мир может неизменно измениться по сравнению с настоящим, встанут проблемы перераспределения ресурсов, в том числе и водных, а продажа воды даже на большие расстояния станет весьма актуальной. Положение еще более обострится с ростом населения, изменением климата и развитием экономики. Поэтому проблемы сохранения, рационального использования богатейших водных ресурсов Севера сегодня и в будущем являются чрезвычайно важной научной и практической задачей.

Водный фонд Российской Федерации и его ресурсы являются национальным достоянием страны. При этом ресурсы поверхностных и подземных вод Европейского Севера в значительной мере определяют развитие экономики региона (минеральные и лесные ресурсы, гидроэнергетика, водный транспорт, питьевое водоснабжение, рекреация) в настоящем и представляют стратегический интерес для будущего не только нашей страны, но и зарубежья. Располагая значительными ресурсами (крупнейшие озера Европы - Ладожское и Онежское, озерно-речные системы, подземные воды) и используя их незначительную часть, население Севера РФ испытывает проблемы с обеспечением питьевой водой высокого качества. Отмечается загрязнение, эвтрофирование, закисление водных объектов, их нерациональное использование.

Как решаются проблемы оценки состояния и тенденции изменения водных ресурсов, их качества, запасов в настоящее время и в перспективе - эти вопросы находятся в компетенции Института

водных проблем Севера, который был создан в 1991 г. на базе Отдела, который вошел в состав Карельской базы АН СССР в 1991 г.

На первом этапе работ Отдела в 40-х-70-х годах прошлого века Отдел выполнял планомерное изучение, инвентаризацию внутренних водоемов Карелии и ее водного фонда для нужд народного хозяйства. Были даны научные обоснования по повышению рыбной продуктивности водоемов, подобран озерный фонд для создания хозяйства, составлены рыбопромысловые атласы. Разрабатывалось энергетическое направление использования вод региона. В эти же годы выполнены исследования по совершенствованию системы водоснабжения и водоочистки. Оценены топливные и энергетические ресурсы, проведено их районирование, выявлено влияние гидротехнического строительства на развитие водного хозяйства и комплексного использования внутренних вод. В 60-70-х годах с развитием промышленности, сельского хозяйства проводится интенсивная мелиорация региона и изучаются проблемы влияния этой деятельности на водные системы. В 80-х гг. Отдел расширяет сферу своей деятельности как в Карелии, так и в Архангельской области по изучению влияния целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности на водные системы, их загрязнение. В эти годы интенсивного промышленного развития страны Отдел проводит широкий комплекс исследований при проектировании и строительстве г. Костомукша и горно-обогатительного комбината (ГОКа). Отдел участвует в общесоюзной программе по научному обоснованию перераспределения водных ресурсов СССР. Выполнены исследования на водоемах Карельского региона, Архангельской области, Белом море. Была показана невозможность использования вод Онежского озера в качестве трассы для “переброски” вод. На практике применялись системные методы изучения, моделирования водных экосистем. В эти же годы Отдел проводит фундаментальные работы по изучению функционирования разнотипных по гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям малых водоемов. Дана оценка запасов, состава и качества подземных вод Карелии, выполнен комплекс работ по изучению минеральных вод и водоемов с лечебными грязями, разработаны рекомендации по их использованию в качестве источников питьевого водоснабжения и в бальнеологических целях (озеро Габозеро, ресурсы которого используются для знаменитого курорта Марциальные воды).

В конце 80-х г. в связи с перспективами строительства гидроаккумулирующей и атомной станций выполнены комплексные исследования уникальной экосистемы озера Паанаярви. Дано заключение о недопустимости намечаемого строительства ГАЭС, выполнено научное обоснование для создания национального парка “Паанаярви”. Отдел большое внимание уделяет программам, посвященным разработке социально-экономических, научно-технических и эколого-экономических долгосрочных прогнозов развития народного хозяйства Карельской АССР.

В 1988-1991 гг. наибольшее внимание Отдел уделяет фундаментальным исследованиям процессов эвтрофирования крупнейших озер Европы—Онежского и Ладожского. Выполнены фундаментальные исследования по общероссийской программе «Разрезы», которую возглавлял Президент АН СССР Г.И.Марчук. В рамках этой программы на Онежском озере осуществлены уникальные эксперименты, которые легли в основу для верификации моделей океана и озер, разработанных в ИВМ и ИО РАН. Тогда же организованы международные исследования с Финляндией, Швецией, Канадой, Японией, Германией и Норвегией. Сведения о ряде озер Карелии включены в Мировой каталог данных озер Мира. В эти годы были заложены основы создания института.

В 1991 г. благодаря поддержке Отделения океанологии, физики атмосферы и географии РАН и Президиума Карельского филиала РАН был создан **Институт водных проблем Севера**. С 1991 г. и по настоящее время ведутся фундаментальные исследования термогидродинамических процессов и полей озер. Большое внимание уделяется выявлению фундаментальных закономерностей процессов эвтрофирования, закисления озер. Активно внедряются новые методы и технологии для изучения водных систем. Это и дистанционные аэрокосмические, ГИС, моделирование. С 1992 г. осуществляется мониторинг многочисленных водных объектов, который постоянно совершенствуется с учетом новых методологических разработок, которые ведет институт.

С 1997 г. началось развитие работ связанных с изучением изменений и изменчивости климата Севера России и влиянием этих изменений на водные системы и водосборы. По результатам исследований были опубликованы статьи в ведущих журналах, монографиях как в России, так и за рубежом, в частности, в издательстве “Springer”.

В последние годы проводятся исследования по разработке экспертной системы, классификации, типизации озер, созданию атласов Онежского озера и озер Севера России. В рамках программ ФЦП

«Мировой океан», «Интеграция», программ РФФИ и международных проектов развернут широкий комплекс экспериментальных работ на Белом море с использованием судовых, спутниковых наблюдений и моделирования. Последние годы разрабатывается новое направление фундаментальных исследований: изучение водных объектов, водосборов как социо-эколого-экономических систем. Первые результаты такого подхода к Белому морю, как социо-эколого-экономической системе, были получены и опубликованы в монографии «White sea: Its Marine Environment and Ecosystem Dynamics Influenced by Global Change». Начаты такие же работы вместе с СПб ЭМИ РАН для Онежского и Ладожского озер. Институт активно ведет фундаментальные научные исследования, которые внедряются в практику. Причем исследования последних лет проводятся как в Карелии, так на разнообразных водных объектах в соседних регионах: Архангельской, Мурманской, Ленинградской областях.

Результаты исследований ИВПС постоянно используются в практике развития экономики и промышленности Карелии, Мурманской и Архангельской областей. Это и исследования для совершенствования питьевого водоснабжения, мониторинга, инвентаризации водоресурсного потенциала. Для обоснования, проектирования и строительства многочисленных ГЭС; оценок эксплуатации предприятий лесной и ЦБП, проектирования, строительства и эксплуатации водозаборных и водосбросных сооружений, обоснования попусков и эксплуатации хвостохранилищ и др. Институт участвует в научном обосновании прокладки трассы магистрального газопровода со Штокманского месторождения, оценке влияния тепловых выбросов Кольской атомной станции, в работах по совершенствованию питьевого водоснабжения, готовит рекомендации для заседаний комитетов Государственной думы и Федерального собрания РФ по вопросам питьевого водоснабжения. В последние годы институт участвует в разработке инновационных проектов, в том числе в рамках программ Минэкономразвития РК. Например, «Разработка и внедрение научно-исследовательских композитных судов проекта «Полярный Одиссей» для сети дрейфующих полярных станций нового поколения, для постоянного мониторинга Арктического и Субарктического регионов с целью комплексного изучения ресурсов Арктики, оценки состояния и прогнозирования изменений экосистем при глобальных климатических и антропогенных воздействиях».

Исследования института последних лет характеризуются комплексностью гидрологических, гидрохимических и гидробиологических работ. В конце XX в. возникли проблемы удовлетворения все возрастающих по сложности и значимости задач, которые ставит перед наукой общество, как на региональном, государственном и глобальном уровнях. Практика поставила перед наукой грандиозную задачу оптимального управления экологическими системами, для решения которой традиционные методы оказались недостаточными.

Основные направления дальнейших исследований института определяются важными запросами страны, фундаментальной науки, практики и вызовами времени. В XXI веке науки, связанные с водой, становятся все более междисциплинарными. Особое значение приобретают работы по оптимальному управлению природными объектами, ресурсами. Многие важные сведения для понимания функционирования озерно-речных систем и прогнозирования их изменений получаются с используемых планируемых экспериментов и внедрения разнообразных моделей. Дальнейшее развитие «наук о воде» должно также учитывать новые современные разработки в области искусственного интеллекта, моделирования, постановки натурных экспериментов и использовать всю мощь имеющихся достижений, чтобы отвечать решению актуальных задач, вызовам времени и, в конечном итоге, должны быть направлены на благо человека живущего в гармонии со средой обитания.

Практика XXI века потребовала от исследователей не то, как оценить, например, биоразнообразие озерных систем, а как его сохранить или изменить видовой состав в желаемом направлении. Институт уделяет серьезное внимание решению таких фундаментальных процессов и явлений в водных экосистемах как проблема влияния «вселенцев» на развитие водных систем Севера. Учитывая то, что деградации водных систем, их старение, и даже экологические катастрофы будут продолжаться, то дело науки вовсе не констатация, описание самого факта, а создание таких теорий, которые смогли бы, если не предотвратить, то хотя бы предвидеть последствия таких катастроф и дать рекомендации по ликвидации их последствий.

Важной задачей становится создание теории динамики водных систем, способной к практическому прогнозированию не только в обычных, но и в экстремальных ситуациях, обусловленных как природными факторами, так и чрезвычайными ситуациями техногенного характера и террористи-

ческой деятельностью. Сегодня уже мало изучать влияние человека на экосистемы, требуется переход к изучению взаимодействия человека и природы. Это породило представление об эколого-экономических и даже социо-эколого-экономических системах, это направление также внедряется институтом.

В XXI науки о Земле (в частности о воде) становятся междисциплинарными, для решения сложных фундаментальных и практических проблем необходимо создание коллективов специалистов различных дисциплин, объединенных единой идеей и целями. И, как показала практика последних лет, такие коллективы создаются на базе Института и при участии Института из состава наиболее подготовленных специалистов, работающих, в разных организациях, а иногда и в разных странах (в частности, Международный научный фонд окружающей среды и дистанционных методов им. Ф. Нансена). Институт сотрудничает с ведущими специалистами, лабораториями, институтами как нашей страны, так и зарубежными. Хорошим примером взаимодействия для решения комплексных проблем является Карельский научный центр, где сосредоточены разнообразные институты, которые комплексно, системно решают фундаментальные научные проблемы и практические задачи обеспечения жизни населения.

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ В КАРЕЛЬСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ**

**Н. Г. Федорец**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Исследования в области лесного почвоведения проводятся в Карельском научном центре около шестидесяти лет. Традиционно основными направлениями исследований являются:

- генезис лесных и болотных почв на землях гослесфонда, их диагностика и классификация;
- структура почвенного покрова в основных типах леса и ландшафтов;
- плодородие почв в лесных биогеоценозах и его оценка;
- биологический круговорот в сосновых, еловых и березовых лесах;
- влияние лесохозяйственных мероприятий на лесные почвы;
- охрана почв и почвенного покрова.

Интенсивная вырубка лесов в 40-50 годы прошлого столетия поставила перед почвоведомы задачу – оценить влияние лесохозяйственных мероприятий на лесные почвы и разработать мероприятия по восстановлению почвенного плодородия. В связи с вышесказанным на территории Карелии началось изучение воздействия различных видов рубок леса и гидромелиорации на современные процессы почвообразования (Р.М. Морозова, Г.Е. Пятецкий, Н.В. Егорова). С 1962 года проводились исследования генезиса и свойств почв под различными типами еловых и елово-березовых лесов. В связи необходимостью повышения продуктивности лесных насаждений начато изучение влияния минеральных удобрений на плодородие лесных почв, включая лесные питомники (Р.М. Морозова В.К. Куликова, Н.Г. Федорец). В заповеднике «Кивач» и на лесобиологическом стационаре Института леса «Кончезеро» проводились комплексные стационарные исследования процессов почвообразования под сосновыми и еловыми лесами на почвах различного гранулометрического состава. Были изучены тепловой, водный, газовый и пищевой режимы почв. Объекты исследований составляли экологические ряды по трофности и увлажнению (Р.М. Морозова, И.П. Лазарева, Г.В. Еруков, А.А. Стрелкова, Н.Г. Федорец, Г.В. Власкова). Опубликован ряд сборников статей, по материалам исследований защищены 4 кандидатских диссертации. Экспериментальные данные легли в основу «Методических рекомендаций по применению удобрений в лесах Карелии»(1981). Материалы исследований, полученные в 60-70 годы, обобщены в коллективных монографиях по биологическому круговороту в ельниках, сосняках и лиственных лесах (Казимиров и др., 1973, 1977, 1978). Начатые в 1975 году исследования структуры почвенного покрова в средне-

таежной подзоне, продолжены в районе Костомукши. В южной Карелии развернулись работы по изучению структуры почвенного покрова лесных ландшафтов и разработке основ классификации лесных земель. На основе Почвенной карты Карелии, составленной в 1957 году и с учетом новых данных о почвах Карелии, полученных в последние 40 лет, была составлена Почвенная карта республики М 1: 1 000 000, на которой показаны как отдельные типы почв, так и их сочетания. Составлен ряд почвенных карт для охраняемых природных территорий, в том числе крупномасштабная почвенная карта Валаамского архипелага, разработана диагностика и классификация буроземных почв (Р.М. Морозова, И.П. Лазарева). В рамках двухстороннего сотрудничества с Финляндией созданы крупномасштабные почвенные карты Российско-Финляндского парка «Дружба», а также приграничной территории Карелии и Финляндии.

На основании многолетних исследований дана характеристика морфологических признаков почв, их физических, химических и биологических свойств, выделены главные лесорастительные показатели и проведено лесорастительное районирование территории Карелии. Разработана бонитировочная шкала почв и оценочная почвенная карто-схема республики. Построены многофакторные модели взаимосвязи плодородия почв и продуктивности сосновых и еловых древостоев в северо-и среднетаежной подзонах Карелии. В результате опубликована монография «Оценка продуктивности лесных почв Карелии, 2000» (Н.Г. Федорец, Р.М. Морозова, С.М. Синькевич, Л.М. Загуральская).

Разрабатываются актуальные вопросы биогеоценологии – круговорот и трансформация органического вещества в лесных биогеоценозах. Основное внимание уделяется соединениям углерода и азота. Результаты данных исследований в 2003 году изложены в монографии Н.Г. Федорец и О.Н. Бахмет «Экологические особенности трансформации углерода и азота в лесных почвах». Защищены 2 кандидатские и одна докторская диссертации.

Большое внимание уделяется функциональной роли лесных почв в различных биогеоценозах и их взаимосвязях с другими компонентами. Опубликована коллективная монография «Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги» (2006), посвященная качественным и функциональным особенностям отдельных компонентов лесных экосистем: почвам, почвенному покрову, растительности, зоо- и микробоценозу. Впервые исследован компонентный состав лесных биогеоценозов, сформировавшихся на коренных породах различного минералогического состава. Сформулирована концепция устойчивости неоднородности свойств почв и почвенного покрова как основы сохранения биоразнообразия лесных экосистем.

Одновременно продолжались исследования влияния антропогенных факторов: применения гербицидов, удобрений; лесосушительной мелиорации, лесозаготовительной техники; рекреации, техногенного загрязнения на почвы республики, а также разрабатывались приемы утилизации отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

Заложены основы почвенного мониторинга: фоновый - на территории заповедника «Кивач», локальный - в районе действия Костомукшского горно-обогатительного комбината, а также на территории Петрозаводска. Опубликованы две монографии: «Состояние сосняков в районах Карельского перешейка и Костомукши-Кайнуу» на русском и финском языках, а также «Эколого-микробиологическая оценка состояния почв города Петрозаводска». В рамках международного проекта «Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe» (1990-2006 г.г.) исследовалось состояние окружающей среды в республике по химическому анализу зеленых мхов. По материалам экспериментальных исследований в 1999 году опубликован атлас цветных карт «Загрязнение лесной территории Карелии тяжелыми металлами и серой» (Н.Г. Федорец, В.В. Дьяконов, П.Ю. Литинский, Г.В. Шильцова).

В настоящее время проводимые исследования посвящены фундаментальной проблеме почвоведения, связанной с изучением передвижения и перераспределения химических элементов в лесных биогеоценозах, определяющих направленность почвообразовательного процесса, экологического состояния почв и формирование почвенного плодородия. Изучается трансформация минеральных веществ почвы, функциональная роль органического вещества, проводится оценка экологического состояния лесных земель на территории Восточной Фенноскандии. Подготовлен к публикации «Геохимический атлас почв Карелии».

Значительное развитие в Институте леса Кар НЦ РАН получили исследования в области биологии лесных почв. Рассматривался состав микробоценоза в почвах различных типов леса, уделялось внимание изучению влияния лесохозяйственных мероприятий на жизнедеятельность почвенных

микроорганизмов. Выявлены пути оптимизации биологической активности торфяно-болотных почв, определяющие изменение лесорастительных условий при осушении и внесении удобрений (Л.С. Козловская, Л.М. Загуральская).

С 1968 года ведется стационарное изучение условий функционирования сообществ почвенных организмов, их роли взаимодействия в процессах разложения органического вещества и торфообразования. Исследования почвенных биологов на суходолах начались в 70-е годы в связи с необходимостью комплексной экологической оценки влияния минеральных удобрений на деструкцию органического вещества и применения новой лесозаготовительной техники в леса Карелии. Изучаются структурно-функциональные особенности сообществ почвенных микроорганизмов, их роль в почвообразовательном процессе, выделены сукцессионные ряды. Разработаны методы микробиологического тестирования ранних стадий деградации почв при аэротехногенном загрязнении (Н.И. Германова, М.В. Медведева).

В настоящее время проводится углубленное изучение биохимического состава органического вещества почв, включая азотсодержащие соединения, исследуется воздействие коренных и почвообразующих пород на химические показатели почв в различных типах леса, развивается новое направление исследований -микроморфология (Н.Г. Федорец, О.Н. Бахмет).

Открыта аспирантура по специальности «почвоведение», в которой обучается 4 человека, исследуются вопросы воздействия различных систем рубок леса на химические свойства почв и их экологическое состояние, микроэлементный состав почв в различных лесных ландшафтах, особенности химического состава органического вещества и азотного фонда почв в почвах хвойных и лиственных лесов,

Планируются исследования группового и видового состава микрофлоры, трансформирующей соединения углерода и азота в почве.

Организован филиал кафедры агрономии и почвоведения Петрозаводского Государственного университета.

На протяжении 40 лет функционирует Карельское отделение Докучаевского общества почвоведов.

## **КОМПЛЕКСНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ РК**

### **В. В. Щипцов**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Геологические приоритеты на территории Республики Карелия, во-первых, исходят из того, что Карельская часть Фенноскандинавского щита представлена природной мозаикой, составленной докембрийскими структурно-вещественными комплексами различных геодинамических обстановок и сопряженными с ними полигенными рудоносными системами; во-вторых, обладает огромным минерально-сырьевым потенциалом металлов и промышленных минералов и горных пород. Фундаментальной задачей остается познание истории формирования земной коры и взаимодействия в системе «кора-мантия» на древнейших этапах эволюции Земли. Кроме того, поддерживается многопрофильность проводимых институтом исследований в области горно-геологических наук. Успех развития геологии докембрия во многом связан с комплексностью исследований. Комплексный геологический подход к изучению докембрия, в первую очередь, Карельской части Фенноскандинавского щита отличал институт с первых шагов его становления.

Фундамент современных представлений о геологии Карелии закладывали в советское время А.А.Полканов, К.О.Кратц, М.А.Гилярова, Л.Я.Харитонов, К.А.Шуркин и др. Они были тесно связаны своей деятельностью с Карело-Финской научно-исследовательской базой АН СССР, а затем филиала АН СССР. С 1946 г. в состав базы входит сектор геологии (впоследствии отдел) с химической лабораторией и шлифовальной мастерской. Организатором и первым заведующим сектора стал проф.П.А.Борисов.

Уже с 1949 года развернулись тематические исследования по стратиграфии протерозойских образований республики под руководством К.О. Кратца. Эти исследования позволили разработать на основе фациально-тектонического анализа стратиграфическую схему протерозоя Карелии и тектоническую схему Карелии. В.А.Соколов занялся трудоемкой работой по составлению первых фациальных и палеогеографических карт. Создавался фундамент по оценке минерально-сырьевой базы Карелии. Большая роль в этом принадлежит «отцу карельской геологии» П.А.Борисову. Изучение четвертичных отложений и геоморфологии было начато Г.С. Бискэ, возглавившей группу четвертичников, которая за короткий срок составила карты четвертичных отложений и геоморфологии Западной Карелии.

В 1960 году назрела задача преобразования отдела в Институт геологии. В постановлении Президиума АН СССР отмечается, что в целях усиления и расширения научно-исследовательских работ по геологии и технологическому использованию минеральных богатств КАССР организовывается Институт геологии. Основные направления включали: научные основы геологии докембрия Балтийского щита; магматизм, минералогия и геохимия, металлогения, тектоника и структура рудных полезных ископаемых; изучение проблем четвертичной геологии и геоморфологии Карелии и смежных областей; разработка вопросов прикладной геологии, в т.ч. поисковых критериев по рудным и нерудным ископаемым; технико-экономическое обоснование освоения и использования в народном хозяйстве минеральных богатств Карелии; изучение проблем инженерной геологии и гидрогеологии на территории Карелии.

В последующем проблемные современные направления института определены ОГГГН РАН в 1997 году - изучение геологического строения и выяснение фундаментальных закономерностей геологических процессов в докембрии; создание модели развития литосферы юго-восточной части Балтийского щита и прилегающих регионов; изучение закономерностей размещения и условий образования полезных ископаемых и создание научных основ развития горнопромышленного комплекса Карелии; исследование новых видов минерального сырья; изучение закономерностей геологических процессов в четвертичном периоде как основы функционирования палео- и современных экологических систем, участие в разработке предложений по охране окружающей среды. Они положены в основу современных научных направлений института, связанных в первую очередь с решением региональных проблем.

Стержнем являются современные научные направления исследований по геологии, глубинному строению и динамике формирования литосферы Фенноскандинавского щита; а также минерагении Карелии. Комплексные технологии: шунгиты, индустриальные минералы. Получили развитие комплексные, междисциплинарные и межрегиональные исследования.

Комплексом геологических методов охарактеризованы опорные разрезы нижнего протерозоя (карелий) в ранге надгоризонтов региональной стратиграфической шкалы: сумий, сарилий, ятулий, людиковий, калевий, вепсий. Выделены основные стратиграфические единицы региональной шкалы - горизонты и определены их стратотипы. Впервые для дорифея установлены биостратиграфические подразделения (слои с фитолитами). На основе синтеза материалов по стратиграфии раннего (дорифейского) докембрия Карелии и изотопно-возрастных данных показано, что региональная стратиграфическая шкала может стать основой для расчленения и корреляции раннепротерозойских отложений всего Фенноскандинавского щита. Установлены закономерности в изменении изотопного состава углерода и кислорода карбонатных пород в интервале от 2,2 до 1,8 млрд. лет, что подтверждает наличие на территории Карелии глобальной изотопной аномалии углерода в интервале 2,2-2,08 млрд. лет. Геохимические и литологические данные свидетельствуют, что ятулийское осадконакопление происходило здесь в условиях прогрессирующего эвапоритового бассейна при участии эоловой седиментации.

Важным достижением института в стали такие обобщающие монографии, как «Стратиграфия докембрия Карельской АССР (архей, нижний протерозой)» (отв. ред. В.А. Соколов, П., 1984) и «Геология Карелии» (ред. В.А. Соколов, Л., 1987), а также создание Геологической карты Карелии масштаба 1:500 000 при участии большого коллектива сотрудников ИГ (1980 г.).

Институт занял ведущую роль в развитии отечественной палеовулканологии. На территории Карелии выявлены 52 вулканические постройки и установлено их структурно-тектоническое размещение. Впервые для докембрия составлены палеовулканологические карты Фенноскандинавского щита по 23 возрастным срезам и разработана методология палеовулканологических исследова-

ний докембрия, позволившая установить, что в возрастном диапазоне 3.2-0.6 млрд лет абсолютно преобладал платобазальтовый вулcano-плутонизм, но интенсивность его постепенно снижалась.

Предложены геодинамические модели, необходимые для металлогенического районирования; изучались коматииты и геодинамика зон перехода океан-континент; зоны расланцевания и метасоматоза, проявления золотометалльного оруденения, колчеданов и металлогенической эволюции рудных систем, металлогения гранитоидов, а также геологические структуры. Проведены комплексные геохронологические исследования.

Глубокие исследования проведены по петрологии метаморфических комплексов, их изотопно-геохронологической систематике и эволюции во времени; петрологии магматизма докембрийских складчатых поясов и его изотопно-геохронологической систематике; тектонике глубокометаморфизованных комплексов; палеогеодинамическим реконструкциям раннего докембрия. Выявлены основные закономерности проявления эндогенных режимов метаморфизма с характеристиками P-T и P-T-t трендов в различных геодинамических обстановках докембрия Фенноскандинавского щита.

Обобщены результаты изучения глубинного строения литосферы российской части Фенноскандинавского щита с использованием методов сейсмологии, геоэлектрики, геотермических, гравиметрических и магнитометрических наблюдений.

Акцент делается на многопрофильность проводимых исследований Института геологии. Основной новый принцип, способствующий инновациям, заключен в том, чтобы георесурсы надо довести до состояния наиболее приемлемого для извлечения с использованием современных технологий. Таким образом, сегодня в числе приоритетных задач – это глубокое комплексное изучение металлургического и индустриального минерального сырья.

Институт геологии, имеющий высококвалифицированные кадры, является авторитетной научной организацией на Северо-западе России, сохраняет традиции геологов старшего поколения, наращивает исследовательский потенциал в регионе, и успешно решает важнейшие научные проблемы по комплексному изучению геологии, металлогении, технологий переработки и экономики минерального сырья.

## Секция: БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ КИСЛОЙ ДНКазы МИДИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СОЛЕННОСТИ

**В. С. Амелина**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Как известно, для многих ферментов характерен полиморфизм, т. е. наличие в клетке ряда молекулярных форм белков с одной и той же каталитической активностью, но различающихся по некоторым признакам. В частности, множественные формы отдельного энзима могут отвечать за альтернативные пути обмена, прямую и обратную реакцию, изоформы могут различаться по каталитическим характеристикам, термостабильности, чувствительности к действию модуляторов активности различной природы. Кроме того, гормоны и другие биологически активные вещества могут оказывать влияние не на все, а лишь на определенные изоформы. Таким образом, молекулярный полиморфизм служит проявлением узкой специализации ферментов и является важным звеном в регуляции клеточного обмена.

В связи с этим, изучение альтерации спектров множественных молекулярных форм энзимов может применяться в экологических исследованиях, позволяя охарактеризовать изменение биохимических процессов в тканях животных под действием тех или иных факторов среды.

Соленость воды играет большую роль в жизнедеятельности морских гидробионтов. Особенно существенно влияние данного фактора для осмоконформеров, не способных к активному поддержанию водно-солевого баланса внутренней среды, что делает их удобным объектом для изучения воздействия гипо- (гипер-) осмотической среды на те или иные биохимические показатели.

Целью настоящей работы было исследование изменения спектра изоформ лизосомальной ДНКазы под действием опреснения и повышенной солености воды. Для этого на Беломорской биостанции Зоологического института РАН был поставлен эксперимент, в ходе которого мидий *Mytilus edulis* L., предварительно акклиматизированных к лабораторным условиям, в течение 12 дней содержали в аквариумах с водой различной солености: 5 ‰, 15 ‰, 25 ‰, 35 ‰ и 45 ‰ при постоянной температуре 10 °С. Контролем служили моллюски из аквариума с соленостью 25 ‰, соответствующей нормальному уровню солености Белого моря. В эксперименте использовались литоральные и сублиторальные моллюски, собранные около ББС ЗИН РАН «Картеш».

Мягкие ткани моллюсков гомогенизировали в 0,25 М растворе сахарозы (рН 7,4) с добавлением неионного детергента тритона X-100 для учета мембранно-связанной ферментативной активности.

Фракционирование ферментсодержащих экстрактов осуществляли методом электрофореза в 7,5 % полиакриламидном геле с использованием несколько модифицированной методики Дэвиса. Субстратом для выявления ДНКазной активности служила высокополимерная ДНК, включенная в разделяющий гель. После окончания электрофореза гели инкубировали при 37 °С в 0,05 М ацетатном буфере (рН 5,0) в течение 45 мин, а затем окрашивали 0,2 %-ным раствором метиленового си-

него. После отмывания избытка красителя зоны ферментативной активности обнаруживались в виде неокрашенных полос на темно-синем фоне геля.

Анализ полученных электрофореграмм показал, что в спектрах литоральных и сублиторальных мидий существует ряд различий, однако, максимальная активность у моллюсков обеих групп связана с идентичными фракциями в области медленномигрирующих компонентов ( $R_f$  0,16 и 0,24). В контроле и в том и в другом случае присутствует еще одна активная зона, различающаяся у моллюсков из разных мест обитания как по  $R_f$  так и по уровню активности. У животных, содержащихся при солености воды, отличной от нормального уровня, данный белок не регистрируется.

Наиболее существенна разница между формами энзима литоральных и сублиторальных мидий в быстромигрирующих фракциях ( $R_f$  0,60 – 0,80). У сублиторальных моллюсков присутствует несколько активных зон в нижней части геля при опреснении и повышенной солености воды. В то время как в ферментативных экстрактах моллюсков приливно-отливной зоны активности в этой области не обнаружено.

Таким образом, очевидное различие спектра дезоксирибонуклеазной активности в контрольных и опытных группах моллюсков свидетельствует о дифференциальной вовлеченности различных изоформ кислой ДНКазы в процесс адаптации к меняющейся среде.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ НШ-4310.2006.4, ФЦНТП 2006-РП-112.0/001/287 и Программы ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК В ЛЕСАХ КАРЕЛИИ

В. А. Ананьев<sup>1</sup>, Т. Leinonen<sup>2</sup>, С. И. Грабовик<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>НИИ леса Финляндии, Хельсинки, Финляндия

<sup>3</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В концепции развития лесного хозяйства Российской Федерации на 2003-2010 годы, одобренной Правительством Российской Федерации в 2003 году, отмечается, что одним из приоритетных направлений на рассматриваемый период в области лесного хозяйства является создание и разработка прогрессивных технологий и средств механизации сплошных видов рубок леса (рубок ухода, выборочных санитарных и других). При этом поиск эффективных технологий рубок должен учитывать лесоводственно-экологические факторы, способствующие выращиванию продуктивных и качественных насаждений.

Работы по изучению хода роста, устойчивости, сохранения биологического разнообразия и повреждаемости древостоев после рубок с применением современной техники и технологии разработки лесосек были проведены в 1997-2000 г.г. в ходе выполнения российско-финляндского проекта "Тайга - Модельный лес". Различные варианты сортиментного способа заготовки древесины предусматривали использование наставлений по рубкам ухода финской компании "Стора Энсо" и дополненных FSC-инструкциями. Результаты мониторинга дополняют базовую информацию для разработки рекомендаций по сортиментной технологии заготовки древесины с использованием современной техники. В настоящее время в Карелии доля сортиментной заготовки древесины крупными и средними предприятиями лесопромышленного комплекса в среднем составляет 39% от общего объема заготовки.

В ходе проведения исследований проводилась повторная таксация древостоев на разреженных и контрольных участках и выявлялась динамика основных таксационных показателей (таблица).

Рассмотрим результаты опытных рубок ухода в ельниках черничных по сортиментной технологии, где валка и раскряжевка (на сортименты) деревьев осуществлялась бензопилой Хускварна, а трелевка древесины – форвардером Валмет 862. Выборка на данном участке составила 58 м<sup>3</sup> (в т.ч. деловой – 43 м<sup>3</sup>) с 1 га или 27% от общего запаса древостоя. После рубки относительная полнота древостоя снизилась до 0.77. Количество поврежденных деревьев после рубки равно - 1.7%, что не превышает нормативы, заложенные в Наставлениях по рубкам ухода по Республике Карелия.

Таблица. Динамика таксационных показателей древостоев на разреженных и контрольных участках

| Год исследования   | Состав  | Запас, м <sup>3</sup> /га | Полнота            |              | Выруб запас, м <sup>3</sup> /га | Повреждаемость древостоя | Отпад      |                    | Текущий прирост, м <sup>3</sup> /га |
|--|---|---------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------|------------|--------------------|-------------------------------------|
|  |   |                           | м <sup>2</sup> /га | относит.     |                                 |                          | шт/га      | м <sup>3</sup> /га |                                     |
| Ельник-черничный (интенсивность рубки-27% по запасу)                     |   |                           |                    |              |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 1998   | 9Е <sub>80</sub><br>1Б <sub>80</sub>  | 212,5                     | 27,9<br>1,7        | 1,0<br>0,1   |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 1999<br>после<br>рубки   | 10Е <sub>80</sub><br>+Б <sub>80</sub>   | 154,6                     | 19,6<br>0,7        | 0,74<br>0,03 | 57,9                            | 1,7                      |            |                    |                                     |
| 2005   | 10Е <sub>90</sub><br>+Б <sub>90</sub>   | 186,7                     | 21,9<br>1,0        | 0,81<br>0,05 |                                 |                          | 55         | 0,9                | 4,2<br>0,4                          |
| Ельник-черничный (контроль)  |   |                           |                    |              |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 1998   | 6Е <sub>80</sub><br>4Б <sub>80</sub>  | 294,2                     | 23,7<br>15,4       | 0,93<br>0,76 |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 2005   | 6Е <sub>90</sub><br>4Б <sub>90</sub>  | 321,2                     | 25,6<br>15,6       | 1,00<br>0,72 |                                 |                          | 100<br>221 | 1,9<br>6,3         | 2,5<br>1,4                          |
| Березово-еловый древостой (черничный, интенсивность рубки-29% по запасу) |   |                           |                    |              |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 1998   | I ярус<br>9Б <sub>70</sub><br>1Ос <sub>70</sub><br>II ярус<br>10Е <sub>80</sub> | 173,0<br>18,9             | 17,7<br>2,2        | 0,67<br>0,08 |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 2000<br>после<br>рубки   | I ярус<br>9Б <sub>70</sub><br>1Ос <sub>70</sub><br>II ярус<br>10Е <sub>80</sub> | 101,5<br>12,7             | 10,1<br>1,6        | 0,37<br>0,06 | 98,7                            | 2,7                      |            |                    |                                     |
| 2005   | I ярус<br>9Б <sub>75</sub><br>1Ос <sub>75</sub><br>II ярус<br>10Е <sub>85</sub> | 106,2<br>7,6              | 10,5<br>0,9        | 0,38<br>0,03 |                                 |                          | 22<br>77   | 11,9<br>0,9        | 0,8<br>-0,9                         |
| 2005   |   | 158,2                     | 15,0               | 0,51         |                                 |                          | 33         | 1,0                | 4,5                                 |
| Березово-еловый древостой (черничный, контроль)                          |   |                           |                    |              |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 1998   | I ярус<br>9Б <sub>70</sub><br>1Ол <sub>70</sub><br>II ярус<br>10Е <sub>80</sub> | 106,6<br>11,7             | 12,4<br>1,6        | 0,52<br>0,06 |                                 |                          |            |                    |                                     |
| 2005   | I ярус<br>9Б <sub>75</sub><br>1Ол <sub>75</sub><br>II ярус<br>10Е <sub>85</sub> | 109,8<br>8,1              | 12,4<br>1,0        | 0,51<br>0,04 |                                 |                          | 89<br>66   | 9,9<br>3,4         | 0,4<br>-0,5                         |
| 2005   |   | 142,1                     | 17,6               | 0,63         |                                 |                          | 144        | 7,9                | 1,4                                 |

Через 7 лет после рубки увеличились средний диаметр и высота, что способствовало интенсивному накоплению запаса. Текущий годичный прирост довольно высок и составляет 4,6 м<sup>3</sup>/га. Отпад по числу стволов в разреженном ельнике черничном за 7-летний период наблюдений составил 55 шт./га, а по запасу - 0,9 м<sup>3</sup>/га. В основном отпад представлен сухостойными деревьями ели. Отпад в виде валежа равен 22 деревьям с запасом 0,2 м<sup>3</sup>/га. На контрольном участке отпад в 6 раз больше, чем на разреженном, а по запасу в 9 раз. В основном отпад представлен березой, на долю которой приходится до 78% запаса от общего объема отпада.

Следующий вариант рубок (рубка переформирования), предусматривающий полную механизацию и использование Наставлений «Стора Энсо», дополненных FSC-инструкциями был проведен в

двухъярусном березово-еловом древостое. FSC-инструкции предусматривают следующие основные требования:

1. Сохраняются одинокие деревья, значительно отличающиеся от других своей крупностью.
2. В хвойном древостое сохраняются одинокие крупные осины и ольха.
3. Оберегаются от повреждений крупные можжевельники, дуплистые деревья и сухостой.
4. Сохраняются обожженные деревья.
5. Сохраняются деревья, имеющие значение, как культурное наследие (не касается берестяного промысла).
6. Особые биотопы выделяются в защитные пояса.

В результате рубки из насаждения было изъято 98,7 м<sup>3</sup>/га древесины в т.ч. березы -71,5; осины – 6,2; ели –21,0 м<sup>3</sup>/га. Интенсивность рубки по числу стволов и запасу составила соответственно 37% и 29%. Несмотря на высокий объем выборки повреждаемость оставшейся части древостоя после рубки незначительна и составила 2,7%.

Через 6 лет после рубки существенно увеличились средние высоты и диаметры по всем породам, составляющим древостой. За этот период наблюдений в отпад перешло 132 дерева с запасом 13,8 м<sup>3</sup>/га. Наибольший отпад отмечен у осины, на долю которой приходится до 58% общего числа стволов отпада. Береза дает наибольший отпад по запасу (11,9 м<sup>3</sup>/га) Несмотря на значительный отпад наращивание запаса в целом по древостою характеризуется довольно значительной величиной и составляет 4,4 м<sup>3</sup>/га. По сравнению с контрольным участком в анализируемом древостое текущий прирост по запасу выше в 3 раза.

Устойчивое лесопользование возможно при условии сохранения биоразнообразия лесного фитоценоза, составной частью которого являются травяно-кустарничковый и моховой покровы. Разнообразие новых экологических условий произрастания, связанных со степенью повреждения почвы в процессе рубок, позволяет появиться и расти видам различных эколого-ценотических групп. Типичные лесные виды резко увеличили свое обилие и стали доминантами, например в «окнах» образовались куртины *Calamagrostis arundinaceae*, *Rubus idaeus*, *Sorbus aucuparia*. В ельниках черничниках на волоках (при зимней заготовке) напочвенный покров практически ненарушенный, здесь отмечены всходы *Betula pubescens* (до 20% гр), проективное покрытие *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea* достигает местами до 40%, из разнотравья встречаются те же виды, что и на пасаках, но проективное покрытие их выше и достигает до 7-10%. В березо-еловых древостоях волока в основном заросли *Rubus idaeus*, а из разнотравья здесь преобладают *Calamagrostis arundinaceae*, *Equisetum sylvaticum*, *Athyrium filix-femina*.

Сравнительный анализ различных технологий разреживаний показал, что наиболее экологически щадящей технологией проведения несплошных рубок является технология с ручной валкой и раскряжкой деревьев и трелевкой древесины форфардерами. Полная механизированная технология рубок переформирования возможна в двухъярусных (сложных) насаждениях, произрастающих на сухих и свежих почвах и только в летние и зимние периоды года. В чистых одновозрастных насаждениях при ручной валке и механизированной трелевке древесины интенсивность рубок ухода может быть рекомендована до 40% по запасу. В двухъярусных (сложных) насаждениях при механизированной валке и трелевке древесины интенсивность рубок переформирования может составлять 30-35% по запасу.

## **ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГЕЛЬМИНТОВ БУРОЗУБОК (SORICIDAE:INSECTIVORA) КАРЕЛИИ**

**В. С. Аниканова**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Разнообразие природных условий, связанное с большой протяженностью территории Карелии с севера на юг, определяет богатство и совместное распространение в пределах республики видов

животных с разными требованиями к среде обитания. Среди диких млекопитающих (63 вида) особое место занимают бурозубки-землеройки. Прежде всего, это связано с тем, что представители этой группы занимают важную роль в структуре лесных сообществ, так как являются связующим звеном многих трофических цепей. Кроме того, эти зверьки в силу особенностей своего жизненного цикла, достаточно высокой численности, более легкого по сравнению с другими наземными млекопитающими способа их добычи, являются удобным модельным объектом изучения закономерностей формирования видового разнообразия гельминтов у хозяев, обитающих на периферии их ареалов, а также изменений во взаимодействии сочленов паразитарных систем под влиянием различных факторов окружающей среды.

За десятилетний период исследований нами накоплен значительный материал, позволяющий охарактеризовать локальную фауну гельминтов сорицид Карелии, а, кроме того, выявить особенности формирования их гельминтофауны. Сбор материала проводили в различных районах Карелии – в д. М. Гомсельга (Кондопожский район), д. Карку (Восточное Приладожье), заповеднике "Кивач", Национальных парках "Паанаярви", "Водлозерский", на о-вах Кижского архипелага (Онежское озеро) с июня по октябрь 1995-2004 г.г. За период исследований в Карелии отловлено 522 экз. бурозубок (*Sorex araneus* – 422 экз., *S. caecutiens* – 30, *S. minutus* – 54, *S. isodon* – 14, *S. minutissimus* – 2). Осмотр животных, сбор гельминтов выполнен согласно общепринятым методикам (Ивашкин и др., 1971; Быховская–Павловская, 1985). Определение зверьков проведено по Т. В. Ивантер (1976) и Л. Сиивонен (1979), видовая идентификация гельминтов – по R. Thomas (1953), С. Vaucher (1971), Т. Генову (1984).

Фауна бурозубок Карелии представлена европейскими видами (обыкновенная и малая бурозубки) и сибирскими мигрантами (средняя, равнозубая и крошечная бурозубки) (Ивантер, 1975). Все обитающие на территории Карелии бурозубки располагаются на северном пределе своего распространения (Ивантер, 1999) и характеризуются низкой численностью по сравнению с оптимальным центром их ареалов.

Фаунистический комплекс гельминтов бурозубок включает 33 вида трех систематических групп (трематоды, цестоды и нематоды), которые относятся преимущественно к палеарктическим видам и специфичен для насекомоядных млекопитающих Палеарктики. Среди гельминтов доминируют гетероксенные виды, жизненные циклы которых осуществляются при участии различных видов насекомых, наземных моллюсков, олигохет, что подтверждает тесные биоценотические связи бурозубок с другими представителями фауны исследованного района. С пищей землеройки приобретает 75% всего фаунистического комплекса гельминтов (Аниканова и др., 2001).

Наибольшее видовое разнообразие выявлено у цестод (17), составляющих почти половину всей гельминтофауны бурозубок. Среди них наиболее часто встречаются два вида (*Ditestolepis diaphana* и *Neoskrjabinolepis schaldybini*), промежуточными хозяевами которых являются жесткокрылые насекомые. Широкое распространение у сорицид получили нематоды (13 видов), несколько уступающие в видовом отношении цестодам. Доминирующее положение занимают нематоды р. *Longistriata*. Самая малочисленная, как в видовом отношении, так и по встречаемости и численности группа гельминтов – трематоды.

Хорошо известно, что на формирование гельминтофауны оказывают влияние различные абиотические и биотические факторы внешней среды. Из всего их многообразия мы остановимся на обсуждении двух факторов: обитании бурозубок на северной периферии ареалов и особенностях их питания и поведения.

Анализ собственных исследований и литературных данных по видовому составу гельминтов обыкновенной бурозубки показал, что по мере продвижения хозяина с юга на север наблюдается уменьшение видового состава гельминтов. Так, в зоне экологического оптимума обитания у *Sorex araneus* паразитирует 50 видов гельминтов (Меркушева, Бобкова, 1981; Кириллова, Кириллов, 2005), что подтверждает правило уменьшения числа видов по мере перехода к средним условиям жизни и к условиям пессимума, т.е. к периферии ареала (Ивантер, 1999). Для периферических популяций вообще и бурозубок в частности характерна «мозаичность» распределения, т.е. наблюдается формирование небольших по размерам и численности микропопуляций, что способствует разрыву связей между бурозубками и объектами их питания (промежуточными хозяевами гельминтов сорицид). Обеднение гельминтофауны бурозубок по сравнению с регионами, расположенными южнее, вероятно, происходит за счет, во-первых, редких паразитов с низкой численностью, и, во-вторых, гельминтов, прохождение жизненных циклов которых нарушается в результате отсутствия проме-

жуточных хозяев. Климатические условия Севера препятствуют широкому распространению в Карелии видов южного происхождения, ограничивая, или полностью прекращая развитие экзогенных стадий паразитов.

Ядро сообщества гельминтов бурозубок в Карелии составляют виды паразитов, которые пришли из южных районов Палеарктики. Видовое богатство гельминтов обыкновенной бурозубки Северо-западной Палеарктики существенно беднее, чем в Восточной Палеарктике, которая не была покрыта льдом в Плейстоцене (Binkiene, Anikanova, 2005).

Сравнительный анализ изученных сообществ гельминтов в наиболее типичных биотопах южной Карелии продемонстрировал довольно высокое качественное и количественное сходство видового разнообразия гельминтов обыкновенной бурозубки по значениям коэффициента Жаккара (0.523 – 0.846). Структура сообщества гельминтов в изученных биотопах неоднородна по видовому составу и численности гельминтов, изменяется по видам хозяина и местам его обитания. Наблюдается дрейф видов из одной категории в другую. Биотопические различия встречаемости паразитов выражены слабо, а последовательность доминирования видов различна.

Сопоставление видового состава гельминтов у четырех исследованных видов бурозубок показал, что наибольшим видовым разнообразием (33 вида) характеризуется обыкновенная бурозубка – самый распространенный политопный вид мелких насекомоядных. Почти вдвое меньше видов паразитирует у малой и равнозубой бурозубок (22 и 20), минимальное – 17 видов – у средней), что, прежде всего, определяется низкой численностью сибирских мигрантов, обитающих на краю ареала и возрастом зверьков.

У разных представителей рода *Sorex* выявлены четкие различия видового состава гельминтов. Они связаны со специфическим кормовым поведением и различной ярусной приуроченностью зверьков. Наиболее разнообразен он у обыкновенной и равнозубой бурозубок, что по нашему мнению, прежде всего, связано со спецификой их питания. Более крупные обыкновенная и равнозубая бурозубки активно используют для обитания верхний слой почвы, где питаются почвенными беспозвоночными, промежуточными и резервуарными хозяевами цестод и некоторых видов нематод. В напочвенном слое бурозубки приобретают нематод, имеющих простой цикл развития, а также заражаются трематодами через наземных моллюсков.

Малая и средняя бурозубки обитают в напочвенном слое (в самых верхних слоях мха и лесной подстилки). Эти зверьки предпочитают животных с более мягкими покровами и мелких размеров. Для них велико кормовое значение активных наземных беспозвоночных, таких как, например, разные виды паукообразных (Макаров, 1988). В их рационе крайне мала роль дождевых червей, поэтому у них практически отсутствуют нематоды со сложным циклом развития. Выявленные у малой и средней бурозубок нематоды, являются типичными геогельминтами, имеющими простой цикл развития. Данное обстоятельство приводит, на наш взгляд, к уменьшению числа паразитирующих у них видов нематод по сравнению с обыкновенной и равнозубой бурозубками. Различия видового состава гельминтов исследованных видов бурозубок определяются специфическим кормовым поведением и различной ярусной приуроченностью хозяев.

Таким образом, фауна гельминтов бурозубок, обитающих на северной периферии ареалов разнообразна по видовому составу и специфична для представителей насекомоядных Палеарктики. Продвижение хозяев к границам их ареалов вызывает обеднение видового состава гельминтов бурозубок за счет элиминации видов паразитов со сложным циклом развития. Возможно, северная граница обитания гельминтов, которые отсутствуют или очень редко встречаются у бурозубок Карелии, проходит южнее. Различия видового состава гельминтов исследованных видов бурозубок определяется обитанием на северной периферии их ареала, особенностями биотопического распределения зверьков, специфическим кормовым поведением и различной ярусной приуроченностью землероек, а также структурой почвенных сообществ биоценозов Карелии.

## Литература

- Аниканова В.С. Гельминты бурозубок (Insectivora: Soricidae) Южной Карелии // Всеросс. науч. конфер. Систематика, таксономия и фауна паразитов. М. 1996. С. 7-8.
- Ивантер Т. В. Краниометрия и одонтология обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus* L.) // Экология птиц и млекопитающих Северо-запада СССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 1976. С.50-59.

- Ивантер Э.В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л.: "Наука". 1975. 246 с.
- Ивантер Э.В. Общая зоогеография: Избранные лекции. Петрозаводск: Петрозаводский ун-т. 1992. 68 с.
- Макаров А.М. О летнем питании обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) // Экология наземных позвоночных Северо-Запада. Петрозаводск. 1986. С. 53-64.
- Меркушева И.В., Бобкова А.Ф. Гельминты домашних и диких животных Белоруссии: Каталог. Минск: Наука и техника. 1981. 120 с.

## ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЦЕСТОДЫ *PROTEOCERPHALUS LONGICOLLIS* (ZEDER, 1800), (CESTODA: PROTEOCERPHALIDAE) В ОЗЕРЕ СЯМОЗЕРЕ

Л. В. Аникиева, О. П. Стерлигова

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Оз. Сямозеро – один из немногих водоемов Карелии и России в целом, на котором с 1932 г. проводятся многолетние наблюдения за состоянием озерных экосистем, начиная от первого звена трофической цепи и кончая рыбами. Климатические и антропогенные воздействия (рост населения, активизация хозяйственной деятельности, отчасти нерациональное ведение рыбного хозяйства и появление в водоеме корюшки) ускорили сукцессионные процессы в озере и изменили видовое разнообразие и структуру всех звеньев экосистемы (Решетников и др., 1982). Наибольшее влияние на рыбную часть сообщества оказало непредвиденное появление в водоеме корюшки в 1968 г., которая стала доминирующим видом и вытеснила ряпушку с ее мест обитания. Снижение численности ряпушки сопровождалось увеличением ее размеров и веса (Стерлигова и др., 2002). С 1976 по 1989 гг. в озеро вселялась крупная форма ряпушки. В настоящее время ряпушка Сямозера, которая раньше считалась мелкой формой европейской ряпушки, напоминает крупную форму, т.е. вселенную. По темпу роста и плодовитости она ближе всего к ряпушке из Вендюрского озера (Потапова, 1978).

Паразитологические исследования на оз. Сямозере проводятся с 1956 г. (Шульман, 1961).

Целью настоящей работы явилось изучение динамики численности одного из типичных паразитов ряпушки цестоды *P. longicollis*.

Материалом для сообщения послужили выборки цестод, собранные в октябре 1970-1971, 1973-1974, 1981, 1985 и 2003 гг. Определяли показатели встречаемости *P. longicollis* в ряпушке: экстенсивность и интенсивность заражения, индекс обилия (ИО), стадию развития паразита и его размеры. Различали молодых (неполовозрелых) и взрослых особей (половозрелых - со сформированными репродуктивными органами и зрелых - с яйцами). Взрослые гельминты распределялись на четыре размерные группы: мелкие - до 1.5 см длиной, средние (1.6 - 2 см), крупные (2.1 - 2.5 см) и очень крупные (2.6 - 3.0 см). Выявляли тип распределения паразита в популяции хозяина (Бреев, 1972).

Установлено, что до начала 70-х годов численность гельминта сохранялась на одном и том же уровне. В 1973 г. отмечено повышение численности и ее стабилизация в последующие годы на новом более высоком по сравнению с 1950-1970 гг. уровне.

Таблица. Показатели встречаемости *P. longicollis* в ряпушке оз. Сямозера

| Показатели          | 1956 | 1970 | 1971 | 1973 | 1974 | 1981 | 1985 | 2003 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Экстенсивность, %   | 40   | 40.1 | 37.7 | 81.9 | 65   | 71.4 | 70   | 62.5 |
| Интенсивность, экз. | 1-5  | 1-7  | 1-43 | 1-23 | 1-12 | 1-15 | 1-38 | 2-9  |
| Индекс обилия, экз. | 1.0  | 1.1  | 1.9  | 7.0  | 2.5  | 4.0  | 6.0  | 2.4  |

Распределение численности гельминта в популяции хозяина подчинялось негативно-биномиальному типу. В разные годы степень согласования эмпирических и теоретических кривых была неодинакова и колебалась от 5 до 60 %. Наиболее близкое согласование отмечено в 1970 г. В последующие годы согласование постепенно снижалось и было наиболее слабым в 2003 г. (5 %).

В течение всего периода наблюдений популяция *P. longicollis* имела сложную возрастную структуру и была сформирована цестодами на разных стадиях развития неполовозрелой, половозрелой со сформированными репродуктивными органами и зрелой с яйцами. Численность и соотношение возрастных группировок в разные годы различались. Максимальные колебания численности установлены для младшей возрастной группировки (неполовозрелых особей): ИО от 0.19 экз. до 6,2 экз. Численность половозрелых и зрелых цестод была более стабильна (ИО от 0.15 до 1.37 экз. и от 0.14 до 3.4 экз. соответственно). С 1971 по 1981 гг. в структуре популяции преобладали неполовозрелые особи (от 62 до 90 %). С 1985 и по настоящее время основу популяции составляют половозрелые и зрелые цестоды (60 – 90 % от общей численности).

Установлены различия в пределах варьирования размеров взрослых гельминтов, модальных классах и соотношении разноразмерных групп. В 1971 и 1973 гг. размерная структура была представлена первыми двумя классами. Более 80 % особей принадлежали к I классу (мелкие гельминты). В 1974 г. цестоды входили в 3 размерных класса приблизительно в равном соотношении (30, 30 и 40%). В 2003 г. наблюдалась максимальная гетерогенность размерного состава цестод, впервые были отмечены цестоды четвертого класса.

Таким образом, долговременные наблюдения выявили относительную стабильность численности *P. longicollis* в оз. Сямозере. Динамика показателей соответствия численности гельминта негативно-биномиальному распределению свидетельствует об изменениях в паразито-хозяинных отношениях и отражает качественную перестройку размерно-возрастной структуры паразита – важнейшего механизма устойчивости популяций.

## Литература

- Бреев К.А. 1972. Применение негативного биномиального распределения для изучения популяционной экологии паразитов. Л.: Наука. 72 с.
- Потапова О.И. 1978. Крупная ряпушка *Coregonus albula* L. Л.: Наука. 132 с.
- Решетников Ю.С., Попова О.А., Стерлигова О.П. 1982. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема. М.: Наука. 234 с.
- Стерлигова О.П., Павлов В.Н., Ильмаст Н.В., Павловский С.А., Комулайнен С.Ф., Кучко Я.А. 2002. Экосистема Сямозера (биологический режим, использование). Петрозаводск, КарНЦ РАН. 119 с.
- Шульман С.С. 1961. Паразитофауна рыб Сямозерской группы озер // Тр. Сямозерск. компл. экспед. Петрозаводск. Карельск. фил. АН СССР. С. 173-244.

## ПАЗАИТОФАУНА МОЛОДИ ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. И КУМЖИ *SALMO TRUTTA* L. СИСТЕМЫ РЕКИ ТОРНИО (БАЛТИЙСКИЙ БАССЕЙН)

Ю. Ю. Барская, Е. П. Иешко

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В настоящее время существование природных популяций лососевых рыб в водоемах северной Европы находится под угрозой. Наиболее интенсивное антропогенное вмешательство наблюдается в Балтийском регионе, где сосредоточено большое количество промышленных предприятий, развито сельское хозяйство, в том числе рыбозаводство. В связи с этим контроль численности популяции, оценка условий нагула и нереста, эпизоотического состояния лососевых рыб рек Фенноскан-

дии требуют особого внимания исследователей для разработки мер по охране и рациональному использованию рыбных ресурсов.

Река Торнио - одна из крупнейших лососевых рек Северной Европы. Исток реки находится вблизи с водоразделом Балтийского и Баренцевоморского бассейнов. Основное русло р. Торнио протекает вдоль границы Финляндии со Швецией и впадает в Ботнический залив. В составе ихтиофауны речной системы преобладает комплекс лососевидных рыб: лосось, кумжа, сига и хариус.

Данное исследование посвящено изучению особенностей паразитофауны молоди лососей рода *Salmo*, заселяющих озерно-речную систему р. Торнио.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на материалах ихтиопаразитологических исследований водоемов речной системы р. Торнио, проводившихся в сентябре 2005 г. Методом полного паразитологического вскрытия (Быховская–Павловская, 1985) исследовано 97 экземпляров лосося и 16 экземпляров кумжи младших возрастных групп (0+ - 2+) из различных участков системы. Рыба отлавливалась с помощью электролова.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фауна паразитов молоди лосося насчитывает 18 видов: Мухоспоридия – 2, Ciliophora – 1, Monogenea – 1, Cestoda – 1, Trematoda – 6, Nematoda – 3, Acanthocephala – 3, *Hydrachnellae* – 1 (табл. 1). В фауне преобладают паразиты со сложным жизненным циклом (15 видов). Среди них только цестодой *Proteocephalus l.* молодь заражается через планктон. Инвазия трематодой *Phyllodistomum umblae* происходит путем заглатывания свободноплавающей личинки, а метацеркарии трематод родов *Ichthyocotylurus* и *Diplostomum* активно инвазируют молодь. Большинство видов (*Myxidium salvelini*, *Chloromyxum truttae*, *Crepidostomum farionis*, *Raphidascaris acus*, *Cystidicoloides ephemeridarum*, *Pseudocapillaria salvelini*, *Neoechinorhynchus rutili*, *Acanthocephalus anguilla*, *Echinorhynchus salmonis*) рыбы приобретают, питаясь бентосными беспозвоночными: моллюсками, олигохетами, ракообразными и личинками насекомых. В паразитофауне молоди лосося выявлено всего три вида (*Trichodina pediculus*, *Gyrodactylus salaris*, *Hydrachnella*), развитие которых протекает без участия промежуточных хозяев.

В целом видовой состав паразитофауны лосося младших возрастных групп исследованных участков, можно охарактеризовать как однородный. При этом отмечаются различия в степени заражения и доминировании отдельных видов паразитов. Так в реке Муонио отмечены микоспоридии *M. salvelini*, трематоды *Diplostomum helveticum* и *I. erraticus* – виды, которые не были зарегистрированы на других порогах реки. Доминирующим видом в паразитофауне является *Ch. truttae* (55/+) (табл. 1). Также значительно заражение трематодой *Ph. umblae* (58/1,0) и нематодой *R. acus* (32/0,4).

У молоди, отловленной на пороге Касса, обнаружены трематоды *Diplostomum pseudobaeri* и скребни *A. anguilla*. На этом участке преобладающим видом является нематода *C. ephemeridarum* (20/0,3). В Пакайоки лосось заражен трематодами *Crepidostomum farionis* и *Diplostomum volvens*. В фауне доминируют *Ch. truttae* (55/+) и *R. acus* (45/0,93).

Паразитофауна молоди кумжи беднее и насчитывает 11 видов: Мухоспоридия – 1, Ciliophora – 3, Cestoda – 2, Trematoda – 3, Nematoda – 1, Acanthocephala – 1 (табл. 2). Большая часть паразитов, представленных в фауне кумжи младших возрастных групп, развивается со сменой хозяев. Заражение личинками цестод *Proteocephalus l.*, *Triaenophorus nodulosus* происходит при потреблении планктона. Питаясь бентосными беспозвоночными молодь инвазируется следующими видами: *Ch. truttae*, *Crepidostomum farionis*, *R. acus*, *N. rutili*. Трематода *D. volvens* активно проникает в хозяина. В паразитофауне молоди кумжи выявлено три вида (*Sciphidia sp.*, *Apiosoma piscicolum*, *T. pediculus*) с прямым жизненным циклом. Наблюдается выраженное доминирование трематоды *Crepidostomum farionis* (63/2,30) и высокие показатели зараженности видами, развивающимися через бентос.

Полученные данные по видовому составу и встречаемости паразитов позволяют дать представление о степени пространственного взаимодействия и степени перекрытия мест обитания популяций молоди кумжи и лосося, охарактеризовать закономерности формирования и черты специфичности фауны паразитов, присущие каждому хозяину.

Таблица 1. Фауна паразитов лосося младших возрастных групп озерно-речной системы р. Торнио

| ВИД ПАРАЗИТА                         | Муонио | Касса   | Пакайоки |
|--------------------------------------|--------|---------|----------|
| <b>MYXIDIUM SALVELINI</b>            | 3,2/+* | -       | -        |
| <i>Chloromyxum truttae</i>           | 55/+   | 15/+    | 55/+     |
| <i>Trichodina pediculus</i>          | 3/0,01 | 8/0,002 | 5/0,0005 |
| <i>Gyrodactylus salaris</i>          | 19/9,0 | 15/1,0  | 10/0,3   |
| <i>Proteocephalus l.</i>             | 7/0,03 | 4/0,04  | -        |
| <i>Phyllodistomum umblae</i>         | 58/1,0 | 12/0,2  | 3/0,05   |
| <i>Crepidostomum farionis</i>        | -      | -       | 3/0,03   |
| <i>Diplostomum helveticum</i>        | 13/0,2 | -       | -        |
| <i>Diplostomum pseudobaeri</i>       | -      | 8/0,08  | -        |
| <i>Diplostomum volvens</i>           | -      | -       | 13/0,13  |
| <i>Ichthyocotylurus erraticus</i>    | 3/0,03 | -       | -        |
| <i>Raphidascaris acus</i>            | 32/0,4 | 39/0,4  | 45/0,93  |
| <i>Cystidicoloides ephemeridarum</i> | 7/0,1  | 20/0,3  | 3/0,03   |
| <i>Pseudocapillaria salvelini</i>    | -      | 4/0,08  | 10/0,1   |
| <i>Neoechinorhynchus rutili</i>      | -      | 4/0,04  | 15/0,25  |
| <i>Acanthocephalus anguilla</i>      | -      | 8/0,08  | -        |
| <i>Echinorhynchus salmonis</i>       | 3/0,03 |         | 3/0,08   |
| <i>Hydrachnellae</i>                 | 7/0,06 | 8/0,08  | -        |
| Всего видов                          | 12     | 12      | 11       |
| Вскрыто рыб, экз.                    | 31     | 26      | 40       |
| Всего видов                          |        | 18      |          |
| Вскрыто рыб, экз.                    |        | 97      |          |

\*(Здесь и далее: первая цифра – экстенсивность заражения, %; вторая – индекс обилия, экз.)

Таблица 2. Фауна паразитов кумжи младших возрастных групп озерно-речной системы р. Торнио (Пакайоки)

| Вид паразита                    | ЭИ, % | Интенсивность |          |
|---------------------------------|-------|---------------|----------|
|                                 |       | мин-макс      | ИО, экз. |
| <i>Chloromyxum truttae</i>      | 19    | +             | +        |
| <i>Sciphidia sp.</i>            | 7     | 0,01-0,01     | 0,001    |
| <i>Apiosoma piscicolum</i>      | 56    | 0,02 – 0,48   | 0,08     |
| <i>Trichodina pediculus</i>     | 25    | 0,02 – 0,05   | 0,01     |
| <i>Proteocephalus l.</i>        | 6     | 1 – 1         | 0,06     |
| <i>Triaenophorus nodulosus</i>  | 6     | 1 - 1         | 0,06     |
| <i>Crepidostomum farionis</i>   | 63    | 1 - 14        | 2,30     |
| <i>Crepidostomum metoecus</i>   | 31    | 1 -12         | 1,80     |
| <i>Diplostomum volvens</i>      | 13    | 7 - 13        | 1,30     |
| <i>Raphidascaris acus</i>       | 69    | 1 - 4         | 1,60     |
| <i>Neoechinorhynchus rutili</i> | 38    | 1 - 2         | 0,40     |
| Всего видов                     |       | 11            |          |
| Вскрыто рыб, экз.               |       | 16            |          |

В паразитофауне кумжи и лосося реки Торнио (порог Пакайоки) выявлено значительное число общих видов (6) (рис.1). Именно эти виды формируют ядро паразитофауны лососевых рыб этой системы.

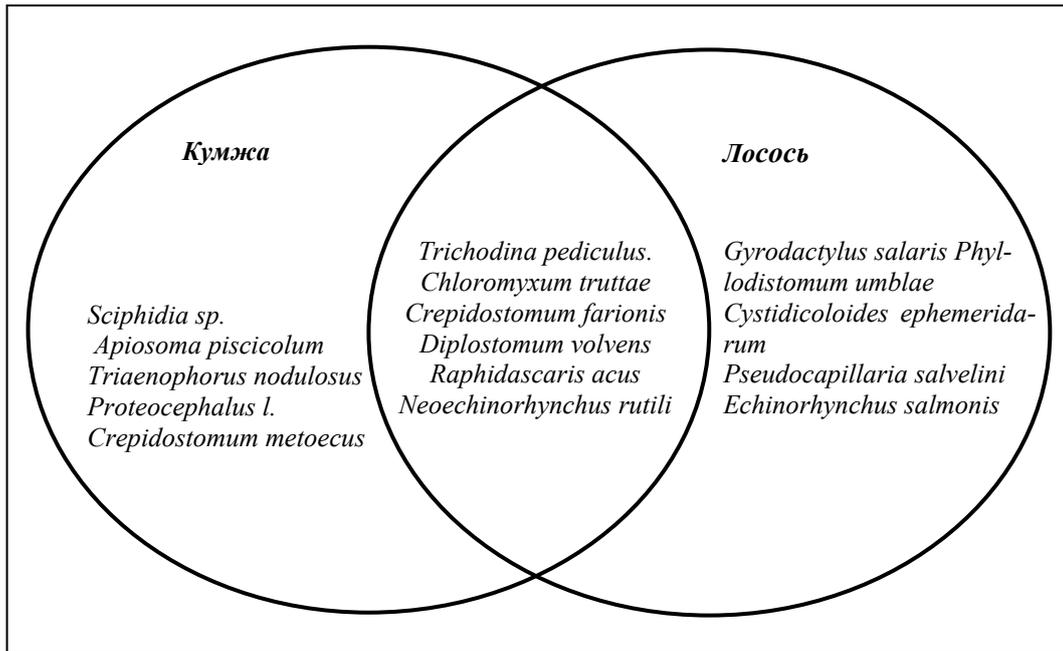


Рис. 1. Паразитофауна кумжи *Salmo trutta* L. и лосося *Salmo salar* L. младших возрастных групп озерно-речной системы реки Торнио (порог Пакайоки)

Преимущественно это ядро составляют паразиты, развивающиеся через бентосных беспозвоночных. Это свидетельствует о том, что основу кормовой базы кумжи и лосося младших возрастных групп составляет дрейф, представленный активно и пассивно мигрирующими в толще воды беспозвоночными (водная фракция), а также наземными и воздушными насекомыми, сносимыми на поверхность (воздушная фракция) (Шустов, 1977, 1978; Шустов, Смирнов, 1978). Однако при этом в состав дрейфа частично входят представители зоопланктона (Круглова, 1978; Lind, 1978; Fahy, 1980 и др.) на что указывает заражение цестодами, которые отмечены в периферической части структуры паразитофауны кумжи. Ядро формируют как специфичные паразиты лососевидных рыб (*Ch. truttae*, *Crepidostomum farionis*), характеризующие филогенетическую общность хозяев, так и широкораспространенные виды (*T. pediculus*, *D. volvens*, *R. acus*, *N. rutili*).

Ранее при анализе процессов формирования паразитофауны лососевидных рыб отдельных озерно-речных систем (Барская, Иешко, 2005) уже было показано, что паразиты входящие в состав ядра с разной степенью инвазируют хозяев. Изучение структуры фауны паразитов лососевых реки Торнио выявило сходную картину. В системе большая зараженность микоспоридиями *Ch. truttae* отмечена для лосося, а кумжа является основным видом, поддерживающим численность трематод *Crepidostomum farionis*. Характерно, что широкоспецифичные виды с одинаковой интенсивностью заражают как кумжу, так и лосося (табл. 1, 2).

В периферической части структуры паразитофауны молоди лосося выделяется моногенея *Gyrodactylus salaris*. Этот вид является естественным компонентом паразитофауны исключительно для балтийской формы лосося и рассматривается как эндемик Балтийского бассейна (Bakke et al., 1990). В тоже время для северо-атлантической формы лосося *G. salaris* – неспецифичный паразит, вызывающий эпизоотии.

Кроме этого узкоспецифичного вида для лосося в паразитофауне присутствуют виды характерные для лососевидных рыб (*Ph. umblae*, *C. ephemeridarum*, *P. salvelini*, *E. salmonis*). Развитие всех этих паразитов связано с бентосом. Заражение этими видами происходит как посредством активной атаки хозяина (метацеркарии), так через питание бентосными беспозвоночными. Что касается кумжи, то составе периферической части ее паразитофауны виды, развивающиеся через бентос, представлены значительно меньше - выявлен только единственный паразит *C. metoecus*. Однако отмечены инфузории и цестоды. Паразиты узкоспецифичные для кумжи отсутствуют. В целом заражение видами, представленными в периферической части структуры паразитофауны, носит единичный характер или незначительно.

Таким образом, в составе паразитофауны лососевых рыб озерно-речной системы реки Торнио выявлено 22 вида. Фауна паразитов кумжи и лосося характеризуется высокой однородностью, которая обеспечивается видами, составляющими ядро паразитофауны. Несмотря на это, хозяева играют разные роли в поддержании численности специфичных паразитов ядра, что связано с особенностями биопического распределения и различиями в питании хозяев. Полученные данные позволяют говорить об отсутствии жесткой пространственной и пищевой конкуренции этих видов при совместном обитании.

В ходе исследований не отмечена высокая зараженность патогенными паразитами (миксоспоридии и диплостомиды), однако в составе паразитофауны лосося найден узкоспецифичный вид *G. salaris*, представляющий потенциальную опасность для атлантических популяций лосося.

Исследования проведены при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований ОБН РАН "Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального природопользования" № ГР 01.2.006.08824, гранта Президента РФ для гос. поддержки молодых российских ученых МК-9378.2007.5.

Авторы благодарны за помощь в сборе и обработке материала мнс Д.И. Лебедевой и мнс О.В. Новохацкой (ИБ КарНЦ РАН)

## Литература

- Барская Ю.Ю., Иешко Е.П. Формирование паразитофауны лососевидных рыб озерно-речной системы Паанаярви-Оланга. Паразитология, 2005. № 1. С.
- Быховская – Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.:Наука, 1985. 121 с.
- Круглова А.Н. Зоопланктон притоков Онежского озера // Лососевые нерестовые реки Онежского озера. Л.:Наука, 1978. С. 32 – 41.
- Шустов Ю.А. Дрифт беспозвоночных в притоках Онежского Озера // Лососевые нерестовые реки Онежского озера. Л.:Наука, 1978. С. 50 – 53.
- Шустов Ю.А. Дрифт донных беспозвоночных в лососевых реках бассейна Онежского озера // Гидробиол. Журн., 1977. Т. 13. № 3. С. 32 – 37.
- Шустов Ю.А., Смирнов Ю.А. Питание, рост и расселение молоди лосося в реках // Лососевые нерестовые реки Онежского озера. Л.:Наука, 1978. С. 53 – 65.
- Bakke T.A., Jansen P., A., Hansen L.P. Differences in host resistance of Atlantic salmon *Salmo salar* L., stocks to the monogenean *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957. J. Fish Biol., 1990. № 37. P. 577-587.
- Fahy E. Prey selection by young trout fry (*Salmo trutta*) // J. Zool. Lond., 1980. № 190. P. 27 – 37.
- Lind E.A. A review of wild and stocked populations of brown trout *Salmo trutta* L., in Finland // Proceed. of the wild trout. Oregon, 1978. P. 193 –204.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНОПРОФИЛЕЙ ЛЕСНЫХ ПОЧВ КАРЕЛИИ

О. Н. Бахмет

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В изучении органического вещества почв сложилось два направления исследований: биохимическое (Кононова, 1963; Александрова, 1970, 1980; Орлов, 1990; Трофимов и др., 2002; Berg, Tamm, 1991; Staaf, Berg, 1977 и др.) и морфолого(микроморфолого)-экологическое (Парфенова, Ярилова, 1977; Гришина, 1986; Шоба, 1988; Kubiena, 1955; Val, 1973; Babel, 1975 и др.). Первое направление значительно доминирует, в таких работах основной упор делается на выяснение химизма процессов гумификации органического вещества и изучение свойств гумусовых веществ в разных типах почв. Значительно меньше работ второго направления, которое позволяет рассмотреть многообразие форм органического вещества на всех этапах его образования и трансформации. Незавершенность иерархических подходов классификации органофиль (Гришина, 1986), а также недостаточное количество в отечественной литературе детальных исследований микроморфологии органического вещества делают актуальным вопрос об описании отдельных органофиль и их классификации.

В Европе, как и в Северной Америке создано множество классификаций органофильей, начиная с классических работ Мюллера (конец XIX-го века). Основные положения большинства классификационных систем сходны. Однако существующие в настоящее время способы описания и выделения органофильей нуждаются в разработке и уточнении, так как не отражают всего разнообразия морфотипов или морфологических компонентов органического вещества, их сочетаний в органофильях и пространственного распределения. В литературе существует терминологическая путаница. Различные авторы по-разному описывают иерархические уровни морфологической организации органофильей. Во многих работах смешивается терминология профильного, горизонтного и агрегатного (тип микростроения) уровней.

На примере лесных почв Карелии проведено описание форм органического вещества на следующих иерархических уровнях: морфотип гумуса, стратотип гумуса и органофиль. Описанные микроморфотипы гумуса были разделены на группы: растительные остатки, биогенные микроновообразования, тонкодисперсный гумус и колломорфный гумус. Для каждого выделенного стратотипа был характерен свой определенный набор микроморфотипов. Типизация органосодержащих горизонтов почв дала возможность выделить типы органофильей.

Определение органофильей с использованием различных существующих классификаций показало, что органофильи типа мор, модер и мулль могут диагностироваться по любой из них. Трудности возникают с индикацией переходных форм – мор-модер и модер-мулль. На более низком таксономическом уровне определение форм гумуса особенно сложно. В связи с этим, представляется особенно важным попытаться совместить концепции различных таксономических систем, методов описания и классификаций.

Изучение органического вещества проводилось в подзолистых и болотно-подзолистых почвах, занимающих 53% территории Карелии (Морозова, 1991). На пробных площадях были сделаны опорные разрезы, на которых выполнены подробные макро- и мезоморфологические описания. Для изучения микростроения отбирались монолиты (по методу шлифов) как по отдельным генетическим горизонтам, так и из отдельных морфонов в пределах горизонта.

Как правило, микроморфологические описания органического вещества лесных почв выполнялись совместно с общим описанием почвы (Руднева и др., 1966; Ярилова, Рубилина, 1975; Русанова, 1981, 1987). Детальные исследования на иерархической основе проводились реже (Гришина и др., 1981, Гришина, 1986; Шоба, 1988).

Исследование морфологического строения, а также состава органического вещества почв позволило типизировать органосодержащие горизонты. На основе их было выделено 3 подтипа органофильей: малогумусные, типичные грубогумусные и торфянистые грубогумусные (по классификации О.Г.Чертова, 1981). Все они относятся к одному типу – грубогумусному, однако в их строении и свойствах имеются значительные различия.

Для малогумусных органофильей свойственны маломощный органогенный горизонт, слабое проявление процесса иллювиирования гумуса. Распределение органического вещества по профилю носит слабо выраженный элювиально-иллювиальный характер. В этих почвах отмечаются низкие запасы органического вещества. Вследствие своеобразного состава опада, основную долю которого составляет древесной, а также малой численности почвенной фауны минерализация опада здесь происходит очень медленно. Это подтверждается и биохимическим составом лесных подстилок. Здесь отмечается особенно много воскосмол и веществ типа битумов (негидролизующего остатка), мала доля водорастворимых углеводов. Этим обусловлен и компонентный состав органогенного горизонта, исследование которого показало малое количество измельченных растительных остатков. В результате данные почвенные условия определяют произрастание насаждений III-IV классов бонитета.

К следующей группе (типичные грубогумусные) могут быть отнесены органофильи почв с большей увлажненностью, как, например, подзола иллювиально-гумусово-железистого. Благодаря большей увлажненности почвы изменяется состав опада - появляется больше зеленых частей растений (от кустарничков), поэтому в данных условиях происходит более глубокая трансформация опада. Морфологически это выражается в большей разложенности органического материала, более интенсивном иллювиировании гумуса вниз по профилю. В этих почвах более разнообразна фауна, поэтому в органогенном горизонте растительные остатки сильнее измельчены, о чем свидетельствуют данные компонентного состава лесной подстилки. Как показало изучение биохимического состава подстилки, здесь концентрируется повышенное количество растворимых углеводов. Об

этом также свидетельствует наиболее высокая производительность древостоев в (в основном, II класс бонитета).

К третьей группе (торфянистые грубогумусные) относятся органопродуценты болотно-подзолистых почв. Несмотря на достаточно разнообразную почвенную фауну, разложение растительных остатков в данных условиях опять замедляется. Значительную долю опада составляют долгомошные и сфагновые мхи. Данные биохимического анализа показали, что здесь снижается доля водорастворимых углеводов, увеличивается доля целлюлозы, отмечаются высокие значения негидролизующего остатка. Производительность древостоев в этих условиях также снижается (как правило, IV класс бонитета).

Проведенные исследования показали, что данные морфологического строения и состава лесных подстилок, а также органического вещества в почве в целом хорошо коррелируют друг с другом. Кроме того, полученные данные по органической составляющей почв тесно взаимосвязаны с продуктивностью насаждений. Сочетание двух подходов – морфолого-экологического и биохимического в изучении органического вещества почв дает достаточно полное представление о строении органопродуцента и его качественных характеристиках. Данные такого комплексного подхода могут быть использованы как для диагностики и классификации органопродуцентов, а также почв в целом, так и для оценки продуктивности лесных земель.

Исследование осуществлено при поддержке Фонда содействия отечественной науке, а также Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 05-04-97529-р\_север).

## Литература

- Александрова Л.Н.*, 1980. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. 287 с.
- Александрова Л.Н.*, 1970. Процессы гумусообразования в почвах // Гумусовые вещества почвы. Зап. ЛСХИ. Л., Пушкин. Т. 142. С.26.
- Гришина Л.А.*, 1986. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М.: Изд-во МГУ. 244 с.
- Гришина Л.А., Ярилова Е.А., Мяжкова А.Д., Фомина Г.Н.*, 1981. Микроморфология органического вещества подзолистых лесных почв // Почвоведение. №11. С. 24-29.
- Кононова М.М.*, 1963. Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР. 314 с.
- Морозова Р.М.*, 1991. Лесные почвы Карелии. Л.: Наука. 184 с.
- Орлов Д.С.*, 1990. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ. 325 с.
- Парфенова Е.И., Ярилова Е.А.*, 1977. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М.: Наука. 198 с.
- Руднева Е.Н., Тонконогов В.Д., Дорохова К.Я.*, 1966. Круговорот зольных элементов и азота в ельнике-зеленомошнике северной тайги бассейна р.Мезень // Почвоведение. №3. С. 14-26.
- Русанова Г.В.*, 1981. Микроморфология глееподзолистых почв северо-таежных лесов Европейского Северо-Востока // Почвоведение. №5. С. 28-38.
- Русанова Г.В.*, 1987. Микроморфология таежных почв. М.: Наука. 147 с.
- Трофимов С.Я., Дорофеева Е.И., Тарко А.М., Фокин А.Д., Смолина Г.А., Соколова Т.А., Толпецкая И.И., Лузиков А.В.*, 2002. Органическое вещество почв как характеристика функциональной организации почвенной системы // Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем. М.: «Наука». С. 140-226.
- Чертов О.Г.*, 1981. Экология лесных земель. Л.: Наука. 192 с.
- Шоба С.А.*, 1988. Морфогенез почв лесной зоны. // Автореф. дис. ... докт. биол.н. М.: МГУ. 42 с.
- Ярилова Е.А., Рубилина Н.Е.*, 1975. Микроморфология дерново-подзолистых почв на морене и покровных суглинках // Почвоведение. №6. С. 12-22.
- Babel U.*, 1975. Micromorphology of soil organic matter // Soil Components. v. 1. Organic components, Springer – Verlag, Berlin – N.Y.
- Bal L.*, 1973. Micromorphological analysis of Soils // Lower levels in the organisation of organic soil materials. Thesis, University of Utrecht, The Netherlands.
- Berg B., Tamm C.O.*, 1991. Decomposition and nutrient dynamics of litter in long-term optimum nutrition experiments // Scand. J. For. Res. V. 6. P. 305-321.
- Kubienna W.L.*, 1955. Animal activity in soils as a decisive factor in establishment of humus forms // Soil Zoology, Proc. Univ. Nottingham Second East. School Agr. Sci.
- Staaf H., Berg B.*, 1977. A structural and chemical description of litter and humus in a mature Scots Pine stands. Swedish Coniferous Forest Project.

## ПАЗАРИТИФОРМНЫЕ КЛЕЩИ (ACARINA: PARASITIFORMES) МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ КАРЕЛИИ

Л. А. Беспятова

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Многие представители отряда паразитиформных (Parasitiformes), а именно иксодовые (Ixodides) и гамазовые (Gamasina) клещи имеют важное эпидемиологическое и эпизоотологическое значение как хранители и переносчики возбудителей опасных инфекционных заболеваний человека и животных..

Изучению фауны и распространения иксодовых и гамазовых клещей посвящено много работ (Шульман, 1961; Гущина, Шульман, 1964; Гущина, Маршалова, 1964; Маршалова, 1972; Маршалова, Лутта, Быкова, 1977; Бобровских, 1989) и собственных (Беспятова, 1981; 1989; 1999; Беспятова, Бугмырин, 2003; Беспятова, 2005; 2006). Цель данной работы изучение современного состояния фауны иксодовых (Ixodides) и гамазовых (Gamasina) клещей из отр. Parasitiformes у насекомоядных (Insectivora) и грызунов (Rodentia), обитающих в Карелии.

Фауна паразитиформных клещей 23 видов мелких млекопитающих Карелии представлена 63 видами. Наиболее разнообразна в видовом отношении фауна гамазовых клещей, которая представлена 59 видами, 23 родами, 12 семействами. По видовому богатству преобладала группа свободноживущих гамазовых клещей (зоофаги и некрофаги) - 33 вида, 15 родов из 9 семейств: Parasitidae (15), Veigaiidae (3), Aceosejidae (1), Phytosceiidae (1), Rhodacaridae (4), Macrochelliae (6), Pachylaelaptidae (1), Eviphididae (1), Zerconidae (1). Паразитические гамазиды (гематофаги – факультативные и облигатные) представлены 25 видами, 8 родами из 3 семейств - Laelapidae (14), Haemogamasidae (7), Hirstionyssidae (4).

Менее разнообразна фауна иксодовых клещей, которая представлена 4 видами, 1 родом, 1 семейством. Все иксодовые клещи облигатные гематофаги, 2 из которых - *Ixodes persulcatus* и *P. Sch.*, *I. ricinus* L. пастбищные, паразиты, *I. aronophorus* P. Sch. и *I. trianguliceps* Bir. – гнездово-норовые паразиты. По всей Карелии распространены 21 вид гамазовых клещей, из которых 10 видов свободноживущих (*Parasitus Vulgarogamasus remberti* Oudemans, 1912; *P. Eugamasus oudemansi* Berlese, 1903; *Veigai kochi* Tragardt, 1901; *V. nemorensis* C. L. Koch, 1839; *V. cervus*, Kramer, 1876; *Euryparasitus emarginatus* C. L. Koch, 1839; *Cyrtolaelaps mucronatus* G. et B. Canestrini, 1881; .., *Eviphis ostrinus* C. L. Koch, 1836, *C. minor* Willmann, 1952; *Macrochelles decoloratus* C. L. Koch, 1839 и 11 видов паразитических клещей (*Hypoaspis heselhausi* Oudemans, 1912; *Eulaelaps stabularis* C. L. Koch, 1836; *Laelaps hilaris* C. L. Koch, 1836; *L. clethrionomydes* Lange, 1955, *Hyperlaelaps arvalis* Zachv., 1948, *Haemogamasus nidi* Michael, 1892; *H. nidiformis* Bregetova, 1955, *H. liponyssoides* Ewing, 1935; *H. ambulans*, Thorell, 1872; *Hirstionyssus isabellinus* Oudemans, 1913; *H. eusoricis* Breg. 1956 из иксодовых клещей - *I. trianguliceps*.

Для Карелии участок - полоса 63 30-64 с.ш. является границей 30 видов наземных позвоночных (Ивантер, 2001), в том числе нескольких видов мелких млекопитающих, являющихся хозяевами паразитиформных клещей. Выше этой полосы не распространены 14 видов паразитических гамазовых клещей и 3 вида иксодовых клещей (*I. persulcatus*, *I. ricinus* и *I. aronophorus*). Ареал клещей для одних видов определен северной границей распространения их хозяев, для других – климатическими условиями, и в первую очередь июльской изотермой.

Дальнейшие эколого-фаунистические исследования по паразитиформным клещам Карелии определено приведут к увеличению их видового богатства и в основном за счет свободноживущих видов гамазовых клещей. Что же касается иксодовых клещей, а также паразитических гамазовых клещей, в настоящий момент необходимо уточнение их границ распространения.

## ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАРЕЛИИ

**М. А. Бойчук, А. И. Максимов, Т. А. Максимова**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Бриофлора Карелии, по последним данным (см. статью А.И. Максимова в наст. сб.), насчитывает 470 видов листостебельных мхов. В Красную Книгу Восточной Фенноскандии (Red Data Book., 1998) внесены 109 видов бриофлоры Карелии. Но самый надежный способ охраны мхов – это охрана их местообитаний, т.е. создание сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Природно-заповедный фонд Карелии по состоянию на 01.01.2005 г. включает 167 ООПТ (Государственный доклад., 2005), которые занимают 937530 га, т.е. 5,4% территории республики. В их числе 2 заповедника, а также находящийся в пределах Карелии Кемь-Лудский участок Кандалакшского заповедника (Мурманская область); 2 национальных парка (НП); 1 природный парк; 47 заказников; 109 памятников природы; 5 земель историко-культурного назначения; 1 ботанический сад. Планируется организация других ООПТ.

В настоящее время бриологически изучены 17 ООПТ Карелии (табл.) – 12 существующих и 5 проектируемых. Сведения о бриофлоре этих ООПТ содержатся в ряде статей (Brotherus, 1923; Лантратова и др., 2001; Бойчук и др., 2002; Бойчук, 2002, 2003, 2005а, б; Максимов, Максимова, 2002, 2003; Максимов и др., 2003, 2004; Бойчук, Марковская, 2005).

*Таблица. Видовое разнообразие мхов ООПТ Карелии*

| №  | ООПТ                             | Площадь,<br>га | Количество  |              |
|----|----------------------------------|----------------|-------------|--------------|
|    |                                  |                | видов       | редких видов |
| 1  | Заповедник «Кивач»               | 10870          | 223 (47,4%) | 7 (6,4%)     |
| 2  | Заповедник «Костомукшский»       | 47569          | 159 (33,8%) | 4 (3,7%)     |
| 3  | Кемь-Лудский участок             | 1608           | 148 (31,5%) | 10 (9,2%)    |
| 4  | НП «Паанаярви»                   | 104354         | 307 (65,3%) | 41 (37,6%)   |
| 5  | НП «Водлозерский» (карел. часть) | 130600         | 157 (33,4%) | 3 (2,8%)     |
| 6  | ПП «Валаамский архипелаг»        | 3600           | 114 (24,3%) | 3 (2,8%)     |
| 7  | Заказник «Кижский»               | 50000          | 129 (27,4%) | 1 (0,9%)     |
| 8  | Заказник «Керетский»             | 21000          | 131 (27,9%) | 1 (0,9%)     |
| 9  | Заказник «Шуйостровский»         | 10000          | 62 (13,2%)  | –            |
| 10 | Заказник «Койву-Ламбасуо»        | 1800           | 121 (25,7%) | –            |
| 11 | Заказник «Кузова»                | 3600           | 93 (19,8%)  | 3 (2,8%)     |
| 12 | Ботсад ПетрГУ                    | 367            | 124 (26,4%) | 2 (1,8%)     |
| 13 | Проект. НП «Калевальский»        | 100000         | 162 (34,5%) | 6 (5,5%)     |
| 14 | Проект. НП «Тулос»               | 38500          | 106 (22,6%) | 2 (1,8%)     |
| 15 | Проект. НП «Койтайоки»           | 76900          | 157 (33,4%) | 3 (2,8%)     |
| 16 | Проект. НП «Ладожские шхеры»     | 124000         | 269 (57,2%) | 37 (33,9%)   |
| 17 | Проект. заказник «Сыроватка»     | 31152          | 99 (21,1%)  | 2 (1,8%)     |
|    | Итого:                           | 755920         | 424 (90,2%) | 82 (75,2%)   |

*Примечание.* В скобках приводится процент от общего числа видов (470 видов) и редких видов (109) бриофлоры Карелии

Сравнение бриофлор 17 ООПТ Карелии показало, что самыми богатыми в видовом отношении являются НП «Паанаярви» (307 видов мхов) и проектируемый НП (ПНП) «Ладожские шхеры» (269). Это можно объяснить длительным (более 150 лет) изучением (с активным участием финских ботаников) их бриофлоры и своеобразными природными условиями этих территорий – наличием карбонатных пород, сильной расчлененности рельефа, специфических местообитаний (горно-тундровых, скально-каменистых). Третье место по количеству видов мхов занимает заповедник «Кивач» (223), что также связано с присутствием карбонатных пород и гетерогенностью местооби-

таний. Остальные бриофлоры не отличаются богатством из-за кислых пород и почв или недостаточной изученности.

Наибольшим своеобразием отличаются бриофлоры НП «Паанаярви» (50 видов обнаружены только на данной ООПТ и не найдены на других) и ПНП «Ладожские шхеры» (31). Только в бриофлоре заповедника «Кивач» зарегистрированы *Ctenidium molluscum*, *Hypnum fertile*; заповедника «Костомукшский» – *Dicranella palustris*, *Hygrohypnum smithii*, *Ulota crispa*; Кемь-Лудского участка – *Bryum intermedium*, *B. oblongum*, *Dicranum groenlandicum*; НП «Водлозерский» – *Tortula norvegica*; заказника «Керетский» – *Schistidium maritimum*; заказника «Кузова» – *Bryum uliginosum*, *Sphagnum isoviitae*; ПНП «Тулос» – *Schistidium dupretii*; ПНП «Койтайоки» – *Sphagnum molle*; проектируемого заказника «Сыроватка» – *Bryum lapponicum*, *Brachythecium udum*. В бриофлорах остальных ООПТ специфические виды пока не выявлены.

Среди рассматриваемых бриофлор ООПТ наибольшее количество редких видов мхов зарегистрировано в НП «Паанаярви» (41 вид) и ПНП «Ладожские шхеры» (37), но среди них много «неподтвержденных» (58 видов), так как длительное время (50–100 и более лет) отсутствуют их повторные сборы. Образцы этих видов хранятся в гербариях Финляндии – «Н» (Ботанический Музей Хельсинкского университета); «КУО» (Музей Истории Природы г. Куопио), «OULU» (Ботанический Музей университета г. Оулу), «TUR» (Биологический факультет университета г. Турку). К основным лимитирующим факторам наличия редких видов мхов на ООПТ Карелии относятся их приуроченность к специфическим местообитаниям (скальным, известняковым обнажениям) и произрастание на границе ареалов. Для сохранения редких видов листостебельных мхов на ООПТ Карелии необходимы следующие меры: контроль за состоянием их популяций в известных местонахождениях, поиски новых и подтверждение старых мест произрастаний, а также скорейшее утверждение проектируемых ООПТ, особенно «Ладожские шхеры».

Сводный флористический список изученных бриофлор 17 ООПТ Карелии, которые занимают 4,4% территории республики (существующие – 2,25%, проектируемые – 2,15%), насчитывает 424 вида листостебельных мхов (на существующих – 385, проектируемых – 327), что составляет 90% от состава бриофлоры Карелии (82% и 70% соответственно). На исследованных ООПТ зарегистрировано 82 редких вида мхов (на существующих – 55, проектируемых – 45) – 75% от общего числа редких видов мхов республики (50% и 41% соответственно). Приведенные данные свидетельствуют о довольно высокой, но недостаточной репрезентативности сети существующих и проектируемых ООПТ Карелии для сохранения биоразнообразия листостебельных мхов.

## Литература

- Бойчук М.А., 2002. Листостебельные мхи особо охраняемых природных территорий Карелии // Автореф. дис.... канд. биол. наук. СПб. 26 с.
- Бойчук М.А., 2003. Сравнение флоры листостебельных мхов некоторых охраняемых природных территорий Карелии // Биогеография Карелии (флора и фауна таежных экосистем). Труды КарНЦ РАН. Вып. 4. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 30-36.
- Бойчук М.А., 2005а. Бриофлора парка // Структура и динамика природных экосистем и формирование народной культуры на территории Национального парка «Водлозерский». Петрозаводск. С. 37-38.
- Бойчук М.А., 2005б. Листостебельные мхи лесоболотного стационара «Киндасово» (южная Карелия) // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Фенноскандии. Труды КарНЦ РАН. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 146-154.
- Бойчук М.А., Антипин В.К., Бакалин В. А., Лапшин П. Н., 2002. Материалы к изучению бриофлоры Водлозерского национального парка // Новости систематики низших растений. Т. 36. СПб.: Наука. С. 213-224.
- Бойчук М.А., Марковская Н.В., 2005. К флоре листостебельных мхов островов Кижского заказника (Карелия) // Новости систематики низших растений. Т. 38. СПб.: изд-во СПб ун-та. С. 328-339.
- Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2004 году. 2005. Петрозаводск: Скандинавия. 335 с.
- Лантратова А.С., Бакалин В.А., Лапшин П.Н., Бойчук М.А., 2001. К флоре листостебельных мхов ботанического сада Петрозаводского государственного университета // Новости систематики низших растений. Т. 35. СПб.: Наука. С. 249-258.
- Максимов А.И., Максимова Т.А., 2002. Листостебельные мхи островов Белого моря // Культурное и природное наследие островов Белого моря. Петрозаводск: ООО «Пакони». С. 97-101.

- Максимов А.И., Максимова Т.А., 2003. Листостебельные мхи // Материалы инвентаризации природных комплексов и научное обоснование ландшафтного заказника «Сыроватка». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 46-50.
- Максимов А.И., Максимова Т.А., Бойчук М.А., 2003. Листостебельные мхи охраняемых территорий Карелии // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 105-119.
- Максимов А.И., Максимова Т.А., Кучеров И.Б., 2004. Дополнения к флоре листостебельных мхов заповедника «Кивач» (Карелия) // Бот. журн. Т. 89, № 12. С. 1897-1901.
- Brotherus V. F., 1923. Die Laubmoose Fennoskandias // Flora Fennica. Vol. 1. 635 s.
- Red Data Book of East Fennoscandia / Eds. Kotiranta H. et al. 1998. Helsinki: 351 p.

## УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС ВЕТВЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

В. К. Болондинский<sup>1</sup>, Г. И. Софронова<sup>1</sup>, Э. Л. Кайбияйнен<sup>2</sup>, Е. Е. Ялынская<sup>1</sup>,  
И. Н. Софронова<sup>1</sup>, Л. М. Виликайнен<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup> Университет Йозенсуу, Финляндия

В связи с проблемой роста концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере последние десятилетия исследования CO<sub>2</sub>-газообмена у древесных растений стали особо актуальными. Для повышения точности моделей углеродного баланса древостоя необходимо знать вклад различных компартментов экосистемы в баланс CO<sub>2</sub>. Известно, что при снижении освещенности балансы CO<sub>2</sub> ветвей в сомкнутом древостое в некоторые периоды вегетации могут стать отрицательными, и ветви отмирают (Кайбияйнен, Болондинский, 2004). Однако процесс старения имеет место в ряде случаев и у нижних ветвей, растущих на опушке леса, получающих 60-80% от максимальной освещенности. Неясно, связано это с физиологическими факторами, снижением фотосинтеза и увеличением дыхания, с уменьшением доли хвои по отношению к дышащим частям ветви или какими-либо другими причинами. Нами была поставлена задача оценить баланс CO<sub>2</sub> такого рода ветвей и сравнить его с балансом молодых, интенсивно растущих ветвей 15-20-летних сосен. Мы также предприняли попытку произвести приблизительную оценку баланса CO<sub>2</sub> у ветвей 200-летней сосны.

Исследования проводились летом 2003 г. в районе пос. Кончезеро, расположенного в 50 км к Северу от г. Петрозаводска (62°13' с.ш. и 34°10' в.д.). Объекты росли на опушке и были хорошо освещены с южной стороны. Стареющие ветви имели возраст 26-29 лет. CO<sub>2</sub>-газообмен измерялся с помощью портативного газоанализатора Li-6200 (Li-Cor) на неотделенных побегах. Здесь же были выбраны для сравнительных измерений молодые 15-летние сосны. Параллельно с фотосинтезом определяли темновое дыхание неохоженных побегов. После проведения измерений исследуемые ветви спиливались и определялись их структурные параметры. Исследования в Финляндии (база Хельсинского Университета, Хюютияля, 61°51' с.ш., 24°17' в.д.) проводились на 220-летней сосне, высотой 27,8 м. Использовались газометрические системы Li-Cor 6400 и CIRAS-2. Структурные же измерения были проведены в Карелии после слома сильным порывом ветра ствола у подобной 200-летней сосны.

Средние величины наблюдаемого фотосинтеза (P) в течение вегетации составляли для однолетних побегов молодой и стареющей ветви соответственно 1,6-2,6 и 1,4-2,5 мкмоль CO<sub>2</sub> м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>. Максимальные величины фотосинтеза были зафиксированы в июле. Фотосинтез двухлетних побегов был в среднем на 15%, а у трехлетних – на 20% ниже, чем у однолетних, что близко к данным (Linder, Troeng, 1980). Для определения средних величин ночного дыхания охоженных побегов (R<sub>n</sub>) использовалась его температурная зависимость, полученная нами ранее (Болондинский, Ялынская 2005). Вклад его в общий баланс ветви не превышает 5%. Достоверных различий P и R<sub>n</sub> у молодой

и старой ветви не обнаружено. Третья составляющая баланса – дыхание скелетной части побега ( $R_b$ ), была в 2,5-3,5 раза выше у молодой ветви, чем у старой (табл. 1). Исследуемые ветви имели примерно одинаковую площадь хвои – 0,660 и 0,687 м<sup>2</sup>. Однако по годам различия были существенными. Так, площадь однолетней хвои у молодой ветви была более чем на 50% больше, чем площадь у старой ветви (0,236 и 0,157 м<sup>2</sup> соответственно). Четырехлетней хвои на молодой ветви было в 2,5 раза меньше, чем на старой, а пятилетняя хвоя вообще отсутствовала. Площадь скелетной части побегов у старой ветви была в два раза больше чем у молодой (0,249 и 0,133 м<sup>2</sup>). В основном это происходило за счет неохвоенных побегов (0,111 и 0,038 м<sup>2</sup>) и осевых побегов (0,0934 и 0,0298 м<sup>2</sup>). В результате, отношение площади хвои ( $S_n$ ) и площади скелетной части ( $S_b$ ) для молодой и старой ветви составило соответственно 4,73 и 2,76. Для данных ветвей структурные измерения были проведены в начале июня. Отношение  $S_n/S_b$  для еще более молодой и активно растущей ветви (7 мутовка), обработанной в сентябре с учетом побегов текущего года, составило 8,81 и было еще выше для более молодых ветвей. Именно достаточно низкое отношение  $S_n/S_b$  (2,56) является признаком начала старения. Важным физиологическим признаком старения ветвей нижнего яруса является существенное снижение дыхания побегов. Поглощение  $CO_2$  ветвями в исследуемые периоды сезона было примерно одинаковым, а выделение  $CO_2$  – на 50% меньше у старой ветви. В результате баланс  $CO_2$  в июне-июле был больше у старой ветви, только в августе лидировала молодая ветвь (табл. 1).

Три основных составляющих, определяющих  $CO_2$  баланс ветви, –  $P$ ,  $R_b$  и соотношение площадей ( $S_n$  и  $S_b$ ) изменяются в ходе вегетации. В первую очередь это касается величины  $R_b$ , особенно сильно уменьшающейся в августе у старой ветви (Болондинский, Ялынская 2005). Значительный вклад в баланс вносят и растущие побеги, во вторую половину июля сильно изменяя соотношение площадей. Кроме того в августе после атмосферной засухи произошел сброс части хвои (4- и 5-летней). Ранее нами было установлено (Болондинский, Кайбияйнен 2003), что баланс побега текущего года до середины июля близок к нулю, а затем начинает быстро расти. С учетом этих данных реальное поглощение  $CO_2$  для периода с 20.07-29.08 несколько выше, чем приведенное в табл. 1.

Таблица 1. Баланс  $CO_2$  и его составляющие у молодой и стареющей ветвей сосны обыкновенной в разные периоды вегетации 2003 г.

| Дата   | P   | $R_n$ | $R_b$ | Поглощение $CO_2$    | Выделение $CO_2$ | Баланс $CO_2$ |
|--|---|-------|-------|----------------------|------------------|---------------|
|  | мкмоль $CO_2$ м <sup>-2</sup> с <sup>-1</sup> |       |       | млмоль $CO_2$ /сутки |                  |               |
| Молодая ветвь (10 мутовка) 17-летнего дерева   |   |       |       |                      |                  |               |
| 11-13.06                                       | 1,6   | 0,18  | 0,9   | 61,1                 | 13,1             | 48,0          |
| 8-10.07  | 2,3   | 0,12  | 1,1   | 87,8                 | 14,4             | 73,4          |
| 24-25.07                                       | 2,6   | 0,145 | 1,25  | 93,4                 | 16,8             | 76,6          |
| 21-22.08                                       | 1,8   | 0,09  | 1,05  | 56,6                 | 14,0             | 42,6          |
| 29.08  | 1,7   | 0,08  | 0,95  | 51,5                 | 12,7             | 38,8          |
| Стареющая ветвь (29 мутовка) 35-летнего дерева |   |       |       |                      |                  |               |
| 11-13.06                                       | 1,8   | 0,13  | 0,32  | 70,1                 | 9,0              | 61,2          |
| 8-10.07  | 2,2   | 0,11  | 0,2   | 85,7                 | 6,1              | 79,7          |
| 24-25.07                                       | 2,5   | 0,12  | 0,34  | 91,7                 | 9,5              | 82,2          |
| 21-22.08                                       | 1,4   | 0,09  | 0,4   | 44,9                 | 10,7             | 34,3          |
| 29.08  | 1,4   | 0,08  | 0,35  | 43,3                 | 9,5              | 33,9          |

Обозначения см. в тексте.

Наши измерения фотосинтеза проводились при хорошей влагообеспеченности деревьев. В сильную засуху фотосинтез снижался, особенно сильно это проявлялось у ветвей нижних ярусов (Болондинский, Кайбияйнен, 2003). В такие периоды баланс  $CO_2$  стареющей ветви может значительно уменьшаться, а у каких-то ответвлений быть отрицательным, что очень быстро ведет к опадению хвои и гибели побегов. В первую очередь у нас это происходило с веточками, получающими менее 50% от дневной радиации открытого места. Их отмирание приводило к значительному умень-

шению соотношения  $S_n/S_b$  и снижению баланса стареющих ветвей. Одна из наших экспериментальных ветвей после сильной атмосферной засухи 2003 г. была близка к гибели. Но в целом это явление достаточно редкое, и на 35-летнем дереве сохраняются 30-летние ветви, растущие в 20 см от основания ствола.

Нами была проведена также грубая оценка баланса  $CO_2$  для пяти уцелевших ветвей 200-летней сосны высотой 22 м. Данные по фотосинтезу и дыханию были взяты с подобной сосны, измеренные в Финляндии в теплый засушливый период августа 2002 г. Первая, самая крупная ветвь на высоте 13 м в августе поглощала 2,71 и выделяла 0,266 моль  $CO_2$ /сутки ( $S_n/S_b=5,13$ ). Самая же маленькая ветвь ( $S_n/S_b=0,36$ ), имела баланс всего 1-2 ммоль  $CO_2$ /сутки. Поверхность хвои составляла 0,12 м<sup>2</sup>. Положительный баланс, обеспечивался очень низкими дыханием побегов – менее 0,5 ммоль  $CO_2$  м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup>. Это подтверждают и очень низкие приросты у ветви (в сумме 2 мм за последние 50 лет). Баланс всех 5 ветвей составил 3,26 моля  $CO_2$ . В отсутствие засухи  $CO_2$  балансы ветвей были выше и обеспечивали стабильное существование дерева. Его гибель была обусловлена сердцевинной гнилью, снизившей прочность ствола.

Таким образом, как стареющая ветвь в нижней части кроны 35-летнего дерева, так и ветви в верхней части кроны 200-летнего дерева сосны хорошо адаптированы к существующим условиям и имеют достаточно высокий баланс  $CO_2$ , обеспечивающий жизнедеятельность дерева. Причиной гибели хорошо освещенных ветвей с признаками старения являются нарушения, связанные с ухудшением водного режима во время сильных засух. Исследование  $CO_2$ -газообмена у стареющих ветвей дает дополнительную информацию как о вкладе различных компартментов древостоя в продукционный процесс, так и о стоке  $CO_2$  в перестойные сосновые древостои.

## Литература

- Болондинский В.К., Кайбияйнен Л.К., 2003 Динамика фотосинтеза в сосновых древостоях // Физиология растений. Т. 50. С. 105-114.
- Болондинский В.К., Ялынская Е.Е., 2005. Фотосинтез и дыхание ветвей сосны в зависимости от возраста и пространственного расположения // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. С. 28-30.
- Кайбияйнен Л.К., Болондинский В.К., 2004. Изучение  $CO_2$ -газообмена у деревьев сосны обыкновенной в процессе старения // Проблемы физиологии растений Севера. Петрозаводск. С. 80.
- Linder S., Troeng E., 1980. Photosynthesis and Transpiration of 20-year-old Scots Pine // Structure and Function of Northern Coniferous Forests. Ecological Bulletins. Stockholm. №32. P. 165-181.

## ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАЗИТОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

С. В. Бугмырин<sup>1</sup>, А. В. Коросов<sup>2</sup>, Е. П. Иешко<sup>1</sup>, В. С. Аниканова<sup>1</sup>,  
Л. А. Беспятова<sup>1</sup>, Ю. М. Матророва<sup>2</sup>, И. В. Телегин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

Центральной проблемой современной экологии остается познание взаимодействий организмов и их группировок со средой обитания. Это взаимодействие в первую очередь проявляется в их пространственном распределении (Садыков, 1983). При обсуждении вопросов динамики численности популяций, как правило, игнорируется фактор мозаичности среды. Тем не менее, мозаичность пространственной структуры, одновременно является и ведущим фактором динамики численности популяций, о чем косвенно могут свидетельствовать данные по биотопической приуроченности мелких млекопитающих и их паразитов (Ивантер, 1975; Федоров, 1986; и др.).

Целью представленной работы был определения факторов, влияющих на пространственное распределение паразитов мелких млекопитающих и картирование их численности. В качестве модели выбран массовые виды: хозяин – рыжая полевка *Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780); паразит – нематода *Heligmosomum mixtum* (Schulz, 1952).

Исследования проводились на стационаре КарНЦ РАН в окрестностях д. Гомсельга (62°04'N, 33°55'E), в 60 км к северу от г. Петрозаводска. На территории площадью 14 км<sup>2</sup> (рис. 1) проведены геоботанические описания биотопов (263 точки). Учитывался состав и возраст древостоя, влажность, состояние подлеска, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, и пр. (всего 45 характеристик). Отловы мелких млекопитающих с последующим паразитологическим вскрытием проведены в 73 биотопах. За период с 1994 г. по май 2004 г., отработано 38500 ловушко-суток, отловлено 2570 животных 11 видов, из них рыжих полевок – 1162 экз. По всем данным (геоботаническим, териологическим и паразитологическим) созданы базы данных (пакеты MS Excel, MS Access и MapInfo). Техника картирования пространственного распределения паразитов согласно разработанной методике (Коросов А.В., Коросов А.А., 2006). Статистическую обработку данных проводили в программе Quantitative Parasitology 2.0 (Rozsa et al., 2000).

Жизненный цикл *Heligmosomum mixtum* не изучался, но по аналогии с представителями того же семейства можно предположить, что это геогельминт, развитие которого протекает без участия промежуточных хозяев. Собранные данные позволяют говорить, что из обитающих на данной территории мышевидных грызунов именно рыжая полевка (76% от общего количества отловленных мышевидных грызунов) – основной хозяин *H. mixtum*, определяющий её пространственное распределение и численность. Средние значения встречаемости и индекса обилия *H. mixtum* у рыжей полевки составили 27.3% и 0.85 экз., соответственно.

За период исследования экстенсивность инвазии нематоды варьировала в пределах 22% – 38%, а индекс обилия – 0.6 – 1.4 экз. (рис. 2), во всех случаях различия не были значимыми (при  $p \leq 0.05$ ). Исключение составляет 2000 г., наблюдаемая встречаемость нематод в этот год ниже ( $p=0.04$ ) чем в предшествующие 1998 – 1999 гг. Относительная стабильность показателей заражения нематодой наблюдалась на фоне существенного изменения численности рыжей полевки (рис. 2). Таким образом, общая численность паразитов в биоценозе за многолетний период изменялась синхронно с численностью хозяина (рис. 2).

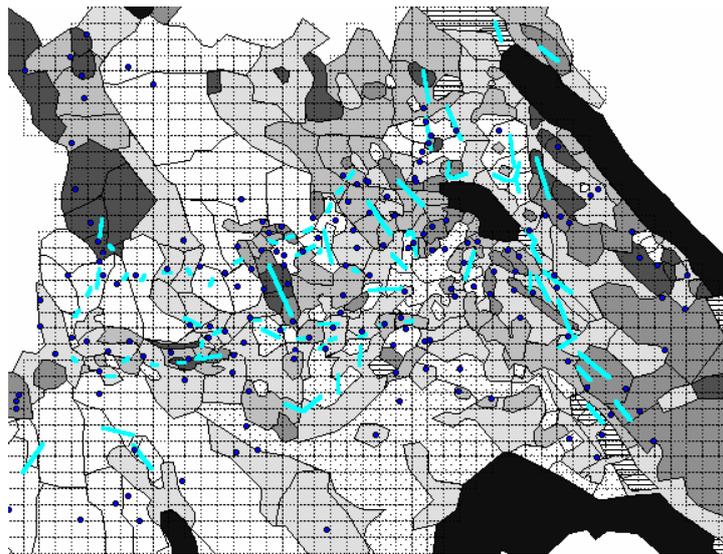


Рис. 1. Карта-схема полигона исследования, площадь одного квадрата – 1 га (точками обозначены места геоботанических описаний, линиями – линии ловушек)

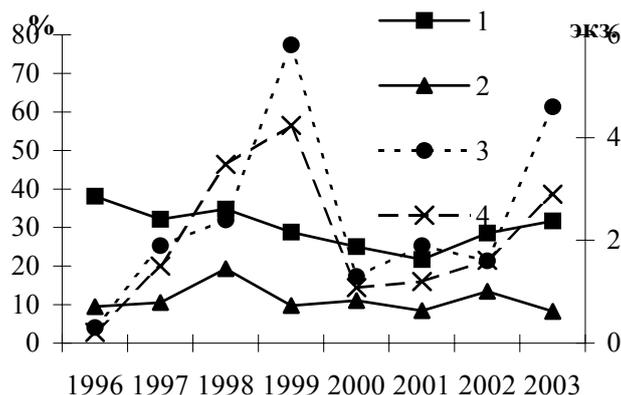


Рис. 2. Многолетняя динамика численности паразита (*H. mixtum*) и хозяина (рыжая полевка): 1 – экстенсивности инвазии нематоды, %; 2 – индекса обилия, экз.; 3 – относительной численности рыжей полевки, экз. на 100 лов.-суток; 4 – относительной численности нематоды, экз. на 100 лов.-суток

В результате проведенного анализа получены линейные уравнения множественной регрессии, описывающие зависимость численности нематоды от факторов среды I (хозяин) и II порядка (условия биотопа). Факторами, влияющими на численность нематоды на протяжении всего периода исследования, были: общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса ( $r=-0.37$ ), средний возраст древостоя ( $r=-0.24$ ), присутствие зеленых мхов ( $r=-0.21$ ), наличие папоротников ( $r=0.40$ ), присутствие черемухи в кустарничковом ярусе ( $r=0.21$ ), численность рыжей полевки ( $r=0.24$ ). Наибольшее количество значимых корреляций выявлено в начале лета, самыми существенными факторами были: численность хозяина ( $r=0.84$ ), доля в популяции хозяина ювенильных особей ( $r=-0.28$ ) и половозрелых самок ( $r=0.80$ ), влажность почвы ( $r=0.12$ ). Рассчитанные с помощью модели значения численности *H. mixtum* хорошо соответствуют эмпирическим данным ( $R^2=0.99$ ). В августе распределение *H. mixtum* по биотопам носило случайный характер, влияние всех исследуемых факторов были не значимы, а полученная регрессионная модель объясняла лишь 37% наблюдений численности *H. mixtum*. Этот факт можно объяснить тем, что высокая миграционная активность хозяина в этот период, связанная с интенсивным размножением и расселением молодняка, нивелирует существующие различия между биотопами.

Используя полученные регрессионные уравнения, были рассчитаны интервалы значений плотности *H. mixtum* для биотопов, где не проводились отловы мелких млекопитающих. В результате, построены карты, описывающие характер пространственного распределения *H. mixtum* (рис. 3) на исследуемой территории.

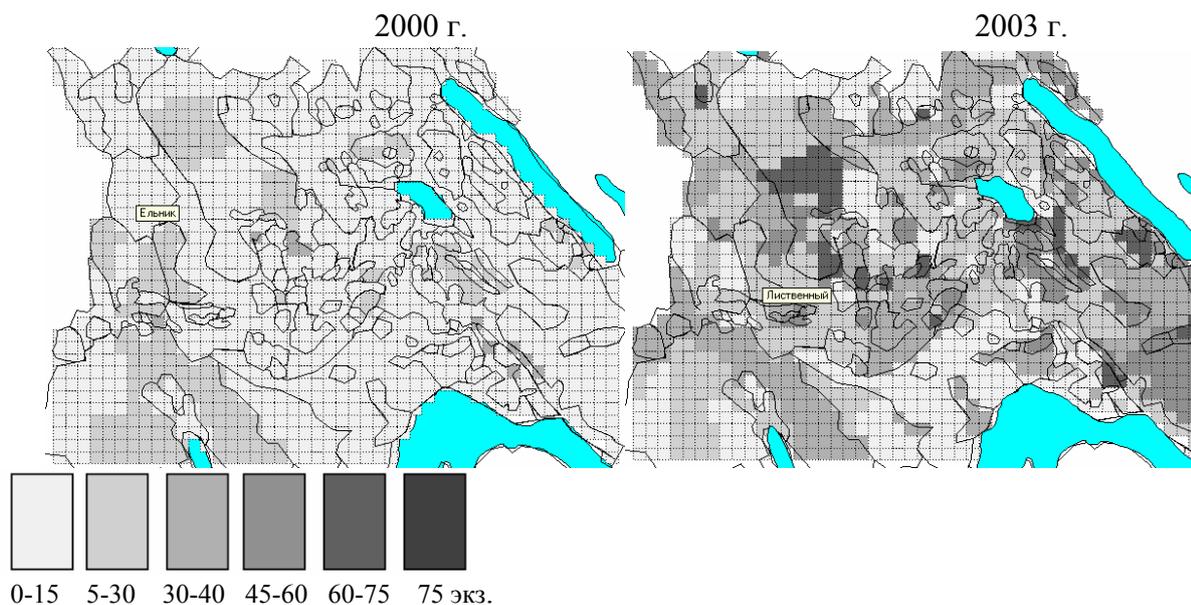


Рис. 3. Пространственное распределение нематоды (*Heligmosomum mixtum*) в районе исследования

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП "Интеграция" (проект № 638) и гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых (проект № МК-5496.2006.04).

## Литература

- Ивантер Э.В., 1975. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л.: Наука. 246 с.
- Коросов А.В., Коросов А.А., 2006. Техника ведения ГИС: Приложение в экологии: Учебное пособие. Петрозаводск: ПетрГУ. 186 с.
- Садыков О.Ф., 1983. Значение исследований пространственной структуры популяций // Методы изучения пространственной структуры популяций мелких млекопитающих в естественной среде и агроценозах. Свердловск: УНЦ АН СССР. С. 3–8.
- Федоров К.П., 1986. Закономерности пространственного распределения паразитических червей. Новосибирск: Наука. 255 с.
- Rozsa L., Reiczigel J., Majoros G., 2000. Quantifying parasites in samples of hosts // Journal of Parasitology. V. 86. P. 228-232.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Н. П. Будыкина, Т. Ф. Алексеева, Н. И. Хилков

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

С каждым годом возрастает интерес к различным физиологически активным веществам, обладающим широким спектром действия на растения, с целью мобилизации у них потенциальных возможностей для повышения урожайности и качества продукции. Способность фиторегуляторов стимулировать адаптационные процессы и повышать устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды (низкие и высокие температуры, недостаток и избыток почвенной влаги, болезни, низкая освещенность в осенне-зимний период и др.) представляет особую ценность с точки зрения их возможного использования в зонах рискованного земледелия, в частности, в условиях европейского Севера. Создаваемые в последние годы рострегулирующие препараты на основе природного сырья, обладающие одновременно несколькими видами регулирующей активности, открывают новые подходы к управлению процессами метаболизма растений и позволяют шире решать задачи практического растениеводства. Достоинством этой группы соединений является и то, что высокую физиологическую и фунгицидную активность они проявляют в низких концентрациях – 5 - 50 мг д.в./га и являются экологически безопасными,

В настоящей работе мы представляем основные результаты исследований по оценке эффективности действия препаратов **циркон** (д. в. гидроксикоричные кислоты, 0.1 мг/мл) и **эпин\*** экстра (д.в. эпибрассинолид, 0.025 мг/мл) на растения цветной капусты, картофеля и тепличной культуры томата. Препараты созданы в ННПП «Нэст М» (г. Москва). Опыты проводили на Агробиологической станции Института биологии КарНЦ РАН в закрытом и открытом грунте в 2004 – 2005 гг.

Проведенные эксперименты показали, что реакция растений на обработку названными препаратами (на основании оценки в онтогенезе их ростовых и генеративного процессов, устойчивости к стресс-факторам, урожайности и качества продукции) меняется в зависимости от напряженности факторов среды, фазы развития растений при обработке, дозы (концентрации) и способов применения.

Известно, что потенциальные возможности растений проявляются наиболее полно в том случае, если выдерживается благоприятный температурный режим в корнеобитаемой среде и непосредственно в зоне агрофитоценоза. В условиях Карелии в пленочной теплице ночные температуры воз-

духа в конце мая, как правило, не превышают 12°C, а в первой и второй декаде июня – 14-16°C, температура почвы при этом не поднимается выше 17°C. В таких условиях у высаженных растений томата задерживается укоренение, они отстают в росте и развитии, затягивается вступление в плодоношение. Препарат **эпин\*** экстра при поливе рассады томата (F<sub>1</sub> Верлиока) и последующем опрыскивании высаженных в конце мая в пленочную теплицу растений обеспечивал в условиях низких температур почвы и воздуха лучшее развитие корневой системы и надземной массы. Растения быстрее наращивали листовую массу, у них на 3 – 4 дня уменьшалась продолжительность межфазных периодов: бутонизация – цветение 1 – 2 – ой кистей, цветение 1 – 2 кистей – хозяйственная спелость плодов на них. Более того, через 40 дней после посадки растения опытных вариантов были на 16 – 28 см выше контрольных и имели на 0.3 – 1.2 соцветия больше.

Кроме того, обнаружено, что **эпин\*** экстра оказывает существенное влияние на продуктивность томата в весенне-летний период выращивания в пленочной теплице. Применение препарата в неблагоприятных для опыления и образования завязей температурных условиях (повышение температуры воздуха в пленочной теплице в полуденные часы до 33 - 35° С) уменьшило опадание цветков, стимулировало плодообразование и увеличило урожайность томата F<sub>1</sub> Верлиока как за первые две недели плодоношения, так и за весь период вегетации культуры. Так, по сравнению с контролем и в зависимости от кратности и способа обработки ранний урожай плодов увеличился на 23 – 41%, общая урожайность - на 14 – 45%. Более высокие темпы поступления ранней продукции обеспечила комплексная обработка рассады до и после высадки в теплицу. Наибольшее повышение урожайности наблюдали в варианте с комплексной обработкой рассады и вегетирующих растений в фазе цветения 3 – 4 –го соцветий, она составила 12.4 кг/кв. м или 146% к контролю.

Наряду с влиянием на продуктивность препарат **эпин\*** экстра оценивали на способность ограничивать (уменьшать) пораженность растений томата серой гнилью (возбудитель гриб *Botrytis cinerea* Pers) на естественном инфекционном фоне. Установлено значительное снижение степени распространения серой гнили при обработке растений в фазе цветения 3 – 4 – го соцветий и при комбинированной трехкратной обработке. В этих вариантах не отмечено поражения заболеваниями бутонов, завязей, а позднее и плодов. Число растений с листовой и стеблевой формами серой гнили составило 2.0 и 0.5% соответственно. В контрольном варианте процент растений с поражением надземных органов составил: листьев – 6.4%, стеблей – 4.3%, бутонов и плодов – 6%.

Таким образом, испытания **эпина\*** экстра, проведенные впервые на тепличной культуре томата, расширили наши представления о его полифункциональном действии: препарат обеспечивает хорошую приживаемость рассады при низкой температуре в корнеобитаемой среде; стимулирует рост растений, закладку соцветий и плодообразование; предотвращает опадание генеративных органов; снижает поражение растений серой гнилью; увеличивает урожайность, действует в небольших нормах расхода (5.6 – 12 мг д.в. на га). Обработку можно проводить путем полива рассады накануне высадки в теплицу, либо опрыскиванием вегетирующих растений: через неделю после посадки и в фазе цветения 3 – 4-го соцветий. Наибольший эффект достигается при сочетании обработок.

Оценка действия **циркона** на растения цветной капусты (с. МОВИР-74), проведенная в условиях полевого опыта, показала, что предпосевная обработка препаратом семян ускорила прорастание и рост сеянцев. При этом в сравнении с контролем достоверно увеличилась сырая масса надземной части и корней; повысился процент стандартной рассады за счет снижения растений с «черной ножкой», недоразвитых и с искривленным стеблем. Это, в свою очередь, обеспечило предпосылки для физиологической устойчивости растений на последующих этапах онтогенеза. С самого начала вегетации растения вариантов с использованием **циркона** (обработка семян, обработка семян + опрыскивание рассады) выделялись более интенсивным ростом и развитием: уборка головок товарной продукции началась на 2 – 5 дней раньше, а период уборки сократился в 1.2 – 1.6 раза по сравнению с контрольным вариантом. В итоге валовая продукция головок составила в первом сборе 106 – 123%, самого большого одноразового сбора 109 – 139%, за весь период вегетации 106 – 126%. Наилучший эффект получен в варианте с трехкратной обработкой: семян, рассады и вегетирующих растений через 7 дней после посадки. Существенно и то, что в опытных вариантах в период уборки не зафиксировано растений, пораженных килой (возбудитель *Plasmodiophora brassicae*), в то время как в контроле в разной степени заболело 11% растений.

Таким образом, изучение **циркона** на цветной капусте выявило специфику его действия: препарат повышает адаптивность и приживаемость рассады, снижает пораженность «черной ножкой» и

килой, индуцирует образование и рост головок, сокращает сроки созревания, повышает массу головок валового сбора и общую за вегетацию урожайность.

При исследовании эффективности действия **циркона** на растения картофеля (с. Петербургский) установлено, что допосевная обработка клубней путем мелкодисперсного опрыскивания раствором препарата  $4 \times 10^{-5}$  % д.в. (1.3 л раствора на 0.1 т семян) стимулировала пробуждение покоящихся почек (глазков), в результате чего увеличилось число ростков на клубне и прорастающих стеблей в кусте. Активизация ростовых процессов в клубне и в начале развития растений ускорила появление всходов и наступление последующих фенофаз, увеличила количество стеблей в кусте. Можно предположить, что растения быстрее перешли на корневое питание и более эффективно использовали элементы минерального питания. Анализ составных частей продуктивности растений картофеля с. Петербургский показал, что **циркон** при предпосевной обработке обеспечивал в сравнении с контролем заметное повышение урожайности: при предварительной (по кустовой) уборке на 13% и на 23% при сплошной копке. При этом в клубнях увеличивалось содержание сухого вещества и крахмала (на 1.5%).

Полученные результаты, по обработке цирконом вегетирующих растений картофеля, показали, что оптимальным вариантом являются: для повышения урожайности - фаза полные всходы – начало бутонизации, для снижения поражаемости растений фитофторой – двукратная обработка (фаза полные всходы – начало бутонизации и период массового цветения). Применение **циркона** в фазу полные всходы – начало бутонизации (высота куста 30 – 35 см) вызывало вторичное ветвление стеблей, что, в свою очередь, способствовало увеличению ассимиляционной поверхности растений. Известно, что именно в этот период (IV этап органогенеза) в пазухах прицветников формируются бугорки лопастей соцветия, и начинается рост столонов. В итоге число стандартных клубней в расчете на один куст увеличилось в среднем на 20%, а их масса – на 25%. Несмотря на то, что количество нестандартных клубней при этом было близко к контролю, их масса возросла на 28%. В целом урожайность при окончательной уборке повысилась в среднем на 37%. При двукратном опрыскивании растений препаратом (0.005 мг д.в./10 кв. м) прибавка товарного урожая клубней была максимальной и составила 30% к контролю.

Наиболее эффективное воздействие на устойчивость картофеля к фитофторе оказала двукратная обработка растений. В этом варианте при первой оценке (10 августа) растений с признаками фитофторы не было, степень поражения контрольного массива растений составила 15%. При повторном учете 23 августа в контроле ботва картофеля была поражена фитофторой на 30%, в то же время в варианте с двукратной обработкой отмечены лишь единичные пятна заболевания на нижних листьях у 30% растений.

Таким образом, проведенные испытания **циркона** на картофеле показали, что препарат в зависимости от дозы (концентрации) и срока обработки увеличивает количество и массу клубней у растений, которые подвергались воздействию низких положительных температур и избыточному увлажнению в начале и конце вегетации, и снижает поражение их фитофторой. Очевидно, что циркон активирует процессы роста и ризогенеза растений, повышает их адаптационные возможности в неблагоприятных условиях произрастания, выполняет функции индуктора цветения и проявляет опосредованную антиинфекционную активность.

## ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ КОРНЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И УЛЬТРАСТРУКТУРУ КЛЕТОК ЛИСТА ПШЕНИЦЫ

Ю. В. Венжик, А. Ф. Титов

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Экспериментально установлено, что локальное воздействие неблагоприятной температуры вызывает повышение устойчивости клеток не только в органах растения, подвергнутых ее действию,

но и в тех его частях (и/или органах), которые не испытали подобного влияния (Акимова и др., 1998; 2001). Последнее указывает на существование определенных механизмов передачи «температурного сигнала» из одних органов растения в другие. Однако для их понимания необходимо установить конкретные структурные и физиолого-биохимические изменения, возникающие в растительных клетках под влиянием температуры либо в ее последствии. В связи с этим, целью нашей работы явилось исследование устойчивости и структурных изменений клеток листа, происходящих в последствии краткосрочного (10 мин) локального охлаждения (2 °С) корней недельных проростков пшеницы морозоустойчивого сорта Московский-39.

Об устойчивости проростков судили по температуре ( $LT_{50}$ ), вызывающей гибель 50% палисадных клеток паренхимы листовых высечек после их 5-минутного промораживания в термоэлектрическом микрохолодильнике. Для анализа ультра-структуры клеток срезы листа фиксировали по стандартной методике и просматривали их в электронном микроскопе Hitachi H-500.

Проведенное исследование показало, что даже 10-минутное воздействие температуры 2°С на корни проростков вызывает повышение устойчивости клеток листьев, зафиксированное нами уже через 1 ч после завершения холодной обработки. В дальнейшем устойчивость продолжала нарастать, достигая своего максимума к концу первых суток. Одновременно с этим в клетках листьев отмечены определенные структурные изменения: значительное увеличение длины, ширины и площади клетки, объема вакуоли, размеров хлоропластов, митохондрий и пероксисом. Наряду с этим, обнаружено увеличение объема стромы хлоропласта, уменьшение общей протяженности мембран хлоропласта за счет тилакоидов стромы, а также увеличение площади грани и среднего числа тилакоидов в грани. Отметим, что достоверных изменений в числе гран при этом не обнаружено, однако произошло перераспределение гран по количеству в них тилакоидов (в частности, зафиксировано уменьшение числа небольших гран при сохранении количества более крупных гран).

Подчеркнем, что некоторые из обнаруженных нами изменений отличаются от тех, которые обычно наблюдают у растений, подвергнутых продолжительному действию холода. К последним, например, относят мелкие вакуоли, увеличение числа хлоропластов, формирование мелких гран так называемого «светового типа», увеличение общей протяженности мембран в хлоропластах и, в частности, стромальных тилакоидов, а также выявленные нами крупные клетки и органеллы (Силаева, 1978; Huner, 1985; Musser et al., 1984; Мирославов, 1994; Kratsch, Wise, 2000). Значение такого рода изменений, считающихся адаптивными, известно и широко обсуждается (Климов и др., 1994; 1999; Мирославов и др., 1998; Kratsch, Wise, 2000). Необходимо, однако, учитывать, что в нашем эксперименте воздействие холода осуществлялось локально (только на корни), а структурная трансформация клеток листа выявлялась в последствии охлаждения. Поэтому, вероятно, комплекс обнаруженных нами в клетках листа структурных изменений имеет свои отличительные особенности.

Таким образом, проведенное исследование показало, что даже краткосрочное холодное воздействие на корни пшеницы способно не только индуцировать повышение устойчивости клеток листа, но и вызывает в них целый ряд структурных изменений, затрагивающих размеры клеток, органелл и тилакоидную систему хлоропластов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории анатомии и морфологии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН профессору, д.б.н. Е.А. Мирославу и к.б.н. Н.К. Котеевой за оказанную помощь в проведении экспериментальной части исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 05-0497515с и 06-04-49107а) и Федерального агентства по науке и инновациям (грант 2005-РИ-111.0/001/058).

## Литература

- Акимова Т.В., Балагурова Н.И., Титов А.Ф., Мешикова Е.А., 2001. Повышение теплоустойчивости листьев при локальном прогреве проростков // Физиол. растений. Т. 48. № 4. С. 584-588.
- Акимова Т.В., Балагурова Н.И., Титов А.Ф., 1998. Последствие локального прогрева побегов или корней на теплоустойчивость клеток листа и корня у проростков пшеницы // Физиол. растений. Т.45. №. 5. С. 698-702.
- Климов С.В., Астахова Н.В., Трунова Т.И., 1994. Сопряженные изменения морозостойкости, фотосинтеза и дфхания, ультраструктуры клеток и хлоропластов у озимой пшеницы и ржи при холодном закаливании // Докл. РАН. Т. 337. № 2. С. 276-279.

- Климов С.В., Астахова Н.В., Трунова Т.И., 1999. Холодостойкость растений томата и огурца в связи с низкотемпературной активностью их фотосинтеза // Докл. РАН. Т. 365. № 2. С. 279-282.
- Мирославов Е.А., 1994. Структурная адаптация растений к холодному климату // Бот. журн. Т. 79. № 2. С. 20-26.
- Мирославов Е.А., Вознесенская Е.В., Котеева Н.К., 1998. Сравнительная характеристика анатомии листа растений арктической и бореальной зон // Ботанический журнал. Т. 83. № 3. С. 21-26.
- Силаева А.М., 1978. Структура хлоропластов и факторы среды. Киев: Наукова думка. 203 с.
- Huner N.P.A., 1985. Morphological, Anatomical, and Molecular consequences of Growth and Development of Low temperature in *Secale Cereale* // Amer. J. Bot. V. 72. P. 1290-1306.
- Kratsch H.A., Wise R.R., 2000. The ultrastructure of chilling stress // Plant, Cell and Environment. V. 23. P. 337-350.
- Musser R.L., Thomas S.A., Wise R.R., Peeler T.C., 1984. Chloroplast ultrastructure, Chlorophyll Fluorescence, and Pigment Composition in Chilling-Stressed Soybeans // Plant Physiol. 1984. V. 74. P. 749-754.

## НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ХОЛОДОСТОЙКИХ РАСТЕНИЙ К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Ю. В. Венжик, С. А. Фролова, А. Ф. Титов

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Воздействие неблагоприятных, но не повреждающих температур вызывает в клетках и тканях растения широкий спектр изменений, значительная часть которых носит адаптивный характер. В последние годы благодаря значительным успехам молекулярной биологии и молекулярной генетики внимание исследователей все в большей степени фокусируется на биохимических и молекулярно-генетических составляющих устойчивости растений, тогда как ее физиологические аспекты отошли на второй план.

Целью нашей работы явилось исследование некоторых физиологических изменений, происходящих в растениях в процессе формирования устойчивости при низкотемпературном закаливании. В качестве объекта использовали проростки пшеницы морозостойкого сорта Московская-39. Их выращивали в течение недели в рулонах фильтровальной бумаги на питательном растворе Кнопа в вегетационной камере при постоянных условиях, а затем в течение 7 сут подвергали закаливанию при 4°C. Об устойчивости проростков судили по температуре, вызывающей гибель 50% палисадных клеток паренхимы листовых высевок (ЛТ<sub>50</sub>) после их 5-минутного промораживания в термоэлектрическом термостате (Балагурова и др., 1982). Флуоресценцию хлорофилла измеряли с помощью анализатора выхода фотосинтеза с импульсно-модулированным освещением (MINI-РАМ). Фотосинтетические пигменты экстрагировали 96 % этанолом и определяли спектрофотометрически (Пигменты пластид зеленых растений..., 1964). Площадь листовой пластинки вычисляли по формуле (Аникиев, Кутузов, 1961).

Проведенное исследование показало, что под влиянием закаливания устойчивость проростков пшеницы возрастает уже через 1 ч от начала действия температуры 4°C, через 5 ч достигает 50% от максимального уровня, а наибольший прирост наблюдается к концу вторых суток. При этом у растений, подвергнутых закаливанию, обнаружен комплекс изменений, включающий размеры листовой пластинки, содержание пигментов и работу фотосинтетического аппарата.

Первые изменения в клетках мезофилла листа (снижение скорости электронного транспорта на 12%) обнаружены уже через 1 час от начала воздействия холода. Усиление фотохимического (на 10%) и нефотохимического (на 20%) тушения зафиксировано через 5 ч закаливания. Наряду с этим, отмечено некоторое снижение максимальной фотохимической эффективности фотосистемы II, общего содержания хлорофиллов и каротиноидов. Через сутки закаливания зафиксировано заметное уменьшение площади листовой пластинки (на 40% по сравнению с контрольными проростками).

К моменту, когда устойчивость достигала максимума (через 48 ч), у растений наблюдали снижение скорости электронного транспорта (на 9%), повышение фотохимического (на 35%) и нефотохимического (на 20%) тушения, снижение максимальной эффективности работы фотосистемы II (на 15%), содержания хлорофиллов (на 35%), каротиноидов (на 30%), площади листовой пластинки (на 50%).

Очевидно, что большая часть из обнаруженных нами изменений носит адаптивный характер. Например, увеличение уровня фотохимического тушения связывают с открытием реакционных центров фотосистемы II в определенных условиях внешней среды (Maxwell, Johnson, 2000), в том числе при низкотемпературном закаливании (Oquist, Hunter, 1993). Отмеченное нами усиление тепловых потерь энергии (нефотохимического тушения) также считается адаптивной реакцией (Somersalo, Krause, 1989; Horton et al., 1996). Снижение максимальной фотохимической эффективности фотосистемы II, с одной стороны, является показателем ингибирования фотосинтеза под влиянием неблагоприятных температур Solhaug, Haugen, 1998; Rizza et al., 2001). С другой стороны, снижение названного показателя рассматривается как адаптивная реакция, играющая определенную роль в фотопротекции и регуляции фотосинтеза в условиях стресса (Krause et al., 1990; Bilger et al., 1995).

Таким образом, под влиянием холодового закаливания проростков пшеницы происходит ряд физиологических изменений, большая часть которых носит защитно-приспособительный характер. В частности, у закаленных растений наряду со снижением размеров листовой пластинки и содержания пигментов наблюдаются адаптивные изменения основных показателей эффективности фотосинтеза (фото- и нефотохимическое тушение, максимальная эффективность фотосистемы II), которые свидетельствуют об увеличении устойчивости растений к действию низких температур.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (грант № 05-0497515с и 06-04-49107а).

## Литература

- Аникиев В.В., Кутузов Ф.Ф., 1961. Новый способ определения площади листовой пластинки у злаков // Физ. растений. Т. 8. № 3. С. 375-377.
- Балагурова Н.И., Дроздов С.Н., Хилков Н.И., 1982. Метод определения устойчивости растительных тканей к промораживанию. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 5с.
- Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследования, 1964. /Ред. Сапожникова Д.И.. М., Л.: Наука.121 с.
- Bilger W., Schreiber U., Bock M., 1995. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field // Oecologia. V. 102. P. 425-432.
- Horton P., Ruban A.V., Walters R.G., 1996. Regulation of light harvesting in green plants // Annual Review of plant Physiology and Plant Molecular Biology. V. 47. P. 655-684.
- Krause G.H., Somersalo S., Zumbusch E., Weyers B., Laasch H., 1990. On the mechanism of photoinhibition in chloroplast. Relationships between changes in fluorescence and activity of photosystem ii // J. Plant Physiol. V. 136. P. 472-479.
- Maxwell K., Johnson G.N., 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide // J. Exp. Botany. V. 51. P. 659-668.
- Oquist G., Hunter N.P.A., 1993. Cold-hardening-induced resistance to photoinhibition of photosynthesis in winter rye is dependent upon an increase capability for photosynthesis // Planta. V. 189. P. 150-156.
- Rizza F., Pagani D., Stanca A.M., Cattivelli L., 2001. Use of chlorophyll fluorescence to evaluate the cold acclimation and freezing tolerance of winter and spring oats // Plant Breeding. V. 120. P. 1439-1523.
- Solhaug K.A., Haugen J., 1998. Season variation of photoinhibition of photosynthesis in bark from *Populus tremula* L. // Photosynthetica. V. 35. P. 411-417.
- Sommersalo S., Krause G.H., 1989. Photoinhibition at chilling temperature. Fluorescence characteristics of unhardened and cold-acclimated spinach leaves // Planta. V. 117/ P/ 409-416.

## ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ УМБА (КОЛЬСКИЙ П-ОВ)

А. Е. Веселов<sup>1</sup>, В. В. Красовский<sup>2</sup>, А. В. Зубченко<sup>3</sup>, С. М. Калюжин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Россельхознадзор по Мурманской области, Мурманск, Россия

<sup>3</sup>Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, Мурманск, Россия

<sup>4</sup>Варзугский научно-исследовательский центр полярных экосистем, с. Варзуга Мурманской обл., Россия

С 1998 г. организация по сохранению лосося Северной Атлантики (НАСКО), в которой представлена и Российская Федерация, в соответствии с кодексом ФАО по ведению ответственного рыболовства (Anon., 1995) и соглашением ООН по сохранению и управлению трансграничными и далеко мигрирующими запасами рыб (Anon., 1995), приняла за основу осторожный подход при решении вопросов сохранения, управления и рациональной эксплуатации запасов атлантического лосося (Anon., 1998). Принцип осторожного подхода основан на сохранении репродуктивной способности ресурса. В связи с этим сохранять, обеспечивать расширенное воспроизводство, восстанавливать и рационально управлять запасами дикого лосося можно при условии сохранения и восстановления среды его обитания. Вместе с тем, за последнее столетие значительная часть среды обитания молоди лосося оказалась потерянной. В частности, на Кольском п-ове из-за гидростроительства, практически уничтожены популяции лосося, воспроизводившиеся в реках Паз, Териберка, Воронья, Нива, а в р. Тулома значительная часть нерестово-выростных угодий (НВУ) затоплена. Это и определило в целом снижение запасов дикого лосося.

Известно, что р. Умба – одна из основных лососевых рек Кольского п-ова. Берет начало из оз. Умбозеро и впадает в Кандалакшский залив Белого моря. Длина ее 124,8 км, площадь водосбора – 6248,5 км. Река включает 598 притоков I-IV порядка общей протяженностью 2357,9 км. Основные притоки I порядка это Черная I (22,8 км), Воронья (35,1 км), Еловая (25,1 км), Черная II (22,7 км), Кана (39,8 км), Муна (39,9 км), Вяла (39,3 км). По гидрографическим признакам р. Умба относится к разветвленному стоку каскада озер (Веселов, 2006). В ее бассейне насчитывается около 80 озер. Из них крупные – Умбозеро, Канозеро и Пончозеро. Суммарная водная площадь всех озер бассейна р. Умба равна 807,3 км<sup>2</sup>. Коэффициент общей озерности составляет 12,9% (в среднем для рек Кольского п-ова – 7,1%).

В главном русле р. Умба и в ее основных притоках Муна, Инга, Вяла и Лямукса длительное время велся молевой сплав леса, который был прекращен только в 1993 г. Наибольшее воздействие лесосплава оказал на реки Вяла и Лямукса, которые в последствии стали мало пригодны для нереста лосося и обитания молоди (Мельникова, 1966; Хренников и др., 1988; Кузьмин и др., 1989; Алексеев, Криксунов, 1999). В этот период произошло засорение рек древесиной, бульдозерной техникой механически были разрушены биотопы обитания молоди лосося. В результате в настоящее время вся р. Умба нуждается в очистке от топляков и коры. Показано, что при лесосплаве изменяются гидрологические условия в реках, а каналобразное обустройство порогов, являющихся потенциально НВУ, нарушает соотношение фракционного состава грунта, приводит к резкому увеличению скоростей течения, изменению рельефа дна. Вследствие технической подготовки к сплаву древесины (углубление и спрямление русла, сооружение плотин и направляющих ряжей) р. Вяла превратилась в сплошной лоток, лишенный убежищ для молоди лосося (Кузьмин и др., 1989). Помимо этого, количественно и качественно снизилось воспроизводство кормовых объектов дрейфа и бентоса беспозвоночных организмов (Хренников и др., 1988). По расчетам ежегодные потери смолта от последствий лесосплава только в реках Вяла и Лямукса составляют около 28000 экз. (Zubchenko, Kuzmin, 1993). Это, вместе с резко усилившимся незаконным ловом, в результате которого, ежегодно изымается около 70% нерестовых мигрантов (Алексеев, Зубченко, 2006), является основной причиной глубокой депрессии численности атлантического лосося воспроизводящегося в реке. В связи с этим важно определить репродуктивные возможности различных участков р. Умба, их значение в общей системе воспроизводства атлантического лосося этой реки с целью восстановления и поддержания его численности на оптимальном уровне.

В озерно-речной системе р. Умба верховье включает участок от истоков до Капустных озер (длина 31 км); среднее течение – до Канозера вместе с ним (56 км); и низовье – до устья в Кандакшской губе Белого моря. По данным литературы (Кузьмин и др., 1989; Zubchenko, Kuzmin, 1993), и по результатам наших исследований, проведенных в 2002-2006 гг., а также на основе применения правила уклонов (Starmach, 1956; Мартынов, 1983) установлено, что площадь *НВУ* атлантического лосося в р. Умба достигает 503 га (5027400 м<sup>2</sup>), в т.ч. в верхней части реки она составляет около 61 га (12,1%), в средней – около 264 га (52,5%), в нижней – около 178 га (35,4%). Таким образом, основные участки, пригодные для нереста производителей и обитания молоди лосося расположены в среднем и нижнем течении реки. При этом большая часть *НВУ* находится в главном русле, а крупные основные притоки в этом плане имеют существенно меньшее значение. Так на верхнем участке реки в трех наиболее крупных притоках Хариусовая, Черная, Капустная выявлено около 2% *НВУ* от их общей площади, хотя суммарная длина этих притоков составляет 71 км. В средней части реки роль притоков Муна, Инга, Еловая в воспроизводстве лосося выше (около 13%). В то же время такие крупные притоки, впадающие в оз. Канозеро, как Кана и Черная II, ввиду их заболоченности не имеют значения в воспроизводстве лосося. Однако в нижней части р. Умба в притоках первого и второго порядка рр. Вяла и Лямукса расположено около 10% *НВУ*.

Выполненные в 2001-2005 гг. исследования по изучению плотности распределения молоди атлантического лосося показали, что в верховьях реки показатель составил от 1 до 5 экз./100 м<sup>2</sup>, в среднем течении – от 9 до 37 экз./100 м<sup>2</sup>, а в нижнем – от 3 до 12 экз./100 м<sup>2</sup>. В среднем и нижнем течении реки в некоторые годы на отдельных участках плотности молоди достигали 52-89 экз./100 м<sup>2</sup>, однако на соседних станциях молодь могла вообще не встречаться. Например, в 2003-2004 гг. она не обнаружена в нижней части Канозерского порога. Низкие плотности молоди в верхнем течении реки наблюдались и ранее. По данным О.Г. Кузьмина с соавторами (1989) в 1986 г. на различных участках показатель колебался от 2 до 6 экз./100 м<sup>2</sup>. В нижнем течении реки (порог Большой Кривец) плотность достигала 140 экз./100 м<sup>2</sup>. С учетом последних данных, это свидетельствует о хороших репродукционных возможностях *НВУ*, расположенных в средней и нижнем течении реки. В 2000-е годы заметно возросли плотности молоди в притоках Вяла и Лямукса. По данным О.Г. Кузьмина с соавторами (1989) в р. Вяла молодь вообще не встречалась, а в р. Лямукса плотность не превышала 1-10 экз./100 м<sup>2</sup>. В настоящее время (2006 г.) она достигает 42-50 экз./100 м<sup>2</sup>, однако до 50-60% молоди имеет заводское происхождение.

Интенсивный незаконный лов на лососевых реках Кольского п-ова это весьма существенный фактор (Казаков, 1983; Зубченко, 1992; Зубченко, Кузьмин, 1994; Алексеев, Криксунов, 1999; Zubchenko, 1994). Кроме того, для р. Умба не менее существенным фактором, оказывающим негативное воздействие на ее репродуктивный потенциал, является загрязнение. Так, О.Г. Кузьмин с соавторами (1989) отмечали, что в верхнем течении реки, от оз. Умбозеро до Капустных озер, характерно высокое качество грунта, состоящего на 80% из фракций разноразмерного валуна, на котором, практически полностью, отсутствуют донные обрастания. К настоящему времени качество нерестовых и выростных площадей в верхнем течении реки заметно ухудшилось. Наблюдается заиление *НВУ*, сильное обрастание грунта нитчатými водорослями (рис. 1 а). Основная причина этого связана с интенсификацией деятельности горнодобывающей промышленности, объекты которой расположены в бассейне оз. Умбозеро. Более благоприятная картина наблюдается в среднем течении реки. Здесь основу грунта составляет галька, степень обрастания которой, слабая (рис. 1 б).

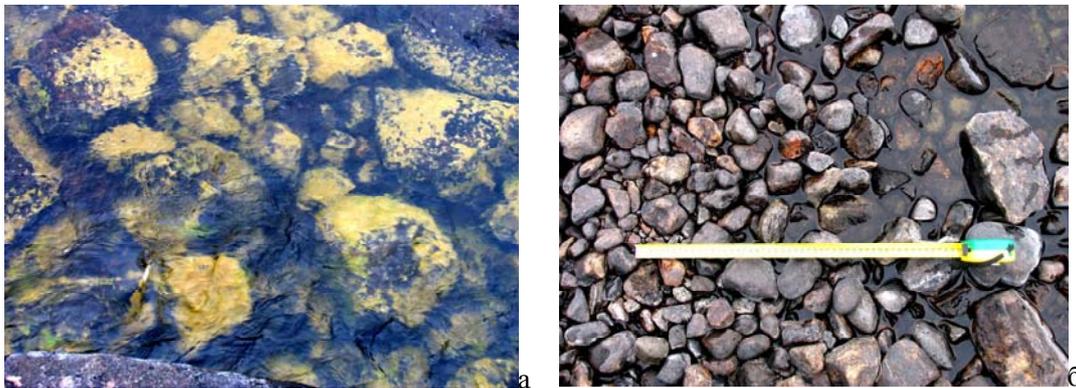


Рис. 1. Типы грунта на *НВУ* в верхнем (а) и среднем (б) течении р. Умба

Однако в среднем, нижнем течении реки и в притоках Инга, Муна, Вяла, Лямукса сохранилось засорение *НВУ* остатками древесины (рис. 2 а, б). Это также способствует заилению отдельных *НВУ* (рис. 2 а) и сильному обрастанию грунта высшей водной растительностью (рис. 2 б).

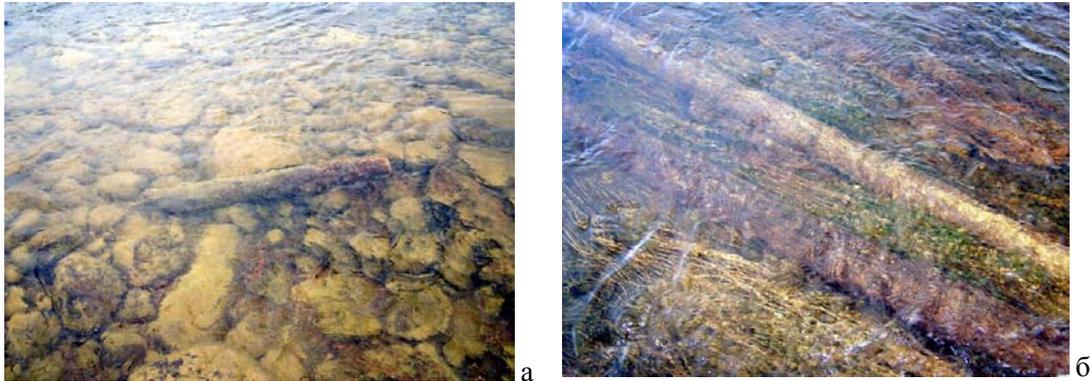


Рис. 2. Остатки древесины на *НВУ* в нижнем течении р. Умба (а) и в р. Вяла (б)

Резюмируя вышесказанное, следует отметить, что, несмотря на концентрацию основных *НВУ* в среднем и нижнем течении реки Умба, репродуктивные возможности атлантического лосося из этой реки реализуются примерно на 40-50%, и только в ее средней части. Верхний и нижний участки реки в настоящее время играют незначительную роль в воспроизводстве из-за загрязнения и значительного пресса браконьерства. Таким образом, для восстановления репродуктивных возможностей участков необходимо проведение интенсивных работ по технической мелиорации русла и проточных озер, а также разработать и реализовать природоохранные мероприятия в бассейне реки, связывая их с развитием рекреационного рыболовства.

## Литература

- Алексеев М.Ю., Криксунов Е.А. Современное состояние стада семги реки Умба // Адаптация и эволюция живого населения полярных морей в условиях океанического перигляциала. Апатиты, 1999. С. 224-231.
- Алексеев М.Ю., Зубченко А.В., Криксунов Е.А. Применение имитационного математического моделирования для оценки величины нелегального вылова семги (*Salmo salar* L.) в реке Умба // Вопросы рыболовства. 2006. № 2. С. 318-325.
- Веселов А.Е. Инвентаризация и систематизация рек Карелии и Кольского полуострова как среды воспроизводства атлантического лосося *Salmo salar* L. // Доклады Академии Наук. 2006. Т. 407, № 3. С. 1-5.
- Зубченко А.В. Состояние запасов атлантического лосося в беломорских реках Кольского полуострова // Проблемы изуч., рац. исполъз. и охраны...: Тез. докл. 5-й регион, конф. 1992. С. 22-24.
- Зубченко А.В., Кузьмин О.Г. Репродуктивный потенциал и состояние запасов атлантического лосося реки Умбы // Систематика, биол. и биотехника: Материалы 5-го Всерос. совещ. СПб., 1994. С. 78-81.
- Казаков Р.В. Гидрологические особенности рек как среды обитания атлантического лосося *Salmo salar* L. // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ: «Промышленная гибридизация рыб». Ленинград, 1983. Вып. 195. С. 80-106.
- Кузьмин О.Г., Яковенко М.Я., Щуров И.Л., Шустов Ю.А., Маслов С.Е. Семга *Salmo salar* р. Умба. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1989. С. 37-40.
- Мартынов В.Г. Семга уральских притоков Печоры: Экология, морфология, воспроизводство. Л.: Наука, 1983. 127 с.
- Мельникова М.Н. Семга Терского берега // В кн. Рыбы Мурманской области. Мурманск. 1966. С. 152-168.
- Хренников В.В., Маслов С.Е., Щуров И.Л., Круглова А.Н., Комулайнен С.Ф., Широков В.А. Влияние лесосплава на условия обитания молоди семги в реках / Современное состояние исследований лососевидных рыб // Тезисы III Всесоюзного совещания по лососевидным рыбам: Тольятти, 1988. С. 351-352.
- Anon. *United Nations conference on straddling fish stocks and highly migratory fish stocks, sixth session.* United Nations, New York, 1995a. 59 p.
- Anon. *Precautionary approach to fisheries.* Part 1: Guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. FAO Fish. Tech. Paper, 350 (part 1), 1995b. 47 p.
- Anon. *Report of the fifteenth annual meeting of the Commissions.* NASCO, Edinburgh. 1998b. 298 p.

Starmach K. Rybaka i biologiczna charakterystyka rzek // Pol. Arch. Hydrobiol., t. 3 (16), 1956. S. 307-332.

Zubchenko A.V., Kuzmin O.G. Salmon rivers of the Kola Peninsula. Reproductive potential and stock status of Atlantic salmon from the Uмба River. 1993. ICES CM. 1993/M:58. 17 pp.

Zubchenko A.V. Salmon-bearing rivers of the Kola Peninsula, their reproductive potential and Atlantic salmon stock state in the river Tuloma. 1994. ICES CM. 1994/M:24. 14 p.

## **КАРЕЛЬСКАЯ БЕРЕЗА В КАРЕЛИИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ**

**Л. В. Ветчинникова**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Карельская береза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti давно стала в общественном сознании одним из символов Республики Карелия. Это обусловлено ее исторически утвердившимся названием, а также тем, что именно здесь в природных условиях произрастает наибольшее число (в настоящее время около 1,5–2 тысяч) деревьев карельской березы в нашей стране. Помимо Карелии она встречается на территории Северной Европы и местами в Центральной Европе и находится под угрозой исчезновения.

Мировую известность карельская береза получила благодаря декоративной узорчатой текстуре древесины, которая создается вследствие сочетания радиально направленных и исходящих на некотором расстоянии от сердцевины золотисто-белых блестящих полос и темно-коричневых включений наряду с волнисто-изгибающимися годичными кольцами на общем светло-желтом фоне. С давних времен красивая и прочная древесина карельской березы использовалась населением для изготовления домашней утвари. Постепенно изделия, выполненные из декоративной древесины, были оценены высшим сословием и из крестьянских изб стали перевозиться в город. В середине XIX века мебель из карельской березы явилась олицетворением эпохи «русского ампира», а ее описание приводится в ряде произведений классиков отечественной литературы.

Целенаправленное изучение карельской березы и поиск путей преумножения ее ресурсов начались только в 1920–1930-х годах почти одновременно в Финляндии и Карелии. Отрезок времени продолжительностью в 80 лет, безусловно, не является достаточным для познания онтогенеза древесных растений. Вместе с тем, все эти годы, среди которых можно выделить три периода, карельская береза оставалась предметом особого внимания, направленного как на ее сохранение, так и истребление.

*Первый период*, охватывающий 1926–1952 гг., был связан с активным выявлением мест произрастания карельской березы и созданием первых опытных участков с целью изучения возможности сохранения признаков узорчатой текстуры древесины в потомстве. О наличии карельской березы в Карелии было известно за ее пределами, однако, отсутствовало описание мест, где именно на территории республики (бывшей Олонецкой губернии) она встречалась (Соколов, 1950). Первую точную справку о произрастании карельской березы, в частности, в Заонежском районе, в 1926 г. составил житель этого района С.И. Синявин. Начиная с 1928 года, по инициативе В.Н. Сукачева, под руководством Н.О. Соколова были проведены первые поисковые работы по выявлению карельской березы в Заонежском, Петровском, Пряжинском, Шелтозерском, Ведлозерском и в Олонецком районах Карелии (Соколов, 1950). В результате было описано около 6–7 тыс. деревьев карельской березы и поставлен вопрос о ее разведении.

Пионерскими в России явились работы по размножению карельской березы, начатые Н.О. Соколовым в 1933 г. на территории заповедника «Кивач». Они послужили началом целенаправленного изучения биологических особенностей тогда еще мало изученной породы, но уже имеющей спрос на мировом рынке в качестве древесного сырья. До сих пор именно в заповеднике «Кивач» насаждения карельской березы занимают одно из главных мест среди объектов туристических маршрутов Республики Карелия. Закладка первых опытных культур карельской березы в Ка-

релии была осуществлена в 1934 г. на территории Петрозаводского (ныне ботанический заказник «Царевичи»), а затем – Заонежского лесхозов. В 1939 г. Правительство КАССР издало специальное постановление, в котором объявило карельскую березу особо охраняемой породой, и как следствие, редким растением. Однако непоправимый ущерб ей был нанесен в годы Великой Отечественной войны и временной оккупации территории финнами: интенсивные рубки карельской березы привели к значительному сокращению ее ресурсов. Среди наиболее пострадавших оказались насаждения Заонежского района. В результате, по сведениям очевидцев, к началу 1950-х годов пригодных к рубке деревьев карельской березы здесь почти не осталось: лучшие из них по высоте и текстуре древесины были вырублены финнами и вывезены.

*Второй период* (1953–1991 гг.) ознаменовался активизацией работ по изучению карельской березы и созданию лесных производственных культур. Важную роль в разработке научных основ и практических рекомендаций по восстановлению ресурсов карельской березы сыграли селекционно-генетические исследования (Любавская, 1966; Ермаков, 1971, 1975, 1986). Среди наиболее важных результатов этого периода явилось проведение работ по гибридизации берез с участием карельской березы. В этот же период в производственных условиях активно создавались лесные культуры карельской березы и архивы клонов, сформировалось плантационное выращивание. Первоначально разведение карельской березы осуществлялось путем посева семян на вырубках, с 1953 г. – выращиванием сеянцев на грядках в открытом грунте. С 1972 г. посадочный материал карельской березы начал выращиваться в условиях закрытого грунта в теплицах Петрозаводского и Олонецкого лесхозов (Смирнов, 1973). С 1989 г. для посева стали использоваться гибридные семена, полученные в результате контролируемого опыления деревьев, обладающих наиболее выраженными признаками, что позволило увеличить выход узорчатых особей в потомстве до 80–90%. Определяющее значение для преумножения запасов карельской березы имели разработки по вегетативному размножению лучших («плюсовых») деревьев карельской березы путем прививки (Ермаков, 1971, 1986).

В 1956 г., а затем в 1984 г., в Карелии было создано несколько заказников карельской березы (Белоусова, 1992), общей площадью – 40,4 га. Наиболее крупные из них: “Анисимовщина”, “Каккорово”, “Марциальные Воды”. В 1985 г. карельская береза была занесена в Красную Книгу Карелии. Однако, в издание 1995 г. из-за отсутствия таксономического статуса вида она не вошла.

Инвентаризация природных популяций карельской березы в Карелии, проведенная в 1968–1970 гг., подтвердила ее наличие на площади 107, 7 га (Смирнов, 1972). Отдельные участки занимали от 0,07 до 23,5 га с количеством деревьев на каждом из них от 2 до 1167. Средний возраст древостоев варьировал от 20 до 67 лет. Общее число деревьев в природных популяциях к 1970 г. составило 4800 штук. Из них 2,1 га насаждений и 99 шт. деревьев карельской березы были оформлены как плюсовые (Лаур, Щурова, 1987). К 1995 г. общая площадь лесных культур карельской березы достигла 5,5 тыс. га, при частичной инвентаризации которых (на 1/3 от всей площади) было выявлено 37, 8 тыс. деревьев (Лаур, 1997). Позднее, к сожалению, выяснилось, что часть культур, созданных без учета биологических особенностей карельской березы, оказались по селекционным показателям на среднем или низком уровне (Щурова, 1992).

*Третий период* (1992–2004 гг.) отмечен, к сожалению, значительным сокращением ресурсов карельской березы в Республике Карелия. В нескольких ботанических заказниках они оказались даже на грани исчезновения. Это связано не только с браконьерскими рубками (за период 1996–2003 гг. на территории Карелии, согласно официальным данным, срублено 1377 стволов различных форм роста и узорчатости), обнаруживаемыми здесь в виде оставшихся пней, но и с возрастом деревьев. К настоящему времени большинство природных популяций карельской березы, а также более 300 га искусственно созданных по возрастной структуре (70 лет и более) являются перестойными или спелыми (в отличие от обычной березы, у которой предельный возраст составляет 120–140 лет). Вместе с тем, экономически оправдано проводить рубки карельской березы в возрасте до 50 лет, поскольку с этого возраста начинается ее усыхание в естественных древостоях. Биологический оборот карельская береза совершает в основном за 60–70 лет. Кроме того, в этот период отсутствие финансирования не позволило своевременно провести ухода за созданными ранее культурами.

Интенсивные рубки, периодически наблюдаемые в течение 80 лет, привели в результате не только к сокращению численности карельской березы, но и часто к изменению габитуса, поскольку после отбора в рубку деревьев, отличающихся крупными размерами и лучшим рисунком древесины, в природных популяциях оставались низкорослые деревья, преимущественно порослевого происхождения.

Это обстоятельство и дало, по всей вероятности, основание о представлении карельской березы, как имеющей низкий рост и изогнуто-неправильную форму ствола. Кроме того, становится все более очевидным, что неконтролируемые рубки привели к нарушению нормального баланса генов у карельской березы, что обусловило снижение жизнеспособности не только ее особей, но и популяции в целом. Вероятно, поэтому естественное семенное возобновление карельской березы на территории Карелии практически отсутствует. Это связано также и с тем, что характерные места обитания карельской березы (заброшенные пастбища, земли, вышедшие из-под сельскохозяйственного использования и т. п.) постепенно исчезли или подверглись значительному изменению. Вероятно, такие явления уже произошли в странах Западной Европы, например, в Германии и Польше, где еще в начале XX века произрастала карельская береза.

Таким образом, наибольшие природные запасы карельской березы в пределах России к началу XXI века сосредоточены на территории Республики Карелия: не более 2 тыс. деревьев – в природных популяциях и около 30 тыс. – в искусственно созданных насаждениях. Вместе с тем установлено наличие антропогенной трансформации карельской березы, которое выражается в уменьшении численности деревьев, сокращении объема природных популяций до полного их исчезновения в отдельных регионах Карелии, изменении габитуса растений с древовидного на кустообразный и т. д. Ускорению этих процессов способствовали ее некоторые биологические особенности (непродолжительный возраст – 50–60 лет, низкая конкурентноспособность по сравнению с другими древесными породами и т. п.), а также антропогенное воздействие (браконьерские рубки и др.) и отсутствие достаточных финансовых вложений на проведение даже плановых лесохозяйственных мероприятий (уходы, санитарные рубки и т. д.). Вызывает опасение то, что следствием наблюдаемых процессов в перспективе может стать полное исчезновение карельской березы, являющейся уникальным представителем древесных растений, отличающимся оригинальной узорчатой текстурой древесины.

Все более очевидной становится необходимость принятия срочных мер по сохранению и восстановлению ее генофонда. Для этого следует использовать как традиционные методы размножения (гибридизация, прививки), так и нетрадиционные с использованием современных биотехнологий (клональное микроразмножение). Это позволит не только сохранить и размножить селекционные формы, но и поддержать генетическое разнообразие карельской березы, находящееся под угрозой исчезновения.

Все эти работы требуют определенных финансовых вложений. Именно поэтому в 2006 г. Правительство Республики Карелия выпустило распоряжение о подготовке проекта региональной целевой программы восстановления, сохранения и воспроизводства генофонда и запасов уникальной карельской березы на территории Республики Карелия на 2007–2010–2015 годы. Это нужно и жителям Республики Карелия и приезжающим в Карелию туристам, которые считают своим долгом увидеть знаменитую карельскую березу, получить о ней достоверную информацию и приобрести изделия из необычной древесины с узорчатой текстурой.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального использования».

## Литература

- Белюсова Н.А. 1992. Лесные и ботанические заказники Карелии // Охраняемые природные территории и памятники природы Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 71–81.
- Ермаков В.И. 1971. О плодоношении и вегетативном размножении березы на Севере // Тез. Всесоюзн. совещ. по вопросам адаптации растений к экстремальным условиям среды в северных районах СССР. Петрозаводск. С. 80–82.
- Ермаков В.И. 1975. Итоги исследований по внутривидовой и межвидовой гибридации березы карельской // Вопросы лесоведения и лесоводства в Карелии. Петрозаводск. С. 178–194.
- Ермаков В.И. 1986. Механизмы адаптации березы к условиям Севера. Л. 144 с
- Лаур Н.В. 1997. Состояние и учет насаждений карельской березы в Карелии // Биоиндикация и оценка повреждения организмов и экосистем. Петрозаводск. С. 95–96.
- Лаур Н.В., Щурова М.Л. 1987. Лесосеменные плантации Карелии // Селекционно-генетические исследования древесных пород в Карелии. Петрозаводск. С. 130–134.
- Любавская А.Я. 1966. Селекция и разведение карельской березы. М. 124 с.

- Смирнов А.Д. 1972. Результаты инвентаризации карельской березы // Труды Петрозаводской лесной опытной станции. Вып. 2. С. 81–83.
- Соколов Н.О. 1950. Карельская береза. Петрозаводск. 116 с.
- Щурова М.Л. 1992. Создание промышленных культур карельской березы в КАССР // Анатомия, физиология и экология лесн. раст. Петрозаводск. С. 206–209.

## МОЛЕКУЛЯРНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ГЕНОМА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *BETULA* L.

Л. В. Ветчинникова<sup>1</sup>, Л. В. Топчиева<sup>2</sup>, Т. Ю. Ветчинникова<sup>1</sup>,  
И. Е. Малышева<sup>2</sup>, Н. Л. Рендаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Представители рода Береза (*Betula* L.) произрастают в Северном полушарии и обладают обширным ареалом в умеренных и арктических зонах Европы, Азии и Северной Америки. В зависимости от особенностей проявления морфологических признаков побегов и региона произрастания, их разделяют на четыре секции. Так, на крайнем юге более распространены виды секций *Costatae* и *Acuminatae*, в умеренном поясе – виды секции *Albae*, а на крайнем севере – преимущественно *Nanae*.

Виды березы секций *Albae* и *Nanae* являются важнейшим компонентом лесных и лесотундровых ценозов Фенноскандии. Только в данном регионе в силу географического положения и геоморфологических особенностей, береза образует северную границу распространения древесной растительности и характеризуется исключительным полиморфизмом фенотипических признаков. Высокая вариабельность признаков обусловлена, с одной стороны – приспособлением березы к условиям Севера, являющимся предельными для выживания растений, а с другой – наличием естественной гибридизации близкородственных видов, которая подтверждается присутствием особей со «смешанным» проявлением таксономических признаков. В силу этих обстоятельств филогения и взаимоотношения видов в роде *Betula* в данном регионе довольно сложны, систематика чрезвычайно затруднена и нуждается в новых методологических подходах, основанных на применении современных молекулярно-генетических технологий.

Целью наших исследований явилось изучение генетического полиморфизма представителей рода *Betula* L., произрастающих в условиях Фенноскандии.

Объектами исследований явились виды рода *Betula*, относящиеся к секциям: *Nanae* (*Betula nana* L. – карликовая береза) и *Albae* (*B. pubescens* Ehrh. – б. пушистая, *B. pendula* Roth – б. повислая). Среди них береза повислая представлена как типичной для вида формой *B. pendula* var. *pendula*, так и двумя разновидностями – карельской березой *B. pendula* var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti (с узорчатой текстурой древесины) и далекарлийской березой *B. pendula* f. *dalecalica* (L.f.) Schneid (с глубококорассеченной формой листовой пластинки), выделенная в последние годы в ранг вида *B. palmata* Vorkh (Цвелев, 2002). Кроме того, исследовали березу Эрмана (*B. ermanii* Cham.), которая является представителем дальневосточных берез и входит в секцию *Costatae*.

Почки и листья березы навеской 50 мг растирали в жидком азоте с добавлением TES-буфера, содержащем 100 мМ трис-HCl (pH 8.0), 10 мМ ЭДТА, 2% ДСН. Суммарную ДНК экстрагировали фенол-хлороформным методом (Mollen et al., 1992) с добавлением СТАВ. Для проведения молекулярного маркирования генома представителей рода *Betula*, был использован RAPD (Random Amplified Polimorphic DNA) метод, основанный на ПЦП-технологии (полимеразной цепной реакции ДНК) (Welsh, McClelland, 1990). Полимеразную цепную реакцию проводили в объеме 30 мкл, содержащем 50 нг ДНК исследуемых образцов, 2 мкл праймера, 1 мкл Taq-полимеразы, 2 мкл dNTP, 2,5 мкл 10x буфера для Taq-полимеразы, согласно инструкции к набору для ПЦП (Силекс). ПЦП проводили

в термоциклере фирмы Stratagene (США) с десятимерными олигонуклеотидными праймерами (Синтол). ПЦР-продукты разделяли в 1,8% агарозном геле, используя трис-боратный буфер. Фрагменты ДНК окрашивали 1% раствором бромистого этидия и визуализировали в проходящем УФ свете.

Виды рода *Betula* классифицировали по степени сходства RAPD-спектров. Для проведения статистического анализа по каждому из использованных праймеров были составлены бинарные матрицы, в которых присутствие или отсутствие фрагментов с одинаковыми молекулярными массами обозначали как «1» или «0». На основании суммарной матрицы были рассчитаны коэффициенты попарного сходства между видами, которые далее использовались для построения дендрограммы методом иерархического кластерного анализа (UPGMA). В качестве критерия попарного сходства был выбран коэффициент Жаккарда. Для оценки полиморфизма генома для каждого из праймеров определяли отношение полиморфных (встречаемых не во всех RAPD-спектрах анализируемых образцов) фрагментов к общему числу амплифицированных фрагментов.

Исследования показали, что спектры, полученные при использовании разных праймеров, различались как по количеству фрагментов ДНК, так и их вариабельности (рис. 1).

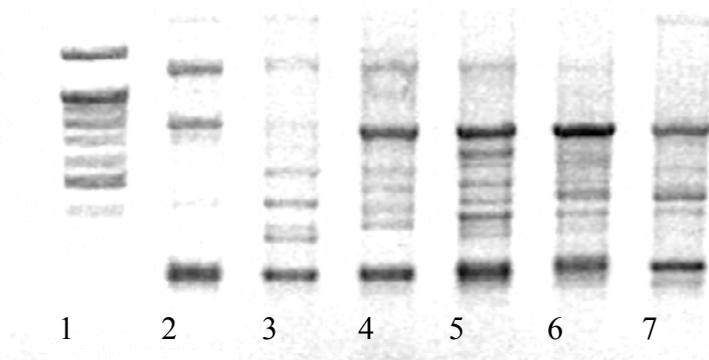


Рис. 1. RAPD-спектры березы повислой и ее разновидностей, где 1 – маркеры различного молекулярного веса; 2 – карельская береза, дерево 589; 3 – карельская береза, дерево 27; 4 – карельская береза, дерево 22; 5 – карельская береза, дерево 51; 6 – далекарлийская береза; 7 – береза повислая, дерево 220.

Для RAPD маркирования генома березы были использованы 20 случайных праймеров, из которых в дальнейшем выбрали 6, раскрывающих высокий уровень межвидового полиморфизма. Применение этих праймеров позволило получить 1498 фрагментов ДНК, из них 618 оказались полиморфными. Основная зона разделения ПЦР-продуктов лежала в пределах 1500 пн – 200 пн. Исползованные праймеры позволили также обнаружить маркерные специфичные фрагменты ДНК, присутствующие только в спектрах одного конкретного вида. Например, у карельской березы было обнаружено 3 специфических ПЦР-продукта, у березы пушистой – 2, а у березы далекарлийской и березы карликовой – по одному фрагменту. Средний уровень генетического полиморфизма при использовании 6 праймеров составил 41%.

На дендрограмме генетических взаимоотношений (рис. 2, А) все изученные представители рода *Betula* сгруппированы в четыре кластера. В отдельный кластер, показавший наибольшее сходство по генетической структуре, выделились деревья карельской березы, несмотря на их различия по форме роста и типу поверхности ствола.

Второй кластер объединил далекарлийскую березу и березу повислую, отразив тем самым их значительное сходство по генетической структуре. Этот факт заставляет сомневаться в целесообразности выделения далекарлийской березы в самостоятельный вид. Более правильно считать ее формой или разновидностью березы повислой.

В третьем кластере оказались береза Эрмана и береза карликовая, очень близко к ним примыкает береза пушистая. В этом кластере присутствует и береза повислая. Эти виды относятся к разным секциям, вместе с тем, согласно полученным данным, нельзя исключить у них наличие одного общего прародителя.

В несколько обособленном четвертом кластере объединились карельская береза и береза пушистая. Это свидетельствует об их генетическом сходстве.

Установленные с помощью RAPD-анализа генетические взаимоотношения представителей рода *Betula* поддерживают гипотезу о том, что карельская береза имеет генетическое родство с березой пушистой, а далекарлийская береза является не самостоятельным видом, а разновидностью березы повислой (Ветчинникова, 2005). Вместе с тем, у всех изученных видов, несмотря на их принадлежность к различным секциям рода *Betula*, имеется сходство, что свидетельствует о возможности их происхождения от генома единого предшественника.

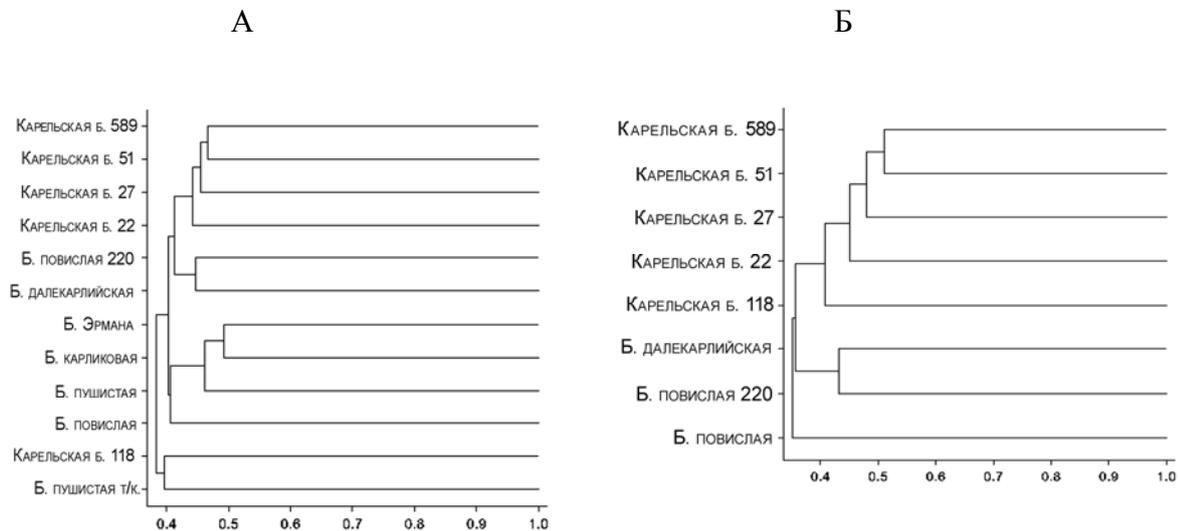


Рис. 2. Дендрограмма меж- (А) и внутривидовых (Б) генетических взаимоотношений представителей рода *Betula*, построенная на основании 618 полиморфных RAPD-спектров

При оценке внутривидового генетического разнообразия березы повислой (рис 2, Б) установлено наличие двух кластеров, в одном из которых объединились все деревья карельской березы, а в другом – далекарлийская береза и береза повислая.

Таким образом, изучение по RAPD-маркерам генетического разнообразия берез, произрастающих в Фенноскандии, позволило получить дополнительные доказательства весьма тесных связей между аборигенными видами – березой повислой, березой пушистой, березой карликовой, и интродуцированным видом березой Эрмана, представляющих различные секции рода *Betula*, и выдвинуть предположение об общности происхождения данных видов от общего прародителя. Вместе с тем, молекулярно-генетический анализ свидетельствует о том, что далекарлийская береза генетически близка к березе повислой, но значительно удалена от березы карликовой и березы Эрмана. На основании молекулярного маркирования генома карельской березы, различающейся по форме роста и типу поверхности ствола, установлено ее генетическое сходство не только с березой повислой, но и с березой пушистой, что соответствует эколого-генетической гипотезе ее происхождения, высказанной нами ранее (Ветчинникова, 2005).

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального использования».

## Литература

- Ветчинникова Л.В. 2005. Карельская береза и другие редкие представители рода *Betula* L. / Ред. Титов А.Ф. М.: «Наука». 269 с.
- Цвелев Н.Н. 2002. О родах *Betula* и *Alnus* Mill (*Betulaceae*) в Восточной Европе // Новости систематики высш. растений. Т. 34. С. 47–73.
- Mollen G.M., Bahnweg G., Lermann J.H., Geiget H.H. 1992. A simple and efficient protocol for isolation of high molecular weight DNA from filamentous fungi, sweet bodies and infected plant tissues // Nucleic Acid Research. V. 20, N. 22. pp. 6115-6116.
- Welsh J., McClelland M. 1990. Fingerprinting genomes using RCR with arbitrary primers. Nuclear Acids Res. V. 18. P.7213–7218.

## ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА НЕКОТОРЫЕ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ РОДА *BETULA* L.

Т. Ю. Ветчинникова<sup>1</sup>, А. Ф. Титов<sup>2</sup>, Л. В. Ветчинникова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт леса, КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии, КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Бурное развитие промышленности в XX веке привело к резкому усилению влияния антропогенного фактора на окружающую среду. Среди многочисленных загрязнителей наиболее токсичными, после пестицидов, считаются тяжелые металлы. На загрязненных тяжелыми металлами территориях их действие является одной из главных причин, вызывающих торможение и нарушение процессов роста и развития растений. В связи с этим задача настоящего исследования состояла в изучении реакции растений березы на действие ионов кадмия.

Для решения поставленной задачи нами проводились опыты с побегами березы повислой *Betula pendula* Roth и карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, полученными из апикальной меристемы в условиях *in vitro*. При проведении опытов использовали питательную среду с добавлением уксуснокислой соли кадмия ( $Cd^{+2}$ ) в концентрациях  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-3}$  М в течение 30 дней. В качестве питательной среды использовали минеральную основу Мурашиге-Скуга (Murashige, Skoog, 1962). Работу фотосинтетического аппарата растений березы и изменения в его функциональной активности под влиянием кадмия оценивали по следующим показателям: площадь листьев, оводненность тканей листа, содержание пигментов, интенсивность фотосинтеза. Интенсивность фотосинтеза измеряли с помощью портативной системы НСМ-1000, содержание пигментов спектрофотометрически. Содержание кадмия определяли методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии.

Исследования показали, что в условиях культуры *in vitro* с увеличением концентрации ионов кадмия в питательной среде происходило его накопление в побегах. Это приводило к ингибированию процессов морфо- и органогенеза, степень которого зависела от концентрации металла. Наряду с этим, опыты выявили небольшое стимулирующее действие кадмия в низких концентрациях ( $10^{-6}$  М) на рост и развитие побегов (рис. 1). Увеличение концентрации кадмия до  $10^{-5}$  М сопровождалось угнетением роста побегов, но без нарушения процессов закладки и формирования новых органов (рис. 1). С повышением концентрации кадмия до  $10^{-4}$  М наблюдалось прекращение и роста, и развития побегов. Присутствие кадмия в питательной среде в концентрации  $10^{-3}$  М оказалось критическим, поскольку рост побегов и развитие листьев полностью прекращались, а через 5–7 дней наступала гибель растений. По-видимому, в этом случае нарушался процесс избирательного поглощения ионов, в результате чего поток токсичных ионов кадмия беспрепятственно поступал в растения, а механизмы детоксикации с ним не справлялись.

Нарушения фотосинтетического аппарата, происходящие под влиянием кадмия, визуально проявлялись в виде изменения размеров листовых пластинок и их хлорозе (рис. 2). Очевидно, основной причиной уменьшения площади листьев, явилось негативное влияние данного металла на процессы деления и растяжения клеток (Гуральчук, 1994).

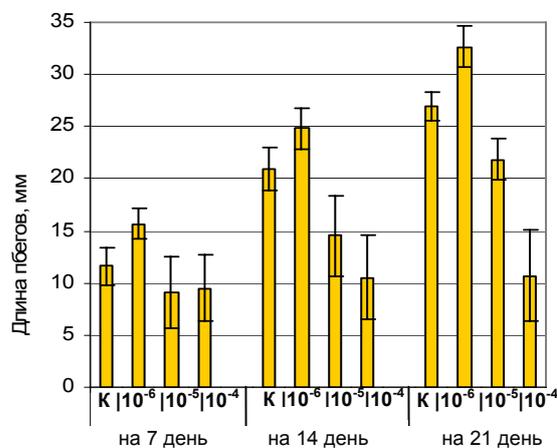


Рис. 1. Влияние кадмия на рост побегов

Исследования также показали, что под влиянием кадмия происходило угнетение процессов закладки и формирования новых листьев (рис. 3). При использовании низких концентраций кадмия ( $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$  М) органогенез не нарушался, а число листьев даже несколько увеличивалось, но с повышением его концентрации формирование листовых пластинок прекращалось. В варианте опыта с применением концентраций кадмия  $10^{-4}$  и  $10^{-3}$  М на 14-й день культивирования наблюдалась остановка процессов органогенеза.

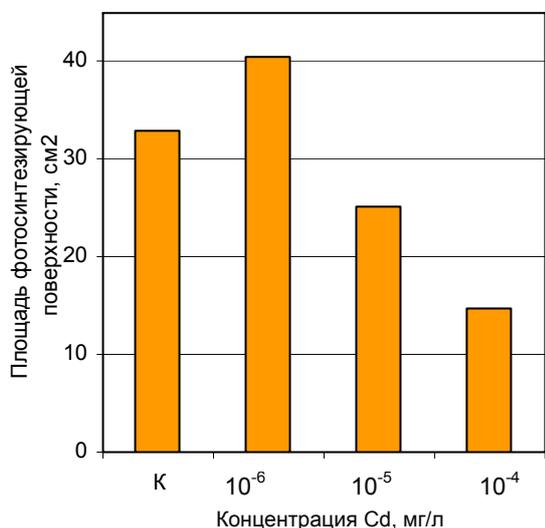


Рис. 2. Влияние кадмия на площадь листьев

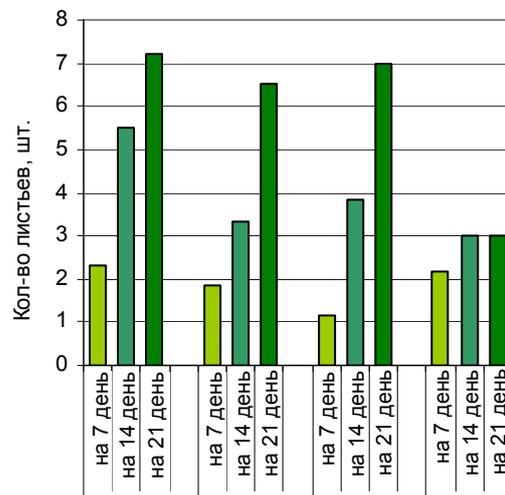


Рис. 3. Влияние кадмия на образование листьев

Необходимо отметить, что присутствие низких ( $10^{-6}$  М) концентраций кадмия в среде заметно стимулировало образование корней и их рост в длину (рис. 4, А, Б). Однако даже увеличение концентрации кадмия до  $10^{-5}$  М оказывало ингибирующее влияние на скорость образования корней и их рост: они развивались с отставанием на 1 неделю по сравнению с контролем (рис. 4, А, Б). В присутствии кадмия в концентрации  $10^{-4}$  М и выше деление клеток корня, очевидно, полностью блокировалось, поэтому корни не образовывались, а развитие растений угнеталось, и уже через 2 недели происходила гибель растений.

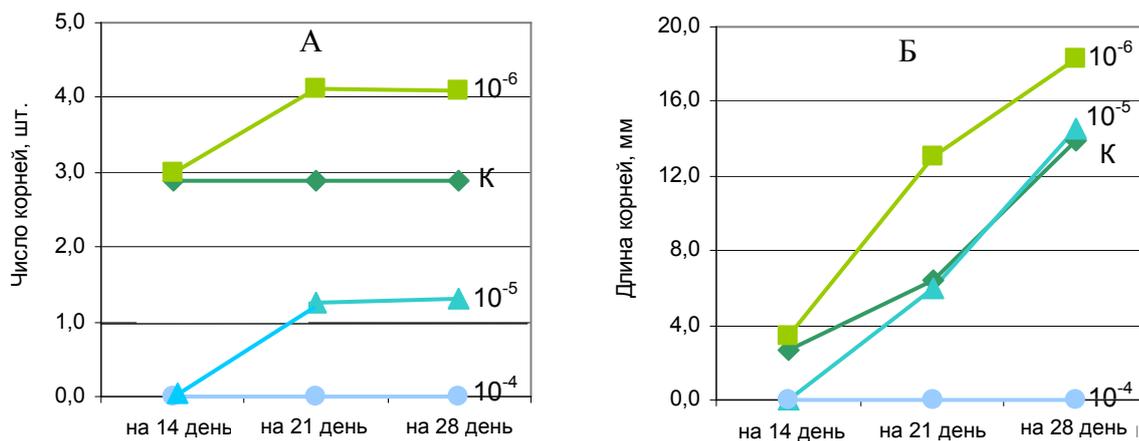


Рис. 4. Влияние ионов кадмия на число образующихся корней (А) и их рост в длину (Б)

В изученном диапазоне концентраций ( $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$  М) несмотря на стимулирующее действие на рост и развитие побегов самой низкой из них, нами отмечено последовательное снижение содержания хлорофиллов а и в и каротиноидов в листьях растений березы, соответственно на 10, 30, 70%, по отношению к контролю. Особенно заметно это проявилось в отношении суммы хлорофиллов (рис. 5).

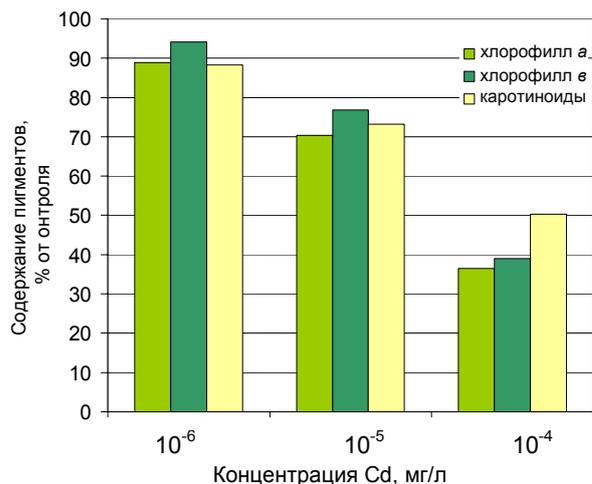


Рис. 5. Влияние кадмия на содержание пигментов

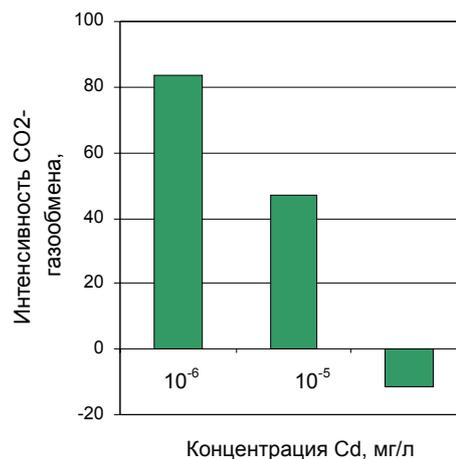


Рис. 6. Влияние кадмия на интенсивность фотосинтеза

Отмеченный в наших опытах ингибирующий эффект кадмия наиболее ярко проявился в отношении скорости фотосинтеза. Даже при использовании его в концентрации  $10^{-6}$  М фотосинтез снижался почти на 20%, а при  $10^{-5}$  – на 50%. Полное прекращение фотосинтеза зафиксировано под влиянием кадмия в концентрации  $10^{-4}$  М.

Среди всех изученных показателей только оводненность тканей оказалась устойчивой к кадмию, ее значение во всех вариантах опыта оставалось близким к контролю.

Таким образом, проведенные исследования показали, что отрицательное влияние кадмия на рост и развитие березы связано с целым комплексом морфо-физиологических изменений: замедлением процессов роста и развития, ингибированием процесса фотосинтеза, снижением содержания зеленых пигментов. Вместе с тем, кадмий в низких концентрациях способен оказывать стимулирующее влияние на рост побегов и формирование листового аппарата. В целом, благодаря существованию у березы различных защитно-приспособительных механизмов она способна расти и развиваться в присутствии достаточно высоких концентраций кадмия в среде.

## Литература

- Гуральчук Ж.З., 1994. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культ. растений. Т. 26. № 2. С. 107–117.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures // *Physiol. Plant.* Vol. 15. P. 437–497.

## О ВИДОСПЕЦИФИЧНОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ РЫБ НА РАЗНЫЕ ТИПЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Р. У. Высоцкая, С. А. Такшеев, Н. Н. Немова, В. С. Амелина, Д. Н. Морозов

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Многофакторное антропогенное воздействие привело к трансформации экосистем практически всех крупных рек и озер. Негативными последствиями усиливающегося влияния человека на природные комплексы являются закисление и ускоренное евтрофирование водоемов, снижение био-

разнообразия, изменение структуры водных сообществ, нарушение трофических связей. Наибольшую опасность для обитателей слабоминерализованных водоемов Северной Европы представляет химическое загрязнение воды и грунтов поллютантами, поступающими со стоками промышленных предприятий и аэротехногенным путем. Загрязнение вод отрицательно сказывается на всех представителях биоты, но особое значение для оценки трансформации водных экосистем имеют исследования на рыбах, являющихся конечным звеном в трофической цепи, в котором накапливаются и отражаются все изменения на предыдущих уровнях (Кашулин и др., 1999). Использование биохимических показателей значительно расширяет возможности изучения, как самих рыб, так и среды их обитания.

При изучении влияния на обитателей водоемов разнообразных абиотических и биотических факторов, в том числе токсикантов органической и неорганической природы, было показано, что в защитных и приспособительных реакциях ведущая роль принадлежит лизосомальным, микросомальным и другим ферментным системам (Мишин, Ляхович, 1985; Немова, Высоцкая, 2004; Köhler, 1991).

Целью настоящего исследования являлось сравнительное изучение ответных реакций рыб на разные типы минерального загрязнения водоемов.

Объектами исследования служили 5 видов рыб из разных озер Карелии и Кольского полуострова: плотва (*Rutilus rutilus* L.), щука (*Esox lucius* L.), окунь (*Perca fluviatilis* L.), сиг (*Coregonus lavaretus* L.) и ряпушка (*Coregonus albula* L.). В различных органах рыб определяли активность лизосомальных (кислой фосфатазы, РНКазы, ДНКазы,  $\beta$ -глюкозидазы,  $\beta$ -галактозидазы), цитоплазматических (щелочной фосфатазы, альдолазы) ферментов и содержание белка по методам, принятым в лаборатории. В микросомальной фракции печени определяли гидроксилазную активность цитохрома Р-450 – монооксигеназы, ответственной за биотрансформацию ксенобиотиков. Кроме того, в тканях рыб оценивали накопление тяжелых металлов. Исследования проводили в содружестве с сотрудниками Института биологии внутренних вод РАН (Борок) и Института проблем промышленной экологии Севера РАН (Апатиты).

Для водных объектов гумидной зоны Карелии, также как и для других северных территорий Европы и Америки весьма актуальными являются проблемы закисления, ртутного загрязнения и накопления этого опасного токсиканта в рыбе (Комов и др., 2004; Моисеенко, 2005; Немова, 2005; Berntssen et al., 2003; Sonesten, 2003).

Исследуя воздействие накопления ртути в мышцах рыб, сравнивали окуней из малых озер Карелии, различающихся гумусностью и рН. Выявлены заметные отличия в активности исследованных ферментов в тканях окуней из темноводных закисленных озер с повышенным содержанием ртути в мышцах по сравнению с обитателями светловодных, менее кислых водоемов с низким содержанием ртути. Как правило, активность лизосомальных ДНКазы и фосфатазы в органах рыб из самого кислого и гумусного оз. Вуонтеленъярви была значительно снижена. В целом, самцы оказались более чувствительными к неблагоприятным факторам среды, чем самки. Уровень активности как лизосомальных, так и цитоплазматических ферментов в мышцах самцов из Вуонтеленъярви почти во всех случаях был значительно ниже по сравнению с другими вариантами.

При высоком содержании Hg в тканях окуня в жабрах и гонадах самок выявлено значительное (в 1.5 – 2 раза) повышение активности кислой РНКазы и обеих гликозидаз по сравнению с вариантами из светлого, незагрязненного ртутью, кислого Чучъярви, также как и из темноводного с промежуточным уровнем ртутного загрязнения Вегарусъярви. Анализ полученных результатов позволяет заключить, что определяющим фактором при комплексном воздействии было содержание ртути в мускулатуре окуня.

Особый тип загрязнения изучали в натуральных исследованиях состояния рыб Костомукшского хвостохранилища, характеризующегося высокой концентрацией ионов калия, аномальным соотношением основных ионов, щелочной средой и наличием мелкодисперсной минеральной взвеси (Дубровина и др., 1995). Концентрации тяжелых металлов и микроэлементов в техногенных водах были невелики и не превышали ПДК для воды рыбохозяйственных водоемов (Лозовик и др., 2001). В данном случае сравнивали активность ферментов в органах и тканях плотвы и щуки хвостохранилища и контрольных водоемов, не подвергающихся непосредственному техногенному воздействию.

В целом, динамика изменения активности изучаемых ферментов у рыб из хвостохранилища по сравнению с контролем в значительной мере совпадала, что говорит о сходстве метаболических

механизмов адаптации к условиям существования в данном техногенном водоеме. Однако у плотвы наблюдались более существенные отклонения от контроля исследуемых биохимических показателей. Активность кислых нуклеаз, кислой и щелочной фосфатаз во всех органах плотвы из хвостохранилища была выше, чем в тканях рыб из чистого водоема. Активность же кислых гликозидаз, напротив, была угнетена. В целом, это свидетельствует о преобладании катаболических процессов в большинстве органов и тканей плотвы. Повышение активности ДНКазы и РНКазы служит показателем усиления биосинтетических и репарационных процессов в организме рыб.

При изучении влияния отходов металлургических комбинатов на окружающую среду, сравнивали биохимические показатели 4-х видов рыб (сиг *Coregonus lavaretus* L., ряпушка *Coregonus albula* L., щука *Esox lucius* L. и окунь *Perca fluviatilis* L.), выловленных из озер Мурманской области: оз. Ковдор и Куэтсиярви, накапливающих стоки горно-металлургических комбинатов (в воде преобладают ионы Ni и Cu, в меньшей степени, Zn и Mn), оз. Нижняя Пиренга (чистое) и оз. Раякоски, находящегося на территории заповедника «Пасвик» (условно «чистое»).

Согласно полученным результатам, наиболее устойчивым к данному типу загрязнения является окунь, так как показатели ферментативной активности у рыб данного вида из оз. Куэтсиярви мало отличаются от контроля. В целом, для самок всех исследованных видов характерны значительные адаптивные изменения изученных биохимических показателей, чем для самцов. Вероятно, это объясняется большей пластичностью ферментативных систем самок, что, в свою очередь, свидетельствует об их более высоких адаптивных возможностях. Наиболее существенные перестройки выявлены в печени и жабрах рыб. Вклад разных ферментов в приспособление к изменению экологической ситуации в водоеме также неодинаков. Интересными представляются данные по различной реакции нуклеаз на загрязнение у сига и щуки: у самок сига повышение РНКазной и ДНКазной активности в печени сопровождается угнетением активности указанных ферментов в жабрах, у щуки наблюдается прямо противоположная картина. Это позволяет предположить, что у данных видов основные защитные (либо репаративные) функции связаны с разными органами.

Таким образом, анализ полученных в результате исследований данных позволяет сделать следующее заключение. При всей стереотипности наблюдающейся картины биохимических изменений, вызванных разными антропогенными воздействиями, можно выделить некоторые тонкие различия, которые определяются таксономической и половой принадлежностью рыб, стадией развития, их физиологическим состоянием, природой и силой воздействующего фактора. Сравнительное изучение приспособительных возможностей у массовых видов рыб, населяющих подвергающиеся загрязнению промышленными поллютантами водоемы, выявило интересные видовые особенности биохимических адаптаций. Так, окунь адаптирован к жизни в кислых гумусных озерах и не встречается в водоемах, загрязняемых стоками Костомукшского ГОКа, характеризующимися высоким содержанием калия и щелочной реакцией среды. Значительный адаптивный потенциал обнаружен у щуки из озерно-речной системы Кенти-Кенто (минеральное загрязнение с преобладанием калия) и из озер Мурманской области, принимающих промышленные стоки, в которых содержатся такие тяжелые металлы, как стронций, никель, медь.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ НШ-4310.2006.4, ФЦНТП 2006-РП-112.0/001/287 и Программы ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами».

## Литература

- Дубровина Л.В., Калинин Н.М., Лозовик П.А., 1995. Факторы токсичности для гидробионтов техногенных вод Костомукшского ГОКа // Влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината на водоемы системы реки Кенти. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 15-25.
- Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.А., 1999. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты: КНЦ РАН. 142 с.
- Комов Н.Т., Степанова И.К., Гремячих В.А., 2004. Содержание ртути в мышцах рыб из водоемов Северо-Запада России: причины интенсивного накопления и оценка негативного эффекта на состояние здоровья людей // Актуальные вопросы водной токсикологии / Ред. Флеров Б.А. Борок: ИБВВ РАН. С. 99-123.
- Лозовик П.А., Маркканен С.-Л., Морозов А.К., Платонов А.В., Потапова И.Ю., Калмыков М.В., Куринная А.А., Ефременко Н.А., 2001. Поверхностные воды Калевальского района и территории Костомукши в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: Изд-во Карельского НЦ РАН. 168с.
- Мишин В.М., Ляхович В.В., 1985. Множественные формы цитохрома Р-450. Новосибирск: Наука. 182 с.

- Моисеенко Т.И., 2005. Влияние закисления на водные экосистемы // Экология. № 2. С. 110-119.
- Немова Н.Н., 2005. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. М.: Наука. 168 с.
- Немова Н.Н., Высоцкая Р.У., 2004. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука. 214 с.
- Berntssen M.H.G., Aatland A., Handy R.D., 2003. Chronic dietary mercury exposure causes oxidative stress, brain lesion, and altered behaviour in Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr // Aquat. Toxicol. V. 65. P. 55-72.
- Köhler A., 1991. Lysosomal perturbations in fish liver as indicators for toxic effects of environmental pollution // Compar. Biochem. and Physiol. C. V. 100. No 1-2. P. 123-127.
- Sonesten L., 2003. Fish mercury levels in lakes-adjusting for Hg and fish-size covariation // Environ. Pollut. V. 125. P. 255-265.

## НЕКОТОРЫЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *BETULA PENDULA* var. *PENDULA* В ПЕРИОД ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КАМБИАЛЬНОЙ ЗОНЕ

Н. А. Галибина, Л. Л. Новицкая, Г. К. Канючкова, С. М. Шредерс

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Камбий – вторичная латеральная меристема, в результате действия которой образуются ткани коры и древесины. В начале вегетационного периода, вследствие отсутствия у деревьев фотосинтезирующих листьев, рост и деление клеток в камбиальной зоне целиком зависит от запасов питательных веществ. Большой интерес в этом отношении представляет кора древесных растений, поскольку именно в ней сосредоточен основной запас метаболитов, и от того, на сколько клетки коры обеспечены ими, будет зависеть активность весенних процессов роста и развития. С началом камбиальной деятельности тесно связан процесс сокодвижения у березы. Механизм его до конца не изучен. Считается, что в отсутствии транспирации движущей силой подъема воды по стеблю является корневое давление. Однако, его силы недостаточно (Ameglio et.al., 2001), чтобы полностью реализовать тот мощный процесс сокодвижения, который мы наблюдаем. Необходимо наличие метаболитов (Essiamah, 1980), которые и будут значительно повышать осмотический потенциал клеточного сока, стимулируя тем самым транспорт воды.

Нами было проведено исследование содержания растворимых углеводов и липидов в комплексе тканей березы повислой *Betula pendula* var. *pendula*. Возобновление ростовых процессов в камбиальной зоне в эксперименте было спровоцировано искусственно. Дерево березы повислой в возрасте 20 лет было спилено 13 марта, его ствол распилили на сегменты, длиной 30 см каждый, которые затем поместили в полиэтиленовые пакеты, и оставили при комнатной температуре. В полученных образцах в течение пяти недель наблюдали динамику содержания общих липидов (весовой метод) и растворимых углеводов (методом ВЭЖХ, колонка Rezex RCM-Monosaccharide). Цель данного исследования заключалась в выявлении закономерности между изменениями в составе метаболитов в проводящих тканях ствола и этапами возобновления камбиальной активности, в условиях, исключая воздействие таких физиологических факторов, как корневое давление, транспирация, влияние гормональных веществ, поступающих из кроны.

Из полученных результатов видно, что к концу первой недели пребывания образцов при комнатной температуре происходит полное исчезновение растворимых углеводов во всех изучаемых тканях: феллодерме, лубе, древесине (рис. 1).

При этом надо отметить, что общее количество липидов значительно увеличивается, также во всех тканях (рис. 2). Резкое повышение температуры от  $-15\text{ C}^{\circ}$  (уличные условия) до  $+18\text{ C}^{\circ}$  (комнатная температура) приводит к высвобождению, связанной в коллоидах, воды (Cavender-Bares, 2005; Rao, Rajput, 1999; Somernot, 1990), и весь запас в тканях растворимых сахаров, вероятно, реализуется на синтез липидов.

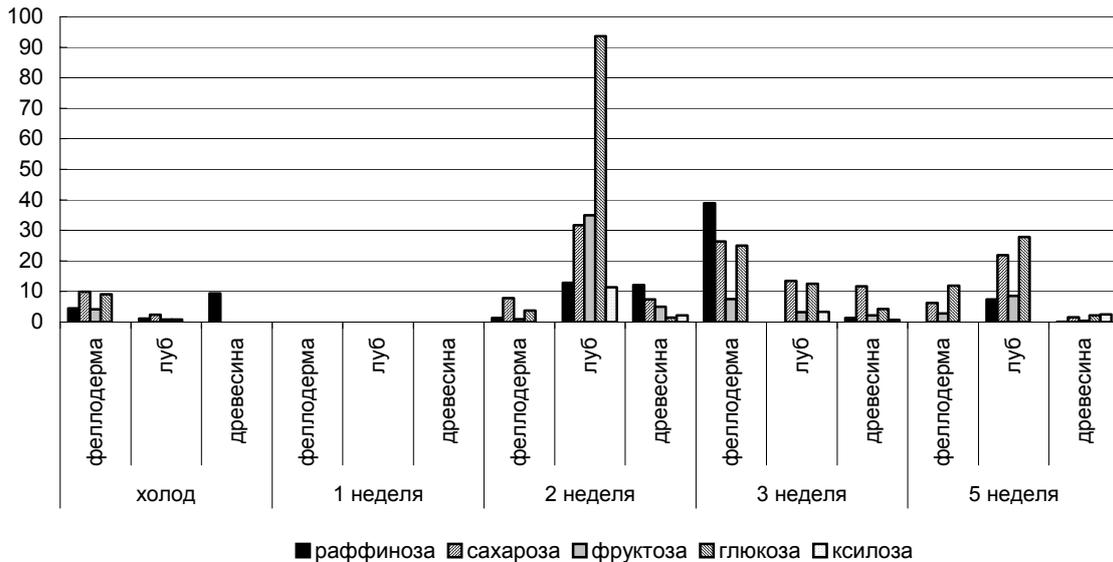


Рис. 1. Динамика содержания растворимых углеводов (мг/г) в комплексе тканей березы повислой в период возобновления камбиальной активности.

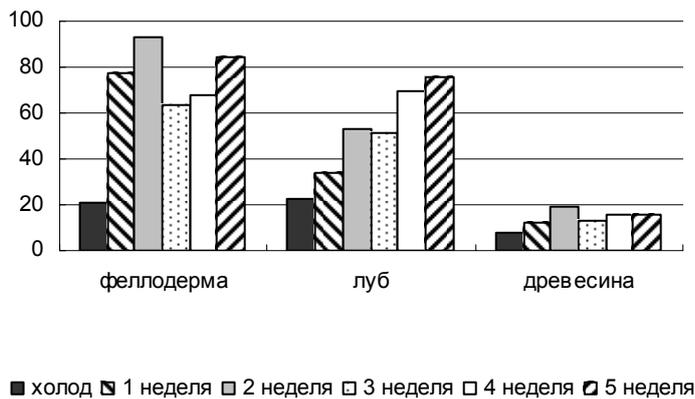


Рис. 2. Общее содержания липидов (мг/г) в комплексе тканей березы повислой в период возобновления камбиальной активности

В природе, для пробуждения камбиальной активности, необходим нисходящий ток ауксина, именно он стимулирует клетки камбия к делению. Этому этапу предшествует подготовка клеток флоэмы к нисходящему току. Прошлогодние клетки, утратив свои свойства (Ameglio, 2002), переходят в непроводящую флоэму, новые же клетки образуются из материнских клеток флоэмы, путем дифференциации. Ко второй неделе эксперимента начинает легко отделяться кора от древесины, что свидетельствует об интенсивных процессах в камбии. При этом в лубе происходит значительное увеличение сахаров, особенно глюкозы до 93,5 мг/г.

Факт возрастания концентраций углеводов в период активности камбия неоднократно отмечался в литературе (Ameglio, 2002; Guy, 2003; Schrader, Sauter, 2002; Wong et al., 2003). Зимой все метаболиты в клетке представлены запасной формой – это, обычно, сахароза в вакуолях, отличающихся маленькими размерами, и крахмал, липиды, танины, белки в пластинах и в гиалоплазме, которая занимает основной объем клетки. Гидролитическое расщепление запасных метаболитов увеличивает количество осмотически активных веществ в вакуолях, что приводит к увеличению их размеров, создавая значительный тургор, за счет которого материнские клетки флоэмы увеличиваются в объеме. Тот факт, что в лубе отмечается значительное увеличение содержания именно глюкозы, свидетельствует об отсутствии процессов новообразования, поскольку в этом случае вся глюкоза расходовалась бы на синтез новых компонентов клеток.

К концу третьей недели концентрация углеводов в лубе уменьшается, зато происходит значительное их увеличение в феллодерме и древесине. В этот период, вероятно, начинается отток ве-

ществ по градиенту концентрации из луба в древесину, и активизируются процессы гидролиза запасных веществ, в феллодерме.

Гидролитические процессы в клетки приводят к увеличению объема вакуоли и, соответственно, уменьшению объема гиалоплазмы, то есть расщеплению ее коллоидной белковой составляющей, а также белково-липидных мембранных структур. Наблюдаемое нами увеличение общего количества липидных соединений, скорее всего, происходит за счет увеличения числа нейтральных липидов, ди- и триглицеридов, которые являются предшественниками для синтеза ряда соединений, в том числе и растворимых сахаров.

Биосинтез осмотически активных веществ, к которым относятся сахара, может обеспечить движение воды от клетки к клетке в радиальном направлении в отсутствие транспирации. С одной стороны, это - важный этап в пробуждении камбия, предшествующий новообразованию клеток флоэмы и ксилемы. С другой, полученные данные представляют большой интерес, так как описывают начальный этап, на котором идет подготовка дерева к сокодвижению.

## Литература

- Ameglio T., Bodet C., Lacoine A., Cochard H., 2002. Winter embolism, mechanisms of xylem hydraulic conductivity recovery and springtime growth patterns in walnut and peach trees. *Tree Physiology*. V. 22, P. 1211-1220.
- Ameglio T., Ewers F.W., Cochard H., Martigna, M., Vandame M., Bodet C., Cruiziat P., 2001. Winter stem xylem pressure in walnut trees: Effects of carbohydrates, cooling and freezing. *Tree Physiology*. V. 21, P. 387-394.
- Cavender-Bares J., 2005. Impacts of freezing on long-distance transport in woody plants / Eds. Holbrook N.M., Zwieniecki M., Melcher P., Oxford: Elsevier Inc. Cavender-Bares J. P. 401-424.
- Essiamah S.K., 1980. Spring sap of trees. *Ber Deutsch Bot Ges.* V. 93. P. 257-267.
- Guy C.L., 2003. Freezing tolerance of plants: Current understanding and selected emerging concepts. *Can J Bot- Revue Canadienne De Botanique*. V. 81. P. 1216-1223.
- Rao K.S., Rajput K.S., 1999. Seasonal behavior of vascular cambium in teak {*Tectona grandis* L. f} growing in moist deciduous and dry deciduous forests of Gujarat State. *IAWA J.* V. 20. P. 85-93.
- Schrader S., Sauter J.J., 2002. Seasonal changes of sucrose-phosphate synthase and sucrose synthase activities in poplar wood (*Populus x canadensis* Moench < robusta >) and their possible role in carbohydrate metabolism. *J. Plant Physiol.* V. 159. P. 833-843.
- Wong B. L., Baggett L., Rye A.H., 2003. Seasonal patterns of reserve and soluble carbohydrates in mature sugar maple (*Acer saccharum*). *Can J. Bot-Rev. Canadienne De Botanique*. V. 81. P. 780-788.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЛЕСООСУШЕНИЯ В КАРЕЛИИ

**Н. И. Германова, В. И. Саковец, В. А. Матюшкин**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Болота и заболоченные леса, занимающие в Карелии свыше 30 % территории, являются своеобразным элементом географического ландшафта, тесно связанным в своем развитии с окружающей средой и способствующим поддержанию экологического равновесия в биоте и биосфере Земли в целом. В регионе, где количество выпадающих осадков значительно превышает испарение, болотообразовательный процесс нередко прогрессирует, болота захватывают новые территории лесных земель, происходит смена ценных лесных массивов низкопродуктивными лесами. По данным Н.И.Пьявченко (1981), средняя скорость заболачивания в лесном фонде Карелии составляет 700 га в год.

К восьмидесятым годам прошлого столетия в Карелии для целей лесного хозяйства было осушено 650 тысяч гектаров лесов и болот. В 1970 г. по инициативе и под руководством чл.-корр. АН СССР Н.И. Пьявченко в средней подзоне тайги (61°50' с.ш.) на территории Киндасовского лесниче-

ства Пряжинского лесхоза был организован лесоболотный стационар «Киндасово», и начались комплексные исследования осушенных земель и болот. Киндасовское лесничество расположено на равнинном левобережье реки Шуя. Общая площадь лесничества 21600 га, из них на начало проведения осушения 12504 га – болота и заболоченные леса. Гидролесомелиорация в лесничестве проводилась в период с 1969 по 1974 гг. Осушением было охвачено 9100 га земель, болота и заболоченные леса составляли равные доли.

Тридцатипятилетний период стационарных исследований показал, что трансформация лесоболотных биогеоценозов после осушения начинается с изменения водно-воздушного режима почв, освобождения их корнеобитаемого слоя от воды, осадки и уплотнения торфа. В результате повышается аэрация почвы, активизируется микробная трансформация органического вещества, повышается степень разложения торфа, улучшаются условия минерального питания растений и роста леса, происходит смена растительного покрова и значительно повышается продуктивность насаждений. Повышение продуктивности лесов сопровождается увеличением транспирации воды растениями, перераспределением водного баланса, изменением режима стока. Степень и скорость этих изменений в конкретных климатических условиях зависят от типа почвы, мощности и строения залежи, свойств подстилающих грунтов, интенсивности и давности осушения, возраста и состава насаждений.

Установлено, что лишь при правильном выборе объектов осушения и качественном выполнении работ в республике можно получить высокий лесоводственный эффект. В зависимости от состояния биогеоценозов на момент осушения и типа торфяной залежи бонитет насаждений на осушенных землях через 20–25 лет возрастает на 2–4 класса. Дополнительный прирост, составлявший в первое десятилетие после осушения в зависимости от плодородия почв 0.7–1.7 м<sup>3</sup>/га в год, увеличился в начале третьего десятилетия до 3–5 м<sup>3</sup>/га на переходных торфяных, на верхово-переходных до 1.8–2.5 м<sup>3</sup>/га. На отдельных участках осушенных почв запас древесины в травяно-сфагновых типах леса через 25 лет после осушения увеличился в два-три раза и достигает 150–200 м<sup>3</sup>/га, приближаясь по этому показателю к высокопродуктивным лесам на суходолах. В результате гидролесомелиорации земель произошло омоложение древостоев за счет выхода в основной ярус активно реагирующего на осушение подроста и тонкомера. При искусственном облесении осушенных переходных болот формируются высокополнотные чистые и смешанные молодняки с преобладанием ценных хвойных пород. Покрытая лесом площадь на территории Киндасовского лесничества увеличилась, а болот сократилась на 34%, благодаря естественному облесению болот и созданию лесных культур на осушенных болотах.

Наряду с очевидными положительными результатами гидролесомелиорация серьезно нарушает существующие в природе связи и взаимоотношения, изменяет экологическую обстановку на прилегающей территории, влияет на биосферные процессы. Большинство исследователей считает, что под влиянием осушения земель сток в реки и ручьи в первые 10–15 лет возрастает. Увеличение стока происходит за счет повышения дренированности территории, сработки болотных вод, увеличения разгрузки подземных вод с окружающих суходолов, уменьшения испарения с поверхности болот. В дальнейшем в результате осадки торфа, увеличения мощности его деятельного горизонта, улучшения роста древесной растительности и облесения болот условия формирования стока изменяются. Снижение летнего и паводкового стока отмечено через 20 лет после осушения (Seuna, 1981), сток с участков болот, осушенных 50–70 лет назад, ниже, чем с неосушенных (Хейкурайнен, 1972; Ferda, Novak, 1976). Суммарное влияние гидролесомелиорации определяется наличием тех или иных площадей на площади водосбора, о его очевидности можно говорить при доле осушенных болот на площади водосборного бассейна свыше 10 % (Корчоха, 1982).

В первые три года после прокладки осушительной сети величина стока превышала сток с неосушенных водосборов на 29–79 % (Чесноков, 1977; 1981). Через 10–16 лет после осушения модули стока с осушенных водосборов также были выше, чем с неосушенных (Орлов, 1991). Оценка объема стока с осушенных 20–40 лет назад земель в Карелии сделана на основании изменения продуктивности мелиорируемых лесов. Она основывается на расчетах водного баланса, учитывающих возрастание продуктивности осушаемых лесов, увеличение транспирации древостоев, испарение задержанных кронами древостоев осадков и испарение растениями напочвенного покрова. Расчеты показали, что в результате длительного осушения лесов сток воды в водоприемники снижается и приближается к исходному до осушения. Наибольшее снижение объема стока характерно для наса-

ждений травяно-сфагновых типов леса, хорошо реагирующих на осушение (Карпечко, Саковец, 1997).

Гидролесомелиорация сопровождается увеличением объема выноса за пределы осушительных систем органических и минеральных веществ. В первые шесть лет после осушения воды каналов характеризуются высоким содержанием органических веществ гумусовой природы, в них повышено содержание биогенов. В целом дренажные воды слабо минерализованы, сумма ионов в течение года варьирует от 16.7 до 86.2 мг/л (Орлов, Ведягина, 1984).

В воде реки Шуя выше объекта осушения в этот период отмечено высокое содержание органических веществ, цветность колеблется от 70 до 210<sup>0</sup>, перманганатная и бихроматная окисляемость соответственно от 14.8 до 26.1 и от 17.5 до 62.6 мг/л. Сброс дренажных вод в р.Шую влечет за собой повышение кислотности, содержания органических веществ в многоводный год в 2–3 раза, в маловодный – в 1.5–2 раза, органического и аммонийного азота в 2 раза, железа – на порядок. Некоторые изменения наблюдаются и в солевом составе.

Через 20 лет после осушения болот Киндасовского лесничества наблюдаются повышенные кислотность, цветность, содержание углерода, общего и аммонийного азота как в почвенно-грунтовых, так и в дренажных водах. В дренажных водах содержание углерода, азота, фосфора и калия ниже, чем в почвенно-грунтовых. За счет осушения со стоковыми водами выносятся ежегодно с мезотрофного болотного массива 56 кг органического углерода и 1.8 кг азота, с олиготрофного соответственно 63 и 2.4 кг/га. Вынос фосфора и калия определяется десятными долями кг/га в год. Содержание органических веществ в стоковых водах выше ПДК как на осушенных, так и неосушенных объектах.

Оценка биосферной роли гидролесомелиорации тесно связана с проблемой углеродного баланса в осушенных и неосушенных биогеоценозах. Потери торфа в результате его минерализации являются важнейшей составляющей расходной части баланса. При интенсивном осушении почв, проведенном 30 лет назад в сосняках травяно-сфагновом и кустарничково-сфагновом, потери массы переходного осокового и верхового сфагнового торфов составляют около 6 и 3 т/га в год, при слабом осушении – соответственно 3 и 1 т/га.

Потери торфа компенсируются за счет массы надземного и подземного опада в осушенных 30 лет назад сосняках кустарничково-сфагновых при любой степени осушения почвы и в слабо-осушенном сосняке травяно-сфагновом. В интенсивно осушенном 120-летнем сосняке травяно-сфагновом баланс отрицательный, ежегодный дефицит органического вещества равен 4 т/га. При таких темпах сработки торфа верхний 15-сантиметровый слой его исчезнет не ранее чем через 50 лет. При сельскохозяйственном использовании торфяных почв в республике потери органического вещества значительно выше.

Общепризнанно, что неосушенное болото, где непрерывно из остатков растений формируется торф, является резервуаром для стока углекислого газа. Осушение торфяных почв стимулирует микробиологические и биохимические процессы, возрастает интенсивность разложения торфа и потока CO<sub>2</sub> в атмосферу. Согласно данным Зейделяна с сотр.(1997), при разложении торфа лишь 1/10 часть углерода теряется в результате его эмиссии в атмосферу. Основная часть освобожденного углерода, как предполагают авторы, движется с почвенным воздухом по градиенту температур не в атмосферу, а к потоку грунтовых вод и растворяется в нем. В богатых условиях произрастания с высокопродуктивным древостоем в южной Карелии баланс углерода положительный, так как в фитомассе деревьев его закрепляется значительно больше, чем выделяется из почвы в атмосферу. Так в сосняке травяно-сфагновом за 20-летний период осушения в результате сработки торфа запасы углерода в торфяной залежи снизились в экстенсивно осушенной зоне на 3, в приканальной полосе на 17 т/га. Запасы углерода в фитомассе насаждения за этот период выросли до 70.6 т/га в интенсивно и 65.4 т/га в экстенсивно осушенных зонах, в неосушенном типе леса они составили 40.5 т/га. В целом, с учетом всех компонентов биогеоценоза, запасы углерода, накопленного в экосистеме за счет гидролесомелиорации, в 2.5 раза больше в сравнении с потерями в торфе.

В интенсивно осушенном сосняке кустарничково-сфагновом запасы углерода в торфяной залежи за 20-летний период уменьшились на 45 т/га, т.е. в среднем на 2.25 т/га в год. Продуктивность древостоя за эти годы увеличилась незначительно, накопление углерода в фитомассе за счет осушения составляло не более 0.28 т/га в год. В почвенно-грунтовых водах запасы углерода практически одинаковы на осушенном и неосушенном участках. Вынос углерода дренажными водами увеличился. В итоге углеродный баланс в осушенном сосняке кустарничково-сфагновом оказался от-

рицательным. Установлено, что при дополнительном приросте за счет осушения 1.25 м<sup>3</sup>/га в год накопление углерода в экосистеме равно нулю, при большей производительности древостоя сток углерода в экосистему увеличивается, при меньшей – уменьшается. Оценивая значение гидроресомелиорации в комплексе с хозяйственной и экологической сторон, необходимо отметить, что чем выше её лесоводственная эффективность, тем меньше негативные экологические последствия. Основное отрицательное воздействие на окружающую среду наблюдается в первые годы после проведения гидроресомелиоративных работ.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕМБРАН И МЕМБРАННЫХ БЕЛКОВ**

**А. С. Горюнов, С. П. Рожков, А. Г. Борисова, Г. А. Суханова**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Механизмы воздействия температурного и химических факторов на биологические системы, включая клетку и ее плазматическую мембрану, имеют как общие, так и специфические черты. И температура, и различные вещества, проявляющие биологическое действие, способны приводить к изменению физико-химических свойств биосистемы, ее структуры, в том числе состава, ее динамических характеристик, и тем самым влиять на ее функции [1]. Воздействие может осуществляться по неспецифическому механизму: через влияние на баланс слабых (нековалентных, физических) связей между молекулярными компонентами биосистемы: вандерваальсовых, водородных, гидрофобных, гидратационных, стерических взаимодействий. При этом температура наряду с влиянием на константы скорости процессов, на подвижность молекул и их структурных единиц, на структурную организацию элементов системы, имеет определяющее значение для фазового равновесия в многокомпонентных средах, какими являются биосистемы, для критических фазовых переходов в них, то есть для коллективного поведения системы [2]. Биологически активные вещества также воздействуют на характер, интенсивность и баланс межмолекулярных связей в системе, непосредственно встраиваясь в нее и образуя в ней свои связи или изменяя физико-химические характеристики среды и микроокружения конкретной биосистемы или ее компонента, например белковой макромолекулы или клеточной мембраны.

Эти представления легли в основу исследований механизмов действия физико-химических факторов на конкретные процессы с участием клеточных мембран: изучалась термоустойчивость клеток, их мембран и мембранных белков, структурно-динамические и термодинамические свойства белков мембраны и цитоскелета; структурная организация липидного бислоя, жирнокислотный состав мембран и морфология ленток в присутствии амфифильных и гидрофобных веществ. Молекулярные механизмы структурной устойчивости клеток исследовались при температурных адаптациях: физико-химические свойства липидных и белковых компонентов мембраны анализировались при меняющихся температурных условиях среды. В сравнительно-видовом аспекте для некоторых видов млекопитающих и рыб изучались структурные термопереходы эритроцитов и их мембран методом сканирующей микрокалориметрии; параметры теплоустойчивости методами термогемоллиза; сегментальная подвижность и взаимодействие мембранных и скелетных белков, а также параметры упорядоченности жирнокислотных цепей в липидном матриксе методом электронного парамагнитного резонанса. В сезонном, половом и возрастном аспектах эти свойства изучены для эритроцитов холоднокровных на примере радужной форели при сезонных акклиматизациях; определен липидный состав эритроцитарных мембран методами газо-жидкостной хроматографии. В результате показано, что уровень структурной стабильности мембран эритроцитов при изменении внешних условий поддерживается за счет регуляции эластичности клеточной мембраны путем модификации, как липидного состава, так и внутри- и межмолекулярной подвижности белков спектринового цитоскелета [1,6]. Значение этого аспекта воздействия факторов в том, что температура сильно влияет

на метаболический аппарат и его регуляцию именно потому, что биосистемы в большой мере управляются слабыми физическими связями.

Воздействие химических факторов на биологические молекулярные системы, включая клетку и ее плазматическую мембрану, определяется как свойствами химического агента, так и свойствами самой системы и ее компонентов, проявляющимися при молекулярном взаимодействии. Поэтому, влияние различных соединений на биосистему должно иметь как характерные особенности, обусловленные спецификой молекулы воздействующего вещества, так и общие черты, определяющиеся структурными и физико-химическими свойствами биосистемы. Сочетанием постоянной составляющей таких взаимодействий, которая определяется только границами нормы для данной биосистемы, и переменной составляющей, обусловленной природой химического агента, объясняется широкое многообразие химических эффектов, наблюдаемое *in vivo* и *in vitro*. Однако, среди механизмов действия биологически активных веществ наряду с неспецифическим механизмом, когда действие обусловлено только физико-химическими свойствами молекулы вещества существуют также специфический и мембранотропный механизмы. Первый основан на комплементарном взаимодействии данной биоактивной молекулы с определенной мишенью, а второй – на том, что взаимодействие вещества (преимущественно липофильного) с мембраной меняет свойства мембраны и мембранных белков.

Результаты нашей работы свидетельствуют, что для взаимодействия совершенно различных по своей химической природе структур с клетками и мембранами характерны неспецифический и мембранотропный механизмы. Эти механизмы являются наиболее общими для биологически активных веществ, в том числе и тех, которые не способны к комплементарному взаимодействию с компонентами биосистемы. Неспецифический же механизм - через слабые связи - имеет наиболее общее значение для воздействия как физических, так и химических факторов.

Нами вскрыты некоторые особенности реализации этих механизмов на молекулярном уровне. При изучении биологической активности наноразмерных структурных образований углерода - фуллеренов C<sub>60</sub> (C<sub>60</sub>FWS) методами электронного парамагнитного резонанса и сканирующей калориметрии получены указания на то, что механизм активности включает взаимодействие C<sub>60</sub>FWS с мембраной эритроцита и модификацию сегментальной и межмолекулярной подвижности белков ее спектринового каркаса, а также структурного состояния липидного микроокружения мембранных белков [3]. По данным методов сканирующей калориметрии и равновесного термогемолиза механизм воздействия поверхностно-активного амфифильного соединения абиетиновой кислоты на клеточную мембрану заключается как в прямом, так и в косвенном влиянии на динамическую структуру липидного бислоя и белков цитоскелета: организация липидов в бислое искажается при встраивании абиетиновой кислоты, а белки испытывают воздействие через механизм предпочтительной гидратации. Таким образом, механизмы действия химических факторов различной природы на клеточную мембрану характеризуются внутренним единством, которое проявляется на молекулярном уровне в том, что воздействие факторов может осуществляться без изменения химической структуры системы, через переход к новому состоянию равновесия между различными типами нехимических связей, т.е. через влияние на баланс слабых взаимодействий между молекулярными компонентами биосистемы.

Приведенные результаты и выводы свидетельствуют о наличии механизмов, компенсирующих модифицирующее воздействие температурного и химических факторов на биосистему. В связи с этим было выполнено теоретическое рассмотрение фазового состояния модельных систем биополимер-электролит-вода. Показано, что условием реализации водно-ионного гомеостаза в системе является непрерывный фазовый переход воды у поверхности молекул белка [4,5]. Кооперативное изменение динамических и морфологических свойств системы осуществляется через критический золь-гель переход. Это открывает перспективы моделирования неспецифического адаптационного синдрома клеток на молекулярном уровне.

Развиваемые экспериментальные и теоретические подходы и формулируемые положения расширяют методологическую базу для характеристики физиологического воздействия и обнаружения повреждающего эффекта внешних факторов на организм животных и человека. Полученные результаты могут быть использованы в различных областях физиологии для моделирования специфических и неспецифических реакций организма на внешнее воздействие на молекулярном и клеточном уровне, а также в криобиологии, коллоидной химии и физики водных систем и растворов полимеров.

## Литература

1. Goryunov A.S., Borisova A.G., Sukhanova G.A., Rozhkov S.P. // J. Therm. Anal. Cal. 2000. V.62. P.29.
2. Rozhkov S.P., Goryunov A.S. // Eur. Biophys. J. 2000. V.28. P.639.
3. Rozhkov S.P., Goryunov A.S., Sukhanova G.A. et al. // Biochem. Biophys. Res. Commun. 2003. V.303. P.562.
4. Rozhkov S.P. // Cryst. Growth. 2004. V.273/(1-2). P.266.
5. Рожков С.П., Горюнов А.С. // Биофизика. 2006. Т.51. №2.
6. Горюнов А.С., Рожков С.П., Борисова А.Г. // Ж. эвол. биохим. физиол. 2006. Т.42. С.445.

## БИОЛОГИЯ СФАГНОВЫХ МХОВ

### С. И. Грабовик

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В сложении растительного покрова и продукционных процессах на мезотрофных и олиготрофных сфагновых болотах ведущая роль принадлежит сфагновым мхам. На олиготрофных и мезотрофных открытых болотах сфагновые мхи составляют до 80% надземной фитомассы (5-8 т/га) и образуют 40 - 65% годичной продукции сообществ (2-4 т/га). Они же являются основными торфообразователями, в течение нескольких тысячелетий на болотах отложились огромные запасы сфагновых торфов, широко используемых в различных отраслях народного хозяйства. Отсюда изучение особенностей роста и продуктивности сфагновых мхов в различных экологических и климатических условиях важно для познания закономерностей устойчивости и динамики болотных экосистем. Сфагновые мхи обладают большими регенерационными способностями, благодаря которым способствуют быстрейшему восстановлению растительного покрова болот после различных нарушений.

Сведений по приросту и продуктивности сфагновых мхов в настоящее время недостаточно и они довольно противоречивые. В большинстве работ по биологической продуктивности прирост сфагнов принимается равным 30% от их фитомассы, что и используется при балансовых расчетах круговорота органического вещества.

Исследования по изучению линейного прироста и продуктивности сфагновых мхов в зависимости от эколого-ценотических и климатических факторов ведутся сотрудниками лаборатории болотных экосистем Ин-та биологии КарНЦ РАН с 70-ых лет на территории Киндасовского лесоболотного научного стационара в подзоне средней тайги (61° 48' с.ш. и 33° 35' в.д.). Изучение линейного прироста сфагновых мхов проводили методом перевязок на пяти болотных участках, в которых мхи являются эдификаторами растительного покрова, но произрастают в несколько различающихся по режиму минерального питания и увлажнения экологических условиях. Одновременно с изучением годичного прироста сфагновых мхов определялась годичная продуктивность и плотность (количество особей на 1 дм<sup>2</sup> в 10-кратной повторности) их ценопопуляций.

Болотный участок 1. Олиготрофный грядово-мочажинный комплекс. Прирост *Sphagnum fuscum* измеряли в микроценозах (эктопах), расположенных на вершине гряд, а *S. balticum* - в микроценозах мочажин.

Болотный участок 2. Мезоолиготрофный кочковато-мочажинный комплекс. Режим увлажнения постоянный, проточный. Здесь в микроценозах невысоких кочек измеряли прирост *S. papillosum*, а в микроценозах мочажин - *S. majus*.

Болотный участок 3. Мезотрофный слабокочковатый комплекс. В микроценозах ковров измеряли прирост *S. fallax*.

Болотный участок 4. Мезотрофный кочковато-топяной комплекс. Постоянный режим увлажнения в пределах этого комплекса поддерживается за счет выхода подземных вод. Прирост *S. papillosum* и *S. fuscum* измеряли в микроценозах невысоких плоских кочек.

Болотный участок 5. Эвтрофно-мезотрофный топяной комплекс с обильным слабопроточным увлажнением. В микроценозах ровных участков измеряли прирост *S. obtusum*, а в западинках - *S. subsecundum*.

Результаты исследований показали большие колебания линейного прироста каждого вида сфагновых мхов в пределах одного сообщества в разные годы. Имеются также значительные различия в приросте одного и того же вида в разных экотопах (табл.1).

*Sphagnum fuscum* наиболее инертен к изменениям среды обитания и его прирост меньше варьирует в разных экотопах. Корреляционный анализ позволил установить статистически значимую связь между его линейным приростом и количеством осадков, выпавших за осенний период (коэф. корреляции Пирсона  $r = 0.5$ ). Вероятно, это можно объяснить тем, что в весенний период когда происходит таяние снега, не отмечается обезвоживание головок, их пересыхание, поэтому количество осадков, выпавших за этот период не играет решающей роли, а осенью, когда на вершинах гряд УГВ = -50-60 см ниже поверхности сфагнового покрова, выпавшие осадки благоприятно сказываются на росте и развитии *S. fuscum*.

*Sphagnum papillosum.* Установлена статистически значимая связь между годичным приростом и количеством осадков за весь вегетационный и осенний периоды (коэфф. кор. Спирмена  $r = 0.468$ ). Для коврового субпсихрофильного *Sphagnum fallax* (3 болотный участок) также отмечается наибольший прирост в более влажные годы. Статистически достоверная связь выявлена между приростом и осадками за весну, лето и весь вегетационный период (коэф. кор. Спирмена  $r = 0.964$ ;  $0.987$  и  $0.821$  соответственно).

У гипергигрофильных видов *Sphagnum balticum* (1 участок), *S. majus* (2 участок), *S. obtusum* и *S. subsecundum* (5 участок) наибольший годичный прирост отмечен в более влажные годы исследований. Установлены статистически достоверные связи между приростом и осадками как за осенний, так и за весь вегетационный период (коэф. Спирмена  $r = 0.53$ ).

Проективное покрытие не всегда корректно отражает роль вида в фитоценозе и продукционном процессе. Фитомасса сфагновых мхов сильно зависит от плотности дернины и длины их живой части. Различия этих параметров, особенно в плотности, между видами в разных местообитаниях могут достигать значительной величины. Установлено, что варьирование плотности дернин является естественной реакцией сфагнов на различные условия увлажнения.

Нами установлено, что продуктивность *Sphagnum fuscum* зависит от условий местообитаний, в первую очередь от УГВ в течение вегетационного периода. Продуктивность ценопопуляций *S. fuscum* на высоких грядах олиготрофного грядово-мочажинного комплекса в разные годы исследований колеблется от 27 до 150 г/м<sup>2</sup>, а на невысоких кочках мезотрофного кочковато-топяного комплекса - 37 - 220 г/м<sup>2</sup> (табл.1).

Продуктивность ценопопуляций *S. papillosum* на невысоких кочках мезотрофного кочковато-топяного комплекса в разные годы исследований колеблется от 10 до 34 г/м<sup>2</sup>, что значительно меньше продуктивности его ценопопуляций на коврах мезоолиготрофного кочковато-мочажинного комплекса (60 - 320 г/м<sup>2</sup>).

Продуктивность ценопопуляций *Sphagnum fallax* в мезотрофных условиях колеблется от 254 до 914 г/м<sup>2</sup>, на мезоевтрофном участке годичная продукция *Sphagnum obtusum* от 590 до 760 г/м<sup>2</sup>, а *S. subsecundum* - от 280 до 390 г/м<sup>2</sup>.

Продуктивность ценопопуляций в олиготрофных мочажинах у *Sphagnum balticum* колеблется от 120 до 990 г/м<sup>2</sup>, а *S. majus* в МО условиях - от 110 до 580 г/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Специальные исследования годичной продукции и запаса фитомассы живых частей у каждого изучаемого вида сфагнов показали, что их соотношение сильно варьирует у разных видов, имеются значительные колебания и по годам (табл. 2). Минимальная доля годичной продукции (13-22 %) у *Sphagnum fuscum*, растущего на высоких кочках. Это свидетельствует, что его дернина имеет живые фотосинтезирующие особи с возрастом до 5-6 лет. В дернинах гипергигрофильных мхов возраст живых особей мха менее 2 лет, так как их годичная продукция составляет 60-90% от фитомассы. Эти данные свидетельствуют о разной интенсивности круговорота органического вещества на кочках и в топяных участках болот, что подтверждается большей устойчивостью кочковых сообществ после изменения экологических условий после осушения болот.

Таблица 1. Годичный линейный прирост, мм (I) и продуктивность, г/м<sup>2</sup> (II) видов сфагновых мхов в различных экотопах

| Вид мха                | I<br>Колебания<br>средние | II<br>Колебания<br>Средние | Болотные участки и экотопы                   |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|--|
| <i>Sphagnum fuscum</i> | $\frac{2 - 26}{7}$        | $\frac{27 - 150}{78}$      | О грядово-мочажинный<br>(1 п.п.) гряды       |
|                        | $\frac{3 - 15}{10}$       | $\frac{37 - 220}{116}$     | М кочковато-топяной (4 п.п.)<br>кочки        |
| <i>S. papillosum</i>   | $\frac{5 - 23}{14}$       | $\frac{60 - 320}{168}$     | МО кочковато-мочажинный (2 п.п.)<br>кочки    |
|                        | $\frac{2 - 10}{6}$        | $\frac{10 - 34}{21}$       | М кочковато-топяной<br>(4 п.п.) кочки        |
| <i>S. fallax</i>       | $\frac{22 - 89}{55}$      | $\frac{254 - 910}{441}$    | М слабо-кочковатый<br>(3 п.п.) ковры         |
| <i>S. obtusum</i>      | $\frac{48 - 117}{85}$     | $\frac{590 - 760}{690}$    | ЕМ топяной<br>(5 п.п.) ковры                 |
| <i>S. subsecundum</i>  | $\frac{45 - 60}{54}$      | $\frac{280 - 390}{347}$    | ЕМ топяной<br>(5 п.п.) западины              |
| <i>S. balticum</i>     | $\frac{8 - 84}{37}$       | $\frac{120 - 990}{526}$    | О грядово-мочажинный<br>(1 п.п.) мочажины    |
| <i>S. majus</i>        | $\frac{22 - 71}{43}$      | $\frac{110 - 580}{253}$    | МО кочковато-мочажинный<br>(2 п.п.) мочажины |

Таблица 2. Годичная продукция сфагновых мхов (% от фитомассы) в разные годы исследований

| Вид мха  | Трофность<br>экотопа | Годы исследований |      |      |      |
|--|----------------------|-------------------|------|------|------|
|  |                      | 1994              | 1996 | 1997 | 1999 |
| <i>Sphagnum fuscum</i>                             | О                    | 22                | 20   | 20   | 13   |
| <i>S. papillosum</i>                               | МО                   | 51                | 63   | 32   | 17   |
| <i>S. fallax</i>                                   | М                    | 63                | 70   | 52   | 38   |
| <i>S. balticum</i>                                 | О                    | 67                | 40   | 28   | 16   |
| <i>S. majus</i>                                    | МО                   | 79                | 56   | 51   | 68   |
| <i>S. obtusum</i>                                  | МЕ                   | 78                | 78   | 78   | 90   |
| <i>S. subsecundum</i>                              | МЕ                   | -                 | -    | 81   | 80   |
| Кол-во осадков за<br>вегетационный пери-<br>од, мм |                      | 581               | 307  | 389  | 198  |

Более высокая интенсивность роста и продуктивность сфагнов топяных местообитаний делает их наиболее пригодными в будущем для выращивания как продуцентов органического вещества, а также в качестве биологических поглотителей загрязняющих веществ в специальных условиях, при рекультивации выработанных торфяников и других влажных нарушенных земель.

## ОСНОВЫ ЛАНДШАФТНОЙ ЭКОЛОГИИ ЕВРОПЕЙСКИХ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ РОССИИ

**А. Н. Громцев**

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Во второй половине XX века исследования лесов успешно развивались на базе биогеоценотической концепции академика В.Н.Сукачева. Однако по мере накопления материалов все очевидней

становилась актуальность их исследования на надбиогеоценозном уровне. Это связано с тем, что структура и динамика, функции и ресурсный потенциал лесов во многом определяются на уровне естественным образом организованных территориально-функциональных единств более высоких таксономических рангов, чем биогеоценоз. Стала очевидной необходимость исследований и прикладных разработок в области ландшафтной экологии лесов – экологии лесных массивов (биогеоценологических комплексов) в пределах географических ландшафтов и на субландшафтном уровне.

К началу 80-х гг. XX века проблемы выявления ландшафтных закономерностей структуры и динамики лесов в связи с оптимизацией многоцелевого (многоресурсного) лесопользования оставались сравнительно малоисследованными. Большинство работ, касающихся этого направления, носило либо частный характер, либо это были отдельные теоретические предположения. Целенаправленного, комплексного, многоаспектного исследования структуры и динамики лесных экосистем на основе специально разработанной классификации и карты ландшафтов до наших исследований не проводилось. Тем не менее, нарастающее внимание исследователей к этим проблемам и попытки внедрения концепции ландшафтно-экологического планирования в практику многоцелевого лесопользования в странах Северной Европы и Северной Америке подтверждало его очевидную актуальность и перспективность.

В Карелии работы в этом направлении начались в рамках комплексных исследований таежных ландшафтов в Институте леса Карельского научного центра РАН во второй половине 70-х гг. под руководством к.с.-х.н. А.Д.Волкова. Исследуемый регион является одним из самых репрезентативных в ландшафтном отношении в пределах таежных территорий Европы, поэтому может быть успешно использован в качестве модельного объекта для решения вышеперечисленных проблем.

В основу была положена предварительно разработанная оригинальная классификация и карта ландшафтов, совершенствуемые по мере инвентаризации территории. В состав творческой группы входили специалисты не только по лесоведению и лесоводству, но и по геоморфологии, почвоведению, болотоведению, геоботанике, зоологии и охране природы.

К настоящему времени уже подведены итоги 25 –летнего периода исследований структуры и динамики лесного покрова на ландшафтной основе с попыткой интерпретации результатов для использования в практике природопользования. Все материалы подробно изложены в наших многочисленных публикациях, в том числе монографиях (Волков и др., 1990, 1993; Громцев, 1993, 2000 и др.).

Таежная зона европейской части России с запада на восток простирается от побережья Балтийского моря и российско-финляндской границы до Уральских гор. В меридиональном направлении к северу она сменяется лесотундрой, а к югу зоной смешанных (хвойно-лиственных) лесов. Почти вся эта территория находится в пределах Мурманской, Ленинградской, Вологодской и Архангельской областей, Республики Карелия и Республики Коми (без Ненецкого округа) на общей площади более 138 млн. га в том числе лесной площади около 77 млн.га. На этих обширных пространствах очень широко варьируют физико-географические (ландшафтные) условия, определяющие структуру, естественную и антропогенную динамику лесного покрова, его ресурсный потенциал. В этой связи является очевидной необходимость обобщения знаний в области ландшафтной экологии таежных лесов в пределах всей европейской части России. Такая работа была начата и продолжается в настоящее время. Все материалы будут изложены в монографии «Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России». В качестве информационного приложения ниже представлено ее предварительное содержание.

## **1. Природные особенности европейской части таежной зоны России**

### **1.1 Общие физико-географические условия формирования лесного покрова**

#### **1.1.1 Климат**

#### **1.1.2 Геолого-геоморфологическое строение и четвертичные отложения**

#### **1.1.3 Гидрографические условия**

#### **1.1.4 Почвообразующие породы и почвы**

### **1.2 Районирование территории по эколого-географическим параметрам**

#### **1.2.1 Ландшафтное районирование**

#### **1.2.2 Геоботаническое районирование**

#### **1.2.3 Лесорастительное районирование**

## **2. Общий обзор современного состояния, методологических и методических основ ландшафтно-экологических исследований**

### 2.1 Концепции структурно-функциональной организации природных систем

- 2.1.1 Ландшафтоведение
- 2.1.2 Учение о геосистемах
- 2.1.3 Ландшафтная экология
- 2.1.4 Биогеография
- 2.1.5 Биогеоценология, ландшафтоведение и экология: размежевание или интеграция?

### 2.2 Таксономия, классификация и методы картирования ландшафтов

#### 2.2.1 Ландшафтная таксономия

### **2.2.2 Классификационные признаки ландшафтов**

#### 2.2.3 Обзор карт и описаний ландшафтов различных регионов европейской части таежной зоны России

### 2.3 Общие методические положения ландшафтно-экологических исследований

#### 2.3.1 Классификационные признаки и классификация ландшафтов

#### 2.3.2 Картирование ландшафтов

#### 2.4.3 Номенклатура ландшафтов

#### 2.3.4 Специализированные исследования ландшафтов

## **3. Ландшафтные закономерности структуры лесного покрова**

### 3.1 Структура лесного покрова ландшафта на уровне фации (биогеоценоза)

### 3.2 Структура лесного покрова ландшафта на уровне урочища

### 3.3 Структура лесного покрова ландшафта на уровне местности

### 3.4 Структура лесного покрова ландшафтного региона

### 3.5 Границы между лесными экосистемами различного таксономического уровня

### 3.6 Линейные размеры и конфигурация контуров лесных экосистем различного таксономического уровня

### 3.7 Территориальная сопряженность между лесными экосистемами различного таксономического уровня

### 3.8 Общие положения ландшафтной концепции структурной организации лесного покрова

## **4. Ландшафтные закономерности динамики лесного покрова**

### 4.1 Спонтанная динамика европейской тайги

#### 4.1.1 Формирование и развитие тайги в голоцене

#### 4.1.2 Динамика коренных лесов в условиях естественных пожарных режимов

#### 4.1.3 Ветровальная динамика коренных лесов

#### 4.1.4 Динамика коренных лесов при эпизоотиях и эпифитотиях

#### 4.1.5 Ландшафтные особенности сукцессионных рядов коренных лесов

### 4.2 Антропогенная динамика лесов

#### 4.2.1 История хозяйственного освоения таежных территорий

#### 4.2.2 Ретроспективный анализ антропогенной динамики лесов

### 4.2.3 Антропогенные сукцессии лесов

#### 4.2.3.1 Пионерные стадии антропогенных сукцессий лесов

#### 4.2.3.2 Автогенные стадии антропогенных сукцессий лесов

#### 4.2.3.3 Ландшафтные комплексы антропогенных сукцессионных рядов лесов

## **5. Ландшафтно-экологическое планирование многоцелевого лесопользования**

### 5.1 Современное состояние методических подходов к планированию многоцелевого лесопользования

### 5.2 Ландшафтная и бассейновая основы оптимизации многоцелевого лесопользования

### 5.3 Ландшафтная и зонально-типологическая основы ведения лесного хозяйства

5.4 Практическое использование ландшафтной основы при планировании многоцелевого лесопользования

5.4.1 Экологическая, ресурсная и хозяйственная оценка и районирование таежных лесов на ландшафтной основе

5.4.2 Ландшафтно-экологическое планирование и лесная сертификация

5.4.3 Ландшафтно-экологическое планирование зеленых зон городов в таежной зоне

5.4.4 Ландшафтная основа инвентаризации разнообразия таежной биоты

5.4.5 Планирование сети охраняемых таежных территорий по принципу их ландшафтной репрезентативности

5.4.6 Ландшафтно-экологическое планирование многоресурсного лесопользования на модельных территориях

В монографии делается попытка обобщить все экспериментальные, в том числе литературные данные, так или иначе затрагивающие ландшафтные аспекты таежного лесоведения и лесоводства в европейской части России. Ее публикация планируется в 2008 г.

В последнее десятилетие все наши исследования осуществлялись в рамках грантов РФФИ и конкурсных проектов по программам ОБН и Президиума РАН. В целом их результаты были реализованы в десятках проектах прикладного плана, в том числе российско-финляндских и по программам ТАСИС.

## СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ ТРАНСФОРМИРОВАННОСТИ БИОЦЕНОЗОВ ФЕННОСКАНДИИ

Л. И. Груздева<sup>1</sup>, Т. J. Нокканен<sup>2</sup>, Е. М. Матвеева<sup>1</sup>, Т. К. Коваленко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup> Региональный центр окружающей среды Северной Карелии, Йозенсу, Финляндия

Нематоды являются наиболее многочисленной и разнообразной группой среди почвенных беспозвоночных биоценозов Севера. Имея микроскопические размеры, они формируют большую долю биомассы в почвенной фауне. В настоящее время почвенные нематоды рассматриваются как удобные биоиндикаторы деградации и загрязнения среды обитания на ранних стадиях этих процессов. Анализ структуры сообществ нематод позволяет обнаружить изменения в путях разложения органического вещества и функционировании почвенной экосистемы. Задачей настоящего исследования было проследить за изменениями фауны нематод в биоценозах Восточной Финляндии, подвергающихся выпасу скота.

### Объекты и методы

Исследовали три типа биоценозов (луг, смешанный лес, вырубка), расположенных в районе Тохмаярви (Финляндия). Каждый участок разделялся на 2 части – контрольную и опытную. На опытной выпасался скот. Один раз в сезон, в 1995 и 2004 гг. отбирались образцы почвы, из которых выделялись нематоды по модифицированному методу Бермана. Общий объем материала включает 270 почвенных образцов. Изготавливали временные глицериновые препараты для определения систематической принадлежности нематод до рода и, по возможности, до вида. Из каждой пробы идентифицировали не менее 100 особей. Плотность популяций нематод рассчитывали на 100 г сырой почвы. При анализе данных эколого-трофическое группирование нематод осуществляли по классификации Yeates *et al.* (1993), индекс зрелости сообществ (*MI*) вычисляли по Bongers (1990), приуроченность видов нематод - по Песенко (1982), индекс видовой корреляции и сопряженности видов в сообществе - по Чернову (1971). Проведен сравнительный анализ фауны с использованием метода PC-ORD (Principal Component Ordination).

## Результаты и обсуждение

### Видовой состав

Фауна нематод исследованных биоценозов Тохмаярви представлена 88 таксонами в верхнем (0-3 см) и 84 таксонами в нижележащем (3-10 см) горизонтах почвы. Общими для 3-х биоценозов в верхнем горизонте были 6 видов: *Plectus longicaudatus*, *Rhabditis* sp., *Cephalobus* sp., *Aphelenchoides* sp., *Ditylenchus intermedius*, *Lelenchus leptosoma*. По типу питания это бактерио- и микотрофы. В нижележащем слое общими для 3-х биоценозов были 4 вида: *Rhabditis* sp., *Aphelenchoides* sp., *Lelenchus leptosoma* и *Paratylenchus nanus*. Они относятся к разным трофическим группам: бактерио-, микотрофы и нематоды, связанные с живыми растениями.

**Луг:** Выявлены нематоды 70 видов, относящихся к 53 родам. По индексу встречаемости 6 родов имели максимальный показатель 100 %, т.е. обнаружены во всех пробах почвы. Это нематоды родов: *Plectus*, *Rhabditis*, *Eucephalobus*, *Chiloplacus*, *Eudorylaimus*, *Pratylenchus*. По типу питания первые 4 рода являются бактериотрофами, 1 – политроф и 1 – фитотроф. Высокую приуроченность к почве лугового биоценоза показали 9 видов нематод. Сравнение данных 1995 и 2004 гг. выявило смену видов по признаку их приуроченности к условиям обитания, что возможно связано с сукцессионными изменениями, происходящими в биоценозе. Нематоды родов *Rhabditis*, *Plectus* встречаются в большом количестве в почве на более ранних стадиях сукцессии, а виды *Eucephalobus striatus*, *Chiloplacus* sp., *Tylencholaimus zeelandicus*, *Filenchus filiformis*, *Pratylenchus* sp. появляются на более поздних ее этапах. Условия влажности также оказывают влияние на нематод. Дождливое лето и осень 2004 г. повлияли на увеличение численности влаголюбивых видов нематод, к которым относятся нематоды рода *Eumonhystera*.

Определение индекса видовой корреляции и сопряженности видов в сообществе нематод показало тесную взаимосвязь (72%) видовой состава двух луговых площадок из трех. Отличия, обнаруженные у начала луга, вероятнее всего связаны с неравномерным воздействием выпаса скота.

**Смешанный лес:** Встретились нематоды 72 видов, относящихся к 52 родам. Только один род *Plectus* обнаружен во всех пробах. Достаточно высокая степень приуроченности к почве лесного биоценоза характерна для 3-х видов нематод в оба года исследования: *Tylencholaimus mirabilis*, *Helicotylenchus* sp., *Paratylenchus straeleni*. Это свидетельствует об отсутствии изменений в почвенной экосистеме. Разнородность травяного покрова внутри биотопа влияет на индекс видовой корреляции и сопряженности видов, он составляет всего 21%.

**Вырубка:** Обнаружены нематоды 66 видов из 52 родов. Максимальный уровень встречаемости имели нематоды 4-х родов: *Plectus*, *Cephalobus* (бактериотрофы), *Eudorylaimus* (политроф), *Aphelenchoides* (микотроф). Анализ биотопической приуроченности родов нематод выявил через 10 лет смену видов. В 1995 г. это были нематоды-микотрофы, а в 2004 г. - бактериотрофы. Для вырубки характерен высокий индекс видовой корреляции и сопряженности (93,7%).

Обработка фаунистических данных посредством компонентного анализа выявила различия между биоценозами Тохмаярви. Наибольший вклад в эти различия вносили в верхнем горизонте луговой почвы роды *Tylencholaimus* (микотроф) и *Clarcus* (хищная нематода); в нижнем горизонте это были нематоды, питающиеся за счет живого растения из родов *Filenchus*, *Pratylenchus*. Видовой состав нематод лугового биоценоза был более специфичен, что позволяет легко отличить его от других биоценозов. Фауна нематод вырубки была ближе к лугу, чем к смешанному лесу.

### Плотность популяций нематод.

Обилие нематод в верхнем горизонте почвы было выше, чем в нижележащем горизонте во всех изученных биоценозах. Численность нематод контрольных вариантов (в 13 из 18) превышала такую опытных вариантов в оба срока исследования.

### Эколого-трофическое группирование

Почвенные нематоды имеют широкий спектр питания. Согласно Yeates et al. (1993) нематоды были распределены в 6 трофических групп: бактериотрофы (Б), микотрофы (М), нематоды, ассоциированные с растениями (Аср) паразиты растений (Пр), хищные нематоды (Х) и политрофы (П) (табл. 1).

В почве луга и вырубки доминировали бактериотрофы. Роль бактериотрофов в почвенных процессах очень велика. Они активно участвуют в разложении органического вещества совместно с микотрофами и почвенной микрофлорой. По соотношению количества бактериотрофов и микотро-

фов можно судить о путях преобразования органики (Wasilewska, 1997). По нашим данным в этих двух биоценозах процессы деструкции органического вещества проходят с преобладанием бактериального типа, так как количество микотрофов в сообществах нематод в несколько раз меньше, чем бактериотрофов (табл. 1).

В вариантах с выпасом скота численность нематод-бактериотрофов возрастала. Это обусловлено дополнительным поступлением в почву органики. В лесной почве доминирующую роль играли нематоды-микотрофы.

В контрольных вариантах, не подвергающихся выпасу скота, отмечена тенденция к увеличению нематод, связанных с живым растением (фитотрофы, политрофы). Она более выражена в луговом биоценозе.

Таблица 1. Плотность популяций и эколого-трофическое группирование нематод в трех биоценозах Тохмаярви

| Биоценоз         | Чис-ть, экз/100 г | MI   | Эколого-трофическое группирование нематод |      |      |      |      |     |
|------------------|-------------------|------|---|------|------|------|------|-----|
|                  |                   |      | Б   | М    | П    | Аср  | Пр   | Х   |
| 1995             |                   |      |   |      |      |      |      |     |
| луг контроль     | 2035              | 2.43 | 58.6                                      | 5.3  | 6.1  | 16.4 | 8.8  | 4.8 |
| луг опыт         | 1693              | 2.44 | 52.2                                      | 6.1  | 8.3  | 18.6 | 12.7 | 2.1 |
| лес контроль     | 1569              | 2.48 | 25.2                                      | 21   | 4.4  | 14.1 | 33   | 2.3 |
| лес опыт         | 984               | 2.50 | 34.2                                      | 17.7 | 7.8  | 18.2 | 19.4 | 2.7 |
| Вырубка контроль | 1983              | 2.50 | 42.9                                      | 16.7 | 10   | 11.4 | 14.6 | 4.4 |
| Вырубка опыт     | 2336              | 2.49 | 41.1                                      | 23.2 | 10.1 | 9.9  | 13.4 | 2.3 |
| 2004             |                   |      |   |      |      |      |      |     |
| луг контроль     | 1538              | 2.61 | 41.0                                      | 9.8  | 18.9 | 13.0 | 17.2 | 0.1 |
| луг опыт         | 973               | 2.70 | 55.4                                      | 10.2 | 12.3 | 10.8 | 10.9 | 0.4 |
| лес контроль     | 3233              | 2.62 | 23.1                                      | 20.8 | 6.7  | 19.6 | 28.5 | 1.3 |
| лес опыт         | 1976              | 2.67 | 26.1                                      | 22.0 | 6.1  | 20.2 | 24.4 | 1.2 |
| вырубка контроль | 2381              | 2.47 | 33.6                                      | 31.8 | 7.2  | 20.0 | 5.6  | 1.8 |
| вырубка опыт     | 2990              | 2.57 | 45.0                                      | 19.7 | 6.7  | 14.5 | 13.3 | 0.8 |

### Индекс зрелости сообществ нематод

Для оценки состояния среды используется показатель *MI* (*maturity index*) – индекс зрелости сообщества нематод, предложенный T. Bongers (1990). В нашем исследовании индекс зрелости сообществ нематод имел значения от 2.4 до 2.7. Отмечено возрастание значения *MI* в течение 10 лет наблюдений, что указывает на отсутствие в пределах этого промежутка времени резких отрицательных воздействий на среду обитания нематод. Однако колебания индекса зрелости сообществ нематод *MI* от 2.4 до 2.7 свидетельствует о наличии в фауне большого количества нематод, устойчивых к неблагоприятным условиям среды и имеющих средние показатели ( $c-p=2,3$ ) значений по шкале Бонгера.

Таким образом, настоящее исследование выявило как различия, так и сходство в фауне нематод лугового, лесного биоценозов и вырубки. При этом луг и вырубка имели между собой больше сходства, чем луг и лес, вырубка и лес. Обнаружены виды нематод, на которых базируется фаунистическое различие изученных биоценозов. На основании эколого-трофической структуры сообществ нематод высказывается предположение о путях разложения органического вещества в почве. Установлено, что выпас скота способствует росту численности нематод-бактериотрофов. Показатели индекса зрелости сообществ нематод свидетельствуют о стабильности среды обитания почвенных нематод и наличии в фауне большого количества видов, обладающих устойчивостью к неблагоприятным воздействиям.

## Литература

- Песенко Ю.А., 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 286 с.
- Чернов Ю.И., 1971. О некоторых индексах, используемых для анализа структуры животного населения суши // Зоологический журнал. Т. L. Вып. 7. С. 1079-1093.
- Bongers T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // Oecologia. V. 83. P. 14-19.
- Wasilewska L., 1997. Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soil-inhabiting nematodes // Russian Journal of Nematology. V. 5. P. 113-126.
- Yeates G.W., T. Bongers, R.G.M. de Goede, Freckman D.W., Georgieva S.S., 1993. Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera – An Outline for Soil Ecologists // J. of Nematology. V. 25. P. 315-331.

## НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ АКТИВНО ВЕГЕТИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ

С. Н. Дроздов, В. К. Курец, А. Ф. Титов

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия.

Большая часть территории России (11,4 млн. км<sup>2</sup>, что составляет 66,7% ее площади) расположена на Крайнем Севере или в местности приравненной к нему по климатическим показателям. Основными лимитирующими условиями жизнедеятельности растений в этом регионе являются короткий вегетационный период с низкими температурами почвы и воздуха и частыми заморозками. Наряду с этим растения эпизодически подвергаются перегревам, засухе, а местами засолению. Аналогичные экстремальные условия в той либо в другой мере присущи и остальным регионам страны (Гольцберг, 1961).

Из числа абиотических факторов внешней среды в природных условиях менее всего поддаются регулированию свет и температура, тесно взаимосвязанные между собой, но именно последняя, как правило, определяет северные и южные границы ареалов и зональную структуру растительного покрова (Пианка, 1981). Еще на заре развития земледелия люди пытались установить зависимость между климатическими факторами и развитием растений, что нашло отражение в народных приметах. В 1735 г. Р. Реамюр ввел понятие о сумме температур для определения действия этого фактора на продолжительность вегетации растений. Первоначально применяли простое суммирование среднесуточных температур за вегетационный период. Позднее было установлено, что у разных видов и сортов существуют нижние и верхние пределы температуры – точки физиологического нуля, ниже и выше которого процесс развития растений прекращается (Баранникова, 1962). Однако до настоящего времени критические температуры развития для большинства видов и сортов растений не установлены и поэтому расчет суммы температур ведется от условной величины ее среднесуточных значений +5 или +10<sup>0</sup>С, что приводит к нивелированию видовых и сортовых различий.

По отношению к температурному фактору все растения принято делить на 2 группы: холодостойкие, не обнаруживающие признаков повреждения при действии в течение нескольких суток низких положительных температур порядка +5 – 0<sup>0</sup>С, и теплолюбивые, повреждающиеся и даже гибнущие при действии выше указанных температур (Иванов, 1935). В экологической литературе каждый фактор характеризуется определенными количественными показателями: интенсивностью и длительностью влияния – силой (дозой) и амплитудой колебания. Две точки – минимум и максимум - характеризуют «пороговое» действие фактора, выше и ниже которых биологические процессы останавливаются или нарушаются. Эти точки называются пессимумом, началом зоны угнетения (Одум, 1986; Культиасов, 1982). Позднее появились данные, свидетельствующие о зональном влия-

нии на биологические процессы температурного фактора (Есипова, 1959; Семихатова, 1960; Лархер, 1978).

Анализ литературных данных и собственные исследования показали, что диапазон температур, действующих в природе на растения, подразделяется на пять зон: фоновую - зону оптимума и по две закалывающих и повреждающих в областях повышенных и пониженных ее значений соответственно. Границы зон специфичны для генотипа и зависят от фазы его развития и условий внешней среды (Дроздов и др., 1974, 1984).

Изменения температуры в пределах фоновой зоны не влияет на уровень терморезистентности растений, а  $\text{CO}_2$  – газообмен носит периодический характер и не имеет последствий, уровень видимого фотосинтеза при прочих благоприятных условиях составляет не менее 90% от потенциального максимума. Интенсивность дыхания изменяется в соответствии колебаниям температуры в пределах зоны (Акимова, Попов, 1977), при высокой составляющей роста (Попов и др., 2003). Величина дыхательного коэффициента близка к единице (Сычева и др., 1980).

Температуры из зон холодого и теплого закалывания вызывают повышение устойчивости тканей, скорость и эффективность которой возрастает по мере отклонения температуры от фоновой зоны и достигает максимума при температурах близких к повреждающим, а при постепенном или ступенчатом усилении закалывающей температуры границы зоны смещаются в сторону более экстремальных значений. Увеличиваются активность РНК – полимеразы – 1 (Критенко и др., 1987) и поверхность внутриклеточных мембран (Балагурова, 1983), возрастает интенсивность дыхания, за счет повышения составляющей поддержания, при снижении составляющей дыхания роста (Попов и др., 2003), рН тканей смещается в нейтральную сторону при высоком уровне энергообеспеченности, повышается дыхательный коэффициент (Сычева и др., 1980; Дроздов и др., 2003). При этом повышение устойчивости растений при действии высоких закалывающих температур происходит значительно быстрее, чем при холодом воздействии. Время, за которое устойчивость растений достигает максимального уровня в условиях низких закалывающих температур исчисляется сутками, а при теплом закалывании – часами. Скорость повышения устойчивости и величина закалывающего эффекта зависит от генотипа. Кроме того, адаптивные возможности повышения холодоустойчивости теплолюбивых растений, естественно, более ограничены (Дроздов и др., 1984; Титов и др., 2003).

Температуры из зон повреждения приводят к повреждению клеток и тканей, вплоть до гибели растений. Первопричиной повреждения холодоустойчивых и теплолюбивых растений от температурного воздействия является переход мембранных липидов из жидкокристаллического состояния в твердый гель. Фазовый переход в липидах приводит к сжатию их молекул и увеличению пор в мембранах, а это вызывает увеличение их проницаемости для ионов и энергии активации мембранных ферментов. Поскольку скорость реакции мембранных ферментов снижается после фазового перехода быстрее, чем скорость реакции растворимых ферментов, то нарушается баланс в метаболизме, в результате происходит накопление токсических веществ (ацетилдегид, этанол и др.). Льдообразование у активно вегетирующих растений усиливает в большинстве случаев повреждающий эффект (Дроздов и др., 1977).

Согласно молекулярно – генетической гипотезе ведущую роль в процессах адаптации растений к экстремальным условиям внешней среды играет генетический аппарат (Титов, 1978, 1978; Титов и др., 1983). В соответствии с гипотезой изменения температуры в пределах фоновой зоны не вызывают функциональной перестройки генома, затрагивающей адаптивные реакции. Переход температуры в зоны закалывания вызывает его перестройку: включаются механизмы индуцированного синтеза белка, образуются новые мРНК и далее на полисомах новые (стрессовые) белки. Тормозится реализация ростовых и онтогенетических программ. В результате проведенных экспериментов показано, что под влиянием закалывающих температур изменяется активность связанной с хроматином РНК – полимеразы 1, ответственной за синтез рРНК (Критенко и др., 1985), увеличивается количество полисом и мембран эндоплазматического ретикулума (Сычева и др., 1980; Крупнова, 1990). Использование ингибиторов процессов транскрипции (актиномицин Д), а также трансляции на 80S (циклогексимид) и 70S (хлорамфеникол) рибосомах показало, что при закалывании они подавляют новообразование белков в листьях растений (Трунова, Зверева, 1977; Критенко и др., 1986; Титов, 1986), удлиняют лаг-период формирования устойчивости (Титов и др., 1992) и препятствуют процессу ее повышения (Сычева и др., 1980; Титов и др., 1981).

Однако, наряду с молекулярно–генетическими механизмами формирования устойчивости растения располагают и другими путями ее повышения (Титов, 1978; Титов и др., 2003).

## Литература

- Акимова Т.В., Попов А.В., 1978. Влияние температуры на фотосинтез и дыхание растений огурца // Сб. “Эколого-физиологические механизмы устойчивости растений к действию экстремальных температур. Петрозаводск. КФ АН СССР. С. 68-74.
- Балагурова Н.И., Дроздов С.Н., Тихова М.А., Сулимова Г.И., 1983. Изменение ультраструктуры клеток листьев овсяницы луговой при холодовом закаливании // Цитология. Т. 25. № 5. С. 516-521.
- Баранникова З.Д., 1969. Температурные условия прохождения третьей стадии развития сельскохозяйственных растений // Записки ЛСХИ. Вып. 3. С. 3-24.
- Гольцберг И.А., 1961. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. Л. Гидрометиздат. 198 с.
- Дроздов С.Н., Курец В.К., Титов А.Ф., 1974. Эколого-генетическая гипотеза устойчивости растений к экстремальным температурам // Тез. докл. науч. конф. биологов Карелии, посв. 250–летию АН СССР. Петрозаводск. С. 72-74.
- Дроздов С.Н., Курец В.К., Титов А.Ф., 1984. Терморезистентность активно вегетирующих растений. Л. Наука. 168 с.
- Дроздов С.Н., Курец В.К., 2003. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск. ПГУ. 169 с.
- Есипова И.В., 1959. Последствие высоких и низких температур на фотосинтез хлопчатника // Физиология растений. Т.6 Вып. 1. С. 104-106.
- Иванов С.М., 1935. Отношение яровых культур к весенним заморозкам // Тр. по прикл. ботан., генет. и селек. Сер. 3. № 6. С. 199-220.
- Культиасов И.М., 1982. Экология растений. МГУ. 384 с.
- Критенко С.П., 1987. Исследование роли белоксинтезирующей системы в механизмах адаптации активно вегетирующих растений // Автореф. дис... канд биол. наук. Петрозаводск. С. 1-19.
- Крупнова И.В., 1990. Изучение начального периода холодового и теплового закаливания активно вегетирующих растений // Автореф. дисс... канд. биол. наук. Казань. С.1-19.
- Лархер В., 1978. Экология растений. М. Мир. 384 с.
- Одум Ю., 1986. Экология. М. Мир. 327 с.
- Пианка Э., 1981. Эволюционная экология. М. Мир. 399 с.
- Попов Э.Г., Таланов А.В., Курец В.К. Дроздов С.Н., 2003. Влияние температуры на суточную динамику CO<sub>2</sub>-обмен интактного растения огурца // Физиология растений Т. 50. Вып. 2. С. 200-204.
- Семихатова О.А., 1970. Последствие температур на фотосинтез // Ботанический журнал. Т. 45. № 10. С. 1488-1501.
- Сычева З.Ф., Дроздов С.Н., Балагурова Н.И., Титов А.Ф., Васюкова В.А., 1980. О зависимости между уровнем индуцируемой холодоустойчивости и функциональной активностью 70 S рибосом у овсяницы луговой // Журн. общей биологии. Т. 41. №3. С. 448-456.
- Титов А.Ф., 1978. Полиморфизм ферментных систем и устойчивость растений к экстремальным (низким) температурам // Успехи современной биологии. Т. 85. Вып.1. С. 63-70.
- Титов А.Ф., Дроздов С.Н. Критенко С.П., 1981. Зависимость между индуцированной терморезистентностью растений огурца и функциональной активностью внутриклеточных систем транскрипции и трансляции // Докл. ВАСХНИЛ. №7. С. 17-19.
- Титов А.Ф., 1989. Устойчивость активно вегетирующих растений к низким и высоким температурам: закономерности варьирования и механизмы // Автореф. дисс... докт. биол. наук. М. 42 с.
- Титов А.Ф., Дроздов С.Н., Критенко С.П., 1981. Влияние специфических ингибиторов транскрипции и трансляции на способность проростков огурца к холодовому и тепловому закаливанию // Физиология растений. Т. 28. Вып. 4. С. 852-859.
- Титов А.Ф., Дроздов С.Н., Критенко С.П., Таланова В.В., 1983. О роли специфических и неспецифических реакций в процессах термоадаптации активно вегетирующих растений // Физиология растений. Т. 30. Вып. 3. С. 544-551.
- Титов А.Ф., Акимова Т.В., Балагурова Н.И., Таланова В.В., Топчиева Е.Г., Шерудило Е.Г., 2003. Устойчивость активно вегетирующих растений к низким и высоким температурам. Закономерности варьирования устойчивости // Матер. междунар. конф. Петрозаводск. С. 138-144.

Трунова Т.И., Зверева Г.И., 1977. Влияние ингибиторов белкового синтеза на морозостойкость озимой пшеницы // Физиология растений. Т. 28. Вып. 2. С. 395-402.

## ДИАГНОСТИКА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ КОРЗИНСКОЙ НИЗИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАССИФИКАЦИИ 2004 ГОДА

И. А. Дубровина, Е. А. Соломатова

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В новой российской почвенной классификации 2004 года все многообразие торфяных почв сгруппировано в зависимости от мощности торфа в различных стволах. Ствол – высшая таксономическая единица, отражающая разделение почв по соотношению процессов почвообразования и накопления осадков. Следующей таксономической единицей является отдел – группа почв, характеризующаяся единством основных процессов почвообразования, формирующих главные черты почвенного профиля. Ствол Постлитогенные объединяет почвы, в которых процесс почвообразования идет на сформировавшейся почвообразующей породе, аккумуляция свежего материала отсутствует, либо она незначительна. В стволе Постлитогенные почвы с торфяными горизонтами присутствуют в следующих отделах: Текстурно-дифференцированные, Альфегумусовые, Глеевые, Элювиальные, Литоземы, Агроземы. Ствол Синлитогенные объединяет почвы, в которых почвообразование протекает одновременно с аккумуляцией свежего минерального материала. Торфяные почвы присутствуют в отделе Аллювиальные. Ствол Органогенные включает почвы, профиль которых (весь или его большая часть) состоит из органического материала, обычно из торфа различного состава и степени разложенности. Таким образом, данный ствол содержит исключительно торфяные почвы мощностью более 50 см и включает два отдела – Торфяные, объединяющий природные почвы и Торфоземы – осушенные торфяники.

При описании почв Корзинской низины в почвенной классификации 2004 года были выявлены торфяные почвы с мощностью торфа менее 50 см в отделах Альфегумусовые, Глеевые и Агроземы Постлитогенного ствола. Почвы с мощностью торфа более 50 см относятся к отделам Торфяных и Торфоземов в стволе Органогенные. В некоторых случаях при проведении осушительных мелиораций верхняя часть торфяных почв настолько нарушалась, что их невозможно идентифицировать как почву, поэтому такие участки обозначены как реплантоземы – техногенные поверхностные образования.

Отдел Альфегумусовые почвы характеризуется морфологически и аналитически выраженной иллювиальной аккумуляцией алюмо-железо-гумусовых соединений, формирующих специфический хемогенный Al-Fe-гумусовый диагностический горизонт ВНФ коричневых или охристо-бурых тонов. В классификации почв 1977 года данным почвам соответствуют различные подтипы в типах подзолистых и болотно-подзолистых почв. В нашем случае почва диагностировалась в классификации 1977 года как торфянисто-подзолисто-глеевая на озерно-ледниковых песках (разрез 41).

Разрез 41. Заложен на плоском пониженном участке, многолетние травы.

Rw 0-7 см. Рыхлая дернина.

RT 7-25 см. Темно-коричневый рыхлый, хорошо разложившийся торф, пронизан корнями, свежий. Переход ясный по цвету, граница ровная.

E 25-31 см. Светло-коричневый с ржавыми включениями песчаный горизонт с примесью гальки, бесструктурный, свежий. Переход постепенный по цвету и плотности, граница волнистая.

ВНФg 31-63 см. Неравномерно окрашенный, на светло-коричневом фоне ржавые потеки железа и черные – гумуса. Уплотненный, влажный, переход ясный по цвету, граница языковатая, языки до 88 см.

Gox 63-110 см. Серо-сизый с ржавыми стяжениями и марганцевыми конкрециями, песчаный, рыхлый, бесструктурный, мокрый. Со 110 см грунтовая вода.

Почва: Агроторфяно-подзол иллювиально-гумусовый окисленно-глеевый на озерных песках и супесях.

Отдел Глеевые включает почвы, общей чертой профиля которых является глеевый горизонт, лежащий непосредственно под аккумулятивным органогенным или гумусовым горизонтом. Тор-

фяно-глееземы диагностируются по наличию торфяного горизонта, мощностью 10-50 см, подстилаемого глеевым горизонтом. Агроторфяно-глееземы имеют гомогенный агроторфяный горизонт, формирующийся в результате агрогенной трансформации торфяного горизонта. Общая мощность органогенных горизонтов не превышает 50 см. В случае отсутствия под агроторфяным горизонтом торфяного, почва диагностируется как агрозем торфяный. В классификации почв 1977 года данные почвы диагностировались как торфяно- и торфянисто-глеевые низинных и переходных болот, а также торфяные маломощные (разрез 36).

Разрез 36. Заложен на равнинном пониженном участке, многолетние травы

РТ 0-20 см. Коричневый рыхлый оземленный торф, содержит корни и редкие включения глины, свежий. Переход слабозаметный по текстуре, граница слабоволнистая.

Т 20-35 см. Коричневый рыхлый торфяный горизонт, более грубый, свежий. Переход резкий по цвету и плотности, граница слабоволнистая.

Сох 35-50 см. Сизая с ржавыми пятнами плотная глина, влажная.

Почва: Торфяно-глеезем окисленно-глеевый на ленточных глинах.

Отдел Агроземы объединяет почвы, профиль которых состоит из гомогенного агрогоризонта мощностью более 25 см, обычно резко сменяющегося любым естественным срединным генетическим горизонтом или непосредственно почвообразующей породой. Агрогоризонт является производным одного или нескольких верхних горизонтов естественных почв. Агроземы торфяные диагностируются по наличию агроторфяного горизонта, залегающего на минеральной толще. Агроземы торфяно-минеральные имеют специфический агроторфяно-минеральный горизонт, содержащий значительную примесь минерального материала и элементы комковатой структуры. Формируются при длительном освоении торфяных почв.

Разрез 25. Заложен на плоском равнинном участке, многолетние травы.

РТ 0-40 см. Темно-коричневый рыхлый оземленный торф, свежий. Переход ясный по цвету и текстуре, граница волнистая.

Сох 40-50 см. Желтовато-серый с ржавыми пятнами уплотненный супесчаный горизонт, свежий.

Почва: Агрозем торфяный окисленно-глеевый на озерно-ледниковых песках и супесях.

Если мощность торфяной залежи превышает 50 см, то почвы диагностируются как органогенные. Отдел Торфяные характеризуется наличием поверхностного торфяного горизонта различного состава, сменяющегося органогенной породой. Общая мощность торфяной толщи превышает 50 см. Порода может достигать мощности нескольких метров, иметь разный состав торфа или подстилаться минеральной толщей в пределах метра.

В нашем случае отдел представлен типом Торфяные эутрофные. Характеризуется залегающим под очесом мхов и остатками травянистой растительности (мощность 10-20 см) эутрофно-торфяным горизонтом бурого цвета, мощностью до 50 см.

Разрез 23. Заложен на пониженном равнинном участке, многолетние травы.

ТЕн 0-40 см. Темно-коричневый рыхлый торфяно-перегнойный горизонт, свежий. Переход постепенный по цвету, граница слабоволнистая.

ТТ 40-80 см. Коричневый рыхлый торф, свежий.

С 80-90 см. Светло-серый влажный песок.

Почва: Перегнойно-торфяная эутрофная маломощная на озерных песках.

Отдел Торфоземы объединяет почвы освоенных, обычно осушенных торфяников. Почвы имеют диагностический агрогоризонт: агроторфяный или агроторфяно-минеральный, залегающий на органогенной почвообразующей породе. Тип торфоземы диагностируется по наличию агроторфяного горизонта, подстилаемого органогенной породой. Формируются при осушении и земледельческом освоении торфяных почв.

Разрез 39. Заложен на пониженном равнинном участке, многолетние травы.

РТ 0-17 см. Темно-коричневый рыхлый оземленный торф с примесью песка, содержит корни растений, свежий. Переход ясный по цвету и плотности, граница ровная.

ТТ<sub>1</sub> 17-45 см. Уплотненный ржаво-коричневый торф, содержит остатки древесной растительности, свежий. Переход ясный по плотности, граница ровная.

ТТ<sub>2</sub> 45-70 см. Ржаво-коричневый рыхлый торф с примесью песка, свежий. Переход резкий по цвету и текстуре, граница ровная.

D 70-90 см. Серовато-белесый уплотненный песок, влажный.

Почва: Торфозем типичный маломощный на озерном песке.

На Корзинской низине были проведены мелиоративные работы порядка 40 лет назад. В результате осушения почвы массива претерпели значительные изменения. Так при расстоянии между дренами 20 метров грунт из траншей укладывался на поверхность почвы, затем разравнивался и перепаживался, что привело к более или менее равномерному перемешиванию верхних горизонтов с нижележащими. Дальнейшее использование под посевы многолетних трав способствовало образованию в некоторых случаях слабовыраженной оземленной дернины. Данные поверхностные образования не могут называться почвой, т. к. в них нарушены естественные генетические горизонты, в Классификации 2004 года существует раздел, посвященный данной проблеме.

В нашем случае поверхностные образования отнесены к группе Квазиземы, которые представляют собой гумусированные, внешне сходные с почвами, т.е. почвоподобные образования. Состоят из одного или нескольких слоев привнесенного гумусированного (часто материал гумусовых горизонтов) или минерально-органического плодородного материала, которые подстилаются негумусированным или менее гумусированным минеральным субстратом. К подгруппе Реплантоземы относятся целенаправленно созданные образования (земли, рекультивированные главным образом под сельскохозяйственное использование), которые характеризуются залеганием гумусированного или минерально-органического слоя на предварительно подготовленной (обычно спланированной) поверхности нарушенных грунтов.

Разрез 11. Заложено в понижении, многолетние травы.

1 слой 0-45 см. Неоднородно окрашенный рыхлый глинисто-торфяной материал, пропитан органическим веществом, комковатый, свежий. Переход постепенный по плотности, граница волнистая.

2 слой 45-65 см. Неоднородно окрашенный торфяно-глинистый материал, уплотнен, комковатый, свежий. Переход резкий по плотности и цвету, граница волнистая.

Гор 65-70 см Сизоватая с ржавыми пятнами плотная глина, свежая.

Почва: Реплантозем торфяно-слабоминеральный окисленно-глеевый на ленточных глинах.

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. В ЗАПОВЕДНИКЕ «КИВАЧ»

Т. Ю. Дьячкова<sup>1</sup>, Е. А. Шуйская<sup>1</sup>, С. Н. Милевская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup> Заповедник «Кивач», Россия

С 1988 г. в заповеднике «Кивач» осуществляется мониторинг состояния некоторых видов семейства *Orchidaceae* для изучения динамики и оценки современного состояния их ценопопуляций. Всего в заповеднике произрастают 22 вида орхидных, относящиеся к 14 родам. Объектом исследования являются виды, включенные в Красную книгу Карелии (1995), одним из которых является *Cypripedium calceolus* L. – венерин башмачок настоящий.

*C. calceolus* – короткокорневищный геофит, по Л. Б. Заугольной (1992) относится к первому функциональному типу редких видов, который характеризуется правосторонним онтогенетическим спектром, длительным прегенеративный периодом (до 15 - 17 лет), высокой степенью стабильности популяций и очень низким семенным возобновлением.

На территории заповедника выявлено 38 ценопопуляций *C. calceolus* в разных типах фитоценозов: в заболоченных логовых ельниках, смешанных и лиственных лесах, на облесенных болотах (Дьячкова и др., 1997). Мониторинг состояния ценопопуляций осуществляется на двух пробных площадях по общепринятой методике, разработанной для видов Красной книги СССР (Программа и методика..., 1986).

Первая пробная площадь (1 п.п.) заложена в заболоченном ельнике логового типа, вторая (2 п.п.) – в полидоминантном разнотравном сообществе. Наблюдения были начаты в 1988 г.,

продолжены в 1995 г. и в 2005 г. Показателями для изучения динамики были: флористический состав сообществ, количественное соотношение видов (по проективному покрытию), численность, пространственная и возрастная структура ценопопуляций, мощность растений (по ряду морфологических признаков). Возрастной спектр ценопопуляций *C. calceolus* исследовали согласно характеристике возрастных состояний растений этого вида, предложенной М. Б. Фардеевой (Онтогенетический атлас..., 2002).

Как показали результаты исследований, флористический состав сообществ с участием *C. calceolus* за 17 лет практически не изменился, отмечены только изменения в количественном соотношении видов. Так, например, на 2 п.п. увеличилось проективное покрытие древесных растений и некоторых травянистых (*C. calceolus*, *Convallaria majalis*, *Calamagrostis* sp.), на 1 п.п. уменьшилось проективное покрытие ряда осок: *Carex cespitosa*, *C. diandra*, *C. disperma*, а также *Cirsium palustre*, *C. heterophyllum*.

Большие изменения наблюдались в численности ценопопуляций, для оценки которой счетной единицей служил надземный побег. На обеих пробных площадях численность с 1988 г. увеличилась более чем в 2 раза: на 1 п.п. от 50 до 130, на второй – от 250 до 850 растений.

Для *C. calceolus* в пределах естественного ареала характерен базовый возрастной спектр одновершинный с преобладанием растений, находящихся в виргинильном возрастном состоянии (Татаренко, 1996). Таким возрастным спектром характеризовались ценопопуляции на обеих пробных площадях в 1995 г. Наблюдения в 2005 г. показали, что за прошедшие 10 лет на 1 п.п. максимальное число растений были в генеративном состоянии, на 2 п.п. – в имматурном (рис.). Следует отметить, что возрастная структура ценопопуляций орхидных, в отличие от других групп растений, очень флюктуационно изменчивый признак. Причинами флюктуаций могут быть погодные условия года, предыдущего перед цветением и способность вида входить в состояние вторичного покоя на 2–3 года. Поэтому наблюдаемая ситуация носит естественный характер.

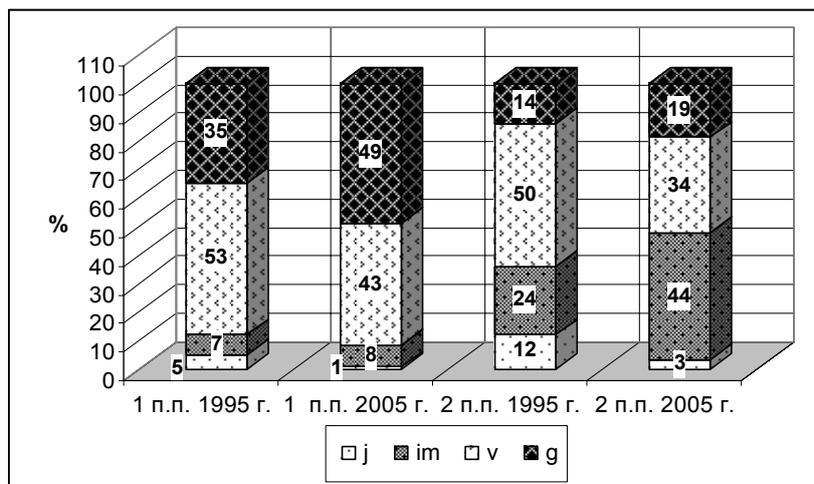


Рис. Возрастной спектр ценопопуляций *C. calceolus* в 1995 и 2005 гг.  
(j – ювенильные, im – имматурные, v – виргинильные, g – генеративные растения).

Пространственную структуру ценопопуляции изучали только на 1 п.п., где размещение растений носило контактный характер. Было закартировано 7 клонов, отличающихся по численности, зависящей от этого площади разрастания, соотношению растений разных возрастных групп. С 1995 по 2005 гг. численность большей части клонов увеличилась на 5 – 10 растений. Соотношение растений разных возрастных состояний в 4-х из 7 клонов сохраняет характер возрастного спектра всей ценопопуляции – преобладание виргинильных растений. В остальных клонах преобладали растения других возрастных групп, что может быть связано или с календарным возрастом сформировавшегося клона, или с той же способностью растений находиться в состоянии вторичного покоя.

Мощность растений в генеративном состоянии оценивали косвенно по следующим морфологическим показателям: высоте надземного побега, линейным размерам 2-го фотосинтезирующего листа. Проведенный статистический анализ не выявил значимых различий по этим показателям за прошедший период. Так как численность и мощность растений являются информативными призна-

ками для оценки состояния ценопопуляций, то из полученных данных следует, что жизненность изученных ценопопуляций довольно высокая.

Таким образом, мы можем оценить состояние ценопопуляций *C. calceolus* в заповеднике «Кивач» как стабильное с хорошей тенденцией увеличения численности и устойчивого сохранения высокой жизненности.

## Литература

- Дьячкова Т. Ю., Милевская С. Н., Скороходова С. Б. 1997. Распространение и состояние ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. (*Orchidaceae*) в заповеднике «Кивач» (Карелия) // Бот. журн. Т. 82. Вып. 2. С. 90-96.
- Заугольнова Л. Б., Никитина С. В., Денисова Л. В. 1992. Типы функционирования популяций редких видов растений. // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 97. Вып. 3. С. 80-91.
- Красная книга Карелии 1995. Петрозаводск, Карелия, 300 с.
- Татаренко И. В. 1996. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. М., 207 с.
- Фардеева М. Б. 2002. Онтогенез башмачка настоящего, или Венерина башмачка (*Cypripedium calceolus* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола. С. 114-119.

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ И АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА В ГОЛОЦЕНЕ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ (С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ)

Г. А. Елина, П. Н. Токарев, С. А. Кутенков

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Поставленная проблема объединяет два фундаментальных направления: установление общих запасов органики и углерода в торфяных болотах Карелии и выявление закономерностей аккумуляции углерода в зависимости от ведущих природных факторов голоцена в последние 9500 лет.

К настоящему времени накоплен большой опыт наземных исследований болотных экосистем, проводившихся с применением аэрофотоснимков, космоснимков и тематических карт разного масштаба. Все первичные материалы выполнены на бумажных носителях, часть из которых нами уже систематизирована и представлена на цифровых среднемасштабных картах с помощью ГИС-технологий (Елина и др. 2005; Токарев, 2005; Юрковская, Елина, 2005).

Исходя из установленной по Торфяному фонду (1957) площади торфяных болот (2.57 млн. га) и средней глубины торфа (2 м), рассчитали его запас, а затем содержание в нем углерода, составившее 3,1 млрд. т. Изученность торфяного фонда наземными методами тогда была невысока (12%), поэтому только на современном уровне можно детализировать обобщенные данные и выявить закономерности пространственного распределения торфяных болот и углерода. Для решения этой проблемы были разработаны специальные приемы, которые позволили установить уровень детализации территориальных выделов (контуров), принципы их выделения и оптимальный размер. Они включали: 1) анализ всех известных тематических среднемасштабных карт районирования Карелии на предмет возможного их использования, или разработки специального районирования, 2) уточнение степени заболоченности в пределах «лакун», где по данным «Торфяного фонда» болота практически отсутствуют, 3) введение поправочных коэффициентов, позволяющих делать определенные обобщения в отношении запасов торфа и углерода в контурах, однотипных по ведущим параметрам.

Анализ среднемасштабных карт тематического районирования Карелии: геоморфологического (Лукашов, 2003), болотного (Юрковская, 1971), ландшафтного (Громцев, 2000), а также карты торфяного фонда показал, что они не отражают в достаточной степени варьирование глубин и размеров болот, а также заболоченности территории. Поэтому для дальнейшего анализа была составлена элек-

тронная карта районирования торфяного фонда (с применением ГИС-технологий), где учтены высотные уровни рельефа, геоморфология и элементы гидрологии, что совместно и определяет степень заболоченности территории. В дальнейшем это районирование будет уточняться, но уже в предложенном варианте наглядно видны достоверные различия выделенных районов по всем необходимым параметрам. Главное, что полученные данные позволяют ответить на вопрос: в каких формах рельефа необходимо корректировать площадь болот и в какую сторону: в минусовую или плюсовую. Наиболее существенно эти показатели отличаются в пределах высоких уровней рельефа (по: Лукашов, 2003), где в по карте торфяного фонда заболоченность отдельных контуров составляет 5%, а по новой карте – до 40%.

С целью дальнейшего уточнения степени заболоченности впервые составлена электронная карта распределения болот в системе регулярных квадратов 10 x 10 км. Технология изготовления ее состояла в наложении геопозиционированной сети регулярных квадратов в программе MapInfo на растр средних масштабов карт Карелии. В результате обработано 1702 квадрата или 170,2 тыс. км<sup>2</sup> ее площади. Установлено, что болота в этих квадратах занимают 3,16 млн. га, а запас С – 3,8 млрд. т. И если по данным Н.И. Пьявченко и В.А. Коломыцева (1980) площадь болот равна 3,6 млн. га, то при этом запас углерода должен составлять 4,6 млрд. т. Отсюда видно, что необходимы дальнейшие исследования поставленной проблемы с привлечением космосъемки и других материалов, имеющих большую степень разрешения.

Палеогеографическое направление - установление зависимости аккумуляции углерода от ведущих природных факторов в голоцене - находится в стадии разработки. Картографические варианты с использованием ГИС-технологий выполнены для четырех эталонных территорий, общей площадью 17 тыс. км<sup>2</sup>, или около на 12% всей территории. Но если учесть повторяемость однотипных ландшафтов (по: Громцев, 2000), то наши данные могут быть экстраполированы примерно на 48% территории Карелии. Дальнейшее развитие этого направления представляется достаточно перспективным. Возможно использование данных из наших ранних работ (Елина, 1981; Елина и др., 1984 и др.), где было показано, что распространение болот происходило с различной скоростью: от 190 до 755 га/год. Наибольшей интенсивности заболачивание достигало в период 6000-5000 л. н. Резкий спад этих процессов отмечался около 4500 л.н., затем - подъем и новый спад. Ближе к современности, после 2000 л. н., процесс болотообразования опять несколько активизировался. В целом, процесс заболачивания территории в голоцене не был равномерным: 8000 л.н. болот было в среднем 4% от всей территории, 6000 – 20, 4000 - 24, 2000 – 28%, а глубина торфа: 0.3, 1.0, 2.2, 1.8 м соответственно. Отсюда может быть определено среднее количество углерода для указанных временных срезов пока в целом для Карелии. Интенсивность заболачивания зависела от (топоэдафических и климатических факторов, причем в первую половину голоцена (9500-7500 л.н.) преобладающее значение имели первые, а далее – вторые. Подробный анализ этих данных может стать основой не только для установления пространственно-временных закономерностей распределения запасов углерода, но и прогнозирования процесса его аккумуляции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-04-49013)

## Литература

- Громцев А.Н. 2000. Ландшафтная экология таежных лесов. Теоретические и прикладные аспекты. Петрозаводск. 143 с.
- Елина Г.А. 1981. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л., 156 с.
- Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. 1984. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л. 128 с.
- Елина Г.А., Лукашов А.Д., Токарев П.Н. 2005. Картографирование растительности и ландшафтов на временных срезах голоцена таежной зоны восточной Фенноскандии. СПб: Наука 112 с.
- Торфяной фонд Карельской АССР. 1957. М. 200 с.
- Лукашов А.Д. 2003. Геоморфологические особенности территории. // Биоразнообразие биоты Карелии. Условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск. С. 16-27.
- Пьявченко Н.И., Коломыцев В.А. 1980. Влияние осушительной мелиорации на лесные ландшафты Карелии // Болотно-лесные системы Карелии и их динамика. Л. С.52-77.

- Токарев П.Н. 2005. Разработка методики дешифрирования на космоснимках основных типов болотных участков Карелии с использованием материалов наземных дистанционных исследований на основе ГИС-технологий // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Фенноскандии. Тр. Кар НЦ РАН, вып. 8. Петрозаводск. С. 65-78
- Юрковская Т. К. 1971. Схема болотного районирования северной Карелии // Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск: Изд-во КФ АН СССР. С. 177—193.
- Юрковская Т.К., Елина Г.А. 2005. Картографический анализ болот северо-востока Карелии // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Фенноскандии. Тр. Кар НЦ РАН, вып. 8. Петрозаводск. С 6-14.

## ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КАРЕЛИИ ПОЛВЕКА СПУСТЯ

С. Р. Знаменский

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Одной из первых масштабных работ, проведённой в рамках новообразованного Карельского филиала АН СССР, стало описание луговой растительности Карелии, проведённые под руководством выдающегося карельского ботаника Марианны Раменской в 1947-1954 годах, и опубликованные позднее в виде фундаментальной монографии (Раменская, 1958). Особую ценность данной книги составляет то, что в ней опубликованы таблицы с исходным материалом, позволяющие использовать наработки Раменской в наши дни, с использованием современных методов анализа.

За прошедшие с того времени полвека ситуация значительно изменилась. Изменилась структура и роль сельскохозяйственного производства в регионе, и луга, как биотопы, зависимые от сельского хозяйства, менялись вместе с ними. Параллельно проходили и другие процессы, например, внедрения в сообщества новых адвентивных видов. Если в середине XX века луга составляли примерно 1,3% площади республики, то на рубеже тысячелетий уже около 0,7%, причём процессы сокращения луговой площади продолжаются. Значительно усилилась фрагментация лугов, сполна ощутивших на себе «островной эффект». Всё это приводит к необходимости новых исследований луговой растительности региона. В сопредельных странах (Финляндии, Швеции) луговые исследования заметно активизировались в последнее десятилетие после некоторого перерыва, вызванного спадом интереса к хозяйственному использованию пастбищ и сенкосов. Теперь этот интерес носит выраженный природоохранный характер, поскольку исчезающие луга берут на себя значительную часть в формировании локального и регионального биоразнообразия.

Основная часть исследований проводилась в 2002-2005 годах по всей территории Карелии. Всего было обследовано 38 луговых выделов. На каждом из них был составлен полный список ценофлоры на стандартном бланке. На 31 выделе из 38 была также описана растительность при помощи 8-15 регулярно расположенных площадок 1 м<sup>2</sup>. Число описаний зависело от размеров выдела, хотя с 2005 года стандартно производится 15 описаний на одном выделе.

Последующая камеральная обработка включила составление сводных таблиц по флоре и растительности. Экологическое пространство лугов было описано при помощи ординационного анализа (в данном случае БАС) (Hill, Gauch, 1980) и метода экошкал (Цыганов, 1983). Для дискретизации материала применялся кластерный анализ.

Общий состав луговой растительности современной Карелии довольно беден. Фактически, обследованные выделы можно отнести к пяти формациям, большая часть из которых описана М.Л. Раменской, это редкие лерхенфельдиевые луга (тип *Deschampsia flexuosa* по скандинавской классификации Ларса Польссона (Vegetationstyper..., 1994)), влажноразнотравные луга, щучковые луга (тип *Deschampsia cespitosa*), полевицевые луга (тип *Agrostis capillaries*) и тимофеевковые луга, представляющие собой новую, неописанную Раменской формацию. Последние три формации в природе не всегда чётко отличаются друг от друга. Достаточно проблематично выделить их диагностические виды. Видовой набор ядра данных сообществ практически одинаков.

Особый случай – грубоотравные сообщества, появившиеся на месте бывших лугов. На практике описания таких сообществ не выполнялись, но они достаточно часто встречались практически во всех обследованных регионах. Поскольку практически 100% лугов Финноскандии носят вторичный характер, они активно реагируют на сокращение сельскохозяйственного производства. Согласно классическим луговедческим работам, основные изменения, претерпеваемые лугами, выпавшими из процессов выпаса и сенокосения, сводятся к быстрому их зарастанию мелколиственными породами, а затем - хвойными лесами. Однако, результаты наших исследований показали, что весьма вероятен и альтернативный путь, при котором толстый слой отмирающей подстилки не даёт прорасти семенам деревьев. При этом формируется достаточно устойчивое маловидовое грубоотравное сообщество. Видовая плотность таких сообществ падает с 15-20 до 11-13 видов на квадратный метр, а общий видовой список – с 60-70 видов до 30-40.

Из шести формаций сухих и умеренно увлажнённых лугов, выделенных Раменской, нами были найдены четыре. Не зафиксированы в наше время самые низкопродуктивные и редкие формации: овсяницы овечьей и белоуса. Однако, если овечьевсяничники были редки и имели короткую жизнь и в середине XX века, то исчезновение белоусников – факт не столь однозначный, но очевидный. Отчасти это связано с уже отмеченной сборной природой этой формации. В наше время белоус, хоть и встречается на полевицевых лугах, но в доминанты он не выходит, и рассматривать его в качестве отдельной формации на основе полученных результатов не удаётся. Второй немаловажный фактор – приуроченность белоусников к старым пастбищам, отмеченный, в частности, специалистами из МГУ (Елумеева, 2006).

В то же самое время была выделена новая формация для высокопродуктивных лугов на бывших пашнях. Фактически, Раменская упоминала их отдельно в разделе, посвящённом «растительности залежей», но более подробного описания этой растительности не дала. Формации тимофеевки и ежи сборной упоминал в своих работах В.Д. Лопатин (1971), правда, не приводя никаких данных по структуре этих формаций. Фактически, как мы видим, нововыделенная формация перекрывается в экологическом пространстве с формациями полевицы и щучки, и выделяется скорее по историческим критериям, нежели по флористическим или экологическим.

Большая часть сохранившихся формаций не претерпела особых изменений. Отметим несколько уменьшившуюся роль щучников и влажноразнотравных лугов. Очевидно, это связано с тем, что, обладая сравнительно низкой продуктивностью, эти угодья в первую очередь подвергались забрасыванию и деградировали в лесные сообщества.

Для ординации были взяты данные по растительности 31 выдела, к которым добавили 5 выделов с территории Заонежья из числа описанных ранее. При этом получены следующие результаты: главными осями становятся 1 и 3. На первую ось выпадает около 45% общей изменчивости, на вторую – примерно 18%. Вторая ось объясняет всего около 5% общей изменчивости и в расчет может не приниматься.

При этом отмечены значимые корреляции ординационных осей со следующими экошкалами. Первая ось значимо коррелирует со шкалой увлажнения почв (шкала Hd,  $r = 0,839$ ,  $\tau = 0,666$ , здесь и далее  $P < 0,001$ ) и насыщенности почвы азотом (шкала Nt,  $r = 0,654$ ,  $\tau = 0,584$ ). Третья ось значимо коррелирует с термоклиматической шкалой (Tm,  $r = 0,610$ ,  $\tau = 0,368$ ), шкалой минерального богатства почв (шкала Tr,  $r = 0,719$ ,  $\tau = 0,558$ ) и, опять таки, со шкалой почвенного азота (Nt,  $r = 0,576$ ,  $\tau = 0,590$ ).

Интерпретация первой оси при этом представляется более простой. Однако, при этом обращает на себя внимание, что выделы вдоль первой оси располагаются также по градиенту с юга на север. Большее увлажнение лугов северной части Карелии отмечала и М.Л. Раменская. Отсутствие значимых корреляций первой оси с предложенными климатическими шкалами (термоклиматической и криоклиматической, в обоих случаях коэффициент Кендалла  $\tau$  не превышает 0,1) скорее всего, объясняется низкой репрезентативностью северных лугов, представленных в основном паанаярвским изолятом, который изолирован и на ординационной диаграмме.

Вторая ось, скорее всего, объясняется мощностью почвенного покрова: естественно, выделы с более тонким покровом почв (в особенности на скалах и ледниковых отложениях) будут иметь более бедную трофность и более бореальный видовой состав.

Обращает на себя внимание, что три формации, нечётко разделяющиеся по видовому составу (timoфеевки, полевицы и щучки), практически не ограничены и на ординационной диаграмме, при

том влажноразнотравные, лерхенфельдиевые луга и бывшие залежи разделены в экологическом пространстве довольно чётко.

Для сравнения были проведены обработки опубликованных описаний Раменской по тем же методикам. Для этого были взяты 116 описаний, относящихся к четырём луговым формациям: полевичники, щучники, белоусники и влажноразнотравные луга. Прочие таблицы описывали растительность влажных лугов, вплоть до болотной, поэтому в расчет взяты не были.

В результате проведённой ординации вычленены три оси. Первая берёт на себя примерно 48% общей изменчивости. Вторая – около 12%, и третья – около 9%. Первая ось значимо коррелирует со шкалой увлажнения почв (шкала Hd,  $r = 0,926$ ,  $\tau = 0,761$ ) и омброклиматической шкалой (шкала Om,  $r = 0,704$ ,  $\tau = 0,522$ ). Вторая ось значимо коррелирует со шкалой минерального богатства почв (шкала Tr,  $r = -0,832$ ,  $\tau = -0,633$ ) и, опять таки, со шкалой почвенного азота (Nt,  $r = -0,687$ ,  $\tau = -0,516$ ). Третья ось значимых корреляций с предложенными факторами не проявляет. Отметим, что факторы, а также их общий вклад в сложение экологического пространства суходольных лугов Карелии за 50 лет, практически не изменились.

Несколько сложнее обстоит дело с самой растительностью. Даже на ординационной диаграмме хорошо видно, что формация белоуса в описании Раменской фактически распалась на две, одна из которых сильно перекрывается с формацией полевицы и влажноразнотравными лугами, а вторую составляют белоусники с субдоминированием чёрной осоки, которые к суходольным лугам быть отнесены не могут.

Также обращает на себя внимание, что 50 лет спустя влажноразнотравные луга сдвинулись в сторону большего увлажнения, а щучники – меньшего.

Таким образом, предварительные исследования уже показали значительные изменения, произошедшие в структуре растительности лугов Карелии за последние 50 лет.

## Литература

- Елумеева Т.Г., 2006. Изменение структуры высокогорного пестроовсяницевого луга при удалении доминантов в течение 10 лет // материалы международной конференции ботаников в Санкт-Петербурге. С. 79.
- Лопатин В.Д., 1971. Краткий очерк луговой растительности Северного Приладожья // Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск: Изд. Карельского фил. АН ССР, С. 20-59.
- Раменская М.Л., 1958. Луговая растительность Карелии. Петрозаводск: Гос. Изд. Карельской АССР, 400 стр.
- Цыганов Д.Н., 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 242 стр.
- Hill M. O., Gauch H. G., 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, V. 42: P. 47-58.
- Vegetationstyper i Norden*. 1994. TemaNord. I. 665. Köpenhaven: Nordiska ministerrådet, 630 pp.

## ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИЗНАКИ ДЕГРАДАЦИИ СТАДА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ

А. В. Зубченко<sup>1</sup>, А. Е. Веселов<sup>2</sup>, В. В. Красовский<sup>3</sup>, И. В. Самохвалов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, Мурманск, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>3</sup>Россельхознадзор по Мурманской области, Мурманск, Россия

В середине 30-х годов XX столетия Л.С. Берг (1935) сделал вывод, что численность лосося испытывает естественные флюктуации, обусловленные воздействием абиотических факторов. Наиболее значимым из них является климат, что позднее было подтверждено рядом работ (Азбелев, 1966, 1968; Зубченко и др., 1997; Scarnecchia, 1984; Reddin, Shearer, 1987; Zubchenko, Kuzmin, 1989;

Scarnecchia et al., 1989; Friedland et al., 1993; Zubchenko et al., 1995; Antonsson et al., 1996; Tretjak et al., 1997; и др.).

На примере р. Умба, относящейся к одной из важнейших нерестовых рек на Кольском п-ове, было показано, что в формировании предпромысловой численности лосося температурный фактор также имеет существенное значение. Так межгодовые колебания температуры воды в слое 0-200 м Прибрежной ветви Мурманского течения взаимосвязаны с межгодовыми вариациями численности лососей мигрирующих на нерест ( $r=0,58$ ,  $p<0,01$ ). Несмотря на это основные популяционные характеристики лосося (численность, динамика миграций, размерно-весовой состав, возрастная и половая структура) достаточно стабильны во времени для популяций из различных рек (Берг, 1935; Мельникова, 1959, Азбелев, 1960; Мартынов, 1983; Алтухов и др., 1997; Калюжин, 2003; и др.). Поэтому их изменение может служить показателем негативного воздействия различных антропогенных факторов, в частности недекларируемого промысла.

Известно, что популяциям лосося свойственно непостоянство численности заходящих на нерест рыб. Межгодовые различия в количестве нерестовых мигрантов могут отличаться в несколько раз, а отсутствие единообразия в изменениях межгодовой численности лосося популяций разных рек указывает на существование индивидуальных для каждого стада факторов, ответственных за формирование будущего запаса. Как показывает анализ многолетних данных, в «благополучных» популяциях максимальная и минимальная численность отличается не более чем в 4-6 раз. Например, в р. Варзуга за более чем сорокалетний период наблюдений эти величины отличаются в 5,5 раза, в р. Поной – в 4,1 раза. В р. Умба максимальная и минимальная численность нерестовых мигрантов различается более чем в 18 раз, что является серьезным признаком неблагополучного состояния запаса лосося из этой реки (рис. 1).

Динамика нерестового хода лосося в р. Умба имеет сложную структуру, поскольку мигранты представлены рыбами двух биологических групп – «летней» и «осенней» (рис. 2).

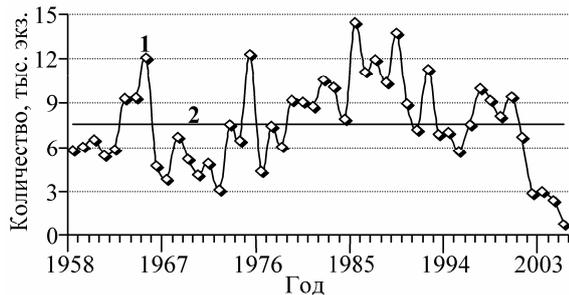


Рис. 1. Ежегодная (1) и средняя (2) численность атлантического лосося в р. Умба

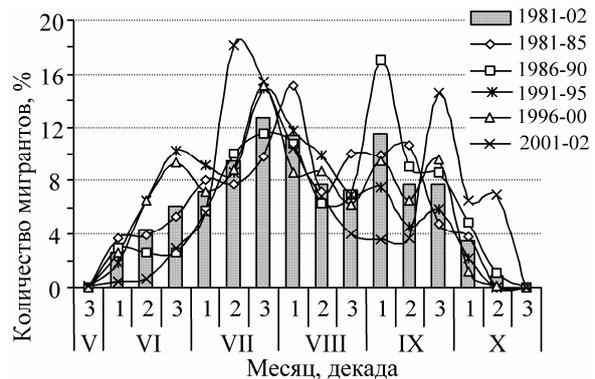


Рис. 2. Динамика нерестового хода атлантического лосося в р. Умба

Анализ сезонной модели: «Динамика нерестового хода – температура и уровень воды в реке» определил значимую взаимосвязь этих показателей ( $R^2=0,89$ ,  $F=23,1$  ( $p<0,001$ )), но между отдельными факторами среды и сезонной динамикой хода лосося значимая связь выявлена только между динамикой хода лосося и температурой воды в реке ( $r=0,8$ ,  $p<0,001$ ). Также установлено, что в теплые годы пик нерестовых миграций происходит в более ранние сроки, и, что пик хода лососей «летней» биологической группы во все без исключения годы приходится на период, когда температура воды в слое 0-200 м в Основной ветви Мурманского течения близка к  $4^{\circ}\text{C}$ , а пик хода лососей осенней биологической группы приходится на тот период времени, когда температура воды в слое 0-200 м в Основной ветви Мурманского течения близка к  $5^{\circ}\text{C}$  (рис. 3), что свидетельствует о взаимосвязи этих факторов.

Молоди атлантического лосося из р. Умба свойственно покидать реку, пробыв в ней от 2 до 5 лет. Созревающие лососи совершают нерестовую миграцию также в разном возрасте. В совокупности это создает достаточно сложную возрастную структуру лососевого стада. Среди производителей лосося, заходившего на нерест в реку за период с 1980 по 2003 гг. отмечено 10, а вместе с повторно нерестующими рыбами 15 возрастных групп. Это, в целом не отличающееся разнообразием количество возрастных групп (например, для р. Кола известны рыбы 18 возрастных

групп (Азбелев, 1960)), в последние годы уменьшилось более чем вдвое. В 2002 г. в нерестовом стаде насчитывалось семь, а в 2003 году – всего шесть возрастных групп. Характерным для стада семги из этой реки является увеличение доли рыб пробывших в море один год (1SW) и соответственно сокращение доли рыб нагуливавшихся в море 2 (2SW) и 3 года (рис. 4).

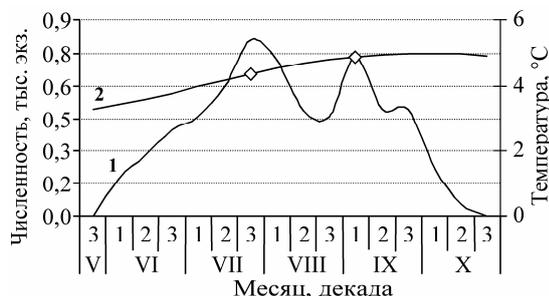


Рис. 3. Зависимость пика миграции (1) атлантического лосося в р. Умба и температуры воды (2) на разрезе «Кольский меридиан»

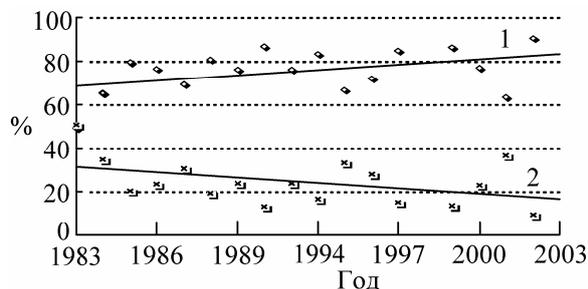


Рис. 4. Тренд-анализ численности производителей атлантического лосося р. Умба в возрасте 1SW (1) и 2SW (2)

В нерестовом стаде лосося из р. Умба наиболее часто встречаются лосося в возрасте 3+1+, 3+2+ и 4+1+ (соответственно 61,4, 14,0 и 11,8%), и при многократном уменьшении предпромысловой численности лосося из этой реки (рис. 1) наблюдается тенденция увеличения доли рыб в возрасте 3+1+ и 4+1+, и уменьшения доли рыб возрасте 3+2+ (рис. 5).

Обычное соотношение полов в не подверженных негативному антропогенному воздействию популяциях лосося из беломорских рек примерно равно. Однако в р. Умба соотношение самок и самцов крайне не постоянно. Например, если в 1983 г. оно было примерно равным (48,8% самок), то в 1989 г заметно преобладали самки (64,1%), а в 1999 г самцы – 76,8%. В целом же наблюдается четкая тенденция снижения доли самок (рис. 6).

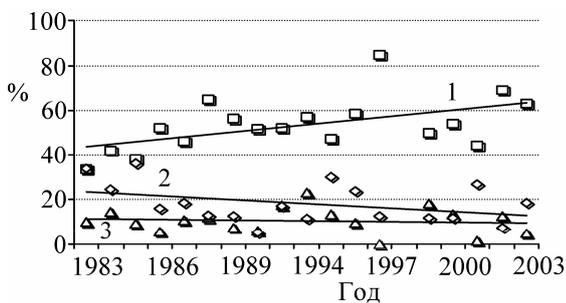


Рис. 5. Изменения численности производителей атлантического лосося р. Умба в возрасте 3+1 (1), 3+2+ (2) и 4+1+ (2)

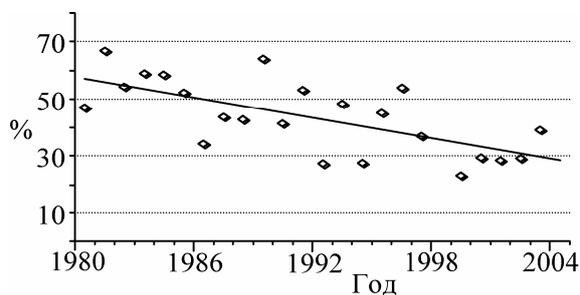


Рис. 6. Изменения доли самок атлантического лосося в р. Умба

Еще одной характерной чертой популяции лосося из р. Умба является уменьшение веса и длины рыб (рис. 7).

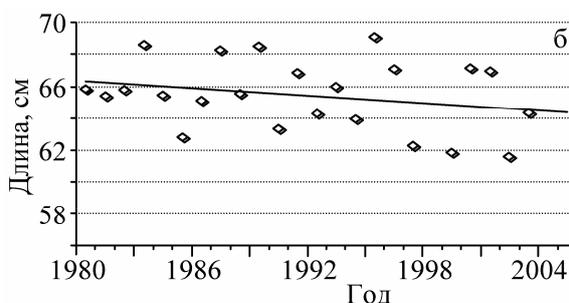
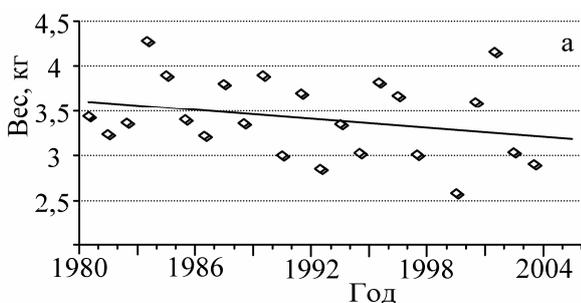


Рис. 7. Динамика изменений среднего веса (а) и средней длины (б) атлантического лосося в р. Умба

По данным М.Ю. Алексева с соавторами (2006) величина нелегального вылова лосося в р. Умба достигает 70%. Этим, по-видимому, обусловлены все выявленные негативные изменения основных популяционных характеристик лосося из этой реки. Таким образом, основные популяционные характеристики лосося – численность, динамика миграций, размерно-весовой состав, возрастная и половая структура – при наличии достаточного ряда могут быть использованы для выявления признаков деградации стада той или иной нерестовой реки. В частности в р. Умба, как одной из крупнейших лососевых рек Кольского п-ова, если не будут предприняты срочные меры по охране и восстановлению запасов, следует ожидать полной деградации стада лосося.

## Литература

- Азбелев В.В. Материалы по биологии семги Кольского полуострова и ее выживаемости // Труды ПИНРО. 1960. Вып. 12. С. 5-70.
- Азбелев В.В. К вопросу о прогнозировании численности семги рек Кольского полуострова // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. 1966. Вып. 7. С. 96-101.
- Азбелев В.В. Численность и использование семги рек Кольского полуострова // Труды ПИНРО. 1968. Вып. XXXIII. С. 513-526.
- Алексеев М.Ю., Зубченко А.В., Криксунов Е.А. Применение имитационного математического моделирования для оценки величины нелегального вылова семги (*Salmo salar* L.) в реке Умба // Вопросы рыболовства. 2006. № 2. С. 318-325.
- Алутхов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука, 1997. 288 с.
- Берг Л.С. Материалы по биологии семги // Изв. ВНИОРХ. 1935. Т. 20. С. 3-113.
- Зубченко А.В., Третьяк В.Л., Руднева Г.Б. Оценка оптимального нерестового запаса атлантического лосося из р. Тулома (Кольский полуостров) // Первый конгресс ихтиологов России: тез. докл. (Астрахань, сентябрь 1997 г.). М: изд-во ВНИРО, 1997. С. 73.
- Зубченко А.В. Особенности биологии, состояния и управление запасами атлантического лосося (*Salmo salar* L.) Кольского полуострова. Автореф. дис. д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2006. 48 с.
- Калюжин С.М. Атлантический лосось Белого моря: проблемы воспроизводства и эксплуатации // Петрозаводск: «ПетроПресс», 2003. 264 с.
- Мартынов В.Г. Семга уральских притоков Печоры: Экология, морфология, воспроизводство. Л.: Наука, 1983. 127 с.
- Мельникова М.Н. Биология семги р. Варзуга // Изв. Всес. НИИ озерн. и речн. рыбн. хоз-ва. 1959. Т. 48. С. 132-150.
- Antonsson T., Gudbergsson G., Gudjonsson S. Environmental Continuity in Fluctuation of Fish Stocks in the North Atlantic Ocean, with Particular Reference to Atlantic Salmon // North American Journal of Fisheries Management. 1996. V. 16. P. 540-547.
- Friedland K.D., Reddin D.G., Kocik J.F. Marine survival of North American and European Atlantic salmon: effects of growth and environment // ICES Journal of Marine Science. 1993. V.50. P. 481-492.
- Scarnecchia D. Climatic oceanic variations affecting yield of Icelandic stocks of Atlantic salmon // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 1984. V. 41. P. 917-945.
- Scarnecchia D., Isaksson A., White S. Ocean and riverine influences on variations in yield among Icelandic stocks of Atlantic salmon // Transactions of the American Fisheries Society. 1989. V. 118. P. 484-494.
- Tretjak V.L., Rudneva G.V., Zubchenko A.V. Assessment of optimal spawning stock and factors affecting the abundance of Atlantic salmon in the Tuloma River. 1997. ICES CM 1997. WP:25. 9 p.
- Zubchenko A.V., Kuzmin O.G. The River Tuloma as an index river // ICES WGNAS. 1989. ICES WP: 11. 5 p.

## ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ ПОПУЛЯЦИИ ПОЛИТИПИЧЕСКОГО ВИДА – К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ

Э. В. Ивантер

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия*

При всей очевидной значимости углубленного изучения популяционной организации политических видов организмов, решение этой фундаментальной задачи по-прежнему далеко от завершения. Основная причина – отсутствие специальных исследований, выполненных на конкретных видах животных в условиях периферии их ареалов. Именно это определило цели и содержание проведенного исследования, объектами которого выбран ряд фоновых, представляющих разные адаптивные типы видов млекопитающих Севера, и расшифровка на этой основе экологических механизмов адаптации периферических популяций, способствующих экспансии видов на Север и успешному их закреплению на новой территории.

Согласно современным представлениям (Холдэйн, 1956; Майр, 1974; Тимофеев-Ресовский и др., 1973), размеры, форма и географическое положение ареала отражают обычно не только биологические особенности вида, но и направления и характер его исторического расселения. Этим, а также экологическими особенностями представителей данного вида определяются и величина, и характер популяций, и численность особей в различных популяциях вида. В географическом центре видового ареала чаще всего располагаются комплексы оптимальных физико-географических и биоценотических условий для особей данного вида. Поэтому именно здесь наблюдается наибольшая средняя плотность населения и максимальные размеры популяционных ареалов и численностей особей в популяциях, а также наибольшая насыщенность различными, в основном доминантными мутациями.

К периферии ареала условия для жизни вида обычно резко ухудшаются, в связи с чем наблюдается проявление мозаичного распределения популяций, существование популяций с относительно очень небольшими ареалами и малой численностью особей, а также часто происходит характерное изменение наследственной внутри- и межпопуляционной изменчивости. У видов, продолжающих активно расселяться в определенном направлении, популяции близ той границы видового ареала, которая расположена в направлении расселения, могут быть достаточно большими как по ареалу, так и по численности особей. Отсюда и особый характер наследственной изменчивости периферийных популяций (Вавилов, 1935). На периферии видовых ареалов повышается вероятность существования относительно небольших и изолированных друг от друга популяций, в связи с чем возрастает и вероятность выщепления и гомозиготизации рецессивных мутаций.

Периферия видового ареала характеризуется, таким образом, двумя основными особенностями. С одной стороны, уменьшение размеров популяции и увеличение давления изоляции между ними повышает вероятность случайного выщепления и гомозиготизации рецессивных мутаций и полиплоидов и тем самым появляются условия для оживления процессов первичного формообразования. С другой стороны, по периферии видовых ареалов обычно наблюдаются экстремальные для данного вида абиотические и биотические условия среды обитания, что в свою очередь может способствовать возникновению географической изменчивости, характеризующей внутривидовые таксоны – путем изменения векторов отбора (Тимофеев-Ресовский и др., 1973).

Известно, что давление отбора на периферии не только сильнее, но и отличается по характеру от давления отбора в центре ареала (Холдэйн, 1956; Майр, 1968, 1974). Центральные популяции, находясь в наиболее благоприятных для вида экологических условиях, обычно достигают большей численности, регулируемой главным образом зависящими от плотности факторами. В популяциях же с низкой численностью, обитающих в экстремальных условиях периферии ареала, действует главным образом отбор на приспособленность к факторам, не зависящим от плотности. Большую роль в обновлении генофонда периферических популяций играют и характерные для них популяционные волны – резкие и неритмичные перепады численности.

Следует иметь в виду и то обстоятельство, что относительная структурная гомозиготность на периферии ареала создает возможность для повышения числа хромосомных рекомбинаций (Карсон, 1969). При этом предполагается, что краевые популяции, обитающие не только в более суровых,

но и в более колеблющихся условиях, способны, благодаря большему числу хромосом, участвующих в свободной рекомбинации, к лучшей генетической адаптации к новым условиям. Наконец, как отмечал К. Уайт (1959), уменьшение полиморфизма и сбалансированности гетерозигот, которые мы находим в периферических (а особенно в изолированных) популяциях снижает генетический гомеостаз и уменьшает эволюционную инертность этих популяций. Они гораздо более способны ответить на новое давление отбора и, следовательно, воспользоваться новыми эволюционными возможностями, чем популяции из «самого сердца» вида.

Анализ географических особенностей популяционной организации и динамики численности ряда широко распространённых, политипических видов мелких млекопитающих (рыжая, красная и тёмная полевки, лесная мышовка, обыкновенная, малая и средняя бурозубки и др.) подтвердил известное положение о том, что в экологическом центре (оптимуме) видовой ареала плотность популяций не только выше, но и устойчивее, тогда как на периферии она колеблется в широком диапазоне (с большей амплитудой). В условиях пессимума популяция сильно разрежена, не обладает достаточно действенным популяционным контролем, и численность её лимитируется в основном внешними факторами, отличающимися крайним непостоянством и аритмией. Напротив, в зоне оптимума при высокой плотности населения и совершенстве внутренней организации популяция более устойчива и ритмична. Она находится в стабильно благоприятных условиях и вооружена более эффективными механизмами компенсаторной регуляции, приводящей плотность популяции в соответствие с ресурсами биоценоза.

Резкие флуктуации периферических популяций способствуют генетическому обороту (через «популяционные волны») и наряду с ужесточением отбора, специфической перестройкой пространственной, возрастной и генетической структуры, возникновением временных изолятов, сокращением обмена генами, усилением хромосомных рекомбинаций и другими явлениями, создающими предпосылки для быстрого обновления генофонда и преодоления эволюционной инертности популяций, обеспечивают эволюционные преобразования, ведущие к завоеванию видом новых территорий, смене экологической ниши, формированию новых популяций и даже видов. К периферии видовой ареала «рассыпается» оптимальный комплекс абиотических и биотических условий существования данного вида и в связи с этим проявляется мозаичность распределения популяций, формирование небольших по размерам и численности микропопуляций и характерное изменение наследственной внутри- и междупопуляционной изменчивости. На периферии видовой ареалов повышается вероятность существования относительно небольших и изолированных друг от друга популяций, в связи с чем возрастает вероятность выщепления и гомозиготизации рецессивных мутаций. Этим самым периферия видовой ареала может поставлять «кандидатов» для процессов первичного формообразования. Более выражены и гораздо чётче и рельефнее проявляются в периферийных зонах видовой ареала и такие специфические структурно-популяционные адаптации, как эффект Деннеля, закономерная смена сезонно-возрастных генераций, компенсаторная авторегуляция численности и ряда других.

Рассмотренные особенности пространственной дифференциации вида определяют их значение в качестве важных эколого-генетических механизмов микроэволюционного процесса, протекающего по-разному в центре и на периферии видовой ареала. Отсюда неоднозначность выполняемых центральными и периферическими популяциями эволюционных функций. Первые обеспечивают поддержание фенотипической специфичности вида, сохранение его экологической и генетической нормы (посредством стабилизирующего отбора, усиления обмена генами, унификации генофонда и т. д.), вторые составляют эволюционный резерв вида и реализуют его тенденции к экспансии за границы ареала и переходу в новую экологическую нишу. Периферические популяции – важнейшие эволюционные форпосты вида. Именно здесь разворачиваются главные эволюционные события, приводящие к адаптивному формообразованию и открывающие пути к дальнейшему расселению вида. Адаптация периферических популяций находится в стадии становления, и то обстоятельство, что полной приспособленности так и не достигается, определяет постоянную готовность вида к эволюционным перестройкам в ответ на изменения среды.

Разработка концепции периферических популяций важна не только для успешного развития современной эволюционной теории, в частности изучения процессов микроэволюции, но и в связи с практическими вопросами поддержания и контроля численности важных для человека популяций и сообществ, расположенных на границах видовой ареала.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕРНОЙ ДИНАМИКИ МЕТАЦЕРКАРИЙ *DIPLOSTOMUM HURONENSE* (LA RUE, 1927) HUGHES, 1929 В ПЛОТВЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Е. П. Иешко, Д. И. Лебедева

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Метацеркарии *Diplostomum huronense* – важный фактор, контролирующей численность молоди рыб в Ладожском озере, оказывая прямое (гибель личинок при поражении церкариями) и косвенное влияние (выедание рыбаками сильно инвазированных особей рыб). Однако в определенных условиях при повышенной численности они способны вызывать снижение товарных качеств рыбы, а также быть причиной массовой рыб (Шигин, 1986; Судариков и др., 2002).

Именно с этим связана необходимость оценки изменения характера зараженности и распределения диплостомид в плотве разных возрастов.

В настоящее время имеется ряд работ, где показана роль факторов определяющих агрегированность паразитов в популяции хозяев (Павлов, Иешко, 1986; Иешко, 1988; Crofton, 1971; Anderson, 1974). К основным из них можно отнести гетерогенность восприимчивости хозяев к заражению, вызванную наличием предварительного заражения, вариабельностью в дозе заражения, пространственной неоднородностью распределения личинок паразита в пределах места обитания хозяина. Полученные результаты по распределению метацеркарий в популяции хозяев могут быть подтверждены с помощью анализа размерной структуры популяции, а именно показателей длины и ширины тела, которые являются характеристиками трофической и генеративной функций организма и значительно изменяются в онтогенезе паразитов, определяя процессы их роста и созревания (Краснолобова, 1975; Фрезе, 1977), а совокупность населения одного и того же вида в каждом окончательном хозяине характеризуется постоянными, определенными границами морфологических и экологических показателей (Фрезе, 1975 цит. по Ройтман, Казаков, 1977).

Проведенный анализ показал (табл. 1), что распределение численности метацеркарий *D. huronense* в популяции плотвы соответствует негативному биномиальному в начальный период жизни рыбы (до возраста 5+). Агрегированность паразитов в выборке формируется не только благодаря индивидуальным различиям в устойчивости рыб к заражению метацеркариями, но и высокой смертности сильно зараженных особей. У более старых рыб и метацеркарий наблюдается разрушение устоявшейся системы паразит-хозяин, и распределение паразита приближается к нормальному. Наблюдаемое явление можно рассматривать как освобождение рыб от паразитов в силу ограниченности их срока жизни и физиологических перестроек покровов тела хозяев, препятствующих инвазии (Шигин, 1986).

Таблица 1. Изменение показателей негативного биномиального распределения численности метацеркарий *Diplostomum huronense* в плотве разных возрастов

| Возрастные группы рыб | Зараженность, % | ИО    | Me   | $\chi^2$ | k     | P, % |
|-----------------------|-----------------|-------|------|----------|-------|------|
| 2+ - 3+               | 100             | 11.79 | 9.0  | 8.41     | 1.912 | 25   |
| 4+ - 5+               | 66.7            | 20.58 | 11.0 | 38.46    | 0.348 | 25   |
| 6+ - 7+               | 81.3            | 25.25 | 8.0  | 4.34     | 1.401 | 1    |

Примечание: ИО – индекс обилия (экз.); Me – медиана;  $\chi^2$  – дисперсия; k – агрегированность; P – вероятность согласования частот с НБР, %.

Что касается распределения метацеркарий разных размеров в популяции хозяев различных возрастов, то здесь тоже складывается четкая картина. В результате исследования размерной структуры метацеркарий каждой группы хозяев выявлено, что с возрастом рыб средние показатели размеров тела паразитов в выборке достоверно увеличиваются (табл. 2), достигая максимума в группе

6+7+. При этом для них характерны незначительные пределы вариабельности признаков. Данный факт, с одной стороны, свидетельствует о том, что паразиты, попавшие в хозяев младших возрастных групп, успешно приживаются и растут, с другой - говорит о выживаемости рыб, имеющих высокую степень заражения и смертности особей, инвазированных в значительной степени.

Таблица 2. Возрастная изменчивость морфологических признаков *Diplostomum huronense*

| Возраст рыб | 2+ - 3+   |           | 4+ - 5+  |          | 6+ - 7+  |           |
|-------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
|             | Длина     | Ширина    | Длина    | Ширина   | Длина    | Ширина    |
| X           | 0,3409    | 0,1517    | 0,3493   | 0,1543   | 0,3907   | 0,1752    |
| $\sigma$    | 0,0436028 | 0,0219299 | 0,039345 | 0,019861 | 0,051035 | 0,0255635 |
| $S_x$       | 0,0044    | 0,002     | 0,004    | 0,002    | 0,005    | 0,003     |
| CV, %       | 12,8      | 14,5      | 11,3     | 12,9     | 13       | 14,6      |
| $E_x$       | -0,029775 | -0,198266 | 1,419756 | 0,235744 | -1,22563 | -1,204409 |
| $A_s$       | 0,9890587 | 0,9340041 | 1,130626 | 0,92266  | -0,3327  | -0,584482 |

Примечание: X – среднее значение;  $\sigma$  – стандартное отклонение;  $S_x$  – ошибка средней; CV, % - коэффициент вариации;  $E_x$  – эксцесс распределения;  $A_s$  – асимметрия распределения.

Выборки рыб 2+ - 3+ и 4+ - 5+ характеризуются выраженным биномиальным распределением размеров тела метацеркарий ( $>0,05$ ), при котором основную часть популяции паразита составляют особи с минимальными показателями длины и ширины тела. При этом статистический анализ не выявил достоверных отличий между этими двумя выборками по критерию Фишера, который, как известно, является показателем уровня варьирования признака. Данный факт свидетельствует о постоянном пополнении популяции гельминта молодыми экземплярами, т.е. рыба все время находится в зоне контакта с паразитом. Это согласуется с данными о приуроченности этих рыб к мелководьям и зарослевой литорали, определяющей пространственную близость с местами обитания брюхоногих моллюсков, промежуточных хозяев паразитов. Кроме того, физиологическое состояние покровов тела рыб этого возраста благоприятствует активному проникновению церкарий и соответственно усилению интенсивности заражения (Шигин, 1986).

Встречаемость и размерное распределение паразитов в рыбах возраста 6+ и 7+ показывает (табл. 1 и 2), что для них характерно отсутствие выраженного нарастания зараженности ( $P < 0,001$ ). В этой возрастной группе хозяев все размерные группы метацеркарий представлены практически равномерно. Видимо плотва в этом возрасте отличается высокой устойчивостью к заражению диплостомидами, а также благодаря изменению мест обитания пространственно разобщена с источником заражения. Как следствие, отсутствие нового заражения, а также селективная смертность сильно инвазированных особей рыб (Иешко, Шустов, 1982; Куденцова, 1983) приводит к тому, что распределение, как численности, так и размерных групп метацеркарий теряет агрегированный характер и приближается к нормальному, характеризуя тем самым разрушающуюся систему паразит-хозяин.

Таким образом, анализ размерной структуры популяции метацеркарий *Diplostomum huronense* совместно с количественной оценкой ее динамики позволяет определить тенденции процессов иммиграции и элиминации паразита. Этот факт является немаловажным с учетом того, что локализация паразитов в глазах и мозге рыб не дает возможности для излечения заболевания, и единственным способом борьбы с диплостомидами являются меры профилактики, основанные на данных по биологии метацеркарий рода *Diplostomum*.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального использования» (01.2.006 08824).

## Литература

- Иешко Е. П., 1988. Популяционная биология гельминтов рыб. Л.: Наука. 118 с.  
 Иешко Е. П., Шустов Ю. А., 1982. Определение воздействия диплостомозной инвазии (Trematoda, Diplostomidae) на остроту зрения рыб // Паразитология. Т. 16. № 1. С. 81-83.

- Краснолобова Т.А., 1975. Экспериментальное изучение модификационной изменчивости и роль этих исследований в систематике трематод // Зоопаразитология. Т. 4. С. 7-25.
- Фрезе В.И., 1977. Лентецы Европы (экспериментальное изучение полиморфизма) // Тр. ГЕЛАН. Т. 27. С. 174-204.
- Куденцова Р.А., 1983. Некоторые вопросы эпизоотологии диплостомоза форели в рыбноводных хозяйствах // Тр. ГосНИОРХ. Вып. 197. С. 64-73.
- Павлов Ю.Л., Иешко Е.П., 1986. Модель распределения численности паразитов. Доклады АН СССР. Т. 289. № 3. С. 746-748.
- Ройтман В.А., Казаков Б.Е., 1977. Некоторые аспекты изучения морфологической изменчивости гельминтов (на примере трематод рода *Azigyta*) // Тр. ГЕЛАН. Т. 27. С. 110-128.
- Судариков В.Е., Шугин А.А., Курочкин Ю.В. и др., 2002. Метациркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов России. Отв. ред. В. И. Фрезе. М.: Наука. Т.1. 298 с.
- Шугин А.А., 1986. Трематоды фауны СССР. Род *Diplostomum*. Метациркарии. М.: Наука. 254 с.
- Anderson R. M., 1974. Population dynamics of the cestode *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas, 1781) in the bream (*Abramis brama*) // J. Anim. Ecol. Vol. 72, P. 305-321.
- Crofton H. D., 1971. A quantitative approach to parasitism // Parasitology. V. 62, P. 178-193.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ АНТРОПОГЕННУМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

А. А. Ильинов<sup>1</sup>, Д. В. Политов<sup>2</sup>, Б. В. Раевский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт общей генетики РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт леса, КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Усиленная антропогенная нагрузка на лесные экосистемы (рубки леса, техногенное загрязнение и т.д.), приводящая к негативным последствиям (обеднение генофондов популяций древесных видов, нарушение сложившейся в течение длительного времени их генетической структуры, и т.п.) актуализирует задачу сохранения биоразнообразия. Особенно уязвимыми являются леса севера европейской части России, возникшие сравнительно недавно и, вследствие суровых климатических условий, отличающиеся пониженной способностью к восстановлению. Изучению биоразнообразия, в частности на внутривидовом уровне, в настоящее время уделяется пристальное внимание, однако генетический аспект проблемы освещен еще недостаточно.

Цель исследования: сравнительная оценка фенотипической и генотипической структуры малонарушенных и подвергшихся антропогенному воздействию (сплошные рубки, техногенное загрязнение) популяций ели европейской *Picea abies* L. Karst. (включая ее гибриды *P. x fennica* Regel. Ком. с елью сибирской *P. obovata* Ledeb.).

Для изучения влияния последствий сплошных рубок на генотипическую структуру популяций ели пробные площади были заложены в коренном ельнике (НП «Водлозерский»), производном, сформировавшемся из сохраненного после рубки подроста, а также в 45-летних культурах ели, созданных посевом на месте сплошной рубки (Карелия, Кондопожский р-он). Исследованные пробы характеризуются примерно одинаковыми условиями произрастания (один тип леса – ельник-черничник) Исследованы основные таксационные показатели, возрастная структура и формовое разнообразие по типу ветвления.

Анализ таксационных параметров показал, что коренной ельник уступает производному по среднему диаметру и высоте деревьев, относительной полноте, числу стволов/га и запасу (м<sup>3</sup>/га). В то же время коренной ельник характеризуется более сложной возрастной структурой (абсолютно разновозрастный древостой). Лесные культуры, представленные молодыми деревьями, отличаются

максимальным числом стволов/га, минимальными средними показателями высоты и диаметра и запасом древесины.

Представляет интерес сравнительная оценка формового состава изученных древостоев, выявленного по типу ветвления. В культурах ели подавляющее большинство деревьев были плосковетвистые, щетковидные составили всего 6%. В производном ельнике, также как и в коренном, обнаружено 4 основных типа ветвления – гребенчатый, компактный, щетковидный и плоский. Отличия заключаются в процентном соотношении – 3, 1, 67 и 29% и 1, 21, 20 и 58% для производного и коренного ельника соответственно. Деревья с компактным типом ветвления отличаются максимальными значениями диаметра и высоты ствола как в производном, так и в коренном ельнике. Плосковетвистые, напротив, характеризуются минимальными значениями этих параметров.

С помощью электрофоретического анализа изоферментов вегетативных почек изучена генотипическая структура коренного и производного древостоев, и культур. Изоферментный анализ 14 ген-ферментных систем выявил 53 аллельных варианта 25 локусов для выборки ели из коренного древостоя, и 51 – для культур ели. Выборка из производного ельника отличается меньшим аллельным разнообразием – 47 вариантов. По количеству выявленных генотипов исследованные насаждения практически не отличались – 62, 59 и 62 генотипа для коренного, производного ельника и культур соответственно.

По степени полиморфизма выделилась выборка из коренного древостоя –  $P_{99\%} = 80\%$ . Производное насаждение уступает культурам и коренному ельнику по уровню гетерозиготности (He, Ho) и среднему числу аллелей на локус (A). При этом максимальное значение наблюдаемой гетерозиготности (Ho) выявлено для лесных культур. Уровень генетической изменчивости исследованных выборок оказался довольно высоким и был близок к значениям, полученным другими исследователями для большинства хвойных и видов рода *Picea* в частности (Hamrick et al., 1981; Крутовский и др., 1988).

Для всех изученных локусов наиболее распространенные аллели (с частотой более 0,05) являются общими для всех выборок. Своеобразие выборок выявляется при рассмотрении редких аллелей (с частотой < 0,05) и генотипов. И в этом случае выделяются лесные культуры – они характеризуются максимальным числом редких аллелей (25, 5% от общего числа аллелей) и генотипов (30,7%), превзойдя по этим показателям даже коренной ельник (17,0 и 17,7% соответственно). Другой показатель – количество уникальных (выявленных только в данной выборке) аллелей. По этому показателю на первом месте находится коренной ельник (8 аллелей), на втором – культуры (5 аллелей). В производном ельнике таковых не обнаружено.

Таким образом, сравнительный анализ коренных и производных ельников, и культур показал, что последние уступают производному и коренному древостою в уровне фенотипического разнообразия, выявленного по типу ветвления. Однако обнаруженный уровень внутривидового генетического разнообразия свидетельствует о высокой степени генетического потенциала лесных культур, что, вероятно, является следствием способа их создания (посев, большое количество семян-генотипов, из которых формируется насаждение). Недостаток в уровне фенотипического разнообразия можно объяснить молодостью культур и высокой густотой насаждения. Напротив, более низкий уровень генетического разнообразия производного древостоя объясняется малым количеством деревьев (генотипов), оставшихся после рубок и участвующих в формировании нового насаждения. Более высокий уровень таксационных параметров и более высокое фенотипическое разнообразие – следствие эффекта осветления, когда каждый генотип имел возможность максимальной реализации.

Влияние техногенного загрязнения на структуру популяций ели исследовали на двух пробных площадях, заложенных в Мурманской обл. (северная подзона тайги). Первая, Апатиты 1 (Апт1), расположенная на территории Лапландского биосферного заповедника, находится под действием сильного загрязнения, источником которого является Мончегорский медно-никелевый комбинат «Североникель», и характеризуется стадией затухающей дефолиации. Вторая, Апатиты 2 (Апт2), является фоновой в смысле уровня загрязнения.

Фенотипическая структура популяций оценена с использованием признаков, характеризующих различные параметры шишек, семенных чешуй и семян. Обнаружено, что как на эндогенном, так и на индивидуальном уровне большинство исследованных признаков (> 80%) ели из Мурманской обл. характеризуется очень низкой, низкой и средней степенью варьирования. В целом, обнаружены небольшие различия по степени варьирования признаков на эндогенном и индивидуальном

уровне. Фенотипическая оценка северных популяций показала, что они характеризуются минимальными значениями признаков по сравнению с изученными ранее популяциями ели из Карелии, Архангельской, Ленинградской и Вологодской обл. Здесь, скорее всего, проявляется влияние суровых климатических условий Крайнего севера. При этом Апт2 по большинству признаков достоверно превосходят Апт1, что наводит на мысль об угнетенном состоянии второго насаждения и, по-видимому, является следствием промышленного загрязнения, усиленного отрицательным влиянием климатических факторов. В то же время наблюдается сходство по некоторым признакам, характеризующим форму семенной чешуи, и являющихся главными при идентификации ели европейской, сибирской и их гибридов. Данный факт позволяет предположить генетическую близость исследованных популяций и указывает на отсутствие существенного влияния промышленного загрязнения на их генетическую структуру, по крайней мере, в масштабах времени работы комбината (70 лет).

С целью сравнительного исследования разнообразия популяций по всему комплексу признаков были определены обобщенные коэффициенты вариации (Животовский, 1980). Оказалось, что мурманские популяции близки по этому показателю ( $C_v = 2.55$  и  $2.52\%$  для Апт1 и Апт2 соответственно). Интересно отметить, что они значительно уступают по этому показателю даже самой северной из карельских популяции – кестеньгской ( $C_v = 4.40\%$ ). По-видимому, невысокий уровень индивидуальной изменчивости и небольшие размеры шишек и семян связаны с природными условиями, крайне суровыми в данной части ареала ели.

Для изучения фенотипической структуры был использован признак, характеризующий форму семенной чешуи (Бакшаева, 1966) и наиболее часто используемый при изучении внутривидового фенотипического разнообразия ели европейской (включая ель сибирскую и финскую). Анализ показал, что Апт1 и Апт2 близки по формовой структуре и представлены главным образом гибридами, близкими к ели сибирской – около  $90\%$ . Следовательно, изученные популяции можно отнести к ели гибридной или финской. Влияние ели европейской здесь минимально для всего Северо-запада Европейской России.

Для определения уровня генного разнообразия и анализа генотипической структуры использовали электрофоретический анализ изоферментов вегетативных почек ели. В ходе проведенного исследования 14 ген-ферментных систем у мурманских популяций было обнаружено 49 аллельных вариантов 25 генов (локусов). Впервые для региона описана генетическая (по аллельным частотам) и генотипическая (по частотам генотипов) структура двух популяций ели финской. В пределах изученных популяций в среднем  $60,42\%$  ( $P_{99}$ ) локусов были полиморфными. Средняя гетерозиготность составила  $0,18$ , а среднее число аллелей на локус равно  $1,83$ . Таким образом, средний уровень генетического разнообразия, выявленный для популяций Мурманской обл., оказался не ниже, чем ранее было найдено для северо-западной части ареала ели финской.

Анализ дифференциации и подразделенности (Wright, 1965) обнаружил генетическую близость исследованных популяций – на межпопуляционную составляющую приходится около  $1\%$  от всей обнаруженной генетической изменчивости. Этот факт подтвердила количественная оценка межпопуляционной дифференциации  $D_N$  (Nei, 1978). Она составила  $0,004$ , что характерно для близкорасположенных равнинных популяций ели. Анализ подразделенности и дифференциации свидетельствует о генетической близости и о свободном обмене генов между популяциями ели в исследованном регионе.

Таким образом, не смотря на угнетение роста и развития деревьев, вызванное промышленными выбросами и усиливаемое отрицательным воздействием суровых климатических условий Крайнего севера, не выявлено существенного влияния загрязнения на генетическую структуру популяций ели. Одной из причин такой устойчивости может быть достаточно высокий уровень генетического потенциала, выявленный для ели этого региона, и вообще характерный для ели и для большинства других видов хвойных в целом. Кроме того, чтобы эффект промышленных выбросов на генетическую структуру популяций был заметным, необходим более длительный промежуток времени. Тем не менее, ни в коем случае нельзя игнорировать негативное влияние загрязнения, прежде всего на новые поколения (мутации, отсутствие достаточного количества полнозернистых семян, угнетение подроста, и т.п.), что может привести в дальнейшем к обеднению генофонда и снижению генетического потенциала вида в регионе.

## ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ЩЕТИННИКА ЗЕЛЕНОГО К ПОВЫШЕННОМУ СОДЕРЖАНИЮ КАДМИЯ И ЦИНКА В ПОЧВЕ

Н. М. Казнина, Г. Ф. Лайдинен, А. Ф. Титов, Ю. В. Венжик

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Повышенное содержание тяжелых металлов, в частности, кадмия и цинка, в почвах вокруг промышленных предприятий является в настоящее время серьезной экологической проблемой. Оказывая сильное негативное влияние на рост и развитие растений, снижая их способность к репродукции, высокие концентрации металлов могут приводить к нарушению естественного растительного покрова. Поэтому, исследования, касающиеся выявления и изучения дикорастущих видов растений, устойчивых к повышенному содержанию тяжелых металлов в почве, представляют не только теоретический, но и практический интерес. Целью нашей работы явилось исследование адаптивных возможностей щетинника зеленого *Setaria viridis* (L.) Beauv. (*Poaceae*) к повышенным концентрациям кадмия и цинка в корнеобитаемой среде.

Растения щетинника выращивали на песчаном субстрате в условиях вегетационного опыта. Кадмий в концентрациях 20, 40, 80 и 160 мг/кг субстрата и цинк в концентрациях 40, 80, 160 и 320 мг/кг субстрата в виде сернокислых солей вносили перед посевом семян. Полив осуществляли раствором Кнопа с добавлением микроэлементов. Содержание хлорофиллов определяли спектрофотометрически, экстрагируя 80%-ным ацетоном и используя для расчета формулы Вернона (Шлык, 1971). Показатели флуоресценции измеряли с помощью анализатора выхода фотосинтеза MINI-RAM (Walz, Германия). Анализ анатомической структуры листа проводили в соответствии с методикой А.Т. Мокроносова и Р.А. Борзенковой (1978).

Способность семян к прорастанию в неблагоприятных условиях среды является одним из показателей устойчивости растений. В наших экспериментах в присутствии всех изученных концентраций металлов количество проросших семян щетинника составило, как и в контроле, 100%. Лишь при использовании самых высоких концентраций кадмия и цинка отмечена небольшая задержка в прорастании.

В результате проведенных исследований также выяснено, что с увеличением концентрации кадмия и цинка в субстрате уменьшаются (по отношению к контролю) все ростовые показатели главного побега, вместе с тем активизируется процесс кущения и формируется большее число боковых побегов. Например, при действии кадмия в концентрации 20 мг/кг субстрата и цинка в концентрации 40 мг/кг субстрата число боковых побегов составило 115 и 218% (по отношению к контролю), соответственно. Очевидно, подобное явление позволяет растениям в неблагоприятных условиях увеличить биомассу надземной части и сохранять репродуктивный потенциал.

Известно, что фотосинтетический аппарат растений и, в том числе, пигментный комплекс, чувствителен к действию тяжелых металлов (Clijsters, Van Assche, 1985). Однако в наших экспериментах у растений щетинника в присутствии кадмия (во всех изученных вариантах) и цинка в концентрациях 160 и 320 мг/кг субстрата содержание хлорофиллов снижалось незначительно, а при использовании более низких концентраций цинка даже слегка возрастало. Содержание каротиноидов у растений опытных вариантов практически не отличалось от контрольных.

Об устойчивости фотосинтетического аппарата растений щетинника к тяжелым металлам говорят также данные по флуоресценции хлорофилла. В частности, значительное понижение таких показателей, как уровень фоновой ( $F_0$ ) и максимальной ( $F_m$ ) флуоресценции, а также отношение переменной флуоресценции к максимальной ( $F_v/F_m$ ), отмечалось лишь при использовании кадмия в концентрации 160 мг/кг субстрата. Эти результаты свидетельствуют об отсутствии выраженного негативного действия изученных концентраций металлов (за исключением кадмия в концентрации 160 мг/кг субстрата) на эффективность фотосистемы II (ФС II). Кроме того, по мере увеличения концентрации кадмия и цинка несколько возрастало (соответственно на 5-16% и 8-20% по отношению к контролю) нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла, указывая на действие защитных механизмов, препятствующих деструкции ФС II.

Анализ анатомо-морфологических показателей листа щетинника выявил, что с увеличением концентрации металлов в субстрате уменьшалась площадь клеток мезофилла (на 9-12% по отношению к контролю) и размеры хлоропластов (на 6-15%), вместе с тем, число хлоропластов на единицу площади клетки, наоборот, возрастало (на 15-20%).

Таким образом, совокупность полученных данных позволяет сделать вывод о высокой устойчивости щетинника зеленого к повышенному уровню кадмия и цинка в корнеобитаемой среде, которая обеспечивается определенными изменениями в морфологии растений и анатомической структуре листа, а также устойчивостью фотосинтетического аппарата.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 05-04-97515).

## Литература

- Мокронос А.Т., Борзенкова Р.А. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1978. Т.61, вып. 3. С.119-132.
- Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биол. методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154-170.
- Clijsters H., Van Assche F. Inhibition of photosynthesis by heavy metals // Photosynth. Res. 1985. V. 70. P. 31-40.

## ДЕРЕВЯННОЕ НАСЛЕДИЕ СЕВЕРА. ПРОБЛЕМЫ ЕГО СОХРАНЕНИЯ

**В. А. Козлов<sup>1</sup>, М. В. Кистерная<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>ФГУК Государственный Историко-архитектурный и Этнографический музей-заповедник «Кижис», Петрозаводск, Россия

Понятие Севера неразрывно связано с понятием дерева. Если в недалеком прошлом деревянные постройки определяли облик многих северных городов и селений, то затем наступил период забвения. Утрачены десятки уникальных памятников нашей истории и, если не принять срочные меры, то от народного зодчества, яркой и оригинальной страницы не только российской, но и мировой культуры останутся лишь воспоминания.

Солидный возраст сохранившихся деревянных памятников: от 200 до 500 и более лет – ставит на первое место проблему их сохранения, необходимость принятия мер по замедлению и приостановке их разрушения. Но это невозможно без глубокого знания свойств исторической древесины. К сожалению, до сих пор не сформулированы положения биологической устойчивости древесины, ее долговечности в сложных условиях эксплуатации. Особенно сложными для решения являются вопросы, связанные с прогнозированием долговечности частично поврежденных построек.

Скорость и степень деградации древесины при эксплуатации под открытым небом определяются целым рядом параметров, таких как факторы окружающей среды, качество и условия строительства, качество древесины, защитная обработка, проводимые ремонты и т.д.

*Факторы окружающей среды.*

Поверхностная зона древесины наружных строительных конструкций непосредственно подвергается воздействию климатических факторов – осадков, солнечного излучения, температуры и влажности воздуха. Фотоокислительная деструкция древесины сопровождается гидролитическими и окислительными реакциями. Водорастворимые продукты деструкции лигнина вымываются осадками и на поверхности остаются волокна с высоким содержанием целлюлозы.

Для защиты древесины сруба построек от эрозии под воздействием солнечной радиации и осадков в прошлом широко применялась тесовая обшивка. Однако на Европейском Севере эта мера получила наибольшее распространение лишь во второй половине XIX века. Целесообразность удале-

ния обшивки с памятников в процессе реставрационных работ в 1950-60 гг. (руководитель А. В. Ополовников) до сих пор дискутируется, поскольку этим зачастую объясняют возросшую активность дереворазрушающих грибов на памятниках Государственного историко-архитектурного музея-заповедника «Кижы». Как показали проведенные авторами исследования, обшивка является эффективной защитой лишь в том случае, когда она устроена с соблюдением правил аэрации и водоотвода. Несоблюдение этих требований приводит к ускорению процессов биологической деструкции древесины. На "застойных" участках с повышенной влажностью активно развиваются домовые грибы (*Serpula lacrymans* и *Antrodia sinuosa*). После снятия обшивки за счет интенсивной аэрации конструкции происходит высушивание древесины и снижение активности грибов.

В то же время Успенская церковь в г. Кондопога (1774 г.) никогда не обшивалась и состояние древесины этого памятника в настоящее время вполне удовлетворительное. Развитие домовых грибов было выявлено только в плохо вентилируемых чердачных помещениях.

Как показало проведенное нами в 2003 г. обследование, примером правильного устройства обшивки может служить Петропавловская церковь (1696 г.) в с. Вирма на севере Карелии. На основании этих данных можно сделать вывод, что наиболее важным для сохранения древесины сруба является не наличие или отсутствие обшивки, а микроклимат памятника.

*Качество и условия строительства.* Тщательный выбор места для строительства был одним из факторов, используемых древнерусскими зодчими для повышения долговечности строений. В большинстве случаев они размещались на возвышенностях и на открытых местах, чем обеспечивалась их наилучшая аэрация. Практически все жилые и хозяйственные постройки, ряд культовых сооружений имели прямоугольную форму в плане без каких-либо пристроек, позволяющую избежать скопления снега в наружных углах постройки. Двускатные кровли домов, высокие шатровые или луковичные крыши церквей и часовен способствовали быстрому удалению атмосферных осадков (дождь, снег), снижая тем самым опасность биологического разрушения деревянных конструкций грибами и насекомыми. Однако именно неудачные проектные решения при строительстве Успенского храма в г. Кемь привели к образованию непроветриваемых зон и, как следствие, к интенсивному развитию биоразрушений.

*Защитная обработка.* Долгое время считалось, что химическая обработка может существенно повысить долговечность деревянных объектов (Горшин, 1988). Усилия многочисленных исследователей позволили разработать ряд оригинальных технологий и препаратов, обеспечивающих защиту древесины от разрушения грибами и насекомыми на 3-5 лет. Однако, вводя в древесину синтетические препараты, мы нарушаем ее структуру, изменяем свойства, в первую очередь проницаемость. Это, в свою очередь, приводит к дополнительным деформациям.

Необходимость долговременной защиты, требования к глубине проникновения препаратов, обуславливают использования достаточно агрессивных химических веществ в больших количествах (до 30% от массы обрабатываемого объекта), что приводит к значительному ухудшению экологической обстановки.

Изучение эффективности применения хлорфенольных антисептиков на памятниках Кижского погоста (в 1974-1975 гг. была проведена панельная пропитка Покровской церкви, в 1987 г. – поверхностная обработка Преображенской церкви) показало, что как в случае поверхностной обработки, так и при глубокой пропитке снижение активности дереворазрушающих грибов кратковременно. Уже в 1995 г. в Покровской церкви на разрушающейся древесине были выявлены несовершенные и сумчатые грибы и зафиксировано развитие настоящего домового гриба (*Serpula lacrymans* L).

Глубокая консервация древесины методом панельной пропитки *in situ* вызвала появление дополнительных дефектов, в частности значительного растрескивание древесины, особенно на южных фасадах.

Из-за изменения химического состава и ультратонкой структуры обработанной древесины (Минина и др. 1980), процессы ее увлажнения и сушки протекают по-разному. Для древесины, подвергнутой глубокой консервации, характерны большая влагоинерционная способность при изменениях состояния внешней среды. Это вызывает значительные перепады влажности по сечению и могло привести к появлению значительных внутренних напряжений.

Использование химических препаратов приводит к изменению цвета: обработанная древесина становится более темной на южных панелях и белесовато-желтой на северных. Причиной этого, вероятно, является делигнификация древесины.

Таким образом, химическая консервация исторической древесины не может существенно продлить срок службы деревянных построек, а скорее способствует ускорению процессов деструкции, как за счет гидролиза целлюлозы, так и за счет изменения гигроскопичности древесины.

Ни в одной стране мира не удалось создать препараты, обеспечивающие полную защиту древесины в течение длительного времени. Не отвергая полностью разработку новых эффективных защитных средств, следует более широкое внимание уделять исследованию природных консервантов (смолы, флавоноиды и т.д.). Эти работы требуют продолжения и надежной проверки предлагаемых технологий.

*Условия эксплуатации.* На наш взгляд, одним из наиболее перспективных направлений в проблеме сохранения исторического деревянного наследия является конструкционная защита в сочетании технически грамотным обслуживанием, основанным на знании механизмов биологического и физического старения древесины.

Постоянный контроль (мониторинг) позволяет продлить срок службы любого памятника, уменьшить количество замен при более редких реставрационных работах. Можно выделить несколько этапов системы мониторинга. В него входят способы контроля состояния объекта в целом и каждого элемента в частности; он также должен служить основой для проведения своевременных ремонтных работ, предотвращающих развитие существующих очагов повреждения.

Для памятников деревянного зодчества, построенных из сравнительно недолговечного материала, первоочередной задачей является предотвращение возможности развития биоповреждений как основного фактора снижающего срок эксплуатации строений. Нами была предложена и внедрена система микологического мониторинга, позволяющая выявить активность дереворазрушающих грибов как по косвенным (температура воздуха и влажность субстрата) показателям, так и непосредственно по скорости ксилолиза образца-свидетеля, внедряемого в исследуемую зону. В настоящее время при поддержке РФФИ разрабатываются методы обнаружения и уничтожения древоточцев, представляющих значительную угрозу исторической древесине.

Традиционным путем продления срока службы памятника было изъятие поврежденных элементов и внедрение новой древесины, зачастую мало соответствующей оригинальному материалу. Возникали проблемы совместимости старой и новой древесины, которая разрушалась порой с большей скоростью, чем старая.

В настоящее время все сложнее обеспечить требования идентичности элементов в связи с общим ухудшением качества древесины поступающего в рубку. Кроме того, при определенном количестве замен мы уже имеем дело с копией, а не памятником.

Глубокое познание механизма старения древесины, работающей в реальных условиях, в конечном счете, приведет к сохранению уникального слоя мировой культуры.

Учитывая мировую значимость деревянных памятников, необходима дальнейшая разработка методов защиты и укрепления старой, в том числе деградированной древесины с целью максимально возможного продления сроков эксплуатации исходного материала. Проблема сохранения деревянных строений должна решаться комплексно в рамках Государственной программы под руководством Российской Академии Наук.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (гранты 01-06-80405; 03-06-88025; 06-06-80079).

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ОХРАНЫ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ КАРЕЛИИ**

**А. В. Кравченко<sup>1</sup>, О. Л. Кузнецов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск

<sup>2</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск

Республика Карелия по ботанико-географическому районированию, принятому во «Флоре европейской части СССР» (1974), входит в Карело-Мурманский подрайон Северного района. Она почти полностью лежит в пределах Балтийского кристаллического щита (Фенноскандии).

История изучения флоры сосудистых растений Карелии (в современных границах) насчитывает более полутора столетий. Первые работы о сосудистых растениях появились в конце первой трети – середине XIX в. (Fellman, 1831; Бергштрессер, 1838; Fries, 1844; Nylander, 1852a, b; Chydenius, Furuholm, 1858; Nylander, Saelan, 1859; Fellman, Nylander, 1863) и были результатом посещения Карелии преимущественно финскими ботаниками по пути на Кольский полуостров (в русскую Лапландию). Особо необходимо отметить работу W. Nylander (1852a, b), которая, фактически, является первой «флорой» южной части Карелии, так как в ней обобщены все предшествующие наблюдения на данной территории.

Интенсивные флористические исследования в регионе начались проводиться в 70-80-е гг. XIX в. силами как финских (A. Kulchem, J. Norrlin, T. Simming, E. Wainio), так и отечественных (А. К. Гюнтер, А. Н. Бекетов) ботаников. J. Norrlin (1871) обследовал территорию крайне интересного в ботаническом отношении Заонежья. E. Wainio была изучена абсолютно неизвестная в ботаническом отношении примыкающая к Финляндии средняя и северная часть Карелии (Wainio, 1878). Петрозаводским аптекарем А. К. Гюнтером изучалась флора Обонежья, в тот числе ранее никем не посещавшаяся территория к востоку от Онежского озера (Гюнтер, 1880). На рубеже XIX-XX веков обследование территории также было продолжено и финскими (A. Backman, I. Bergroth, A. Cajander, J. Lindroth др.), и русскими (Е. И. Исполатов, Э. К. Безайс, А. П. Шенников) ботаниками. Все полученные сведения были включены в сводку «Растения Финляндии» (Mela, Cajander, 1906), что впервые позволило составить представление о флоре Карелии в целом. В этой работе указывается распространение видов по флористическим районам (провинциям) Фенноскандии, которые используются до настоящего времени.

После Октябрьской революции территория изучалась преимущественно различными организациями, занимающимися освоением региона (Колонизационный отдел Мурманской железной дороги, Колонизационный отдел и Отдел переселения НКЗ РСФСР, Переселенческое управление и т.п.), привлекавшими к работам ботаников различных академических и исследовательских учреждений страны. Работы, преимущественно геоботанической направленности, были организованы Академией наук СССР, в ходе них был собран также обширный гербарный материал, который хранится в БИНе РАН. Флористические материалы этого периода обобщены в ряде работ Ю. Д. Цинзерлинга (1925a, б, 1926). Особо необходимо отметить классическую работу Ю. Д. Цинзерлинга о растительности Северо-Запада европейской части СССР (Цинзерлинг, 1932), в которой приводится много сведений и о флоре региона, в частности, обозначены границы распространения многих северных и южных видов.

Финские ботаники продолжали изучение Северного Приладожья (K. Linkola, V. Räsänen и др.) и окрестностей оз. Паанаярви на северо-западе Карелии (A. Auer, R. Kalliola, V. Kujala, V. Pesola и др.), позднее вошедших в состав СССР. В 1916 и 1921 г. двумя томами была опубликована докторская диссертация K. Linkola, в которой он обобщил сведения о флоре северного Приладожья, впервые для региона выявил отношение каждого вида к действию антропогенных факторов.

В годы Второй мировой войны финские ботаники проводили в оккупированной части Карелии масштабные исследовательские работы, в т.ч. флористические, для чего в сентябре 1941 г. был образован специальный Исполнительный комитет по исследованию природных ресурсов Восточной Карелии. Среди исследователей были такие крупные финские ботаники, как профессора (в последствии) L. Fagerström, J. Jalas, M. Kotilainen, H. Luther, N. Söyrinki и др. Несмотря на военное время, результаты исследований регулярно публиковались в 1941-1945 гг. в периодических ботанических журналах Финляндии, а также в ряде более поздних статей и монографий.

Важнейший вклад в изучение флоры Карелии внесла М. Л. Раменская (1915-1991), которая в 1945-1963 гг. обследовала многие пункты во всех районах республики, собрала обширный гербарий (около 20 тыс. листов). Результатом обобщения собственных результатов и полученных ранее сведений явился «Определитель высших растений Карелии» (Раменская, 1960), а позднее – детальный анализ флоры всего Карело-Мурманского региона (Раменская, 1983) и второе издание «Определителя», в который вошли также сведения о флоре Мурманской обл. (Раменская Андреева, 1992).

Начиная с 60-х гг. XX века исследования флоры республики возобновили ботаники Москвы (Н. Е. Богданова, В. Н. Вехов) и С.-Петербурга (Ю. Д. Гусев, В. Н. Гладкова, Е. А. Кортышева, Е. Г. Победимова, Н. Н. Цвелёв), которые продолжаются и в настоящее время (И. Б. Кучеров, А. Н. Сенников, Д. Д. Соколов, А. Б. Шипунов и др.).

Последние 30 лет интенсивные работы по изучению флоры ведутся ботаниками Института биологии и леса КарНЦ РАН и Петрозаводского госуниверситета. В эти годы исследования проводились практически на всей территории республики. Проведенные исследования позволили существенно дополнить состав флоры Карелии (Кравченко, 1997). Был выполнен анализ распространения и встречаемости видов по флористическим районам Карелии (Кравченко и др., 2000; Кравченко, Кузнецов, 2001). Проводится работа по выявлению локальных флор; всего изучено свыше 40 флор (Гнатюк и др., 1999, 2003, 2004; Гнатюк, Крышень, 2001). Исследована флора 10 городов (Антипина, 2002; Кравченко и др., 2003; Тимофеева и др., 2003; Тимофеева, 2005). Активно ведется работа по инвентаризации флоры существующих и перспективных охраняемых природных территорий (ОПТ). С начала 1990-х гг. в разных районах республики регулярно проводятся совместные полевые исследования с финскими ботаниками (Кравченко, Утила, 1995; Kuznetsov, Aho, 1996; Heikkilä et al., 1999; Piirainen et al., 2003; Кравченко и др., 2004; Пиирайнен и др., 2005 и др.).

На настоящий момент флора сосудистых растений Карелии насчитывает 1558 видов (с учетом микровидов в родах *Dactylorhiza*, *Hieracium*, *Pilosella*, *Ranunculus* и др., некоторых часто встречающихся гибридов, слабо обособленных географических и сезонных рас – 1748 таксонов), в т.ч. 617 заносных и дичающих (Кравченко, Кузнецов, 2005). Сравнение состава флоры по данным М. Л. Раменской (1983) и нашим данным показало, что аборигенная фракция флоры Карелии была выявлена практически полностью уже к началу 60-х гг. XX века. За все прошедшие после этого годы впервые в Карелии собраны всего около 20 видов (*Calamagrostis groenlandica*, *Poa tanfiljewii*, *Puccinellia coarctata*, *Carex disticha*, *Liparis loeselii*, *Urtica galeopsifolia*, *Cakile arctica*, *Diapensia lapponica*, *Utricularia stygia* и др., прирост составил менее 2%). В то же время, за последние 20 лет выявлено свыше 200 новых для республики заносных и дичающих видов (прирост – около 30%).

Несмотря на интенсивные флористические исследования, изученность территории республики остается, тем не менее, неравномерной. Явно недостаточно изучена вся восточная часть, довольно обширные участки в центре средней и северной Карелии, и даже на юге территории, например, Андомская и Олонецкая возвышенности. Необходим постоянный мониторинг процессов появления и натурализации адвентивных видов.

Коллекции флоры из Карелии (в сумме около 150 тыс. листов) хранятся в крупнейших гербариях России (LE, LECB, MW) и Финляндии (H, OULU, TUR), а также Карелии (PTZ, PZV, KVCH). Наиболее динамично растущий гербарий КарНЦ РАН (PTZ) ежегодно пополняется 2-3 тыс. образцов.

Проблемы сохранения разнообразия флоры стали активно обсуждаться в СССР в 70-е гг. XX в., и уже в 1977 г. появился первый список нуждающихся в охране видов растений Мурманской обл. и Карелии (Андреев и др., 1977), содержащий 58 видов, встречающихся в Карелии. В 1976-1980 гг. выполнялись специальные исследования «Выявление на территории Карельской АССР уникальных природных объектов, требующих специальной охраны», в рамках которой проведена в том числе работа по составлению списка нуждающихся в охране видов сосудистых растений. Это был первый для Карелии достаточно полный, включающий 147 видов, и научно обоснованный список. Он послужил основой для первого издания Красной книги Карелии (1985), в которую включены 160 видов сосудистых растений. В 1992-1994 гг. Карельским НЦ РАН и Министерством экологии и природных ресурсов Республики Карелия была проведена большая работа по подготовке новой редакции Красной книги Карелии, с использованием категорий МСОП, примененных в Красной книге РСФСР (1988), чего не было в первом издании. Второе издание Красной книги Карелии (1995) включает 205 видов сосудистых растений (18 из них внесены в Красную Книгу РСФСР), однако видовые очерки написаны только для трети видов.

В 1994-1998 гг. выполнялся Российско-финляндский проект по подготовке и изданию Красной книги Восточной Фенноскандии (Red Data Book of East Fennoscandia, 1998). Новые данные и оценка состояния видов в смежных регионах послужило основанием для расширения списка видов, нуждающихся в охране в республике по сравнению с Красной книгой Карелии (1995). Всего в данной книге 267 видов имеют различные категории МСОП на территории Карелии. С 2005 г. ведется работа по подготовке нового издания Красной книги Карелии, в которую будут включены виды на основании новых критериев, разработанных МСОП (IUCN Red List., 2001).

Реальная охрана редких и исчезающих видов возможна только при сохранении их естественных местообитаний, что предполагает формирование сети ОПТ различного статуса. Существующая в Карелии сеть ОПТ не обеспечивает сохранение как всего разнообразия флоры республики, так и целого ряда ред-

ких и исчезающих видов, в т.ч. таких редчайших в регионе и охраняемых на территории всей России, как *Botrychium simplex*, *Dactylorhiza baltica*, *Liparis loeselii*, *Ophrys insectifera*, *Myrica gale*, *Silene rupestris*, *Pulsatilla vernalis*. Необходимо создание в республике новых ОПТ, перспективная сеть которых давно разработана и неоднократно обсуждалась на различных уровнях. К сожалению, в течение последних 10 лет не создано ни одной сколько-нибудь значимой в природоохранном отношении ОПТ.

В последнее десятилетие масштабные флористические исследования были бы невозможны без поддержки РФФИ, Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов». Кроме того, более десяти лет флористические работы выполняются в рамках ряда совместных проектов и программ, финансируемых Министерством окружающей среды Финляндии.

## Литература

- Андреев Г. Н. и др. Виды дикорастущих растений Мурманской области и Карелии, нуждающихся в охране // Охрана ботанических объектов на Крайнем Севере. Апатиты, 1977. С. 3–26.
- Антипина Г. С. Урбанофлора Карелии. Петрозаводск, 2002. 200 с.
- Гнатюк Е. П., Кравченко А. В., Крышень А. М. Сравнительный анализ локальных флор и флористическое районирование Карелии // Развитие сравнительной флористики в России: вклад школы А. И. Толмачева / Материалы VI рабочего совещ. по сравнительной флористике (Сыктывкар, 2003). Сыктывкар, 2004. С. 63–69.
- Гюнтер А. К. Материалы к флоре Обонежского края // Тр. СПб. об-ва естествоиспытателей. 1880. Т. 11. Вып. 2. С. 17–60.
- Кравченко А. В. Дополнения к флоре Карелии. Петрозаводск, 1997. 60 с.
- Кравченко А. В., Гнатюк Е. П., Кузнецов О. Л. Распространение и встречаемость сосудистых растений по флористическим районам Карелии. Петрозаводск, 2000. 76 с.
- Красная книга Карелии. Редкие и нуждающиеся в охране растения и животные. Петрозаводск, 1985. 182 с.
- Красная книга Карелии. Петрозаводск, 1995. 286 с.
- Раменская М. Л. Определитель высших растений Карелии. Петрозаводск, 1960. 485 с.
- Раменская М. Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л., 1983. 216 с.
- Раменская М. Л., Андреева В. Н. Определитель высших растений Мурманской области и Карелии. Л., 1982. 435 с.
- Цинзерлинг Ю. Д. География растительного покрова северо-запада европейской части СССР // Тр. Геоморфол. ин-та. Сер. физико-геогр. Вып. 4. Л., 1932. 376 с.
- Linkola K. Studien über den Einfluss der Kultur auf die Flora in der Gegenden nördlich vom Ladogasee. I. Allgemeiner Teil // Acta Soc. Fauna Flora Fennica. 1916. Т. 45. № 1. 424 s. II. Spezieller Teil // Ibid. 1921. Т. 45. № 2. 491 s.
- Mela A. J., Cajander A. K. Suomen kasvio. Helsinki, 1906. X + 68 + 764 s.
- Norrin J. P. Flora Kareliae onegensis. Part I // Not. Sällsk. Fauna Flora Fennica. Förh. 1871. Т. 12 (ny serie 10). 183 s.
- Nylander W. Collectanea in Floram Karelicam // Not. Sällsk. Fauna Flora Fennica. Förh. 1852a. Т. 2. 1. S. 109-181. Ibid. 1852b. Т. 2. 2. S. 183–201.
- Red Data Book of East Fennoscandia. Helsinki, 1998. 351 p.
- Wainio E. A. Kasvistonsuhteista Pohjais-Suomen ja Venäjän-Karjalan rajaseuduilla // Medd. Soc. Fauna Flora Fennica. 1878. Т. 4. 161 + LVIII s.

## ПОЧВЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ПОЧВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАРЕЛИИ

П. В. Красильников<sup>1,2</sup>, В. А. Сидорова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Национальный автономный университет Мексики, Мексика

Почвенное разнообразие является базовой категорией, характеризующей информационную насыщенность почвенного покрова. Аналогично биологическому разнообразию, оно может оцениваться по ряду формальных показателей. Обычно оценка почвенного разнообразия производится на базе почвенной карты территории по количеству почвенных таксонов (типов, групп, порядков, видов) на определённой площади (Красильников, Фуэнтес Ромеро, 2003). Пространственная вариабельность определяется как степень и характер варьирования отдельных свойств почвы в пространстве, как внутри почвенных таксонов (или картографических выделов), так и безотносительно к таксономическому делению почв. Пространственная вариация и вариабельность почв являются важнейшими элементами, необходимыми для лучшего понимания факторов, определяющих структуру распределения почв и эволюцию ландшафта (Сидорова, 2001). Пространственное варьирование признаков почвы определяется целым рядом факторов, часть из которых могут иметь случайный характер, другие – регулярность в пространстве. Соответственно пространственная неоднородность почвы имеет двойственную природу. В ней можно выделить регулярные, закономерные составляющие и случайные компоненты. Модель пространственной вариации состоит из трех компонентов. Первый – это главный структурный компонент, который представляет собой закономерные изменения величины по градиенту одного или нескольких факторов, и может быть описан трендом. Второй вид пространственной вариации накладывается на главную структуру, но в масштабе наблюдения не может быть идентифицирован с компонентом ландшафта. Этот второй вид вариации – пространственно коррелируемые постепенные изменения. Наконец, существует третий компонент – некоррелируемые, случайные вариации, которые вызваны ошибками наблюдения, модели или пространственными вариациями слишком малых масштабов внутри сетки выборки. Показатели почвенного разнообразия и пространственной вариабельности почв являются взаимно дополнительными, и оба этих критерия важны для оценки устойчивости почвенного покрова. Под последним параметром понимается способность почвенного ландшафта сохранять в течение длительного времени состав и структуру своих компонентов.

Исследования почвенного разнообразия проводились на территории Карелии и Финляндии (Красильников и др., 2000). Были составлены почвенные карты масштаба 1:10.000 на десять участков, варьирующих по площади от 174 до 1354 гектаров. Частное от деления количества почвенных разностей на площадь участка (в сотнях гектаров) рассматривалось как индекс плотности  $SD = 100n/S$ . Индекс дробности рассчитывался как частное от деления количества почвенных контуров на количество почвенных разностей:  $SF = Q/n$ . Возрастание количества почвенных разностей с увеличением площади участка приводилось к виду:  $n = C \cdot S^z$ , где  $C$  и  $z$  – эмпирические константы, которые подбирались по полученным в ходе данного исследования данным (Ibañez et al., 1995). Константа  $z$  рассчитывалась как тангенс угла наклона прямой на графике зависимости количества почвенных разностей от площади участка, взятыми в логарифмической форме. Константа  $C$  определялась путём усреднения значений, полученных подбором для каждого из участков. Для каждого участка были построены графики распределения площадей и количеств почвенных контуров, приходящихся на каждую почвенную разность. На графиках площади и количества контуров были ранжированы по убыванию. Также для каждого участка рассчитывались индексы разнообразия по Шеннону-Винеру и Симпсону. Индекс Шеннона рассчитывался по формуле:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i,$$

где  $p_i$  – относительная встречаемость данной почвенной разности, выраженная в долях от единицы.

Индекс Симпсона рассчитывался по формуле:

$$D_s = \sum p_i(1-p_i),$$

где  $p_i$  вычисляется так же, как и для индекса Шеннона.

На участках площадью от 174 до 1354 гектаров количество почвенных контуров изменялось от 18 до 181. Количество контуров в целом увеличивалось с увеличением территории участка. Количество контуров на участке оказывалось ниже ожидаемого в случаях, когда на территории присутствовали крупные массивы, занятые однородными почвами. Наличие подобных массивов отражалось высокими значениями средней площади контура ( $S/Q$ ), и связано с присутствием крупных болот, озёрно-ледниковых равнин со слабовыраженным мезо- и микрорельефом, а также обширных дренированных гряд ледникового и водно-ледникового происхождения. Индекс плотности составляет в среднем 4,68 почвенных разностей на 100 гектаров. Максимальные значения получены для участков, характеризующихся мелкими контурами и частой сменой почвообразующих пород. Индекс дробности в среднем составляет 3,66 контура на почвенную разность. Для оценки возрастания разнообразия почв с увеличением площади была получена эмпирическая формула:

$$n = 0,21 \cdot S^{0,76}.$$

Отклонение реальных значений от эмпирической кривой может быть использовано для оценки того, выше или ниже среднего почвенное разнообразие конкретного участка. Графическое распределение площадей и количества контуров характеризовалось как соответствующее геометрической, логарифмической и ломаной кривой (Ibañez et al, 1995). Геометрическое распределение указывает на резкое доминирование одного или двух компонентов, логарифмическое – на постепенное убывание площади или количества контуров, ломаная же линия указывает на распределение, близкое к равномерному. По количеству контуров большинство участков показывают логарифмическое распределение. Индекс разнообразия по Шеннону рассчитанный по площадям, в среднем равен 2,34, а по количеству контуров (представляющий собой кумулятивный показатель дробности почв) – 2,85. Индекс концентрации доминирования по Симпсону, рассчитанный по площадям почвенных разностей, в среднем равнялся 0,81, а по количеству контуров – 0,93.

Пространственная вариабельность мощности почвенных горизонтов (лесной подстилки, А, Е и В) исследовалась на трёх участках в Южной и Средней Карелии, площадью 15-20 км<sup>2</sup> каждый. Результаты были получены в ходе крупномасштабной (1:10.000) почвенной съёмки. Вариабельность мощности возрастает в ряду почвенных горизонтов В-О-Е-А. При картировании почвенных горизонтов наиболее эффективным является использование индикаторного кригинга, с помощью которого были построены вероятностные карты (в нашем случае – карты вероятности существования горизонтов). Был проведен индикаторный кригинг для горизонтов О, А, Е и В на трех участках. Смена зон наличия-отсутствия горизонтов происходит на расстояниях 700-900 м. На исследуемых участках непрерывное распределение имеют только лесная подстилка и горизонт В, а горизонты А и Е представлены множеством контуров различной площади. Установлено, что сходная пространственная структура распределения различных почвенных горизонтов свидетельствует о низком почвенном разнообразии. Для оценки вариабельности мощности использовался обычный кригинг. В нарушенных лесах пространственная корреляция мощности лесной подстилки низка, а с восстановлением ценоза пространственная корреляция возрастает и достигает максимума в старовозрастном ельнике. Мощность горизонта А на участке, где таковой встречался крупными массивами, имеет гнездовую структуру. Мощности горизонтов Е и В характеризуются периодичностью для участка с большими непрерывными массивами присутствия подзолистого горизонта, причём периодичность в распределении мощности горизонта В в 2 раза больше, чем для горизонта Е.

Также исследования пространственной вариабельности значений  $pH_{KCl}$  и содержания органического углерода проводились на антропогенно нарушенном участке на территории стационара Института биологии КарНЦ РАН в пос. Гомсельга. Размеры участка – 85х50 м<sup>2</sup>. Почва – агроподзол иллювиально-железистый песчаный на озерно-ледниковых песках. В качестве контрольного (естественного) участка использовался участок под лесом в районе пос. Каскеснаволок под березняком разнотравным *Betuletum mixto-herbosum* с небольшой долей осины. Почва – подзол глееватый песчаный на озёрно-ледниковых песках. Образцы отбирались с глубины 0-10 см по регулярной схеме с шагом 5 м. Для значений pH вариограммы для обоих участков имеют одинаковое значение порога,

однако значение наггета меньше на участке под полем. Таким образом, на участке под лесом преобладает варьирование на коротких расстояниях. Для участка под полем, вариограмма для рН носит скорее гнездовой характер: на расстоянии больше 60 м значения полудисперсии начинают расти. У вариограмм для содержания органического углерода практически совпадают значения ранга (10,5 и 12,5 м), но значения наггета и остаточной дисперсии больше для участка под полем. Таким образом, у органического углерода на поле преобладает варьирование на коротких расстояниях. Распределение органического углерода в пахотном слое отличается анизотропией (зависимостью от направления): равномерное вдоль рядов и периодическое – поперек. Подобное распределение имеет антропогенное происхождение и связано с неравномерностью внесения органических удобрений.

В ходе наших исследований было показано, что в ряде случаев почвенное разнообразие связано с вариабельностью отдельных свойств почвы. В этом случае почвенное разнообразие является крайним проявлением вариабельности, выходящей за рамки предельных величин класса (например, вариация мощности горизонтов при переходе через критические значения меняет таксономическую принадлежность почвы). Наблюдались и сходные ситуации, когда вариация в свойствах не меняла таксономическую принадлежность почв, но указывала на потенциальную дифференциацию почв по значимым признакам. В других же случаях вариабельность имела случайный характер. Обычно случайная вариабельность реализуется на малых расстояниях, и входит в значение наггета. Анализ почвенного разнообразия и вариабельности позволяет оценить устойчивость почвенного покрова. Наиболее устойчивыми являются однородные либо поликомпонентные хорошо дифференцированные почвенные системы. Наименее устойчивыми являются системы с неявно выраженной вариабельностью на нескольких характерных расстояниях, обычно связанные с антропогенно-нарушенными экосистемами.

## Литература

- Красильников П. В., Старр М., Лантратова И. М., 2000. Количественная оценка разнообразия почвенного покрова Фенноскандии // Экологические функции почв Восточной Фенноскандии. Ред. Т. С. Зверева. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 108-123.
- Красильников П. В., Фуентес Ромеро Э., 2003. Почвенное разнообразие: теория, практика и методы исследования // Материалы исслед. русских почв. Вып. 4 (31). С. 37-42.
- Сидорова В. А., 2001. Применение методов геостатистики при исследовании пространственной вариабельности лесной подстилки в ельниках Восточной Фенноскандии // Материалы исслед. русских почв. Вып. 2 (29). С. 97-101.
- Ibáñez J. J., De-Alba S., Bermúdez F. F., García-Álvarez A., 1995, Pedodiversity: concepts and measures. *Catena*. V. 24, P. 215-232.

## ГРИБЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

**В. И. Крутов, О. О. Предтеченская, А. В. Руоколайнен**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Грибы (агарикоидные и афиллофороидные) в составе гетеротрофного блока играют существенную роль в функционировании лесных экосистем, участвуя в разложении древесины на всех стадиях. Сведения о грибах Карелии появились во второй половине XIX века. Наиболее полные известные списки микобиоты Карелии были опубликованы в конце 70-х годов прошлого века (Шубин, Крутов; 1979, Шубин, 1988). К настоящему времени достаточно изученной является лишь микобиота заповедника «Кивач» (Фрейндлинг, 1949; Salo, 1986; Бондарцева, Свищ, 1993; Бондарцева и др., 2001; Крутов и др., 2006а), исследования на территории которого ведутся с 30-х годов XX века. В конце 90-х годов в содружестве с микологами Ботанического института РАН (М.А. Бондарцева,

В.М. Лосицкая) началось планомерное изучение видового состава афиллофороидных грибов в охраняемых и планируемых к охране лесных экосистемах республики. По результатам этих исследований, литературным и гербарным материалам была представлена первая сводка, включающая 382 видов афиллофороидных макромицетов (Лосицкая, 1995, 1999). Заинтересованность в изучении афиллофороидных грибов в Карелии проявляли также финские исследователи (Ниемеля, 2001; Lindgren, 2001; Niemelä et al., 2001). В 1998 г. опубликован аннотированный список из 197 видов и внутривидовых таксонов агарикоидных и болетоидных базидиомицетов о-ва Валаам (Коваленко и др., 1998).

В результате проведенных исследований к настоящему времени на территории Карелии зарегистрировано 453 вида из 153 родов и 53 семейств афиллофороидных и 810 видов из 104 родов и 23 семейств агарикоидных макромицетов (*Agaricales sensu lato*, порядки *Polyporales s.str.*, *Boletales*, *Agaricales s.str.*, *Russulales*).

Афиллофороидные грибы наиболее полно изучены в заповедниках «Кивач» и «Костомукшский», НП «Водлозерский» и НП «Паанаярви», ЛЗ «Толвоярви» (табл. 1). На остальных территориях отмечено менее 25 % от общего числа видов, известных для РК (Бондарцева и др., 2000, 2001; Коткова (Лосицкая) и др., 2003; Коткова (Лосицкая), Руоколайнен, 2003; Крутов, Руоколайнен, 2003; Крутов и др., 2000, 2006а, б, в; Bondartseva, Kotkova, 2003; Krutov et al., 2002).

Таблица 1. Видовой состав афиллофороидных грибов на охраняемых природных территориях Республики Карелия

| ООПТ                       | Число видов | Число родов | Индикаторы лесов |             | Количество баллов |
|----------------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|
|                            |             |             | старых           | девственных |                   |
| Заповедник «Кивач»         | 292         | 124         | 23               | 8           | 39                |
| НП «Водлозерский»          | 177         | 91          | 24               | 14          | 52                |
| Заповедник «Костомукшский» | 167         | 78          | 24               | 12          | 48                |
| НП «Паанаярви»             | 166         | 89          | 20               | 12          | 44                |
| ЛЗ «Толвоярви»             | 163         | 75          | 13               | -           | 13                |
| ПП «Валаамский архипелаг»  | 138         | 84          | 15               | 4           | 23                |
| НП «Калевальский»          | 128         | 58          | 24               | 13          | 50                |
| ЛЗ «Ладожские шхеры»       | 75          | 46          | 4                | 1           | 6                 |
| Заказник «Кижские шхеры»   | 64          | 41          | 6                | 2           | 10                |
| ЛЗ «Сыроватка»             | 46          | 26          | 8                | 2           | 12                |

Как указывалось выше, биота агарикоидных грибов наиболее изучена в заповеднике «Кивач». Список включает 455 видов из 104 родов и 18 семейств (табл. 2). Ниши исследования 2005 г. позволили внести дополнения в известный список агарикоидных макромицетов ПП «Валаамский архипелаг» (Коваленко и др., 1998). На сегодняшний день на этой территории обнаружено 216 видов из 45 родов, 16 семейств (Крутов и др., 2006). Менее изученной остается территория НП «Водлозерский», где в результате экспедиционных работ 2005 г. обнаружено 82 вида из 33 родов и 18 порядков (Предтеченская, 2006). Инвентаризация биоты агариковых грибов НП «Паанаярви» впервые была проведена в 2006 г., и предварительный список включает 53 вида из 26 родов и 14 семейств.

Таблица 2. Видовой состав агарикоидных грибов на охраняемых природных территориях Республики Карелия

| ООПТ                      | Кол-во видов | Кол-во родов | Кол-во семейств |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| Заповедник «Кивач»        | 455          | 104          | 18              |
| ПП «Валаамский архипелаг» | 216          | 45           | 16              |
| НП «Водлозерский»         | 82           | 33           | 18              |
| НП «Паанаярви»            | 53           | 26           | 14              |

Анализ трофической структуры агариковых грибов показывает, что на всех изученных территориях ООПТ более половины от общего количества видов относится к микоризообразователям

(табл. 3). Из сапротрофов доминируют виды, обитающие на древесине (от 11,4 до 15,5 % от общего числа видов).

Таблица 3. Трофическая структура (%) биоты агарикоидных грибов

|                          | Заповедник<br>«Кивач» | ПП «Валаам-<br>ский архипе-<br>лаг» | НП «Водлозер-<br>ский» | НП «Паанаярви» |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------|
| Микоризообразователи     | 51,1                  | 63,2                                | 65,5                   | 66,7           |
| Сапротрофы:              |                       |                                     |                        |                |
| ксилотрофы               | 14,9                  | 11,4                                | 15,5                   | 12,3           |
| гумусовые                | 9,2                   | 8,2                                 | 1,2                    | 7,0            |
| подстилочные             | 12,9                  | 7,7                                 | 11,9                   | 12,3           |
| на опаде                 | 2,6                   | 6,8                                 | 4,8                    | 1,8            |
| копротрофы               | 1,3                   | —                                   | —                      | —              |
| на мхах                  | 0,4                   | —                                   | —                      | —              |
| на плодовых телах грибов | 0,2                   | —                                   | —                      | —              |
| Факультативные паразиты  | 0,2                   | —                                   | —                      | —              |
| Прочие                   | 7,0                   | 2,7                                 | 1,2                    | —              |

В микобиоте Республики Карелия в настоящее время довольно большое количество редких видов, которые обнаруживаются спорадически, представлены единичными находками или единичными экземплярами. Некоторые отмечены только на одной из ООПТ. С одной стороны это показатель недостаточной изученности особенно коренных лесов на всех ООПТ, с другой — указывает на уникальность каждой из них.

Уровень биоразнообразия дереворазрушающие грибов является показателем при оценке состояния лесных массивов, поэтому дереворазрушающие макромицеты приняты как важные биоиндикаторы. Выделены группы видов, приуроченных к старым и девственным еловым и сосновым лесам. По наличию этих видов, наряду с лесоводственными показателями, возможна оценка степени нарушенности и охранной ценности лесных экосистем. Для этого виды — индикаторы старого леса оцениваются баллом «1», очень старого леса — баллом «2». При сумме баллов, равной 10-19, массив считается заслуживающим охраны, при сумме 20-29 — ценным и 30-46 — особо ценным, уникальным (Kotiranta, Niemelä, 1996).

В Красную книгу Карелии (1995) занесены *Hericium coralloides* (в Красной книге РСФСР (1988)), *Hydnum repandum*, *Clavariadelphus pistillaris*, *Cantharellus tubaeformis*, *Craterellus cornucopioides*. Из агарикоидных грибов: *Cystoderma terrei*, *Phaeolepiota aurea*, *Hygrocybe conica*, *Hygrophorus erubescens*, *Pholiota squarrosa*, *Stropharia aeruginosa*, *Lepista nuda*, *Cortinarius violaceus* (Заповедник «Кивач»), *Laccaria amethystea*, *Cortinarius sanguineus* (Заповедник «Кивач», НП «Водлозерский»). В Красную книгу Восточной Финноскандии (Kotiranta et al., 1998) — *Polyporus pseudo-betulinus* (местонахождения зап-к «Калевальский» и НП «Водлозерский»).

Исследования на территории республики продолжаются, и список видов ежегодно пополняется, однако неравномерность в изучении отдельных охраняемых территорий и районов Республики Карелии остается.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 05-04-97524-р-Север).

## Литература

- Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М., Кивиниеми С.Н., Руоколайнен А.В., 2000. Афиллофоровые грибы (Arhyllorphorales s. lato) // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории Заонежского полуострова и Северного Приладожья: Операт.-информ. материалы. Петрозаводск. С. 117-122.
- Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М., Яковлев Е.Б., Скороходова С.Б., 2001. Грибы заповедника «Кивач». (Аннотированный список видов) / М. 90 с.

- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г., 1993. Афиллофоровые грибы пробных площадей заповедника «Кивач» // Новости систематики низших растений. Т. 29. С. 37-42.
- Коваленко А.Е., Морозова О.В., Фомина Е.А., Сяркисилта О., 1998. Агарикоидные и болетоидные базидиомицеты о-ва Валаам. I. // Микология и фитопатология. Т. 32., вып. 2. С. 14-26.
- Коткова (Лосицкая) В.М., Бондарцева М.А., Крутов В.И., 2003. Афиллофороидные грибы // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды / Ред. А.Н. Громцев, С.П. Китаев, В.И. Крутов и др. Петрозаводск. С. 119-126.
- Коткова (Лосицкая) В.М., Руоколайнен А.В., 2003. Особенности биоты афиллофоровых грибов национального парка «Паанаярви» и его окрестностей // Природа национального парка «Паанаярви». Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 59-63.
- Красная книга Карелии, 1995. Петрозаводск. 286 с.
- Красная Книга РСФСР, 1988. Растения. М. 591 с.
- Крутов В.И., Коткова В.М., Руоколайнен А.В. 2006а. Видовое разнообразие афиллофороидных грибов в различных типах лесных сообществ заповедника «Кивач» // Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги. М.: Наука. С. 234-246.
- Крутов В.И., Коткова В.М., Руоколайнен А.В., Заводовский П.Г., 2006б. Предварительные результаты изучения биоты афиллофороидных грибов национального парка «Водлозерский» // Водлозерские чтения: Естественнонаучные и гуманитарные основы природоохранной, научной и просветительской деятельности на охраняемых природных территориях Русского Севера. Материалы науч.-практич. конф., посвященной 15-летию Национального парка «Водлозерский». С. 118-124.
- Крутов В.И., Лосицкая В.М., Руоколайнен А.В., 2000. Афиллофоровые грибы (*Aphyllphorales* s. lato) // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории Заонежского полуострова и Северного Приладожья: Операт.-информ. материалы. Петрозаводск. С. 266-270.
- Крутов В.И., Предтеченская О.О., Руоколайнен А.В., Шубин В.И., 2006в. К изучению биоты макромицетов Валаамского архипелага // Всероссийская конференция с международным участием «Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России», посвященная 100-летию со дня открытия первого стационара Российской академии наук (г. Архангельск, 19-22 июня 2006 г.): Сборник докладов совещания. Институт экологических проблем Севера УрО РАН. Архангельск: VCG/DonySuXX, CD-ROM.
- Крутов В.И., Руоколайнен А.В., 2003. Дереворазрушающие грибы // Матер. инвентаризации природных комплексов и научное обоснование ландшафтного заказника «Сыроватка». Петрозаводск. С. 50-52.
- Лосицкая В.М., 1995. Современное состояние изученности афиллофоровых грибов Карелии // Тр. пятой молодежной конференции ботаников в Санкт-Петербурге (Ботан. ин-т РАН, 24-26 мая 1994). СПб.. С. 70-72.
- Лосицкая В.М., 1999. Афиллофоровые грибы республики Карелия. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. СПб.: БИН РАН. 213 с.
- Ниемеля Т., 2001. Трутовые грибы Финляндии и прилегающей территории России. Хельсинки. 120 с.
- Предтеченская О.О., 2006. Шляпочные грибы Национального парка «Водлозерский» // Водлозерские чтения: Естественнонаучные и гуманитарные основы природоохранной, научной и просветительской деятельности на охраняемых природных территориях Русского Севера. Материалы науч.-практич. конф., посвященной 15-летию Национального парка «Водлозерский». Петрозаводск. С. 124-128.
- Фрейндлинг М.В., 1949. Материалы к флоре шляпочных грибов заповедника «Кивач» Карело-Финской ССР // Изв. Карело-Финского фил. АН СССР. № 4. С. 84-97.
- Шубин В.И., 1988. Микоризные грибы Северо-Запада европейской части СССР (Экологическая характеристика). Петрозаводск. 215 с.
- Bondartseva M.A., Kotkova V.M., 2003. Aphyllphoroid fungi from Tolvojärvi area (Karelian Republic) // Микология и фитопатология. Т. 37, вып. 4. С. 1-17.
- Kotiranta H., Niemelä T., 1996. Uhanalaiset käävät Suomessa. Helsinki. 184 p.
- Kotiranta H., Uotilla P., Sulkava S. and Peltonen S.-L. (eds.) Red Data Book of East Fennoscandia. Helsinki. 351 p.
- Krutov V.I., Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., 2002. Aphyllphoroid fungi // Natural complexes, flora and fauna of the proposed Kalevala National Park. Helsinki. P. 46-47. App. 69-70.
- Lindgren M., 2001. Polypore (Basidiomycetes) species richness and community structure in natural boreal forest of NW Russian Karelia and adjacent areas in Finland // Acta Bot. Fennica 170. Helsinki. 41 p.
- Niemelä T., Kinnunen J., Lindgren M., Manninen O., Meittinen O., Penttilä R., Turunen O., 2001. Novelties and records of poroid Basidiomycetes in Finland and adjacent Russia // Karstenia. Vol. 41. P. 1-21.
- Salo K., 1986. Kivatsu, luonnonsuojelualue Karjalan ASNT:ssa. (Kivatsu, nature reserve in the Karelian Autonomic Socialist Republik) // Luonnon Tutkija. N 90. P. 100-106.

## БАЗА ДАННЫХ «МЕСТООБИТАНИЯ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ»

А. М. Крышень, А. В. Полевой

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Под местообитанием понимается участок суши или водоема, занятый организмом, группой особей одного вида (популяцией) или биоценозом и обладающий всеми необходимыми для их существования условиями (климат, рельеф, почва, пища и др.).

Идея создания кадастра местообитаний Карелии в последние годы буквально «вита в воздухе», т.к. создаваемые в последнее время флористические и фаунистические базы данных нуждаются в простой и логичной схеме местообитаний, позволяющей легко определить систематическое положение места сбора образца или обнаружения редкого вида. В настоящее время общепринятые схемы этикеток биологических образцов включают: географическое положение (легко формализуется указанием координат или ближайшего обозначенного на карте географического пункта, района и т.п.), дату сбора (формализована по определению), автора сбора и определения образца (формализована) и экологические условия – местообитание. Таким образом, только экологические условия места сбора образца до сих пор оставались не формализованными. Основной задачей нашего проекта как раз и является создание понятной и логичной системы – классификации местообитаний.

В настоящее время существует несколько вариантов классификаций растительных сообществ Карелии и соседних регионов (например: лесов – классификация Ф.С. Яковлева, В.С. Вороновой, лугов – классификация М.Л. Раменской, болот – классификация О.Л. Кузнецова, вырубок – классификация А.М. Крышени и т.п.). Все они касаются отдельных типов растительных сообществ и не могут быть сведены вместе, т.к. методы классифицирования отличаются. К тому же, несмотря на то, что растительность хорошо отражает условия среды, первичными для определения местообитаний должны быть все же условия экотопа (среды, не измененной жизнедеятельностью организмов).

В 90-е годы территория Карелии была вовлечена в проект «CORINE-biotopes», в рамках которого была предпринята попытка инвентаризации существующих в Карелии местообитаний по предложенной в «CORINE» схеме, в принципе, отвечающей вышеуказанным требованиям. Опыт использования созданной базы данных показал, что подходы к выделению и классифицированию местообитаний, предложенные разработчиками «CORINE-biotopes» и впоследствии развитые в базе данных «EUNIS» (<http://eunis.eea.europa.eu>), не совсем пригодны для использования в электронных коллекциях, в основном из-за недостаточно глубоко проработанной иерархии.

В предлагаемой нами схеме, местообитания распределяются по двум основным признакам: экотопа и растительности, кроме этого, учитывается антропогенное влияние. Типы местообитаний выстраиваются в иерархическую схему, высшей единицей которой является класс местообитаний. Для Восточной Фенноскандии выделено 6 классов местообитаний: 1) море и морское побережье; 2) озера и прибрежные местообитания; 3) реки, ручьи и связанные с ними местообитания; 4) суходольные местообитания; 5) болота и заболоченные земли и 6) антропогенные местообитания (находящиеся под постоянным антропогенным влиянием). Основной единицей классификации является тип местообитания, который именуется по доминирующим видам. Для полидоминантных сообществ указывается один или два – характерных вида для каждого яруса. Нами взята наиболее понятная, доступная для неспециалистов-геоботаников схема обозначения сообщества: доминанты указываются для каждого яруса, ярусы отделяются дефисом; если в ярусе несколько доминантов они указываются и разъединяются знаком «+». Например: *Pinus sylvestris* + *Picea abies* – *Vaccinium myrtillus* – *Pleurozium schreberi* + *Hylocomium splendens* указывает на то, что в древесном ярусе доминируют сосна и ель, в травяно-кустарничковом преобладает черника, а в мохово-лишайниковом плеуроциум Шребера и хилокомиум блестящий. От класса местообитаний до типа местообитаний выделяются еще 3 категории (подкласса). Подклассы не имеют общих критериев выделения, кроме того, что они должны быть понятны и физиономически определяемы в природе. Где-то это признаки экотопа (глубина морского дна, выходы коренных пород и их состав и т.п.), где-то категории антропогенного влияния (карьеры, поселок, жилая зона, сенокос и т.п.), где-то указание на сукцессионную стадию (климаксовые или субклимаксовые сообщества, вырубки). Например: Моря и морские побере-

жья – Супралитораль – Скалы – С растительностью – *Rhodiola rosea* (сообщество с доминированием золотого корня на скалах морских побережий выше уровня прилива).

База данных, реализованная в среде Microsoft Access, включает основную таблицу – «biotopelist», содержащую непосредственно информацию по конкретным биотопам, и набор дополнительных таблиц связанных с основной.

Основная таблица biotopelist содержит следующие поля:

- Code (тип – счетчик) – является уникальным идентификатором местообитания.
- Rangcode (тип – текст) – представляет собой строку из букв и цифр, определяющую иерархическое положение местообитания в общей системе. Этот код может меняться при изменении классификации.
- Rangcode2 (тип – текст) – это поле аналогично предыдущему по структуре. Оно было добавлено для местообитаний, которые интуитивно можно отнести к разным категориям высокого ранга. Например, заболоченные леса могут входить как в группу лесов так и болот. Предполагается, что такие местообитания будут повторяться в основной таблице и поле rangcode2 будет соответствовать полю rangcode для альтернативной категории. Таким образом, исследователь может выйти на нужный тип местообитания различными путями.
- Rusname (тип – текст) – содержит русские названия местообитаний и иерархических категорий.
- Engname (тип – текст) – содержит английские названия иерархических категорий.
- Descript (тип – мемо) – содержит краткое описание с указанием характерных особенностей местообитания, целью которого является помощь в определении нужной категории.
- Geobotdescr (тип – мемо) – содержит относительно подробное геоботаническое или словесное описание одного или нескольких конкретных местообитаний.
- Contributors (тип – текст) – включает имена исследователей, участвовавших в подготовке описания.
- Editor (тип – текст) – имя ответственного за окончательную редакцию описания и размещение информации в Интернете
- Descrdate (тип – дата) – дата последнего изменения описания.

Дополнительные таблицы.

- Photos – содержит фотографии местообитаний и информацию об авторах фотографий. Связана с основной таблицей по полю «code».
- Contributors – содержит имена и другую информацию об исследователях. Информация из этой таблицы через интерфейс может вставляться в поля «contributors» и «editor» основной таблицы.
- Plantlist – содержит систематический список сосудистых растений с русскими и латинскими синонимами для каждого вида, произраставшего в Карелии. Через интерфейс автоматически вставляются только валидные названия видов растений в поля «rusname», «engname», «descript» и «geobotdescr» основной таблицы, что обеспечивает результативный поиск по ключевым словам (видам).
- Habdiptera, Hablichens, Habplants – набор таблиц, содержащих списки видов различных групп организмов, встречающихся в конкретных биотопах. На сегодня подготовлены прототипы таблиц по лишайникам, двукрылым и сосудистым растениям. В дальнейшем планируется добавление других групп.

Интерфейс работы с базой данных включает набор форм и запросов, объединенных программным кодом. На сегодня позволяет осуществлять следующие операции:

- Поиск в базе данных по иерархии и по ключевым словам.
- Просмотр содержания иерархических категорий, а также иерархического положения каждого местообитания.
- Добавление категорий и местообитаний
- Редактирование описаний местообитаний
- Изменение, удаление и добавление фотографий
- Просмотр списков видов организмов, встречающихся в данном местообитании.

Поиск и определение местообитания возможен по иерархии, по ключевым словам (видам), по иллюстрациям.

В настоящее время активно ведется сбор и ввод данных, характеризующих местообитания (фотографии, геоботанические описания). По завершении формирования базы данных возможно привлечение данных по грибам, мхам, различным группам животных, а также добавление информации о почвах и географическая привязка местообитаний. Таким образом, связав списки перекрестными ссылками и объединив их списком местообитаний, мы в итоге получим базу данных с подробной характеристикой биоты Карелии, которая позволит выделить редкие биотопы, а также местообитания редких видов растений и животных. В настоящее время база данных «Местообитания Восточной Фенноскандии» уже используется в организации электронной коллекции некоторых групп насекомых (Polevoi, 2005) и при подготовке классификации вырубок (Крышень, 2005), производных лесов и болот (Кузнецов, 2006) Карелии.

Кроме того, в настоящее время готовится публикация материалов базы данных в сети Интернет для общего доступа.

Исследования поддержаны грантами Министерства окружающей среды Финляндии, Российского фонда фундаментальных исследований (02-04-48467-а, 05-07-90077-в, 06-04-48599-а) и программы Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов» (проект 3.5.4).

## К ВОПРОСУ О РАЗНООБРАЗИИ ПРОИЗВОДНЫХ ЛЕСОВ КАРЕЛИИ

**А. М. Крышень, Е. П. Гнатюк, Ю. В. Преснухин, Ю. Н. Ткаченко**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Производными (вторичными, стадийными) лесными сообществами принято называть фитоценозы, находящиеся на различных стадиях восстановительной сукцессии после уничтожения всего древесного яруса или большей его части. Причинами таких резких (катастрофических) изменений могут быть как естественные (пожар, ветровал на большой площади), так и антропогенные факторы (рубка). На территории Карелии в настоящее время абсолютно преобладают вторичные леса, возникшие на вырубках и заброшенных сельскохозяйственных угодьях.

Говоря о разнообразии производных лесов, мы подразумеваем несколько аспектов: во-первых, собственно набор вторичных сообществ в пределах различных экотопов (лесорастительных условий); во-вторых, разнообразие микрогруппировок (микроценозов) внутри сообщества; в-третьих, видовое разнообразие сообществ; в-четвертых, внутривидовое разнообразие. Выделяют также 3 уровня разнообразия ценопопуляций: 1) соматический полиморфизм частей растений; 2) возрастное разнообразие 3) генетическое разнообразие в пределах вида (Любарский, 1976; Наггер, 1977).

Изучение видового и ценоценозического разнообразия производных лесов Карелии базируются на большом объеме маршрутных работ и обследовании постоянных опытных участков Института леса с хорошо известной историей развития сообщества. При маршрутных исследованиях описания каждого сообщества проводились в границах естественных выделов. Все описания введены в электронную базу данных «Местообитания Восточной Фенноскандии».

При описании сообществ производных лесов очень важно определить к какому типу лесорастительных условий (= типу леса) они относятся. В большинстве случаев этот вопрос не вызывает затруднения и тип леса определяется по комплексу признаков почвы, древостоя и напочвенного покрова. Ф.С. Яковлев и В.С. Воронова (1959) выделяли для Карелии 26 типов коренных лесов. Нами при разработке классификации вырубок, базирующейся на динамическом подходе, для плакорных местообитаний определено 7 типов лесорастительных условий (Крышень, 2006). Классификация производных лесов Карелии к настоящему времени не разработана. Ф.С. Яковлев и В.С. Воронова (1959) приводят всего 8 типов производных мелколиственных насаждений Карелии; этот перечень

далеко не полностью отражает все разнообразие сообществ с преобладанием берез, ольхи серой и осины. Так, А.А. Ниценко (1972) на Европейской территории России выделял около двухсот (!) ассоциаций каждой из указанных пород. Для соседних с Карелией областей на доминантно-флористических принципах (Василевич, 1995) сотрудники Ботанического института РАН разработали классификации березняков (Василевич, 1996, 1997), осинников (Бибилова, 1998) сероольшаников (Василевич, 1998) и черноольшаников (Василевич, Щукина, 2001).

По нашим представлениям при классификации производных лесов необходимо исходить из того, что в пределах экотопа набор производных сообществ дифференцируется во времени и в пространстве. В лесоводстве разработана достаточно стройная система разделения древостоев на возрастные категории, которая носит условный характер и во многом определяется экономическими характеристиками. Для разных пород, типов леса, географических районов выделяются различные возрастные группы леса (Нестеров, 1954). Мы условно все лесные сообщества разбиваем на три – четыре большие группы по признакам древесного яруса. Первый этап развития лесного сообщества начинается с момента смыкания крон деревьев. Продолжительность его зависит не только от почвенных условий, но и от породного состава и полноты древостоя. Интенсивное отмирание деревьев в загущенных древостоях происходит в возрасте до 40–60 лет. Вслед за изреживанием древесного яруса происходят серьезные изменения в напочвенном покрове. В мохово-лишайниковом ярусе в зависимости от конкретных условий лишайники и зеленые мхи, черника и брусника сменяют друг друга и т.п. В молодняках с преобладанием лиственных пород в этот период может вновь возрасти обилие злаков. Изменения в напочвенном покрове закономерны, но набор вариантов очень широк и определяется конкретными условиями биотопа и лесоводственными мероприятиями. Второй этап продолжается до момента возрастного отмирания части древостоя – срок жизни лиственных пород ограничен возрастом 100–120 лет. В чистых (без примеси лиственных пород) сосняках брусничных и лишайниковых этот переход не выражен. Изреживание древостоя все равно продолжается, но отмирание постепенное и зрительно сообщества сосняков на бедных сухих почвах сходны с климаксовыми сообществами уже через 100–120 лет после рубки. Третий этап – спелые леса. В окнах от выпавших лиственных деревьев (если они были) появляется обильный подрост. Напочвенный покров близок по структуре к климаксовым сообществам.

Набор сообществ в пределах выделенного экотопа определяется также и варьированием среды. В спелых древостоях влияние древесного яруса столь сильно, что оно во многом нивелирует неоднородности физической среды. На вырубках обнаруживаются серьезные различия в развитии сообщества в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, расположения сообщества на склоне, экспозиции склона, удаленности от лесовозных дорог и т.п. С развитием древесного яруса эти различия смягчаются, но еще длительное время не исчезают. Так в 40-летних сообществах в условиях сосняков брусничных в зависимости от расположения на склоне напочвенный покров варьирует от преобладания лишайников и вереска в верхней части склона до зеленых мхов и брусники с черникой – в нижней. Различия обнаруживаются также и в составе подлеска и в видовом разнообразии напочвенного покрова. Еще большие изменения в структуре сообществ молодняков и средневозрастных насаждений обусловлены структурой бывшего до рубки древостоя и приемами лесоводственных мероприятий. Рубка коренных ельников и сосняков или сообществ без примеси лиственных пород, а также лесоводственные уходы приводят к образованию чисто хвойных или с незначительной примесью лиственных пород древостоев, что обуславливает низкое видовое разнообразие напочвенного покрова и преобладание в нем лесных кустарничков. Это лишь самые общие закономерности. Нам же в своей работе приходится сталкиваться с тем, что антропогенное влияние, наложенное на варьирование среды, создает большое количество вариантов сообществ. Систематизация и классификация лесных сообществ должна проводиться с учетом экотопа, истории их образования и динамики.

Следующий уровень разнообразия производных лесов – мозаичность напочвенного покрова, которая с увеличением возраста сообщества все более и более подчиняется влиянию древесного яруса. Максимальное разнообразие и число микрогруппировок наблюдаются в лиственных и смешанных древостоях, в то время как в хвойных производных сообществах мозаичность может быть высокая, но за счет повторяемости всего 2–3 типов микрогруппировок. Это, как правило, микрогруппировки, приуроченные к окнам и к куртинам деревьев (Крышень, 1998; Разнообразие..., 2006).

В таежной зоне устойчивость сообщества достигается не за счет увеличения видового разнообразия, а за счет повышения устойчивости наиболее продуктивных в конкретных условиях популя-

ций. Таким образом, с приближением к климаксу количество видов в сообществе снижается, но усиливается дифференциация внутри ценопопуляции. Так одним из основных признаков климаксовых ельников является разновозрастность древостоя, которая обеспечивает длительное существование сообщества. Максимальным видовым разнообразием отличаются вырубки на относительно богатых почвах и смешанные хвойно-лиственные средневозрастные леса, особенно развивающиеся на заброшенных сельскохозяйственных землях. Выпадение из состава древостоя лиственных пород ведет к сокращению в напочвенном покрове соответствующих свит видов. Заметно большим видовым разнообразием также отличаются сообщества, граничащие с лугами и сельхозземлями и приточные леса.

Таким образом, изучение производных лесов, основывающееся на долговременных и комплексных исследованиях, позволит выявить и описать закономерности изменения разнообразия сообществ, закономерности их развития и в результате разработать подробную классификацию производных (вторичных) лесов на основе динамического подхода.

Исследования поддержаны грантами Президиума РАН (программа «Биоразнообразие и динамика генофондов» раздел 3.5.4), РФФИ (06-04-48599-а), Академии Финляндии (проект № 208207).

## Литература

- Бибикова Т.В. 1998. Классификация осиновых лесов северо-запада России // Бот. журн., Т. 83. № 3. С. 48–57.
- Василевич В.И. 1995. Доминантно-флористический подход к выделению растительных ассоциаций // Ботан. журн. Т. 80. № 6. С. 28–39.
- Василевич В.И. 1996. Незаболоченные березовые леса северо-запада Европейской России // Ботан. журн. Т. 81. № 11. С. 1–13.
- Василевич В.И. 1997. Заболоченные березовые леса северо-запада Европейской России // Ботан. журн. Т. 82, № 11. С. 19–29.
- Василевич В.И. 1998. Сероольшатники Европейской России // Ботан. журн. Т. 83. № 8. С. 28–42.
- Василевич В.И., Шукина К.В. 2001. Черноольховые леса северо-запада Европейской России // Ботан. журн. Т. 86. № 3. С. 15–26.
- Крышень А.М. 1998. К методике изучения фитогенных полей деревьев // Ботан. журн. Т. 83. № 10. С. 133–142.
- Крышень А.М. 2006. Растительные сообщества вырубок Карелии. М. Наука.
- Любарский Е.Л. 1976. Ценопопуляция и фитоценоз. Казань: Казанский университет. 157 с.
- Ниценко А.А. 1972. Типология мелколиственных лесов европейской части СССР. Л.: Изд-во Ленинградского университета. 139 с.
- Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги / отв. ред. Н.Г. Федорец. 2006. М.: Наука. 287 с.
- Яковлев Ф.С., Воронова В.С. 1959. Типы лесов Карелии и их природное районирование. Петрозаводск. 190 с.
- Harper J.L. 1977. Population Biology of Plants. London – New York – San Francisco. 892 p.

## ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ КАРЕЛИИ, ИХ РАЗНООБРАЗИЕ И ОХРАНА

**О. Л. Кузнецов**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Болота и заболоченные земли являются важным компонентом ландшафтов Карелии и занимают треть ее территории. Специфика экологических условий болотных местообитаний приводит к жесткому отбору видов растений, способных произрастать на них, а также к своеобразию состава и структуры сформировавшихся в течение голоцена растительных сообществ. Растительный покров

болотных экосистем Карелии характеризуется высоким разнообразием на видовом и ценоотическом уровнях, что обусловлено комплексом геологических и палеогеографических факторов.

**Флора болот.** Анализ флоры естественных болот Карелии проведен на уровне парциальных флор (ПФ) 6 основных типов болотных экотопов, отдельно по сосудистым растениям и листовостебельным мхам. Объединенная парциальная флора высших растений болот рассматривается как часть региональной аборигенной флоры.

Современная флора бореальных болот сформировалась в четвертичный период в результате агрегации видов, принадлежащих разным флорогенетическим комплексам и перешедших на болота из разных местообитаний и природных зон (Богдановская-Гиенэф, 1946). Виды, слагающие флору болот, характеризуются различными экологическими и ценоотическими требованиями и свойствами, они представлены разными жизненными формами, приуроченными к соответствующим экологическим нишам.

Таксономический анализ. Флора естественных болот Карелии включает 300 видов сосудистых растений, относящихся к 147 родам и 64 семействам, что составляет 32 % аборигенной фракции флоры республики и 19 % всей региональной флоры, насчитывающих по последним данным 941 и 1558 видов соответственно (Кравченко, Кузнецов, 2005). Это свидетельствует о сильном биотопическом отборе видов в процессе формирования флоры болот. Во флоре болот Карелии представлен 61 % семейств региональной аборигенной флоры.

Видовое богатство болотных флор сосудистых растений различных регионов бореальной зоны варьирует не очень сильно – от 200 до 400 видов, при этом наблюдаются значительные различия их таксономической структуры. Наиболее близки по видовому составу и таксономической структуре болотные флоры Карелии (300) и Финляндии – 287 видов (Eurola et al., 1984). В их составе общими являются 262 вида, коэффициент сходства (Kj) составляет 0,81.

Мохообразные во флоре бореальных болот представлены двумя отделами: листовостебельные (Bryophyta) и печеночные (Marchantiophyta) мхи. Многие виды листовостебельных мхов, относящихся к классам Bryopsida и Sphagnopsida, образуют сплошной ярус в растительных сообществах болот разных типов и являются важнейшими торфообразователями, а также прекрасными индикаторами экологических условий местообитаний. Флора печеночных мхов на болотах Карелии изучена слабо, выявлено около 30 видов.

Бриофлора болот Карелии включает 133 вида листовостебельных мхов, которые относятся к 46 родам и 19 семействам, что составляет 30 % от региональной бриофлоры, насчитывающей 442 вида (Кузнецов, Максимов, 2005). Очень близки по таксономической структуре бриофлоры болот Карелии и Финляндии, последняя включает 129 видов (Eurola et al., 1984). Общими в них являются 111 видов, коэффициент видового сходства (Kj) составляет 0,88.

Парциальные флоры сосудистых растений и мхов болот по таксономической структуре значительно отличаются от региональных, частью которых они являются. В составе болотных флор сосудистых растений Карелии, Финляндии и СЗ России значительно выше роль семейств Cyperaceae, Orchidaceae, Salicaceae, Ericaceae, Equisetaceae, Onagraceae, и наоборот, меньше участие Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae, чем в региональных флорах. Это свидетельствует о большей гидрофильности и меньшей теплообеспеченности болотных местообитаний и подтверждается высокой долей видов из класса однодольных (42 %) в составе флоры болот.

Спектры ведущих семейств бриофлоры Карелии и парциальной бриофлоры болот также значительно различаются. Общими в списках 10 ведущих семейств являются только 7. В бриофлоре болот первое место, со значительным отрывом от других семейств, занимает сем. Sphagnaceae, в региональной бриофлоре оно находится на третьем месте. Семейство Dicranaceae, наоборот, на болотах отстает на третье место, а в региональной бриофлоре оно является самым многочисленным. На болотах значительно выше роль ряда семейств мхов, включающих гидрофильные виды (Mniaceae, Splachnaceae, Helodiaceae, Meesiaceae). Спектры ведущих семейств в бриофлорах болот Карелии, Финляндии и СЗ России почти идентичны.

Анализ шести ПФ экотопов выполнен как по сосудистым растениям и листовостебельным мхам, так и совместно по высшим растениям. ПФ сильно различаются по видовому богатству: число видов сосудистых растений варьирует в них от 39 до 186 видов, а листовостебельных мхов – от 26 до 60, общий состав – 65 до 246 видов. Каждая ПФ достаточно специфична, их видовое сходство невысокое (Kj – 0,02-0,48). Имеются также значительные различия таксономической структуры, участия «верных» видов.

Оценка видов по «верности» болотным местообитаниям, выполненная с использованием пятибалльной шкалы Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964), показала, что среди сосудистых растений высокие баллы верности болотам (III–V) имеют только 128 видов – 43 %. Совокупность таких видов рассматривается как флороценотический комплекс данного типа экосистем (Баландин, 1978; Боч, Смагин, 1993). Именно эти виды обуславливают специфику флоры болот и их вклад в таксономическое разнообразие региона. Доли индифферентных – 94 (31 %) и случайных видов – 78 (26 %) в составе флоры болот близки.

В составе брйофлоры болот преобладают виды, «верные» болотным экотопам, они составляют 75 %, значительна доля индифферентных видов – 22 %, случайных, не характерных для болот, всего 3 %.

Редкие виды во флоре болот и их охрана. Во флоре болот Карелии представлена большая группа видов, являющихся редкими и нуждающимися в различных формах охраны, что обусловлено как природными, так и антропогенными факторами. В результате анализа распространения и состояния популяций 67 видов сосудистых растений болот нами (Кузнецов, Дьячкова, 2005) выделено 4 группы видов по ведущим факторам угрозы, при этом для многих из них редкость и уязвимость обусловлена несколькими факторами. Большинство видов (44) находятся в Карелии у границ ареалов и не являются редкими в прилегающих регионах. Из данного списка в Красную книгу Карелии (1995) включены 38 видов, из них 22 отнесены к категории 3 «редкий вид». Под угрозой исчезновения и наиболее уязвимых видов (категории 1 и 2) немного – всего 6. *Ophris insectifera*, отнесенный к исчезнувшим видам (0 категория), через 133 года вновь обнаружен в Карелии (Savola, Ruuhijärvi, 2004). Девять видов болотной флоры Карелии включены в Красную книгу РСФСР (1988), большинство из них являются редкими и в республике.

Среди выделенных видов, нуждающихся в различных формах охраны, более половины (36) имеют высокую «верность» болотам, поэтому их сохранение в регионе возможно только путем охраны болотных экосистем с популяциями данных видов. Большинство видов (55 из 67) произрастают на ООПТ различного статуса, где имеется возможность их сохранения в естественных условиях. Однако сеть охраняемых болот в республике недостаточна и не обеспечивает сохранения всего биоразнообразия болотных экосистем республики, поэтому она должна расширяться (Антипин, Кузнецов, 1998).

Целый ряд видов мхов, обитающих на болотах, являются редкими для региона. Восемь видов (*Sphagnum affine*, *S. denticulatum*, *S. molle*, *S. palustre*, *S. subnitens*, *Splachnum vasculosum*, *Taylozia lingulata* и *Cinclidium subrotundrum*) признаны нуждающимися в охране и внесены в Красную книгу Карелии (1995). Для всех этих видов болота являются основными местообитаниями, поэтому сохранение их популяций можно обеспечить только путем охраны болот, на которых они встречаются.

Списки нуждающихся в охране видов сосудистых растений и мхов Карелии требуют пересмотра и дополнения с учетом результатов исследований последних лет, а также оценки состояния популяций видов по новым критериям МСОП (Заварзин, Мучник, 2005), что будет сделано в новом издании Красной книги Карелии, работа над которой началась.

**Растительность.** Растительный покров любой территории представляет собой сложную мозаику территориальных выделов с различными уровнями организации, наименьшей из которых является растительное сообщество. Оценки и характеристики биологического разнообразия растительного покрова на ценотическом уровне, решение проблем его использования и охраны основываются на классификациях сообществ. К настоящему времени в геоботанике разработан и используется целый ряд методов классификации растительности, одним из которых является тополого-экологический.

Разработанная тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии является трехступенчатой (Кузнецов, 2005). При выделении синтаксонов на разных ступенях используется сочетание экологических, фитоценотических и топологических критериев и признаков.

Низшей единицей в данной классификации является ассоциация, их всего 57, в некоторых из них также выделены субассоциации (от 2 до 9) и варианты. Все эти синтаксоны выделены с использованием целого ряда эколого-фитоценотических критериев: доминирующие и диагностические виды, а также представленность эколого-ценотических групп видов. Высшие единицы в классификации названы классами, которые названы по типам водно-минерального питания, их всего четыре: омбротрофный, олиготрофный, мезотрофный и евтрофный. В пределах классов выделены группы

ассоциаций по приуроченности сообществ к элементам микрорельефа, четко различающимся по условиям увлажнения, таких градаций четыре, но не все они представлены в каждом классе.

Большинство описанных ассоциаций широко распространены в европейской части России и северной Европе, при этом имеется ряд ассоциаций, характерных только для Финноскандии и находящихся в Карелии на границах ареалов, которые и придают специфику растительному покрову болот региона и должны быть представлены на ООПТ.

## Литература

- Антипин В.К., Кузнецов О.Л., 1998. Охрана разнообразия болот Карелии // Биоразнообразие, динамика и охрана болотных экосистем восточной Финноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 10–30.
- Богдановская-Гиенэф И.Д., 1946. О происхождении флоры бореальных болот Евразии // Матер. по ист. флоры и растит. СССР. Вып. 2. М.-Л. С. 425–468.
- Боч М.С., Смагин В.А., 1993. Флора и растительность болот Северо-Запада России и принципы их охраны. С Петербург: Гидрометеиздат. 225 с.
- Заварзин А.А., Мучник Е.Э., 2005. Возможности применения глобальных категорий и критериев красного списка всемирного союза охраны природы на региональном уровне // Ботан. журн. Т. 90. № 1. С. 105–118.
- Кравченко А.В., Кузнецов О.Л., 2005. Флористическая изученность республики Карелия // Изучение флоры восточной Европы: достижения и перспективы. Тез. докл. межд. конф. СПб., 23–28 мая 2005. С. 44–45.
- Красная книга РСФСР, 1988. Т. 2. Растения. М.: Росагропромиздат. 590 с.
- Красная книга Карелии, 1995. Петрозаводск.: Карелия. 286 с.
- Кузнецов О.Л., 2005. Тополого–экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Финноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 15–46.
- Кузнецов О.Л., Дьячкова Т.Ю., 2005. Редкие и охраняемые сосудистые растения болот Карелии // Там же. С. 133–137.
- Кузнецов О.Л., Максимов А.И., 2005. Парциальные бриофлоры болот Карелии // Там же. С. 138–145.
- Eurola S., Hicks S., Kaakinen E., 1984. Key to Finnish mire types // European mires. London. P. 11–117.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У РАСТЕНИЙ *DACTYLIS GLOMERATA* L. В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Г. Ф. Лайдинен, Н. М. Казнина, Ю. В. Батова, А. Ф. Титов

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В последние десятилетия проблема антропогенного воздействия на растительность городов привлекает все большее внимание исследователей. В Карелии оно, прежде всего, связано с выбросами промышленных предприятий и транспортных средств в атмосферу различных загрязнителей, которые оказывают негативное влияние на рост, развитие растений и могут выступать причиной деградации фитоценозов. В настоящее время состав и структура урбанофлоры Карелии изучены сравнительно хорошо (Кравченко и др., 1998; Антипина, 2002), однако сведения об изменчивости морфологических признаков у растений, произрастающих в условиях загрязнения, практически отсутствуют. Вместе тем, такого рода данные необходимы для выявления состояния видов в урбанизированных сообществах и разработки мероприятий по их сохранению.

В связи с этим нами проведено сравнительное изучение изменчивости морфологических признаков у растений 8 ценопопуляций *Dactylis glomerata* L., произрастающих вблизи от промышленных предприятий, железнодорожных линий и автомобильных шоссе г. Петрозаводска и г. Кондопоги. Контролем служили растения из условно “чистых” районов, удаленных от центра города на рас-

стоянии 5-7 км. Для описания морфологических признаков в каждой ценопопуляции *D. glomerata* в фазу цветения растений отбирали по 11 типичных генеративных побегов, у которых измеряли их высоту, размеры листовой пластинки и длину соцветия. Площадь листа вычисляли по формуле  $S = 2/3 l \cdot k$ , где  $l$  – длина,  $k$  – ширина листа (Аникиев, Кутузов, 1961). Оценку уровня изменчивости признаков генеративного побега проводили на основании величины коэффициента вариации ( $V$ , %).

В результате проведенных исследований установлено, что у растений ряда ценопопуляций *D. glomerata*, произрастающих около промышленных предприятий (ОТЗ, ЦБК), железнодорожных и автомобильных магистралей (район Сулажгоры и Ключевой), наблюдается существенное уменьшение (по сравнению с контролем) большинства признаков репродуктивного побега. При этом в большей степени (на 15-43%) изменялись длина и площадь листовой пластинки, в меньшей (на 7-20%) – ширина листа, длина побега и соцветия. Вместе с тем, у растений отдельных ценопопуляций этого вида (в районе завода “Авангард” в г. Петрозаводске и в центре г. Кондопоги), изученные показатели побега оказались на уровне контроля или даже несколько выше.

Нами также было выявлено, что каждая из исследованных ценопопуляций *D. glomerata* характеризуется широким спектром внутривидовой изменчивости признаков репродуктивного побега. В частности, у большинства ценопопуляций высокий уровень варьирования отмечен для длины и площади листа, а также длины соцветия, тогда как для ширины листа и высоты генеративного побега он ниже. Причем, уровень внутривидовой варьирования морфологических признаков (за исключением высоты побега) у растений изученных ценопопуляций оказался значительно выше, чем у растений из “чистого” района.

В тоже время, уровень межпопуляционной изменчивости показателей генеративного побега *D. glomerata* оказался ниже, чем внутривидовой (табл.). У исследованных ценопопуляций выявлено фенотипическое сходство (низкий уровень межпопуляционной изменчивости) по большинству показателей. Вместе с тем, различия между популяциями проявились лишь по длине и площади листовой пластинки, что указывает на то, что именно эти признаки оказались наиболее чувствительными к антропогенному воздействию.

Таблица. Внутри- и межпопуляционная изменчивость морфологических признаков репродуктивного побега у растений *Dactylis glomerata*

| Признаки                    | Уровень изменчивости, V % |                  |
|-----------------------------|---------------------------|------------------|
|                             | внутрипопуляционной       | межпопуляционной |
| Высота генеративного побега | 4.8–12.2                  | 6.5              |
| Длина листовой пластинки    | 11.6–29.8                 | 16.0             |
| Ширина листовой пластинки   | 8.8–18.8                  | 9.4              |
| Площадь листовой пластинки  | 19.6–35.9                 | 21.6             |
| Длина соцветия              | 12.7–28.8                 | 6.7              |

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что под влиянием антропогенного воздействия у растений большинства ценопопуляций *Dactylis glomerata* происходит уменьшение абсолютных значений морфологических признаков генеративного побега. Уровень внутривидовой изменчивости по большинству изученных показателей у растений из загрязненных районов выше, чем у растений из “чистых” районов, что является адаптивным свойством, способствующим устойчивости ценопопуляций и их выживанию в этих условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Подпрограммы “Биоразнообразие” (Проект 3.5.1.).

## Литература

- Аникиев В.В., Кутузов Ф.Ф. Новый способ определения площади листовой поверхности у злаков // Физиология растений. 1961. Т. 8, № 3. С. 375–377.
- Антипина Г.С. Урбанофлора Карелии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2002. 200 с.
- Кравченко А.В., Буцких О.А., Тимофеева В.В. Новые и редкие для г. Петрозаводска заносные и дичающие виды сосудистых растений // Ботан. журн. 1998. Т. 83, № 8. С. 121–126.

## **ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ *FESTUCA PRATENSIS* (POACEAE) С СУПРЕССИРОВАННОЙ ХЛОРОФИЛЛДЕФЕКТНОСТЬЮ**

**О. Н. Лебедева, Т. С. Николаевская, А. Ф. Титов**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

На основе естественной тест-системы супрессированной хлорофиллдефектности у диплоидного ( $2n=14$ ) многолетнего перекрестноопыляющегося злака *Festuca pratensis* Huds. изучена внутривидовая изменчивость по приспособленности (выживаемость, репродуктивная способность) и экологической устойчивости (светоустойчивости) растений. Установлено, что изучаемый тип хлорофиллдефектности находится под защитой генетических (супрессия) и популяционных механизмов (формирование особого фотопротекторного морфо-физиологического комплекса признаков с индивидуальной светочувствительностью) и позволяет ее носителям сохранять выживаемость, поддерживать жизнеспособность и экологическую устойчивость. Относительная (*w*-type) репродуктивная способность растений с фотопротекторными морфо-физиологическими признаками (компактный или полукомпактный куст, вертикальный или повислый лист, низкое содержание зеленых пигментов, увеличено количество ксантофиллов и значение коэффициента дезоксидации) оказалась ниже, чем с фоточувствительными (раскидистый куст, горизонтальный лист, высокое содержание зеленых пигментов и неоксантина). Главным фактором наблюдаемого снижения семенной продуктивности особей с высокой светоустойчивостью является действие стабилизирующего отбора. Он сохраняет фенотипы с признаками, близкими к среднему значению для популяции, и элиминирует особи с крайними их выражениями. Формирование фотопротекторных свойств является для растений настолько важным элементом жизнеспособности, что именно их поддерживает стабилизирующий отбор, даже в ущерб плодовитости. Высокая репродуктивная способность особей с фоточувствительными морфологическими типами не приводила к росту их частоты в популяции: доля растений с этими морфотипами не превышала 25%. Таким образом, стратегия выживаемости растений с супрессированной хлорофиллдефектностью выражается в стабилизации под действием естественного отбора значений морфо-физиологических признаков, обеспечивающих высокий уровень экологической устойчивости (фотозащиты).

## **ОСОБЕННОСТИ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА У РАСТЕНИЙ *FESTUCA PRATENSIS* (POACEAE) С РАЗЛИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПИГМЕНТАЦИИ ПРИ РЕСУПРЕССИИ**

**О. Н. Лебедева, Е. Б. Стафеева, Т. С. Николаевская, А. Ф. Титов**

*Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия*

Свет – главное и необходимое условие фотосинтеза. В последнее десятилетие на основе экспериментальных исследований сформировалось представление о том, что избыточно поглощенный свет является одним из факторов, приводящих к деструкции фотосинтезирующего аппарата и, как следствие, к фотоингибированию (Demming-Adams, Gilmore, Adams, 1996; Niyogi, 1999).

Изучение механизмов фотозащиты связано с использованием, как правило, хлорофильных мутантов ядерного типа, у которых заблокированы отдельные звенья синтеза пигментов, и отсутствует способность к его восстановлению. Используемый нами модельный объект овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) содержит значительный пул естественных супрессированных температурозависимых хлорофильных мутаций, большая часть которых способна специфически восстанавливать

ется до дикого фенотипа (Олимпиенко, Титов, Митрофанов, 1976; Титов, Олимпиенко, 1976; Титов, Олимпиенко, Павлова, 1978). Эти свойства объекта исследования позволили оценить особенности формирования пигментного состава у растений овсяницы луговой с различными механизмами и скоростью восстановления пигментации.

Содержание пигментов определяли у растений второго года жизни (полевой эксперимент), маркированных на стадии проростков (выращивание в люминостате в течение 10 дней при 35<sup>0</sup>С и постоянном освещении) по степени хлорофиллдефектности и восстановления. Все депигментированные проростки восстанавливали зеленую окраску листа (ресупрессия) быстро (культивирование в течение 4 сут. при 25<sup>0</sup>С и постоянном освещении) или медленно (более 4 сут.); через репопуляцию клеток базальной части проростка или реверсию с использованием для восстановления ресурсов структуры хлоропластов и синтеза пигментов. Возможны различные сочетания скорости и механизмов восстановления. (быстрая реверсия – медленная реверсия и быстрая репопуляция – медленная репопуляция).

Качественную оценку спектра пигментов (каротины, лютеин, виолаксантин, сумма зеаксантина и антраксантина, неоксантин) проводили методом адсорбционной двухмерной тонкослойной хроматографии. Количественное содержание зеленых и желтых пигментов оценивали спектрофотометрическим методом. Коэффициент эффективности дезоксидации (КЭД) рассчитывали как отношения суммы зеаксантина и антраксантина к сумме виолаксантина, зеаксантина и антраксантина.

Показано (табл. 1), что содержание хлорофилла *b*, а также количество зеленых пигментов в ССК (светособирающий комплекс) снижено у всех фенотипов не зависимо от скорости восстановления (при реверсии) у них хлорофильного дефекта. А показатели *a/b* и *c/a+b*, напротив, повышены относительно дикого типа (*w*-type) у отдельных фенотипов. Та же зависимость обнаруживается относительно содержания хлорофилла *a* в РЦ (реакционный центр).

Таблица 1. Содержание пигментов и их соотношение у растений-ревертантов овсяницы луговой, различающихся скоростью реверсии супрессии в ювенильной фазе развития

| Фенотип   | Содержание пигментов и их соотношение |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|---|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|   | <i>a</i>                              | <i>b</i>          | <i>a/b</i>        | ССК               | РЦ ФС I, II       | <i>c</i>          | <i>c/a+b</i>      |
| W-type  | 1,14±0,05                             | 0,49±0,01         | 2,33±0,07         | 1,13±0,08         | 0,55±0,04         | 0,29±0,01         | 0,18±0,01         |
| Быстрое восстановление (реверсия) при 25 <sup>0</sup> С   |                                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| V>N   | 1,02±0,09                             | <b>0,44±0,03*</b> | 2,35±0,14         | <b>0,96±0,06*</b> | 0,49±0,08         | <b>0,25±0,02*</b> | 0,18±0,03         |
| X>N   | 1,08±0,05                             | <b>0,43±0,02*</b> | <b>2,57±0,09*</b> | <b>0,99±0,04*</b> | 0,58±0,04         | 0,32±0,03         | <b>0,21±0,01*</b> |
| A>V   | 1,16±0,06                             | 0,44±0,04         | <b>2,68±0,11*</b> | 0,97±0,09         | <b>0,64±0,02*</b> | 0,32±0,09         | 0,19±0,05         |
| Медленное восстановление (реверсия) при 25 <sup>0</sup> С |                                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| V>V   | 1,20±0,04                             | <b>0,45±0,02*</b> | <b>2,69±0,10*</b> | <b>0,99±0,05*</b> | <b>0,66±0,03*</b> | <b>0,40±0,03*</b> | <b>0,24±0,02*</b> |
| X>X   | 1,11±0,08                             | <b>0,44±0,03*</b> | <b>2,52±0,07*</b> | <b>0,96±0,07*</b> | 0,58±0,04         | 0,28±0,02         | 0,20±0,01         |
| A>A   | 1,14±0,04                             | 0,46±0,04         | 2,48±0,09         | 1,02±0,09         | 0,58±0,05         | 0,34±0,04         | 0,21±0,03         |

Выявлена зависимость содержания пигментов от путей восстановления (реверсия – репопуляция). При восстановлении хлорофильного дефекта путем репопуляции как быстрой, так и медленной и при 25<sup>0</sup> и 35<sup>0</sup>С у всех фенотипов наблюдается повышенное содержание хлорофилла *a*, и только в РЦ, но не в ССК. В случае реверсии снижено количество хлорофилла *b* и, как следствие, сумма *a+b* в ССК (табл. 2). Таким образом, у фенотипов, восстанавливающих хлорофильный дефект путем репопуляции, нами выявлена компенсаторная реакция, связанная с утилизацией поглощенного света фотохимическим путем.

Количественное содержание желтых пигментов у растений-ревертантов, маркированных по степени хлорофиллдефектности, не зависело от скорости восстановления при реверсии и, как правило, было ниже их уровня у *w*-type. *Albina*-ревертанты характеризуются спецификой содержания отдельных фракций каротиноидов и отличаются по ряду показателей от *viridis*- и *xantha*-ревертантов. Значение КЭД (коэффициент дезоксидации) связано со скоростью восстановления только у *viridis*- ревертантов (табл. 3).

Таблица 2. Содержание пигментов и их соотношение у растений-ревертантов овсяницы луговой с медленной реверсией супрессии в ювенильной фазе развития

| Фенотип  | Содержание пигментов и их соотношение |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|  | a                                     | b                 | a/b               | ССК               | РЦ ФС I, II       | c                 | c/a+b             |
| W-type   | 1,14±0,05                             | 0,49±0,01         | 2,33±0,07         | 1,13±0,08         | 0,55±0,04         | 0,29±0,01         | 0,18±0,01         |
| Медленное восстановление (реверсия) при 25 <sup>0</sup> С    |                                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| V>V  | 1,20±0,04                             | <b>0,45±0,02*</b> | <b>2,69±0,1*</b>  | <b>0,99±0,05*</b> | <b>0,66±0,03*</b> | <b>0,40±0,03*</b> | <b>0,24±0,02*</b> |
| VX>V   | 1,10±0,06                             | 0,47±0,02         | 2,40±0,08         | 1,03±0,05         | 0,54±0,04         | 0,27±0,02         | 0,18±0,02         |
| X>X  | 1,11±0,08                             | <b>0,44±0,03*</b> | <b>2,52±0,07*</b> | <b>0,96±0,07*</b> | 0,58±0,04         | 0,28±0,02         | 0,20±0,01         |
| X>VX   | <b>0,98±0,08*</b>                     | <b>0,39±0,03*</b> | <b>2,52±0,09*</b> | <b>0,87±0,07*</b> | 0,51±0,05         | 0,28±0,02         | 0,21±0,02         |
| A>A  | 1,14±0,04                             | 0,46±0,04         | 2,48±0,09         | 1,02±0,09         | 0,58±0,05         | 0,34±0,04         | 0,21±0,03         |
| Быстрое восстановление (репопуляция) при 35 <sup>0</sup> С   |                                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| VN>N,<br>VN>VN   | <b>1,30±0,06*</b>                     | 0,52±0,03         | <b>2,54±0,04*</b> | 1,14±0,07         | <b>0,69±0,03*</b> | <b>0,25±0,02*</b> | <b>0,14±0,01*</b> |
| XN>N   | <b>1,30±0,02*</b>                     | 0,52±0,02         | <b>2,53±0,06*</b> | 1,14±0,04         | <b>0,68±0,01*</b> | 0,29±0,04         | 0,16±0,02         |
| XV>V,<br>XV>VN   | <b>1,40±0,10*</b>                     | 0,52±0,05         | <b>2,79±0,18*</b> | 1,14±0,11         | <b>0,77±0,10*</b> | 0,32±0,08         | 0,16±0,03         |
| Медленное восстановление (репопуляция) при 25 <sup>0</sup> С |                                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| V>VN,<br>X>XN  | <b>1,32±0,12*</b>                     | 0,48±0,07         | <b>2,77±0,11*</b> | 1,06±0,15         | <b>0,74±0,11*</b> | <b>0,36±0,01*</b> | 0,21±0,03         |
| X>XN   | 1,20±0,13                             | 0,44±0,06         | <b>2,73±0,09*</b> | <b>0,97±0,07*</b> | <b>0,67±0,04*</b> | 0,33±0,03         | 0,20±0,01         |
| A>AV   | <b>1,31±0,11*</b>                     | 0,48±0,04         | <b>2,73±0,07*</b> | 1,06±0,09         | <b>0,74±0,06*</b> | 0,32±0,02         | 0,18±0,01         |

Таблица 3. Содержание каротиноидов у растений-ревертантов овсяницы луговой, различающихся скоростью реверсии супрессии в ювенильной фазе развития

| Фенотип   | Содержание каротиноидов |                    |                    |                            |                    |                    | КЭД                |
|---|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | Каротин                 | Лютеин             | Виолаксантин       | Зеаксантин+антер-а-ксантин | Неоксантин         | Ксантофилл         |                    |
| W-type  | 0,114±0,012             | 0,131±0,010        | 0,040±0,004        | 0,224±0,015                | 0,033±0,003        | 0,297±0,007        | 0,848±0,010        |
| Быстрое восстановление (реверсия) при 25 <sup>0</sup> С   |                         |                    |                    |                            |                    |                    |                    |
| V>N   | <b>0,086±0,003</b>      | <b>0,110±0,005</b> | <b>0,027±0,001</b> | <b>0,212±0,005</b>         | 0,031±0,005        | <b>0,270±0,004</b> | <b>0,887±0,003</b> |
| X>N   | <b>0,077±0,011</b>      | <b>0,101±0,011</b> | 0,042±0,005        | <b>0,182±0,025</b>         | 0,031±0,004        | 0,255±0,011        | <b>0,813±0,015</b> |
| A>V   | 0,103±0,012             | 0,237±0,020        | 0,050±0,004        | 0,253±0,020                | 0,028±0,002        | 0,331±0,008        | 0,835±0,012        |
| Медленное восстановление (реверсия) при 25 <sup>0</sup> С |                         |                    |                    |                            |                    |                    |                    |
| V>V   | <b>0,068±0,004</b>      | <b>0,107±0,006</b> | 0,046±0,001        | <b>0,198±0,007</b>         | <b>0,027±0,001</b> | <b>0,271±0,003</b> | <b>0,812±0,004</b> |
| X>X   | <b>0,082±0,006</b>      | <b>0,112±0,006</b> | 0,040±0,005        | 0,213±0,014                | 0,030±0,002        | 0,301±0,006        | 0,842±0,010        |
| A>A   | 0,095±0,011             | <b>0,116±0,003</b> | 0,042±0,004        | 0,208±0,003                | <b>0,058±0,016</b> | 0,308±0,008        | 0,832±0,004        |

Рассматривая представленные данные с позиции формирования светочувствительности растений с супрессированной хлорофиллдефектностью, характеризующихся значительными структурными изменениями фотосинтетического аппарата, следует отметить, что она (фотоувствительность) может быть связана как со снижением активности антиоксидантных систем (каротинов в частности), так и пигментов виолаксантинового цикла.

Таким образом, изучение пигментного состава у растений с супрессированной хлорофиллдефектностью показало, что он связан только с определенными механизмами восстановления пигментации при ресупрессии. Выявлены четкие компенсаторные реакции, направленные на повышение интенсивности фотосинтеза за счет количественного роста хлорофилла *a* в РЦ у всех фенотипических групп растений.

## Литература

Niyogi KK 1999 Photoprotection revisited: Genetic and molecular approaches. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol V. 50, P. 333–359.

- Demmig-Adams B, Gilmore AM, Adams WW 1996 Carotenoids: III. *In vivo* function of carotenoids in higher plants. FASEB V. 10, P.403–412.
- Олимпиенко Г.С., Титов А.Ф., Митрофанов Ю.А. 1976. Депигментация проростков овсяницы луговой под влиянием температуры // Генетика. Т. 12. № 1. С. 153–155.
- Титов А.Ф., Олимпиенко Г.С. 1976. Частота хлорофиллдефектных проростков в селекционных потомствах овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) // Генетика. Т. 12. № 2. С. 162–164.
- Титов А.Ф., Олимпиенко Г.С., Павлова Н.А. 1978. О возможной селективной ценности температурочувствительных хлорофильных мутаций у овсяницы луговой // Журн. общ. биологии. Т. 39. № 4. С. 628–632.

## ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ КАРЕЛИИ

### А. И. Максимов

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Бриофлора Карелии – одна из богатейших в России. В настоящее время она представлена 470 видами листостебельных мхов и 200 видами печеночных мхов, что составляет около половины бриофлоры России и 70% бриофлоры Восточной Финноскандии. Ее объем сопоставим с такими богатыми бриофлорами как бриофлора Кавказа (634 вида), Урала (530) и Алтая (480 видов). Исследование бриофлоры Карелии представляет большой научный интерес, связанный с решением вопросов происхождения флоры региона как составной части флоры Восточной Финноскандии.

По сравнению с флорой сосудистых растений бриофлора России все еще остается менее изученной, не является исключением и флора мхов Карелии. Несмотря на длительную историю изучения, которая была начата еще в 19 веке финскими и русскими ботаниками (V. Brotherus, K. Бергштрессер и др.), активно продолжена в 20 веке (А.И. Нуусконен, М. Kotilainen, Л.А. Волкова и др.), флора листостебельных мхов Карелии все еще остается не до конца выявленной. С одной стороны об этом свидетельствуют находки все новых и новых видов, с другой стороны - ряд флористических находок вековой давности пока подтвердить не удается.

Целью наших исследований было продолжение наиболее полного выявления видового состава листостебельных мхов Карелии. В дальнейшем это позволит перейти к всестороннему анализу флоры как единого целого, решению вопросов ее флорогенеза и составлению Конспекта флоры.

История изучения бриофлоры Карелии и результаты исследований до 2001 г. подробно приводятся в книге «Развитие биоты...» (Максимов и др., 2003). Ниже мы приводим результаты наших исследований за период 2001-2005 гг.

По результатам исследований последних 5 лет состав флоры листостебельных мхов Карелии увеличился на 35 видов: *Brachythecium capillaceum* (F.Weber & D.Mohr) Giacom., *B. udum* (I.Hagen) I.Hagen, *Bryum lapponicum* Kaur., *B. lonchocaulon* Müll.Hal., *B. moravicum* Podp., *B. uliginosum* (Brid.) B.S.G., *B. violaceum* Crundw. & Nyh., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H.Rob., *Hymenoloma compactum* (Schwägr.) Ochyra, *Grimmia anomala* Hampe ex Schimp, *G. reflexidens* Müll.Hal., *Physcomitrium pyriforme* (Hedw.) Hampe, *Pohlia drummondii* (Müll.Hal.) Andrews, *Schistidium boreale* Poelt, *S. crenatum* Blom, *S. flexipile* (Lindb. ex Broth.) Roth, *S. frigidum* Blom, *S. frisvollianum* Blom, *S. dupretii* (Ther.) W.A. Weber, *S. lancifolium* (Kindb.) Blom, *S. maritimum* (Turn.) Bruch et Schimp. in B.S.G. subsp. *piliferum* (Hag.) B. Bremer, *S. platyphyllum* (Mitt.) H. Perss. in Perss. et Gjaerev., *S. papillosum* Culm., *S. pulchrum* Blom, *S. recurvum* Blom, *S. robustum* (Nees et Hornsch.) Blom, *S. subjulaceum* Blom, *S. submuticum* Zikendr. ex Blom, *S. tenerum* (Zett.) Nyh., *S. trichodon* (Brid.) Poelt var. *nutans* Blom, *S. venetum* Blom, *Sphagnum annulatum* H.Lindb. ex Warnst., *Stereodon fertilis* (Sendtn.) Lindb. in Broth. *S. holmenii* (Ando) Ignatov & Ignatova (Blom, 1996; Максимов, Максимова, 2003, 2005, Ignatova, Muñoz, 2004; Афонина и др., 2006). Некоторые вариации были восстановлены в ранге самостоятельных видов (*Neckera oligocarpa* Bruch, *Palustriella falcata* (Hedw.) Hedenäs, *Plagiomnium curvatum* (Lindb.) Schljakov).

Из бриофлоры Карелии исключены следующие таксоны: *Bryum stirtonii* Bruch et Schimp. in B.S.G., *Dicranum muehlenbeckii* Bruch & Schimp., *Hypnum callichroum* Brid. *Orthotrichum affine* Brid., *Pohlia annotina* (Hedw.) Lindb., *Schistidium apocarpum* var. *confertum* (Funck) Moell., *Schistidium strictum* (Turn.) Loeske ex Mårt., *Warnstorfia h-shultzei* (Limpr.) Loeske.

Таким образом, список листостебельных мхов Карелии, с учетом новых, исключенных и восстановленных видов, составляет в настоящее время 470 видов.

Дополнен и уточнен видовой состав 12-ти флористических р-нов М.Л. Раменской (1960). Особенно значительно пополнились списки листостебельных мхов Северо-Западного горного (1), Куйтозерско-Лексозерского (3), Беломорского (4), Волозерско-Водлозерского (8), Шокшинского (10) и Межозерского (11) флористических районов (см. табл.). До настоящего времени наименее изученными в бриофлористическом отношении остается Водлинский флористический район, находящийся в Пудожском районе.

Таблица. Количество видов листостебельных мхов во флористических районах Карелии М.Л. Раменской (1960)

| Флористические районы   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | Карелия |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| Количество видов на 2000 г. по: Максимов и др. (2003)           | 298 | 201 | 235 | 134 | 199 | 191 | 314 | 140 | 141 | 186 | 179 | 361 | 442     |
| Количество новых видов по материалам исследований 2001-2005 гг. | 18  | 4   | 22  | 27  | 3   | 1   | 14  | 69  | 3   | 36  | 35  | 14  |         |
| Исключенные виды из бриофлоры Карелии                           | 2   | 4   | 1   |     | 1   | 1   | 2   |     | 1   |     | 2   | 2   | 7       |
| Итого на 2006 г.:   | 323 | 201 | 256 | 160 | 199 | 191 | 326 | 211 | 143 | 222 | 211 | 372 | 470     |
| % от бриофлоры Карелии  | 67  | 43  | 54  | 34  | 43  | 41  | 69  | 44  | 30  | 47  | 45  | 80  |         |
| Новые виды для бриофлоры Карелии                                | 12  | 4   | 3   | 5   | 1   | 1   | 9   | 2   | 1   | 5   | 3   | 10  | 35      |

Из 86 видов мхов, включенных в Красную книгу Карелии (1995), современными сборами подтверждено 39 видов: *Andreaea obovata* Thed., *Aulacomnium turgidum* (Wahlenb.) Schwägr., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) B.S.G., *B. tommasinii* (Sendtn. ex Boulay) Ignatov & Huttunen, *B. turgidum* (Hartm.) Kindb., *Bucklandiella heterosticha* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra, *Campyliadelphus elodes* (Lindb.) Kanda, *Campylophyllum halleri* (Hedw.) M.Fleisch, *Cinclidium subrotundum* Lindb., *Coscinodon cribrosus* (Hedw.) Spruce, *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt., *Didymodon rigidulus* Hedw., *Diphyscium foliosum* (Hedw.) Mohr, *Discelium nudum* (Dicks.) Brid., *Distichium inclinatum* (Hedw.) B.S.G., *Eurhynchium angustirete* (Broth.) T.J.Kop., *Fontinalis squamosa* Hedw., *Grimmia hartmanii* Schimp., *G. incurva* Schwägr., *Herzogiella striatella* (Brid.) Z.Iwats., *Neckera pennata* Hedw., *Orthotrichum urnigerum* Myrin, *Philonotis arnellii* Husn., *Plasteurhynchium striatulum* (Spruce) M.Fleisch., *Polytrichum hyperboreum* R.Br., *Pseudephemerum nitidum* (Hedw.) Loeske, *Pseudotaxiphyllum elegans* (Brid.) Z.Iwats., *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) B.S.G., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Cardot, *Sphagnum affine* Renauld et Cardot, *S. denticulatum* Brid., *S. molle* Sull., *S. subnitens* Russ. et Warnst. ex Warnst., *Splachnum vasculosum* Hedw., *Stereodon vaucheri* (Lesq.) Lindb. ex Broth., *Syntrichia norvegica* Web. f., *Tayloria lingulata* (Dicks.) Lindb., *Tortula mucronifolia* Schwaegr. (Бойчук, 2001, 2005, Максимов, Максимова, 2001, 2003, 2005; Максимов и др., 2003).

В связи с этим весьма актуальным является посещение мест сбора 47 видов мхов и подтверждение их произрастания на территории Карелии. Можно предположить, что некоторые из них исчезли в результате антропогенного нарушения их местообитаний (*Timmia bavarica* Hessel. – Косалма, *Andreaea crassinervia* Bruch – Приладожье и некоторые другие).

Составлен новый список редких листостебельных мхов (109 видов) для готовящегося нового издания Красной Книги Карелии. В ходе критического изучения и анализа распространения редких видов на территории Карелии исключено из списка 7 видов мхов (*Barbula unguiculata*, *Bryum stirtonii*, *D. rigidulus*, *Gymnostomum calcareum* Nees et Hornsch., *Hypnum callichroum*, *Rhynchostegium riparioides*, *Sphagnum subnitens*, а 30 видов мхов добавлено (*Bryum rutilans* Brid., *B. violaceum*, *Desmatodon cernuus* (Hueb.) Lindb., *Dicranella humilis* Ruthe., *D. rufescens* (Dicks.) Schimp., *Didymodon*

*icmadophyllus* (Schimp. ex C. Muell.) Saito, *Fissidens pusillus* (Wils.) Milde., *Grimmia anomala*, *G. ramondii* (Lam. & DC.) Margad., *G. reflexidens* Muell. Hal., *Gymnostomum boreale* Nyholm et Hedenaes, *Homalothecium lutescens* (Hedw.) Robins., *Hamatocaulis lapponicus* (Norrl.) Hedenaes, *Orthotrichum cupulatum* Brid., *O. gymnostomum* Bruch. ex Brid., *O. pallens* Bruch ex Brid., *Physcomitrium pyriforme*, *Plagiomnium affine* (Bland.) T. Kop., *P. drummondii* (Bruch et Schimp.) T. Kop., *Plagiothecium nemorale* (Mitt.) Jaeg., *P. piliferum* (Sw.) B. S. G., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Polytrichum formosum* Hedw., *Schistidium flexipile*, *S. frivollianum*, *S. maritimum* subsp. *piliferum*, *Seligeria campylopoda* Kindb. in Macoun., *Stereodon fertilis*, *Trematodon ambiguus* (Hedw.) Hornsch., *Ulota crispa* (Hedw.) Brid.).

## Литература

- Афонина О.М., Игнатова Е.А., Максимов А.И., 2006. *Stereodon fertilis* (Pylaisiaceae, Musci) в России // Ботанический журнал. Т. 91, № 2. С. 329-335.
- Бойчук М.А., 2001. К флоре листостебельных мхов заповедника Костомукшский и окрестностей города Костомукши (Карелия) // Новости систематики низших растений. Т. 35. Спб.: Наука. С. 217-229.
- Бойчук М.А., 2005. Листостебельные мхи лесоболотного стационара «Киндасово» (южная Карелия) // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Труды Карельского научного центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск. С. 146-154.
- Красная книга Карелии / Ред. Ивантер Э. В., Кузнецов О. Л. Петрозаводск, 1995. 286 с.
- Максимов А.И., Максимова Т.А., 2001. Интересные и редкие виды листостебельных мхов Северного Приладожья // Новости систематики низших растений. Т. 35. Спб.: Наука. С. 258-265.
- Максимов А.И., Максимова Т.А., 2003. Листостебельные мхи // Материалы инвентаризации природных комплексов и научное обоснование ландшафтного заказника «Сыроватка». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 46–50.
- Максимов А.И., Максимова Т.А., 2005. Листостебельные мхи // Природные комплексы Вепсской волости: особенности, современное состояние, охрана и использование (Ред. А.Н. Громцев). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 127-134.
- Максимов А.И., Максимова Т.А., Бойчук М.А., 2003. Листостебельные мхи охраняемых территорий Карелии // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 105-119.
- Blom, H.H., 1996. A revision of the *Schistidium apocarpum* complex in Norway and Sweden // Bryophyt. Biblioth. Vol. 49. P. 1-333.
- Ignatova E., J. Muñoz, 2004. The genus *Grimmia* Hedw. (Grimmiaceae, Musci) in Russia // Arctoa, T. 13. С. 101-182.

## РАСТЕНИЯ В НЕСТАБИЛЬНОМ СУТОЧНОМ КЛИМАТЕ

**Е. Ф. Марковская, М. И. Сысоева, Е. Г. Шерудило**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В природе не существует постоянных условий. Смена сезонов года, дня и ночи, перепады температур, освещенности и влажности – все это создает нестабильную среду, в которой живут растительные организмы. На Севере одним из ведущих факторов, ограничивающим распространение растений, выступает температура. Анализ температурной зависимости отдельных процессов и жизнедеятельности всего организма свидетельствует о преимуществе переменных суточных температур для роста и развития животных (Заар и др., 1989, Кузнецов, 2005) и растительных организмов (Малышев, 1952; Радченко, 1966; Мошков, 1987; и др.). Установлено, что суточные температурные градиенты (ТД/ТН) могут ускорять развитие растений (Марковская, Сысоева, 2004), кратковременные снижения температуры в сутках до субоптимальных значений (ДРОП) - значительно повышать

холодоустойчивость растений (Марковская и др., 2000), которая длительное время сохраняется в последствии (Markovskaya et al., 2003), а также увеличивать их биологическую продуктивность (Марковская и др., 2000). Эффект действия ДРОП привлекает особое внимание, поскольку высокие значения устойчивости сочетаются с высоким уровнем метаболической активности растительного организма. Эти опыты выполнены в условиях искусственного климата и встает вопрос о степени представленности таких изменений температуры в сутках в природе.

Нами проанализирована динамика суточной температуры воздуха на Северо-Западе России по трансекте Карелия - Мурманская область за период активной вегетации растений. Метеоданные получены через Интернет (© [www.meteocenter.net](http://www.meteocenter.net)). Анализ суточных перепадов температуры воздуха от таежной зоны до Субарктики и Арктики показал, что в течение вегетации (с апреля-мая по сентябрь) отмечаются закономерные изменения по температуре. Например, по данным 2005 г. среднесуточная температура воздуха постепенно снижается при продвижении на север: от 8,9°C в Петрозаводске до 4,5°C в Мурманске в мае и, соответственно, до 17,8°C и до 13,2°C в июле (рис. 1). Наиболее низкие температуры отмечаются в апреле, когда в Калевале и в более северных городах среднесуточная температура ниже нуля. Максимальные величины суточных температурных градиентов по трансекте достигали 11°C в июле в Калевале (Карелия), уменьшаясь при дальнейшем продвижении на север (рис. 2).

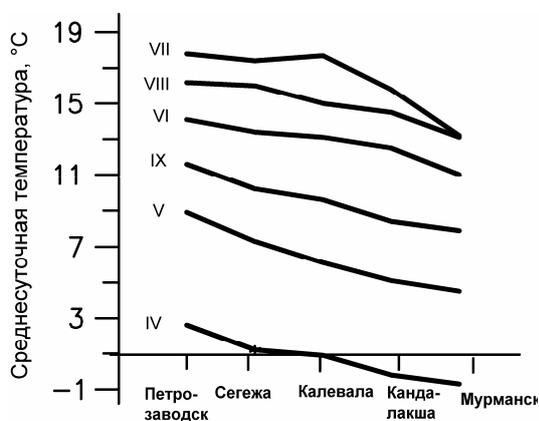


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в период активной вегетации растений с апреля (IV) по сентябрь (IX) 2005 года

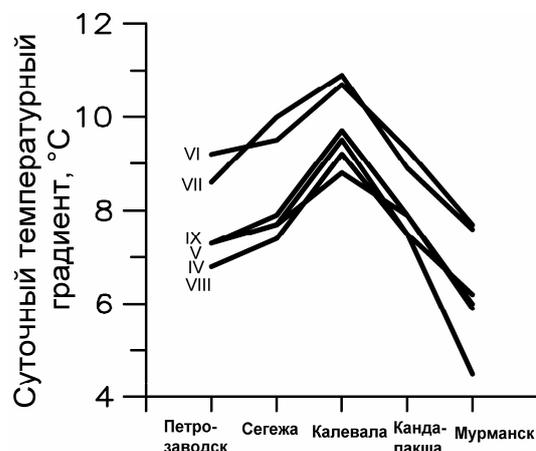


Рис. 2. Суточный температурный градиент в период активной вегетации растений с апреля (IV) по сентябрь (IX) 2005 года

Суточный температурный градиент оказывается более высоким (8 - 9°C) в июне-июле - периоде активной вегетации во всех точках наблюдений и достигает максимальных значений (11°C) на широте Калевалы в июне - июле. При продвижении на Север значения градиентов уменьшаются и на широте Мурманска отмечается наименьший градиент - 4°C в мае. Аналогичные данные были получены и по 2004 году. Этот анализ показал, что выявленные нами закономерности свидетельствуют о существовании градиента температурных условий при продвижении по трансекте Карелия - Мурманск. В Карелии район Калевалы является той реперной точкой, где отмечается пик нестабильности климата за счет перепадов ночной и дневной температур. Большой интерес представляют данные о кратковременном снижении температуры в суточном цикле. Оказалось, что в течение вегетации это отмечается достаточно часто и продолжительность снижения достигает 2-4 часов (рис. 3).

Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют, что выявленную нами системную реакцию растений (по увеличению скорости развития, биомассы и устойчивости) в ответ на переменные суточные температуры, которые являются обычными в природе, можно рассматривать как адаптивный ответ на нестабильность суточного климата. Эта адаптация позволяет растениям на фоне более высокой устойчивости увеличивать продуктивность и ускорять развитие, что способствует их выживанию. И если на территории Карелии значимость нестабильности климата достаточно высока на широте Петрозаводска и увеличивается до Калевалы, то в Мурманской области ведущими являются низкие среднесуточные температуры и именно они нивелируют различные температурные градиенты.

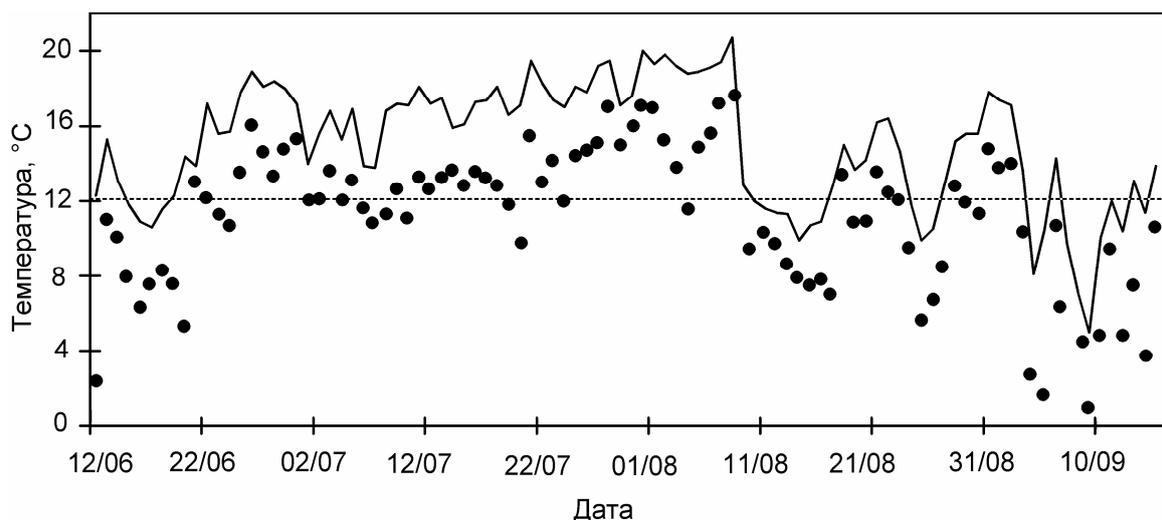


Рис. 3. Динамика среднесуточной температуры воздуха в период активной вегетации растений в г. Петрозаводске (2004 г.). Точки – кратковременные (менее 3 ч) снижения температуры ниже 12°C.

Таким образом, относительно резкие перепады (1-2 часа) температуры (от оптимальных значений до закалывающих) в течение суток следует рассматривать как один из ведущих факторов, адаптации растений при их продвижении на Север в условиях Северо-Запада России. В соответствии с прогнозом на ближайшие десятилетия, нестабильность суточной температуры, проявляющаяся в резких переходах от оптимальных к субоптимальным значениям, особенно в ранневесенний период, будет усиливаться (Филатов и др., 2003), что необходимо учитывать при выращивании растений как в открытом, так и защищенном грунте, особенно на территории Карелии. Следует отметить, что проблеме влияния переменных температур, как фактору адаптации растений в условиях Севера, так и в связи с общей проблемой изменения климата уделяется недостаточно внимания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 04-04-48029, 05-04-97515).

## Литература

- Заар Э.И., Кенигсберг Э.В., Лозина-Лозинский Л.К., Рыбак В.Л. Переменные температуры как фактор повышения уровня энергетических процессов пойкилотермных организмов // Журнал общей биологии. 1989. Т. 50, № 2. С. 529-540.
- Мальшев А. А. Термопериодизм и его значение в развитии растений // Ботанический журнал. 1952. Т. 37, № 2. С. 139-157.
- Марковская Е.Ф., Сысоева М.И. Роль суточного температурного градиента в онтогенезе растений. М.: Наука, 2004. 119 с.
- Марковская Е.Ф., Сысоева М.И., Харькина Т.Г., Шерудило Е.Г. Влияние кратковременного снижения ночной температуры на рост и холодостойкость растений огурца // Физиология растений. 2000. Т. 47. № 4. С. 511-515.
- Мошков Б. С. Актиноритмизм растений. М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 272 с.
- Радченко С. И. Температурные градиенты среды и растение. М.-Л.: Наука. 1966. 390 с.
- Филатов Н.Н., Назарова Л.Е., Сало Ю.А., Семенов А.В. Динамика и прогноз изменения климата Восточной Фенноскандии // Гидроэкологические проблемы Карелии и использования водных ресурсов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2003. С. 33-39.
- Markovskaya E.F., Sherudilo E.G., Sysoeva M.I. Influence of long-term and short-term temperature drops on acclimation and de-acclimation in cucumber cold resistance // Acta Horticulturae. 2003. V. 618. P. 233-236.

## ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПАЗАРИТА И ХОЗЯИНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАРАЖЕНИЯ

Е. М. Матвеева, Е. П. Иешко

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

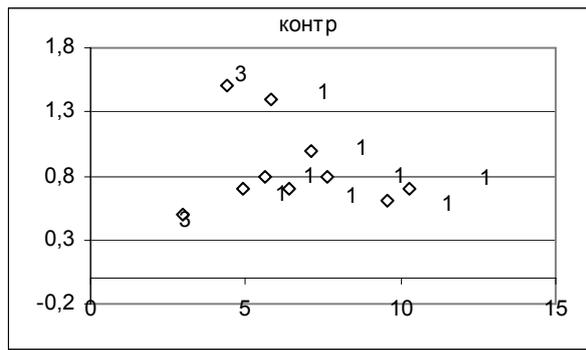
Специфичность паразитарной системы «растение – паразитическая нематода» проявляется в том, что хозяин адаптивно реагирует на присутствие нематод, причем характер этих изменений зависит от индивидуальных особенностей партнеров, их физиологического состояния в момент контакта, инвазионной нагрузки и условий окружающей среды. На примере паразитарной системы «картофельная цистообразующая нематода *Globodera rostochiensis* – картофель *Solanum tuberosum*» выявлены особенности взаимодействия «паразит-хозяин» при различной численности паразитической нематоды, влиянии комплекса патогенов и показана роль индивидуальных реакций хозяев на заражение (Матвеева и др., 1997; Матвеева, 1998; Иешко и др., 1999).

При высокой зараженности картофеля существенно изменяются морфометрические показатели: желтеют и усыхают листья, угнетаются ростовые процессы, снижается продуктивность (Соловьева и др., 1989). При низком уровне инвазии нередко наблюдается убыстрение темпов развития растения-хозяина и повышение его продуктивности (Соловьева, 1984; Перевергин, 1994; Матвеева, 1998). Несмотря на то, что визуально зараженные растения не отличаются от здоровых, существенные изменения в фосфорном и углеводном обменах уже происходят. На ранних стадиях болезни значительно снижается количество фосфора в надземной массе картофеля, что, возможно, связано с интенсивными тратами фосфора на поддержание основных физиологических процессов растений в условиях стресса. Содержание крахмала у опытных растений было в 4 раза меньше, чем в контроле. Крахмал является основным запасным углеводом растений, и снижение его запасов говорит об активно происходящих гидролитических процессах в зараженных растениях. При исследовании других фракций углеводных соединений (сахарозы, глюкозы и фруктозы) выявлено увеличение их содержания в зараженных растениях по сравнению с контролем (в 3, 7 и 2 раза соответственно). Рост концентрации моно- и дисахаров и усиленный их приток в зону локализации паразита является необходимым условием для успешного питания личинок и продолжения функционирования инвазированной ткани. Таким образом, выделяется специфическая фаза развития инвазионного процесса, когда при низкой численности или начальной фазе заражения паразитами не выявляются визуальные признаки заражения, но наблюдается существенное воздействие паразита на обменные процессы хозяина, которое компенсируется растением за счет усиления метаболической активности.

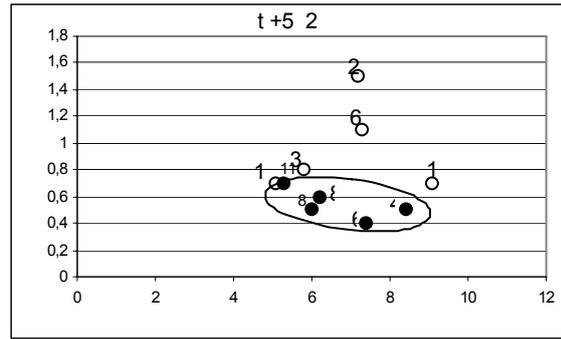
Особый интерес представляет изучение индивидуальных ответных реакций растений-хозяев при низкой дозе заражения. Результаты исследований показали наличие неоднородности в восприимчивости отдельных растений к заражению, что свидетельствует о выраженной роли индивидуальных реакций хозяев на заражение. В пределах случайной выборки растений доля особей, имеющих выраженную устойчивость к поражению паразитической нематодой, составляет одну треть, что проявляется в повышении продуктивности растений и низком коэффициенте размножения нематоды (отношении конечной численности к исходному уровню заражения). Однако при высоких дозах заражения паразит способен подавить индивидуальную сопротивляемость растения, в связи с чем наблюдаются более высокие уровни конечной инвазии и более равномерное распределение паразита на растениях. Исследование влияния абиотических факторов (кратковременного понижения температуры) на характер взаимоотношений паразита и хозяина при низкой дозе заражения также выявило изменения в индивидуальных ответных реакциях растений на заражение (рис. 1).

Установлено, что при кратковременном воздействии низкой температуры в отличие от постоянно действующей или оптимальной (контроль) резко возрастает доля растений, показывающих выраженную устойчивость к заражению (рис. 1, Б). Они имеют низкий вес корневой системы и более высокий вес клубней ( $P < 0.03$ ).

А



Б



В

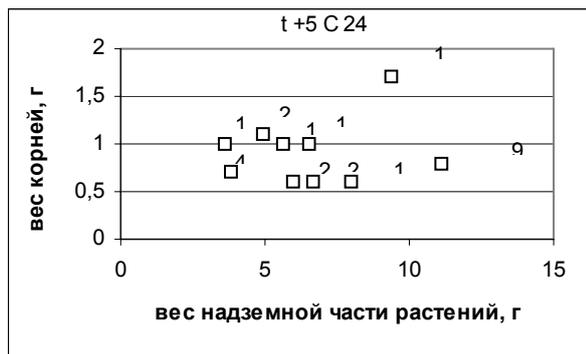


Рис. 1. Влияние кратковременного воздействия низких температур на морфометрические показатели зараженных нематодой растений (цифрами показано количество цист нематоды, развившихся на корнях картофеля)

Распределение количества цист нематоды после кратковременного воздействия низкой температуры показало, что в выборке преобладают растения с низкой численностью самок нематоды по сравнению с контролем (рис. 2). В контроле наблюдается нормальное распределение численности нематоды, когда в выборке представлены растения и с низкой, и высокой зараженностью нематодой. У растений, подверженных кратковременному воздействию температуры на ранних стадиях онтогенеза, кривая распределения меняется, большинство растений характеризуется слабым заражением.

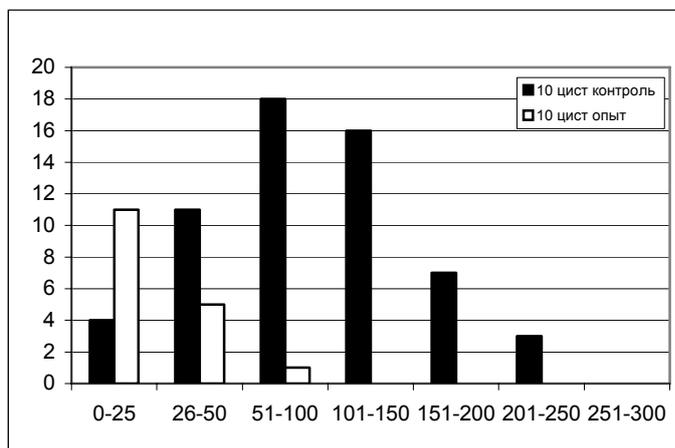


Рис. 2. Распределение количества цист нематоды после кратковременного воздействия низкой температуры

Таким образом, кратковременное воздействие температуры на ранних стадиях онтогенеза усиливает толерантность растения к паразиту. Это может быть проявлением повышения неспецифической устойчивости, которое было установлено экспериментальным путем на нескольких видах растений после кратковременного воздействия низкой температуры (Sysoyeva et al., 2005).

Все вышеизложенное позволяет выдвинуть предположение, что паразит является для растения-хозяина селективным фактором. При становлении паразито-хозяйинных отношений встречаются две гетерогенные популяции. Как пройдет их взаимодействие? Какими факторами можно воздействовать, чтобы максимально использовать «узкие места», возникающие во взаимоотношениях между нематодой, растением-хозяином и окружающей средой? При этом необходимо выявить те условия, при которых обеспечивается максимальная устойчивость хозяина к заражению облигатным паразитом.

## Литература

- Иешко Е.П., Матвеева Е.М., Груздева Л.И. Экспериментальное изучение популяционных аспектов взаимодействия хозяина и паразита на примере картофеля - золотистая картофельная нематода *Globodera rostochiensis* // Паразитология, 1999. № 5, С 340-349.
- Матвеева Е.М., Груздева Л.И., Евстратова Л.П. Влияние патогенов на ростовые процессы картофеля // Вестник РАСХН, 1997. № 4, С. 29-32.
- Матвеева Е.М. Популяционные аспекты взаимодействия паразитической нематоды *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975 и растений картофеля. Автореферат канд. дисс. Москва, 1998. 25 с.
- Перевертин К.А. К вопросу о стимуляции прироста биомассы сельхозкультур минимальными - ниже порога толерантности - инвазионными нагрузками фитонематод // Тез. докл. I Всеросс. конф. по свободноживущим и паразитическим нематодам. Борок. 1994. С. 22-23.
- Соловьева Г.И. Взаимоотношения нематод и растений в системе "паразит - хозяин" // Итоги науки и техники. Т.4. Защита растений. М., 1984. С. 28-113.
- Соловьева Г.И., Потаевич Е.В., Богданова А.П., Макарычева И.В., Коваленко Т.Е. Физиология глободерорезистентности картофеля. Л.: Наука, 1989. 134 с
- Soyoyeva M.I., E.G. Sherudilo, E.F. Markovskaya, L.A. Obshatko, E.M. Matveeva. Temperature drop as a tool for cold tolerance increment in plants // Plant Growth Regulations, 2005, № 46, P. 189-191.

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

М. В. Медведева<sup>1</sup>, О. Н. Бахмет<sup>1, 2</sup>, А. С. Яковлев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Как известно, для раннего выявления неблагоприятного состояния почв рекомендуется использовать наиболее чувствительные микробиально-биохимические показатели, адекватно отражающие флуктуации внешних воздействий (Добровольский, 1986; Андреюк и др., 1987; Мотузова, 1994; Медведева, Бахмет, 2003). Вместе с тем, методология биоиндикации антропогенно нарушенных почв до конца не разработана. Решение данной задачи возможно на основе предложенной Д.Г. Звягинцевым концепции строения и функционирования комплекса почвенных микроорганизмов для корректной интерпретации результатов микробиологических и биохимических исследований (Звягинцев, 1987).

Исследование проводилось в районе Костомукшского ГОКа. По градиенту Костомукша-Кайнуу на разном удалении от промышленного предприятия были заложены пробные площади. Объектами детального исследования были выбраны подзолы иллювиально-железистые, сформированные на песчаной морене. В процессе многолетних исследований авторами создавалась база данных, характеризующая норму реакции важнейших эколого-трофических групп микроорганизмов естественных и антропогенно нарушенных почв. Отбор проб для анализов проводился по традиционной в почвенной микробиологии методике. Исследовали верхний органогенный горизонт (АО', АО''). Учет численности микроорганизмов различных функциональных групп, трофическую и таксономическую структуру микробиоценозов проводили методом посевов на селективные питательные среды (Методы..., 1991). Для характеристики условий функционирования микробиоценозов определяли состав органического вещества почв по методу И.В. Тюрина (Тюрин, 1943). Все определения

проводили в трехкратной повторности. Полученные данные обрабатывались при помощи методов параметрической статистики на 95% уровне значимости по общепринятой методике.

Анализ свидетельствует, что затяжной характер деструкции мортмассы в лесных экосистемах во многом обусловлен низким содержанием бактерий сапрофитного комплекса в подстилках. На участках, испытывающих наименьшее влияние аэрополлютантов предприятия, численность бактерий, использующих органические соединения азота, низкая. Механизмы, препятствующие выносу азота за пределы экосистемы, проявляются на уровне микробоценоза: относительно высокая численность подстилочных олигонитрофилов, так называемая группа «рассеяния», способствует перехвату и, следовательно, закреплению ничтожно малых порций азота в микробном звене трофической цепи.

На фоне аэротехногенного загрязнения гомеостаз микробного ценоза нарушается. Отмечается возрастание численности бактерий, участвующих в круговороте азотсодержащих соединений. Почвы таежных ландшафтов Фенноскандии, сформированные на продуктах выветривания кислых бескарбонатных пород Балтийского кристаллического щита, отличаются низким содержанием микроэлементов. Вполне допустимо, что металлы в составе аэрополлютантов оказывают стимулирующее действие на микроорганизмы, реакция микробоценоза при этом выражается в изменении их численности и разнообразия. Это подтверждается данными качественного состава бациллярного комплекса органолитиков. Увеличение гетерогенности спорообразующих бактерий связано с изменением свойств почв.

Наибольшую «оборачиваемость» в круговороте веществ, как известно, имеют лабильные компоненты гумуса (Кобак, 1988). Под действием ферментных систем микроорганизмов они минерализуются до мономерных фрагментов, которые являются основой для нового синтеза гуминовых и фульвокислот. Результаты показали, что для исследованных почв характерно образование фульватного гумуса. Для органического вещества данных почв характерно малое количество гуминовых и фульвокислот, связанных с кальцием, и незначительное содержание или полное отсутствие кислот, прочно связанных с полуторными окислами. Таким образом, ГК и ФК представлены, в основном, подвижными формами, связанными с полуторными окислами или находящимися в свободном состоянии. Высвобождающиеся при минерализации растительного опада компоненты создают кислую реакцию, которая неблагоприятна для процессов конденсации продуктов полураспада. В лесных подстилках пробной площади, расположенной на расстоянии 5 км от комбината, прослеживается изменение соотношения С<sub>гк</sub>/С<sub>фк</sub>.

В лесных подстилках почв, находящихся в условиях аэротехногенного загрязнения, в результате изменения структуры и состава микроорганизмов важнейших эколого-трофических групп, нарушается процесс синтеза-распада лабильных соединений гумуса, в целом круговорот элементов-биофилов. Возрастание содержания гомо- и гетерополимеров в подстилках изучаемых почв можно рассматривать как один из протекторных механизмов лесного фитоценоза к действию эмитентов и использовать как «экспресс-метод» оценки их состояния.

Для анализа и прогноза развития почв, находящихся в условиях аэротехногенного загрязнения, представляется возможным использование отдельных микробиологических показателей, а также фракционного состава углеродсодержащих соединений.

## Литература

- Андреюк Е.И., Иутинская Г.А., Валогурова Е.В., Козырицкая В.Е., Иванова Н.И., Остапенко А.Д. Иерархическая система биоиндикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Почвоведение. 1987. № 12. С. 1491-1496.
- Аринушкина Е.В. Руководство к химическому анализу почв. М. 1961. 491 с.
- Добровольский Г.В. Мониторинг и охрана почв // Почвоведение. 1986. № 12. С. 24-29.
- Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ, 1987. 256 с.
- Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 248 с.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГЦУ, 1991. 303 с.
- Мотузова Г.В. Соединения химических элементов в почвах как природная среда // Вестник Моск. Ун.-та. 1994. №3. С. 55-63.
- Медведева М.В., Бахмет О.Н., Яковлев А.С. Биологическая диагностика аэротехногенного загрязнения лесных почв Восточной Фенноскандии // Почвоведение. 2003. № 1. С. 106-112.
- Тюрин И.В. К характеристике типов гумуса лесных почв // Почвоведение, 1943. № 1-2. С. 24-46.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЦЕНКЕ ВНУТРИВИДОВОЙ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ, ОБИТАЮЩЕЙ В Р. ВАРЗУГЕ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

О. В. Мещерякова<sup>1</sup>, А. И. Груздев<sup>1</sup>, Н. Н. Немова<sup>1</sup>,  
А. Е. Веселов<sup>1</sup>, А. И. Лупандин<sup>2</sup>, Д. С. Павлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, Москва, Россия

В течение нескольких лет в Институте биологии КарНЦ проводится изучение механизмов миграционного поведения, расселения, и выживания молоди атлантического лосося в одной из крупнейших речных систем Кольского полуострова - р. Варзуге. Установлено, что весной при повышении температуры воды личинки лосося одной генерации (из одного нерестового гнезда) распределяются на двух выростных участках: часть личинок остается на местах нереста в главном русле реки, перемещаясь в прибрежную зону, а другая, не смотря на высокую скорость течения, активно мигрирует в примыкающие притоки или ручьи, располагающие более хорошей кормовой базой и наиболее благоприятными топогидрологическими условиями обитания. Обитающая там молодь лосося активно противостоит потоку воды, отличается более высокой скоростью прироста мышечной массы и большей выживаемостью. В связи с этим, возникает вопрос, почему часть личинок после выклева остается на местах нереста в русле реки, а другая активно мигрирует в приток? Считается, что, значительная разнокачественность морфо-физиологических признаков присущая малькам лосося, обусловлена сроками их вылупления, что в свою очередь оказывает влияние на их миграцию и приспособительное поведение в потоке (Веселов, Калюжин, 2001). При этом, различия в темпах индивидуального развития молоди может быть вызвано неоднородностью яйцеклеток в пределах одной и той же порции или являться следствием изменчивости на эмбриональном уровне. Для выяснения физиолого-биохимических причин возникновения внутривидовой изменчивости и дифференциации молоди рыб исследовали особенности энергетического метаболизма у эмбрионов лосося, взятых перед выклевом с одного нерестового бугра в русле р. Варзуга, а также мальков-сеголеток (0+) одной генерации, обитающих на разных выростных участках реки в главном русле и в ближайшем притоке Пятка.

Энергетический обмен оценивали по активности ферментов, участвующих в основных метаболических путях и связанных с аэробным и анаэробным синтезом АТФ. Цитохром с оксидаза (ЦО, КФ 1.9.3.1) - характеризует уровень аэробного метаболизма (дыхания) и, соответственно, уровень аэробного синтеза АТФ, альдолаза (КФ 4.1.2.13) и изоферменты лактатдегидрогеназы (ЛДГ, КФ 1.1.1.27) группы А (ЛДГ-А)-участвуют в процессе анаэробного синтеза АТФ (гликолиза), который является основным процессом энергообеспечения работающей мышцы, а группа-В участвует в аэробных метаболических процессах, малатдегидрогеназа (МДГ, КФ 1.1.1.37) участвует в цикле Кребса и наряду с ЦО характеризует уровень аэробного метаболизма, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа (Г-6-ФДГ, КФ 1.1.1.49) - является ферментом пентозофосфатного пути окисления глюкозы, поставляющем восстановительные эквиваленты для биосинтетических процессов и 1-глицерофосфатдегидрогеназа (1-ГФДГ, КФ 1.1.1.8) участвует в образовании или распаде глицерофосфата – предшественника структурных и запасных липидов и, таким образом, связывает углеводный и липидный обмен. Активность ферментов определяли спектрофотометрически по общепринятым методикам.

Известно, что качество икры рыб и жизнеспособность развивающихся из нее зародышей может быть охарактеризовано интенсивностью аэробного метаболизма (дыхания) и анаэробного гликолиза, а также активностью цитохромной системы. Эти процессы сопряжены с аэробным и анаэробным синтезом АТФ, поэтому, чем интенсивнее они протекают, тем выше жизнеспособность и выживаемость эмбрионов. При исследовании выборки эмбрионов лосося, взятых с одного нерестового бугра, было обнаружено, что активность исследуемых ферментов у них значительно варьирует, что является закономерным следствием морфо-физиологической разнокачественности популяции, которая, особенно выражена в периоды оогенеза и эмбрионально-личиночного развития. Применение корреляционного анализа к выборке выявило взаимозависимость в активности ферментов. Так,

большей активности ЦО соответствовала более высокая активность ЛДГ, МДГ и 1-ГФДГ, но при этом активность Г-6-ФДГ, как правило, была наиболее низкой. Высокая активность ЦО и МДГ свидетельствует об интенсивно протекающем процессе окислительного метаболизма (дыхания) и, соответственно, аэробного синтеза АТФ. Активизация анаэробного метаболизма (гликолиза) и анаэробного синтеза АТФ характеризуется увеличением активности ЛДГ. Кроме того, более высокая активность ЛДГ (на последних стадиях развития эмбрионов рыб) свидетельствует о развитии мышечной системы и высокой двигательной активности зародышей (Клячко, Озернюк, 2001). Снижение активности Г-6-ФДГ указывает на использование запасенных в процессе созревания икры веществ для образования энергии и процессов роста и развития зародыша. Таким образом, некоторые эмбрионы лосося изначально имеют более высокую активность ЦО, МДГ, ЛДГ и 1-ГФДГ, а следовательно, и уровень общего метаболизма, сопряженного с аэробным и анаэробным процессом синтеза энергии АТФ. Более высокий уровень метаболизма обеспечивает процессы роста и развития зародыша необходимым количеством энергетических и пластических ресурсов, что повышает его жизнеспособность, активность и подвижность. Все это дает определенные преимущества в период вылупления личинок лосося, при эндогенном питании и при переходе на активное питание. Вероятно, при распределении из нерестовых гнезд такие личинки обладают большими энергоресурсами и мышечной массой, поэтому, не смотря на высокую скорость течения, могут активно мигрировать в приток, имеющий лучшие условия для их дальнейшего развития. Низкий уровень окислительного метаболизма становится ограничителем роста, массы и подвижности зародыша (Новиков, 2000), поэтому эмбрионы с более низкой активностью ферментов ЦО, МДГ, и ЛДГ, вероятно, будут иметь меньший уровень энергетических и пластических ресурсов, будут готовы к вылуплению в более поздние сроки, менее жизнеспособны, активны и конкурентноспособны.

При сравнительном изучении активности ферментов у сеголеток, обитающих в русле р. Варзуга и в притоке Пятка были обнаружены существенные различия. У мальков из притока наблюдался значительно более высокий уровень общей активности лактатдегидрогеназы, а также активности альдолазы. Повышение уровня ЛДГ было обусловлено за счет возрастания (более чем на 50 %) активности изоферментов группы А, которые участвуют в процессе гликолиза, то есть, в анаэробном синтезе АТФ и характерны для тканей и органов с преимущественным анаэробным метаболизмом, например, для интенсивно работающих мышц. Установлено, что для рыб существует прямая корреляция между общей активностью ЛДГ, изоферментов ЛДГ группы А и ростом мышечной массы. Таким образом, более высокий уровень активности ферментов у мальков из притока, свидетельствует об их высокой физической активности. Следует отметить, что молодь из притока значительно превосходит молодь из русла реки по морфологическим признакам: весу (+41%), а также по росту (+13%), что является закономерным следствием приспособления ее к высокой скорости течения воды: при возрастании физической нагрузки увеличивается объем мышечной массы, увеличение мощности мышц, возрастание массы и размеров тела. В активности ферментов индикаторов аэробного метаболизма цитохром оксидазы, малатдегидрогеназы и изоферментов ЛДГ группы В не было обнаружено достоверных различий, из чего следует, что по уровню окислительного метаболизма и, соответственно, аэробному синтезу АТФ сеголетки из русла реки и притока не различались. Однако возрастание общей активности ЛДГ и активности альдолазы, свидетельствовало о более высокой интенсивности общего метаболизма при том же уровне потребления кислорода. Таким образом, отмеченная интенсификация энергетического метаболизма у молоди, обитающей в притоке, обусловлена повышением уровня анаэробного синтеза АТФ.

Важная особенностью энергетического обмена сеголеток притока – достоверно более низкий уровень (-10%) активности глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, участвующей в пентозофосфатном пути (ПФП) окисления глюкозы. Снижение интенсивности этого пути является важнейшей приспособительной реакцией организма направленной на экономию глюкозы и использование ее, прежде всего, в энергетических целях - в гликолизе и только потом - в процессах биосинтеза и запасания веществ (Малиновская, 1988). По нашим данным, у мальков из притока наблюдалось перераспределение в использовании глюкозы: за счет снижения уровня окисления ее в ПФП, возрастало ее использование в анаэробном гликолизе (что подтверждается также возрастанием активности гликолитических изоферментов ЛДГ-А). Отмеченные перестройки в метаболических путях дают возможность синтезировать дополнительное количество АТФ и использовать его для энергообеспечения мышц при высокой физической нагрузке.

Отличием молоди лосося из притока является также более высокая активность 1-глицерофосфатдегидрогеназы, что свидетельствует о более интенсивном образовании глицерофосфата, который используется в синтезе запасных и структурных липидов. Возможно, хорошая кормовая база притока, по сравнению с кормовой базой русла реки, позволяет использовать питательные вещества не только на поддержание необходимого уровня метаболизма и на обеспечение высокой физической активности, но и запастись их. Это предположение хорошо согласуется с данными о более высокой концентрации общих липидов, триацилглицеринов и фосфолипидов у мальков из аналогичных мест обитания, а также с высокими показателями веса и роста молоди.

Таким образом, возникновение физиолого-биохимической разнокачественности в популяции во многом определяет судьбу отдельных генераций, их численность и выживаемость. На ранних стадиях жизненного цикла наиболее активные и крупные особи обладают целым рядом преимуществ перед остальной частью генерации, что увеличивает их шансы на выживание. Наши данные позволяют сделать заключение, что при распределении из нерестовых гнезд часть выклюнувшихся личинок лосося, изначально имеет более высокий уровень общего метаболизма, аэробного и анаэробного синтеза АТФ, обладает большими запасами энергоресурсов и мышечной массой, поэтому обладают целым рядом преимуществ перед остальной частью генерации, что увеличивает их шансы на выживание. Они способны активно мигрировать в притоки или ручьи в поисках лучших условия для дальнейшего развития.

Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ (грант 05-04-48729а), ФЦНТП (2006-РИ-112.0/001/287) и грантов Программы Президента РФ «Ведущие научные школы России» (НШ-864-2003-4 и НШ- 4310-2006.4)

## **ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОКСИЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ЦИТОХРОМА P-450 У РЯПУШКИ *COREGONUS ALBULA* L. ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА**

**Д. Н. Морозов, Р. У. Высоцкая, И. В. Рячки**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Среди антропогенных факторов, действующих на гидробионтов северных широт, наибольшую опасность представляют промышленные стоки, содержащие соли тяжелых металлов (Лукьяненко, 1987; Моисеенко, Кудрявцева, 1995; Лукин, Кашулин, 1996, Лукин и др., 1998; Кашулин и др., 1999).

Токсичность тяжелых металлов тесно связана с их физико-химическими свойствами (Дмитриева и др., 2002). Им свойственна высокая биологическая активность, способность аккумулироваться в тканях и органах живых организмов (Clarkson, 1997). Важную роль в формировании защитной реакции организма и биотрансформации ксенобиотиков играет микросомальная монооксигеназная система, неотъемлемой частью которой является цитохром P-450 (Арчаков, 1975; Мишин, Ляхович, 1985; Pacifici et al., 1995).

В связи с вышесказанным проводилось изучение гидроксилазной активности цитохрома P-450 из микросом печени рыб при воздействии промышленных отходов.

Объектом исследования служила ряпушка европейская *Coregonus albula* L. Гидроксилазную активность цитохрома P-450 определяли в микросомах печени у самок и самцов рыб, выловленных из озера Ковдор, загрязняемого стоками горно-обогатительного комбината и озера Сямозера, принятого за условно чистый водоем.

Результаты исследований показали наличие активности анализируемого фермента в микросомальных фракциях рыб из загрязненного водоема. В микросомах рыб из чистого района активность практически не проявлялась, что может свидетельствовать о благоприятной экологической обстановке в данном водоеме. Известно, что монооксигеназная система может индуцироваться различными загрязнителями окружающей среды, в том числе и тяжелыми металлами. У самок и самцов

ряпушки из загрязненной акватории гидроксилазная активность цитохрома P-450 практически не отличалась. Для сига из этого же региона наблюдалась иная реакция. У самок активность этого фермента была выше по сравнению с самцами (Морозов, 2004).

Для выяснения механизма влияния тяжелых металлов на монооксигеназы был поставлен эксперимент *in vitro*: из печени самок и самцов ряпушки, выловленных из загрязненного водоема, выделяли фракцию микросом и проводили исследование воздействия различных концентраций  $ZnSO_4$  на гидроксилазную активность цитохрома P-450 в этих пробах.

Обнаружено, что повышение концентрации сульфата цинка вызывает у самок в отдельных случаях увеличение активности цитохрома P-450 в 4,7 раза. Введение высоких концентраций тяжелого металла в микросомальную фракцию печени самцов вызывало сначала активацию при определенной концентрации сульфата цинка. Дальнейшее увеличение концентрации действующего агента вызывало инактивацию монооксигеназы самцов. Возможным механизмом изменения активности цитохрома P-450 в присутствии тяжелых металлов является то, что ионы металлов участвуют в самой каталитической реакции за счет образования комплекса металл-гемопротейд.

Несмотря на то, что при отсутствии воздействия неблагоприятных факторов активность цитохрома P-450 у представителей обоих полов практически одинакова, степень активации данного фермента под действием указанного типа загрязнения у самцов и самок различается. Так, по данным наших исследований, абсолютные значения активности фермента у самок сига были выше, что свидетельствует об эффективном использовании монооксигеназной системы, а, следовательно, и большей жизнеспособности самок в загрязненной зоне по сравнению с самцами.

Это может быть связано с тем, что у самок в период формирования половых продуктов (рыбы были взяты 3-4 стадии зрелости гонад) увеличено содержание жирорастворимых витаминов (D, E, K), обладающих протекторным действием по отношению к мембранам клеток, в том числе и к микросомам, содержащим цитохром P-450 (Klinkesorn et al., 2005). Эти витамины связывают и выводят радикалы и тем самым препятствуют разрушению мембран, а значит, способствуют нормальному функционированию фермента при неблагоприятных условиях.

Таким образом, разная чувствительность полов может быть обусловлена неодинаковой реактивностью защитной антиоксидантной системы. Монооксигеназная система самок более лабильна, активность цитохрома P-450 наблюдается при самых неблагоприятных условиях. У самцов – обратная картина, достигая предела чувствительности, их защитная система практически полностью выключается, что повышает восприимчивость к различным загрязнителям.

Выраженная реакция ряпушки на загрязнение водоема тяжелыми металлами позволяет предложить использовать *Coregonus albula* L. как вид-индикатор состояния водной среды.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ НШ-4310.2006.4, ФЦНТП 2006-РП-112.0/001/287 и Программы ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами».

## Литература

- Арчаков А.И. 1975. Микросомальное окисление. М.: Наука, 326 с.
- Дмитриева А.Г., Кожанова О.Н., Дронина Н.Л. 2002. Физиология растительных организмов и роль металлов. М.: Изд-во МГУ, 160с.
- Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.А. 1999. Рыбы пресных вод субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты: КНЦ РАН, 142с.
- Лукин А.А., Кашулин Н.А. 1996. Влияние водозабора большой мощности на рыбное сообщество субарктического водоема // Водные ресурсы. Т. 23. № 5. С. 589-598.
- Лукин А.А., Даувальтер В.А., Кашулин Н.А., Раткин Н.Е. 1998. Влияние аэротехногенного загрязнения на водосборный бассейн озер Субарктики и рыб // Экология. № 2. С. 109-115.
- Лукьяненко В.И. 1987. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат, 240с.
- Моисеенко Т.Н., Кудрявцева Л.П. 1995. Никель в поверхностных водах Кольского Севера, его аккумуляция и токсичные эффекты // Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского Севера. Апатиты. С. 36-45.
- Мишин В.М., Ляхович В.В. 1985. Множественные формы цитохрома P-450. Новосибирск: Наука, 182 с.
- Clarkon T.W. 1977. Factors involved in heavy metal poisoning // Fed. Proc. V. 6. No 5. P. 1634-1639.

- Klinkesorn U., Sophanodora P., Chinachoti P., Mc Clements D.J., Decker E.A. 2005. Increasing the oxidative stability of liquid and dried tuna oil-in-water emulsions with electrostatic layer-by-layer deposition technology. *J. Agric. Food Chem.* V. 53. No 11. P. 4561-4566.
- Pacifici G.V., Fracchia G.N. 1995. *Advances in Drug Metabolism in Man* / Ed. Pacifici G.V., Fracchia G.N. Brussels; Luxembourg: Europ. Comis., 834 p.

## ЛИПИДНЫЙ СТАТУС ПЕЧЕНИ ПЕСТРЯТОК-СЕРЕБРЯНОК ПРОХОДНОЙ МИКИЖИ PARASALMO MYKISS (КАМЧАТКА) В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ К СКАТУ

З. А. Нефедова<sup>1</sup>, Т. Р. Руоколайнен<sup>1</sup>, О. Б. Васильева<sup>1</sup>, Н. Н. Немова<sup>1</sup>, Д. С. Павлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>ИПЭЭ РАН, Москва, Россия

Проведено сравнительное исследование липидных спектров печени самок и самцов пестряток-серебрянок проходной микижи на стадии Paug и Silver paug в период подготовки их к смолтификации и скату в море.

Печень является основным органом метаболизма липидов, как для своих собственных мембран, так и для других органов и тканей, к которым они переносятся плазмой крови в составе липопротеинов. Липиды, выполняющие функции структурных и высокоэнергетических веществ, требуются не только в период эмбрионального развития, но и для выживания личинок после выклева. Личинки, обладая достаточным запасом липидов, способны обойтись без экзогенной пищи в течение нескольких суток после выклева (Houde, Schekter, 1983).

Методами тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии и спектрофотометрии определяли содержание суммарных липидов и их отдельных фракций: триацилглицеринов (ТАГ), холестерина (ХС) и его эфиров (ЭХС), фосфолипидов (ФЛ) (в том числе фосфатидилинозитола (ФИ), фосфатидилсерина (ФС), фосфатидилэтаноламина (ФЭА), фосфатидилхолина (ФХ), лизофосфатидилхолина (ЛФХ) и сфингомиелина (СФМ)).

Исследовали липидный состав печени самок и самцов пестряток-серебрянок проходной микижи возраста 2+ и 3+ (объединенные пробы) на стадии Paug и Silver paug и получили следующие результаты. На стадии Paug содержание суммарных липидов в печени самок составляло 23,5 % от сухой массы, в которой преобладали ФЛ и ХС (14,6 и 7,5 % от сухой массы, соответственно). Доля запасных липидов – ТАГ и ЭХС составляла небольшой процент (0,7 и 0,8 % от сухой массы, соответственно). На стадии Silver paug в печени самок было отмечено снижение общих липидов, в том числе суммарных ФЛ и их отдельных фракций – ФС, ФЭА, ФХ, а так же соотношение ХС/ФЛ и повышение уровня ТАГ, ЭХС и ФИ и соотношение ТАГ/ФЛ, однако эти изменения были не достоверными. Исключение составлял ХС, содержание которого достоверно снизилось к стадии Silver paug.

Липидный статус печени самцов на стадии Paug достоверно не отличался от такового у самок микижи. У самцов на стадии Silver paug установлено достоверное снижение содержания общих липидов, в том числе ФЛ и ХС и повышение уровня СФМ и ЛФХ. Снижение уровня ХС в печени (и в мышцах – неопубликованные данные) как у самок, так и у самцов микижи, возможно, связано с процессом смолтификации. Наши результаты совпадают с данными Шеридан (1986), который установил, что в процессе смолтификации кижуча и стальноголового лосося снизилась концентрация липидов в сыворотке крови и тканях, в частности печени и красных мышцах значительно упал уровень ХС. Известно, что именно печень регулирует содержание ХС во всех органах и тканях (Полякова, 1981). Стадия смолтификации является одной из критических в онтогенезе рыб, и сопровождается стрессом, при котором происходит интенсивный синтез из ХС кортикостероидов, выбрасываемых в кровь и участвующих в адаптационной регуляции липолиза, гликогенолиза и протеолиза (Покровский, Тутельян, 1976). Причины количественных изменений структурных липидов и их на-

правленность могут определяться целым рядом процессов, в частности, поступлением структурных липидов с пищей, новообразованием и модификацией биомембран, вызванных усилением той или иной физиологической функции (активность движения, биосинтез гормонов, процесс серебрения перед скотом в море и др.). Увеличение уровня СФМ в печени (и в мышцах – неопубликованные данные) самцов микижи (у самок повышение СФМ не достоверно) на стадии Silver parr, возможно, связано с процессом серебрения. Известно, что интенсивность синтеза СФМ в печени находится под контролем циркулирующих в организме тиреоидных гормонов щитовидной железы и в составе липопротеинов секретируются в кровь, поступая в различные органы и ткани (Бабенко, Натарова, 1999). Щитовидная железа играет активную и многообразную роль в осуществлении смолтификации лососевых, и наибольшее увеличение ее активности наблюдается незадолго и во время миграции смолтов в море (Баранникова и др., 1991; Prunet et al., 1989).

Повышение содержания ЛФХ в печени самцов на стадии Silver parr коррелировало со снижением ФХ и, возможно, является одним из необходимых звеньев метаболизма в период серебрения и подготовки молоди микижи к скату. ЛФХ является продуктом метаболизма ФХ, основного компонента ФЛ большинства клеточных биомембран. К настоящему времени установлено, что ЛФХ образуется в липидном бислое клеточных мембран под воздействием наружных сигналов, активирующих гормончувствительную фосфолипазу А<sup>2</sup> и является одним из вторичных посредников в проведении сигнала через мембрану, влияет на функционирование ионных каналов (Кулагина и др., 2004).

Таким образом, в печени самок и самцов молоди микижи на стадии Parr было отмечено отсутствие половых различий в содержании как суммарных липидов, так и их отдельных фракций. На стадии Silver parr в печени как самок, так и самцов достоверно снизился уровень ХС, который является предшественником для синтеза кортикостероидов особенно необходимых в период смолтификации. Достоверное повышение уровня СФМ и ЛФХ в печени самцов микижи, возможно, является одним из миграционных импульсов, связанных с процессом серебрения перед скотом в море.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ (05-04-48729а, 02-04-48451а) и грантов президента РФ «Ведущие научные школы» (НШ 894.2003.4 и НШ 4310.2006.4), ФЦНТП 2006-РИ-112.0/001/287.

## Литература

- Бабенко Н.А., Натарова Ю.А. 1999. Роль тиреоидных гормонов в регуляции обмена сфинголипидов в печени // Биохимия. Т. 64. Вып. 8. С. 1085-1089.
- Баранникова И.А., Буковская О.С., Боев А.А., Дюбин В.П. 1991. Гормональная регуляция репродуктивной функции рыб (теоретические и практические аспекты) // Эндокринология размножения. СПб. С. 147-190.
- Кулагина Т.П., Шевченко Н.А., Архипов В.И. 2004. Влияние судорожной активности на липиды гомогената, нейрональных и глиальных ядер коры головного мозга крыс // Биохимия. Т. 69. Вып. 10. С. 1404-1409.
- Покровский А.А., Тутельян В.А. 1976. Лизосомы. М.: Наука, 382 с.
- Полякова Э.Д. 1981. Регуляция содержания холестерина в клетке. В кн.: Биохимия липидов и их роль в обмене веществ. М.: Наука. С. 120-127.
- Houde E.D., Schekter R.C. 1983. Oxygen uptake and comparative energetics among eggs and larvae of three subtropical marine fishes // Mar. Biol. Vol. 72. № 3. P. 283-293.
- Prunet P., Boeuf G., Bolton J.P., Young G. 1989. Smoltification and seawater adaptation in Atlantic salmon: plasma prolactin, growth hormone and thyroid hormones // Gen. Comp. Endocrinol. Vol. 74. P. 355-364.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА *BETULA PENDULA* VAR. *PENDULA* И *BETULA PENDULA* VAR. *CARELICA***

**Н. Н. Николаева, Д. С. Запевалова, Т. В. Карелина**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Изучение сезонного развития листового аппарата взрослых растений у форм березы повислой, различающихся по текстуре древесины (*Betula pendula* var. *pendula* - береза повислая с прямослой-

ной древесиной и *Betula pendula* var. *carelica* - карельская береза с узорчатой древесиной ствола) показало, что между степенью аномальности в строении тканей ствола и структурно-функциональными характеристиками листового аппарата существует тесная взаимосвязь (Николаева, 1998, 2004).

Для выявления динамики становления различий между ассимиляционным аппаратом обычной березы повислой и карельской березы было проведено исследование на молодых растениях.

Работа выполнена на двухлетних саженцах березы повислой и карельской березы, всего 42 дерева (по 21 в каждой группе), растущих на территории Агробиологической станции КарНЦ РАН. Часть растений была высажена в условиях теплицы (по 18 растений), а часть в условиях открытого грунта (по 3 растения). На опытных растениях под наблюдение были взяты 10-13 терминальных почек лидирующего побега. На протяжении сезона фиксировали динамику развития всех структур, сформированных из этих почек: на интактных ветвях делали замеры длины, ширины листовой пластинки, длины черешка и растущих побегов (силлептических и ауксибластов), общего количества листьев на каждую дату наблюдений. Интервал составлял 7 дней, в июле и августе – 20 дней.

Проведенные фенологические наблюдения в течение первого месяца вегетации (с периодичностью 2-3 дня, в дальнейшем 7 дней) показали, что разворачивание листьев из почек у березы повислой и карельской березы начиналось практически одновременно (4 мая), но карельская береза проходит эту фазу несколько быстрее.

У березы отмечено образование листьев двух поколений. Листья первого поколения полностью предсформированы в почке, весной они разворачиваются первыми – это листья на брахибластах и первые 2-3 листа на ауксибластах. Листья второго поколения разворачиваются после того, как листья первого поколения почти полностью завершат рост. Выявлено различие в количестве листьев первого поколения – 2 листа у саженцев березы повислой и 3 листа у саженцев карельской березы. По размерам (длина и ширина листовой пластинки и длина черешка) достоверных различий между листьями первого поколения березы повислой и карельской березы выявлено не было.

Листья второго поколения также появились одновременно у растений обеих групп (8 июня). В целом по сезону не было установлено достоверных различий ни в количестве листьев второго поколения, ни в их размерах.

15 июня на теплице было установлено пленочное покрытие, в результате чего по 18 растений из каждой группы оказались в теплице, а 3 растения карельской березы и 3 растения березы повислой остались в условиях открытого грунта. К этому времени по длине ауксибластов отличий не обнаружено, листья первого поколения уже прекратили свой рост, листья второго поколения продолжали формироваться и увеличиваться в размерах.

Развитие листьев тесно связано с развитием побегов. Помимо двух основных типов побегов – ростовых (ауксибластов), характеризующихся удлинненными междоузлиями и укороченных (брахибластов), с редуцированными междоузлиями, для березы характерно формирование силлептических побегов. Силлептические побеги – это боковые почки данного вегетационного периода на развивающемся ростовом побеге, даже еще недостаточно сформированные и лишенные почечных покровов, которые трогаются в рост без всякого периода покоя, одновременно с продолжающимся ростом в длину ростового побега. На середину июня у саженцев карельской березы отмечено большее количество силлептических побегов (6) по сравнению с березой повислой (1).

После установления пленочного покрытия за период с 15 до 29 июня у обеих групп берез в теплицах резко увеличивается количество листьев и силлептических побегов на ауксибластах, что связано, вероятно, с созданием благоприятных условий для их роста. К 29 июня уже 50% растений березы повислой и карельской березы имели силлептические побеги. Из растений, оставленных без пленочного укрытия только у одного растения березы повислой сформировались силлептические побеги, у карельской березы их не было. По размерам листьев у берез рассматриваемых групп как в условиях теплицы, так и в открытом грунте достоверных отличий не обнаружено.

Ауксибласты большую часть вегетационного периода работают на обеспечение собственного роста и развития и лишь к концу вегетации становятся источником ассимилятов, откладываемых в запас. В отличие от них, брахибласты сразу образуют розетку листьев, которые обеспечивают ассимилятами вторичный (камбиальный) рост ветвей и ствола и способствуют созданию в их тканях резервного пула сахаров. Следовательно, с точки зрения роста и развития тканей ствола березы большое значение имеет как количество в кроне брахибластов, так и их общая ассимилирующая поверхность.

В кроне саженцев карельской березы наблюдается большее процентное содержание брахибластов и большая средняя ассимиляционная поверхность одного брахибласта, что указывает на большую долю ассимилятов, которые уже в середине вегетационного периода могут направляться в единицу массы ствола. Из 21 растения березы повислой 3 растения имели по 1 брахибласту, из такого же количества карельской березы 4 растения имели по 2 брахибласта и 1 растение – 1 брахибласт. Количество листьев на брахибластах варьирует от 3 до 6 у березы повислой, у карельской березы – от 3 до 7.

Полученные данные позволяют предположить, что на ранних этапах онтогенеза формирование кроны у карельской березы начинается несколько раньше и происходит несколько более интенсивно, чем у березы повислой. Об этом свидетельствует и больший годичный прирост общей длины растения (рост в высоту, вынос точки роста к свету), и большее количество силлептических побегов (захват пространства) у карельской березы по сравнению с березой повислой. Так, например, средний прирост общей высоты растения за текущий вегетационный период составил  $88,67 \pm 4,25$  см для березы повислой и  $95,67 \pm 11,05$  см для карельской березы. Первое появление силлептических побегов отмечено у карельской березы 8 июня (1 побег), на 14 июня 6 побегов у 3-х растений. У березы повислой первые силлептические побеги зарегистрированы 14 июня, по одному у 3-х растений.

На втором году жизни у саженцев карельской березы и березы повислой начинается формирование кроны. Молодые растения стремятся захватить как можно больше жизненного пространства, чтобы обеспечить себя светом и, соответственно, питанием. Идет активный рост побегов первого, второго и третьего порядков. Уже на ранних этапах онтогенеза у карельской березы намечается тенденция к образованию большего числа брахибластов на одном растении (большого процентного содержания брахибластов в кроне), по сравнению с березой повислой. В совокупности с большим количеством и площадью листьев на одном брахибласте это, вероятно, способствует притоку большего количества ассимилятов в ствол в течение всего сезона вегетации и создает благоприятные возможности для старта развития растения весной.

## **ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СОЦВЕТИЯ *FESTUCA PRATENSIS* С СУПРЕССИРОВАННОЙ ХЛОРОФИЛЛДЕФЕКТНОСТЬЮ**

**Т. С. Николаевская**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Высокая фенотипическая пластичность злаков (Batigina, 1990; Taylor, Aarssen, 1988) обуславливает и довольно широкие внутривидовые и внутрипопуляционные колебания значений морфологических признаков, что позволяет характеризовать виды и популяции этих растений как с точки зрения уровня их полиморфизма, так и разделения систематических видов, групп, рас (Chanyı-Kovacs, Horanszky, 1973; Olah, 1981). Изменчивость и плодовитость являются важными компонентами приспособленности популяций в условиях Севера и действия отбора на разных этапах онтогенеза, в пределах поколения и в ряде поколений (Хедрик, 2003). Хотя варьирование морфологических структур, относящихся к системе полового размножения, менее значительно, чем у показателей вегетативной части растений, тем не менее характер и закономерности изменения этих показателей в панмиктических популяциях естественных и культивируемых видов растений представляет широкий биологический интерес. На изменчивость этих признаков могут оказывать влияние как генотипические особенности растений (мутации, гены-модификаторы, разная скорость развития и др.), условия их культивирования, так и эффекты взаимодействия этих факторов. Целью исследования явилось изучение фенотипического разнообразия по морфологическим показателям соцветия *Festuca pratensis* Huds., в связи с тем, что экспериментальная популяция была генетически неоднород-

на и характеризовалась наличием пула растений со скрытой хлорофиллдефектностью представляющей особый класс хлорофильных мутаций, заблокированных геном-супрессором.

Растения овсяницы выращивались при высокой температуре (35<sup>0</sup>С), подавляющей функцию гена-супрессора, в результате чего проростки с пигментными мутациями приобретали свойственный им хлорофиллдефектный фенотип в виде спектра депигментации первого листа проростка: виридис (viridis), ксанта (xantha), альбина (albina) и их комбинации (viridis-xantha, xantha-albina, albina-viridis и др.). Растения, не изменявшие пигментацию листа (зеленые) при этих условиях эксперимента, рассматривались как дикий фенотип. После перевода проростков в режим нормальной температуры (25<sup>0</sup>С) зеленая окраска листа восстанавливалась (реверсия к дикому фенотипу), и внешне они почти не различались. Маркированные по степени хлорофиллдефектности растения культивировали затем в полевых условиях в виде экспериментальной популяции. Регистрировались признаки: длина и форма метелки, а также количество осей второго порядка, колосков, цветков в колоске, цветков в соцветии, зрелых зерновок и фертильность соцветия.

Сравнительный анализ морфологических признаков соцветия у фенотипов овсяницы, различающихся степенью первичной хлорофильной мутации, показал, что эти растения незначительно отличались друг от друга по величине большинства исследованных признаков. Исключение составляли растения ревертанта albina, которые в течение двух лет наблюдений имели меньшее число колосков по сравнению со всеми другими фенотипами, меньшее число осей второго порядка по сравнению с виридис-ревертантами, но большее число цветков в колоске, особенно по сравнению с диким фенотипом. На следующий год вегетации растения-ревертанты в общем и целом сохраняли ту же самую величину соцветия, общее число цветков, длину первой оси второго порядка и число колосков в соцветии, как и растения предыдущего года жизни. Однако величина ряда других признаков достоверно изменилась: уменьшились почти в два раза количество зрелых зерновок и фертильность соцветия у всех фенотипов, а число осей второго порядка только у viridis-, xantha-и albina-ревертантов. Количество цветков в колоске у них, напротив, несколько увеличилось. Дисперсионный двухфакторный анализ зависимости величины морфологических признаков соцветия от генотипа растения или условий вегетации показал, что два мерных показателя – длина соцветия и первой оси второго порядка, практически не лимитируются этими факторами. Тогда как количество колосков и цветков в соцветии зависят от генотипа, а количество зрелых зерновок, фертильность соцветия и число цветков в колоске определяются условиями вегетации и возрастом растений.

Таким образом, в ходе исследования обнаружена относительно невысокая изменчивость ряда признаков генеративной сферы у хлорофиллдефектных фенотипов *Festuca pratensis* – длины соцветия, числа колосков, числа осей второго порядка, числа цветков, длины первой оси второго порядка, числа зрелых зерновок, числа цветков в колоске и фертильности. Полученный результат с наибольшей вероятностью связан с действием генов-супрессоров, защищающих эту сферу растения от влияния первичной хлорофильной мутации. Степень этой защиты менее всего проявляется у ревертанта albina, обладающего самым глубоким хлорофильным дефектом.

В отношении встречаемости различных форм соцветия у всех исследованных растений-ревертантов отмечено преобладание частоты ромбовидных над пирамидальными, наиболее резко это выражено у ксанта-ревертантов (в 3 раза), менее – у альбина-ревертантов (в 1.3 раза). Данные свидетельствуют о наличии редуцированных явлений в процессе формирования структуры соцветия у растений северной популяции, несущей хлорофильные мутации, прикрытые геном-супрессором (Николаевская, 2000). Необходимо отметить, что в преобразовании структуры соцветий существует тесное эволюционное взаимодействие между тремя процессами: рацемизацией (акропетально-базипетальный порядок заложения метамеров), гомогенизацией структуры (единый тип ветвления паракладиев) и редуцированными явлениями (усечение структур). Все это происходит на основе определенных корреляций в морфогенезе соцветия.

В соцветиях наиболее изменчивыми структурами являются число паракладиев и порядков их ветвления, которые могут варьировать в зависимости от условий произрастания растений и их генотипических особенностей (Troll, 1964; Кузнецова, 1998). Но, как видно из нашего исследования, модификационные изменения затрагивают не только количественные, но и мерные характеристики элементов соцветия. Разнообразные формы соцветий, присутствующие в популяциях овсяницы луговой, идентифицированы по соотношению размеров первой и второй осей. Отклонения от пирамидальной формы могут рассматриваться с морфологических позиций как результат нарушения корреляций в развитии и росте структурных элементов главной оси и осей второго порядка, возни-

кающих в период формирования метелки. Известно, что это взаимодействие меристем носит гормональный характер и регулируется генетически. В процессе морфогенеза соцветия происходит апикальное доминирование, когда терминальный колосок может ингибировать нижележащие параклади. В результате складывается некоторая каскадная система ингибирующих воздействий, которая приводит к редукциям морфологических структур соцветия. Этот механизм действует только в более ранний период развития осей разных порядков, вызывая неравномерность их роста (Barnard, 1964; Кириллова, 1977, 1987). С появлением зачаточных флоральных единиц (цветков и колосков) на осях высших порядков ингибирование может идти в обратном порядке от боковых осей к терминальным цветкам, взаимодействие становится более тесным и переходит на уровень внутри меристематических. Вследствие этих сложных взаимодействий возникают редукции терминальных цветков у нижних боковых осей, которые закладываются и дифференцируются в последнюю очередь, когда заканчивается деятельность верхушечных меристем. Отсюда и появление морфологических дефектов, довольно часто наблюдающихся и у других злаков (Vegetty, 1987; Николаевская, 1974). Исходя из современных представлений о процессах видообразования, можно предположить, что такие редукционные явления в структуре соцветия связаны с адаптивной видовой дивергенцией (Алтухов, 2003). Следовательно, варьирование и изменчивость в структуре репродуктивных органов у овсяницы луговой представляется адаптивной стратегией исследуемого вида, поддерживающей его устойчивость и целостность, успешное воспроизводство и проявляющейся целым диапазоном ответных реакций на внешние воздействия. Это особенно важно для исследуемого вида, находящегося на границе своего ареала (Синская, 1948). Такие адаптивные реакции провоцируются, возможно, целым комплексом экологических факторов, таких как географический (широтный) (Федоренко, 1998), температурный режим (Bean, 1970; Niemelainen, 1991), неравные условия переопыления, и, в конечном счете, определяют характер процессов морфогенеза в популяциях растений овсяницы луговой, несущих некоторый пул хлорофильных дефектов.

## **ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АНОМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТКАНЕЙ СТВОЛА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

**Л. Л. Новицкая**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Исследования проведены на формах березы повислой *Betula pendula* Roth с нормальным (обычная береза повислая – *B. pendula* var. *pendula*) и аномальным (карельская береза – *B. pendula* var. *carelica*) строением древесины и коры. Установлено, что для растений березы с узорчатой текстурой древесины, в отличие от березы с обычным строением тканей ствола, характерно повышенное содержание сахарозы в проводящей флоэме. Об этом свидетельствуют данные электронно-микроскопического и биохимического анализов. Если с помощью биохимического анализа были получены данные, усредненные на целый комплекс тканей коры или древесины, то применение электронной микроскопии позволило установить различия по уровню дисахарида между соседствующими участками флоэмы карельской березы, соответствующие зонам нормального и аномального камбиального роста.

Учитывая известную морфогенетическую роль сахарозы, было высказано предположение, что повышенное ее содержание в тканях может быть причиной наблюдаемых структурных аномалий. Проверка этой гипотезы включала серию экспериментов по созданию зон повышенного содержания сахарозы в тканях ствола обычной березы повислой и слабоузорчатой карельской березы. Их результатами было усиление насыщенности рисунка древесины у карельской березы и появление всего комплекса характерных аномальных структур у обычной березы повислой. Особый интерес представляют результаты экспериментов по введению в ткани ствола обычной березы растворов

сахарозы разной концентрации, которые наглядно продемонстрировали взаимосвязь между концентрацией сахарозы и типом дифференциации клеток и тканей коры и древесины. На одном и том же стволе обычной березы по его окружности в результате дискретного увеличения концентрации сахарозы были по отдельности воспроизведены все типы развития тканей ствола, характерные для карельской березы. Их чередование, как известно, образует на поперечном спиле уникальную текстуру древесины этого древесного растения. Таким образом, было показано, что: 1) разные уровни сахарозы индуцируют разный тип дифференциации тканей; 2) возрастание уровня сахарозы ведет к усилению отклонений от нормального роста и развития тканей ствола; 3) индуцированные разными уровнями сахарозы типы гистогенеза соответствуют таковым, чередующимся при образовании узорчатой древесины карельской березы.

Влияние сахарозы на морфогенез тканей ствола может осуществляться через несколько регуляторных механизмов. Во-первых, сама сахароза влияет на активность и образование расщепляющих ее ферментов. С другой стороны, продукты расщепления сахарозы по принципу обратной связи могут оказывать репрессивное действие на синтез инвертазы и сахарозосинтазы. Возможно, что особая роль в этом принадлежит фруктозе, поскольку она, по сравнению с другими продуктами расщепления сахарозы - глюкозой и УДФглюкозой, медленнее вовлекается в метаболизм и поэтому накапливается в зонах активного роста. Данное предположение подтверждают результаты наших исследований по введению в ткани ствола экзогенной фруктозы.

Известна важная роль фитогормонов в формировании проводящих тканей дерева. Для развития волокнистых трахеид и сосудов ксилемы необходим ауксин (ИУК), а ситовидных трубок флоэмы - гиббереллин. Гормоны присутствуют в растении в активной и неактивной (конъюгированной) формах. Важную роль в образовании конъюгатов ауксина и гиббереллина играют продукты расщепления сахарозы – глюкоза и УДФглюкоза.

Схему, отображающую влияние сахарозы на формирование структурных элементов ксилемы и флоэмы можно представить следующим образом. При повышении содержания сахарозы выше определенного уровня при соответствующих активностях сахарозосинтазы и инвертазы образуется избыток продуктов расщепления сахарозы, которые вызывают конъюгацию гиббереллина и ауксина. Это влечет за собой изменения в экспрессии генов, изменения в программах развития клеток камбиальной зоны, подавляющее большинство которых дифференцируются в относительно слабо специализированные клетки запасающей паренхимы.

Формирование структурных аномалий тканей ствола по типу карельской березы происходит на фоне интенсивных ростовых процессов, сопровождающихся бурным ростом и развитием запасающих тканей и накоплением в них метаболитов. Все это возможно только при поступлении в стол избыточного количества ассимилятов.

На отток ассимилятов из листьев в осевые органы дерева большое влияние оказывает температура. У березы, как и у других листопадных древесных и кустарниковых форм с выраженной сезонной ритмикой роста, имеет место комбинированный механизм загрузки ассимилятов во флоэму – по симпласту, т.е. через клетки-спутники, связанные плазмодесмами с клетками мезофилла, и через апопласт, что подразумевает преодоление мембранных барьеров в виде плазмалеммы.

Загрузка сахаров по симпласту является высокочувствительной к понижению температуры и имеет четкие диапазоны оптимума и минимума. Оптимум плазмодесменного транспорта находится в промежутке +20-25°C, незначительное снижение наблюдается до температуры +15°C, ниже +15°C начинается прогрессирующее подавление, и при +6-8°C плазмодесменный транспорт полностью прекращается.

При продвижении березы на Север она испытывает все возрастающее влияние блокады оттока ассимилятов из листьев под воздействием низких температур. Функциональная депрессия флоэмного транспорта у северных растений ведет к торможению роста растения в целом, негативно сказывается на росте осевых органов, вызывает изменение соотношения между стеблевым и листовым габитусом в сторону усиления последнего. На материале видов и подвидов рода *Betula*, произрастающих вдоль градиента низкотемпературного стресса от таежной зоны до зоны арктических тундр можно проследить весь спектр редуцирования ствола в морфологическом ряду от высокоствольных деревьев к стланиковым формам. Редукция ствола у таких растений сопровождается уменьшением годичных приростов древесины до долей миллиметра.

Таким образом, при продвижении березы на Север в условиях возрастающего негативного влияния низких температур на отток ассимилятов из листьев формирование у нее структурных

аномалий по типу карельской березы становится невозможным. Сопоставление северной границы естественного ареала карельской березы с изотермой 16°C (т.е. температурой, пограничной с той, ниже которой начинается сильное подавление оттока ассимилятов) показало, что ареал целиком находится ниже линии изотермы и, более того, местами почти полностью совпадает с ее сильными изгибами.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в пределах естественного ареала карельской березы температурные условия не оказывают сильного подавляющего воздействия на отток ассимилятов из листьев. Следует, однако, отметить, что климат здесь достаточно специфический и характеризуется непостоянством погодных условий: в период вегетации нередко теплая погода сменяется относительно холодной, когда температура кратковременно опускается ниже 15°C и даже 10°C, обычным явлением оказываются перепады дневных и ночных температур. В этих условиях усиливается роль апопластной загрузки флоэмы ассимилятами, что, очевидно, ведет к некоторому общему повышению уровня сахарозы во флоэмном экссудате по сравнению с растениями березы, произрастающими в условиях физико-географического оптимума. В целом это создает предпосылки для развития структурных аномалий по типу карельской березы.

Для нормального интенсивного камбиального роста древесных растений помимо притока сахаров в камбиальную зону, необходим высокий уровень азотных соединений. Активное новообразование ксилемных производных камбия связано с постоянным синтезом белка - основы цитоплазматической составляющей меристематических клеток. Из этого следует, формирование тканей ствола зависит от C/N отношения в камбиальной зоне. При высоком уровне доступного азота в почве, т.е. на плодородных почвах, при соблюдении прочих условий (освещенность, температура, влажность почвы), высокие уровни сахарозы могут быть утилизированы в рамках нормального камбиального роста. Данное предположение подтверждается отсутствием карельской березы на почвах с относительно высоким плодородием, например, на большей части центральных районов европейской части России, на серых лесных почвах или черноземах более южных районов. Здесь обычно произрастают высокие хорошо облиственные деревья березы с мощно развитым стволом и обычной древесиной. Сопоставление естественного ареала карельской березы с картой почвенного районирования бывшего СССР показывает, что области ее распространения приходятся на зоны подзолистых почв с относительно невысоким уровнем плодородия. Проведенные нами эксперименты с выращиванием карельской березы при разных дозах азотных удобрений показали негативное влияние высоких уровней азота в почве на появление структурных аномалий стебля.

Можно сделать вывод, что ареал карельской березы ограничен не только влиянием температурного фактора, но и определенными эдафическими условиями, необходимыми для образования узорчатой древесины. Ограничения со стороны бедных и переувлажненных, а также излишне плодородных почв, являются причиной большой территориальной расчлененности микропопуляций и биогрупп карельской березы в пределах ареала.

Совокупность полученных нами данных позволяет заключить, что карельская береза представляет собой экологическую форму березы повислой, которая появляется в зоне относительно благоприятного климата при специфическом сочетании факторов среды, включая температуру, освещенность, влажность и плодородие почвы, комплексное воздействие которых вызывает повышение уровня сахарозы во флоэмном экссудате, что в свою очередь, индуцирует изменение программы развития клеток камбиальной зоны и ведет к образованию структурных аномалий, известных под названием «узорчатая древесина карельской березы». Образование данных структурных аномалий находится в пределах нормы реакции генотипа березы повислой. С точки зрения функционального состояния организма карельская береза представляет собой пример нарушения обмена веществ. Избыток питательных веществ (сахароза) в тканях ствола карельской березы оборачивается нарушением их структуры и функций.

Поскольку формирование структурных аномалий карельской березы связано с развитием широко распространенных у древесных растений так называемых «лучевых аномалий», то полученные данные, очевидно, имеют общебиологическое значение.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 02-04-49866а, 05-04-49932а).

## МОНО- И ДИСАХАРА КАК РЕГУЛЯТОРЫ КСИЛОГЕНЕЗА КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

Л. Л. Новицкая, Т. В. Карелина, Д. С. Запевалова,  
Н. Н. Николаева, Л. Л. Веселкова

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

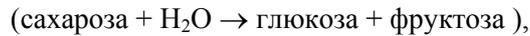
Береза повислая (*Betula pendula* Roth) является интересным объектом исследования для познания механизмов формирования тканей ствола благодаря наличию у нее форм, сильно различающихся по текстуре древесины – обычной березы повислой (*B. pendula* var. *pendula*) с прямослойной древесиной и березы карельской (*B. pendula* var. *carelica*) с узорчатой свилеватой древесиной. Важную роль в формировании рисунка древесины карельской березы играют извилистые очертания годичных колец и темноокрашенные включения различных очертаний. Первое обусловлено локальным ингибированием приростов древесины и увеличением приростов коры в этих зонах. Второе связано с формированием прослоек паренхимной ткани. Одной из структурных особенностей коры карельской березы является образование склереид (крупных паренхимных клеток с очень толстыми оболочками) в прикамбиальных слоях проводящей флоэмы.

Формирование древесины и коры происходит в результате деятельности камбия, гетеротрофность которого ставит его в полную зависимость от притока фотоассимилятов. У большинства древесных растений, в том числе у березы, фотоассимиляты поступают из листьев к камбиальной зоне, в основном, в виде сахарозы. В последнее десятилетие появилось много работ, из которых следует, что транспортные сахара – в первую очередь сахароза и глюкоза, влияют на регуляцию генов, отвечающих за фотосинтез, акцепторный метаболизм и защитные реакции растений (Graham, 1996; Koch, 1996; Smeekens, 1998; Roitsch, 1999; Sheen et al., 1999; Wobus and Weber, 1999; Yu, 1999; Gibson, 2000, 2004; Pego et al., 2000; Rolland et al., 2002; Sinha et al., 2002; Roitsch et al., 2003; Rook and Bevan, 2003). На травянистых видах продемонстрирован высокий потенциал к изменению программы развития растений в ответ на снабжение сахарами. Установлена роль глюкозы в индукции и поддержании клеточных делений (Borisjuk et al., 1998; Meijer and Murray, 2000; Riou-Khamlichi et al., 2000; Halford and Dickinson, 2001; Newcomb et al., 2003). Показано влияние повышающихся концентраций сахарозы на переход от роста делением клеток к росту клеточным растяжением и формированию запасующих тканей (Perl et al., 1991; Simko 1994; Weber et al., 1997a,b, 1998; Xu et al., 1998; Wobus and Weber 1999; Borisjuk et al., 2002, 2003; Viola et al., 2001). Основная функция паренхимных клеток - запасание веществ. Недавно с помощью нового метода высокоточного микрографического определения сахарозы и глюкозы было установлено, что дифференциация запасующих клеток индуцируется высоким уровнем сахарозы и низким значением отношения глюкоза/сахароза (Borisjuk et al., 2002, 2003). Авторы этих работ пришли к выводу, что высокие уровни сахарозы индуцируют сигнал, вызывающий экспрессию генов, связанных с функцией запасаания.

Согласно результатам наших исследований в тканях коры карельской березы как содержание сахарозы, так и суммарное содержание сахарозы, глюкозы и фруктозы, на которые она расщепляется вне транспортных каналов, существенно выше, чем в тканях коры обычной березы повислой.

Эксперименты с введением экзогенной сахарозы в ткани ствола обычной березы повислой (*Betula pendula* var. *pendula*) продемонстрировали влияние дисахарида на морфогенез клеток и тканей камбиальной зоны (Новицкая, Кушнир, 2005; Novitskaya, Kushnir, 2006). В частности, было показано, что при разных концентрациях сахарозы деления и дифференциация клеток камбиальной зоны березы происходят по-разному: преимущественное формирование элементов ксилемы наблюдается при низких концентрациях, с повышением концентрации во вновь сформированных тканях доля слоев древесины (ксилемы) снижается, но увеличивается доля элементов коры (флоэмы). Кроме того, высокие концентрации сахарозы (10% и выше) вызывали образование новых радиальных лучей и сильное расширение уже существующих лучей, что вело к формированию в древесине прослоек паренхимы. Была также продемонстрирована взаимосвязь между концентрациями сахарозы и дифференциацией склереид в прикамбиальной зоне флоэмы опытных деревьев.

Молекулы сахарозы метаболически инертны. Вовлечение сахарозы в метаболизм возможно лишь после ее ферментативного расщепления на гексозы. У растений имеются два фермента, способных расщеплять сахарозу. – инвертаза и сахарозосинтаза. Инвертаза в присутствии воды необратимо расщепляет сахарозу на глюкозу и фруктозу



сахарозосинтаза в присутствии уридиндифосфата (УДФ) обратимо расщепляет сахарозу на уридиндифосфатглюкозу (УДФ-глюкозу) и фруктозу



Активность инвертазы наблюдается в растущих органах с максимумом активности, приходящимся на зону роста растяжением (образующиеся из одной молекулы сахарозы две молекулы гексоз повышают концентрацию осмотически активных веществ в клетке и вызывают приток в нее воды). Кроме того, роль гексоз велика в энергетическом обмене клетки и различных синтезах, протекающих с высокой скоростью в тканях с высокой потребностью в гексозах.

Активность сахарозосинтазы, в основном, связана с использованием УДФ-глюкозы в процессах синтеза полисахаридов клеточной стенки (целлюлозы, гемицеллюлоз, пектиновых веществ), крахмала и других полимеров. Необходимость продуктов сахарозосинтазной реакции (УДФГ и фруктозы) для синтетических процессов и дыхания, идущих как в делящихся, так и растягивающихся клетках, делает данный фермент равно необходимым в зонах деления и растяжения клеток. В то же время для инвертазы, основная функция которой, по-видимому, осморегуляция, отводится ведущая роль в росте клеток растяжением (Фещенко, 2006).

Наши эксперименты с введением в камбиальную зону обычной березы растворов глюкозы и фруктозы показали следующее. Растворы глюкозы во всех вариантах опыта (концентрации растворов от 1% до 20%) вызвали формирование приростов древесины и коры с относительно нормальным соотношением и расположением структурных элементов. Растворы фруктозы в том же диапазоне концентраций существенно изменяли структуру тканей. При концентрациях 1%, 2,5% со стороны коры наблюдалась склерификация клеток в прикамбиальных слоях флоэмы. Концентрации фруктозы 10% и 20% вызвали сильное расширение древесинных лучей за счет увеличения числа и размеров составляющих их паренхимных клеток вплоть до образования сплошного слоя древесинной паренхимы. Образование склереид при высоких концентрациях фруктозы не происходило.

Тот факт, что даже высокие концентрации экзогенной глюкозы не изменяют структуру тканей свидетельствует о большом резерве использования моносахарида в камбиальной зоне. Это находится в соответствии с данными о высокой метаболической активности глюкозы, которая обычно не накапливается в зонах активного роста (Морозова, 1976; Судачкова, 1977, Софронова, 1985). То же можно сказать и об УДФ-глюкозе.

Фруктоза намного медленнее, чем глюкоза и УДФ-глюкоза, вовлекается в метаболизм. Таким образом, в зонах с высокой аттрагирующей способностью, при активном расщеплении сахарозы неизбежно накапливается фруктоза. Более того, резкое повышение концентрации фруктозы в таких случаях рассматривают как один из показателей высокой активности ростовых процессов (Софронова, 1985).

Считают, что фруктоза выполняет в клетке определенные регуляторные функции. Она является формой гексоз, которая временно выводится из метаболических реакций, но при смене направленности обмена веществ способна быстро мобилизоваться. Пути ее метаболизации в клетке начинаются с образования фруктозо-6-фосфата, который через различные ферментативные реакции может вовлекаться в энергетический обмен, пентозофосфатный цикл, синтез крахмала, образование УДФ-глюкозы и, следовательно, синтез структурных полисахаридов клеточной стенки (Курсанов и др., 1989).

Результаты наших экспериментов по введению в ткани ствола березы экзогенных сахаров можно интерпретировать следующим образом. Поступление сахарозы в камбиальную зону сопровождается ее интенсивным расщеплением в инвертазной и сахарозосинтазной реакциях с образованием глюкозы, УДФ-глюкозы и фруктозы. Глюкоза и УДФ-глюкоза активно используются в новообразовании клеток камбиальной зоны, фруктоза же частично используется, частично накапливается в ткани. При увеличении ее количества до определенного уровня происходит вовлечение фруктозы в дополнительный синтез УДФ-глюкозы, что сопровождается образованием склереид – клеток с очень толстыми целлюлозными оболочками.

Судя по изменению характера дифференциации клеток в опытах с введением высоких концентраций фруктозы (образование склерид не наблюдается, происходит сильное расширение древесинных лучей в зоне дифференциации молодой ксилемы), появление большого избытка фруктозы, очевидно, подавляет расщепление сахарозы и приводит к ее интенсивному радиальному оттоку по сердцевинным лучам вплоть до слоев молодой ксилемы, клетки которой еще не утратили способности к делению, а оболочки клеток - к растяжению. Это предположение находится в соответствии с данными об ингибирующем действии фруктозы на образование инвертазного белка, т.е. о репрессии фруктозой гена, ответственного за синтез инвертазы (Курсанов, 1976).

С другой стороны, избыток фруктозы в камбиальной зоне может быть использован для ресинтеза сахарозы, которая по градиенту концентрации также перемещается в клетки запасующей паренхимы лучевой системы древесины.

Тот факт, что в экспериментах на обычной березе повислой мы вызвали отклонения от нормального роста и развития тканей ствола, которые имеют место при образовании структурных аномалий карельской березы, дает нам основание предполагать, что формирование последних также происходит под воздействием изменения в тканях концентраций сахаров. При этом ключевую роль играет повышение в камбиальной зоне концентрации сахарозы, следствием чего становятся появление избытка продуктов ее расщепления и связанный с этим последующий аномальный морфогенез клеток и тканей ствола.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 02-04-49866а, 05-04-49932а).

## **ОСОБЕННОСТИ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH) И БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ (*B. PUBESCENCE* ENRH) И ВИДОВАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ**

**Л. Л. Новицкая, Т. А. Шуляковская, Г. К. Канючкова**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Согласно современным представлениям карельская береза является формой березы повислой. Об этом свидетельствуют результаты сравнительных морфофизиологических и физиолого-биохимических исследований карельской березы, березы повислой и березы пушистой, часто совместно произрастающих в пределах одной микропопуляции (Ермаков, 1986; Ветчинникова, 2005).

Исходя из разрабатываемой нами гипотезы развития структурных аномалий ствола карельской березы, их появление связано с притоком в ствол большого количества ассимилятов, излишек которых не может быть утилизирован в рамках нормального камбиального роста и индуцирует аномальное разрастание запасующей паренхимы (Новицкая, 1997, 1998, 2000, 2003; Коровин и др., 2002, 2003; Новицкая, Кушнир, 2005; Novitskaya, Kushnir, 2006). Биохимическим индуктором изменения программы дифференциации клеток камбиальной зоны при образовании структурных аномалий ствола по типу карельской березы является повышение концентрации сахарозы во флоэмном экссудате выше некоего порогового уровня, после которого нормальное развитие клеток и тканей становится невозможным – вместо обычного преимущественного образования проводящих элементов ксилемы происходит активное образование ситовидных трубок флоэмы и паренхимных клеток древесины и коры. На тканевом уровне основной причиной развития структурных аномалий ствола является увеличение доли запасующей паренхимы – расширение и агрегация сердцевинных лучей, формирование прослоек паренхимы в древесине и активное новообразование паренхимных клеток в коре. На организменном уровне причиной аномального развития является изменение баланса между фотосинтезом, оттоком ассимилятов, ростом и запасанием веществ: на фоне интенсивного фо-

тосинтеза и оттока при относительном ограничении камбиального роста усиливается функция запаса. Ограничение камбиального роста происходит в результате недостаточного азотного питания.

С точки зрения факторов среды причиной появления карельской березы является их специфическое сочетание – температурные флуктуации около 15<sup>0</sup>С, существенно не ограничивающие отток ассимилятов из листьев, но повышающие уровень сахарозы во флоэмном экссудате; хорошее освещение кроны и умеренное увлажнение почвы, обеспечивающие интенсивный фотосинтез; относительно невысокое плодородие почвы, создающее азотный дефицит при интенсификации ростовых процессов на фоне поступления в ствол большого количества сахаров. Если обратиться к ареалу карельской березы, то можно видеть, что в местах естественного произрастания этого древесного растения имеет место комплекс вышеперечисленных условий среды.

В связи со сказанным представляет интерес сопоставление березы повислой и березы пушистой по распределению ассимилятов между кроной и стволовой частью дерева с точки зрения потенциальной возможности появления их избытка в стволе.

В ходе эволюции у типичной формы березы повислой естественный отбор шел по пути усиления интенсивности роста, особенно в первые десятилетия жизни. Высота деревьев березы повислой составляет 25-32 м, березы пушистой от 18 до 21 м (Ермаков, 1986). Помимо интенсивного роста в высоту для березы повислой характерна грубая кора с темными ромбовидными трещинами, что свидетельствует об интенсивном радиальном росте, тогда как ствол березы пушистой с возрастом остается гладким и белым. Молодые ветви березы повислой тонкие, поэтому они свешиваются вертикально вниз (отсюда ее видовое название), у березы пушистой они более толстые и направлены под углом вверх. Почка березы пушистой существенно крупнее почек березы повислой (5-6 мм длины и 2-3 мм ширины - береза пушистая, 3-4 мм длины и 2-3 мм ширины - береза повислая), в отличие от березы повислой все их внутренние полости заполнены липидами, которые выступают даже на наружную поверхность почки; разница между двумя видами березы в содержании липидов на 10 свежих почек составляет 20-25 мг, или 10-15% от веса абсолютно сухих почек (Кониная, 1980). Наряду с фактом содержания большого количества таких энергоемких соединений как липиды, следует отметить, что входящие в состав липидов жирные кислоты у березы пушистой примерно на 40% (у березы повислой 10%) представлены насыщенными жирными кислотами (Ветчинникова, 2004), химические связи которых являются более энергоемкими, чем у ненасыщенных жирных кислот. Кроме того, по содержанию летучих компонентов – эфирных масел, выделяемых в атмосферу, почки березы пушистой превосходят березу повислую по одним данным более, чем в 4 раза (2,2% и 0,5%) (Ветчинникова, 2004), по другим - в 30-40 раз (6-8% и 0,2%) (Балвочюте и др., 1980).

Комплекс перечисленных габитуальных, морфологических, анатомических и физиолого-биохимических характеристик свидетельствует о том, что береза повислая и береза пушистая имеют существенные различия по распределению ассимилятов между кроной и стволовой частью дерева. У березы пушистой относительно большая доля ассимилятов остается в кроне, это находит отражение в утолщенных побегах и переполненных маслами почечных структурах. При этом не реализованный даже в виде запасных соединений избыток ассимилятов у березы пушистой в виде эфирных масел летит в атмосферу. У березы повислой, напротив, имеет место интенсивный отток ассимилятов в ствол, что обеспечивает его относительно большие радиальные приросты, влекущие за собой формирование грубой корки. Об этом же свидетельствует высокое содержание липидов в лубе ствола в период его активного роста (91 и 15 мг/г абс. сух. в-ва у березы повислой и березы пушистой соответственно). В бересте, ткани которой являютсяместилищем избытка ассимилятов, выводимых из обмена, содержание липидов у березы повислой также выше, чем у березы пушистой (345 и 411 мг/г абс. сух. в-ва).

Таким образом, особенности распределения ассимилятов между кроной и стволовой частью дерева у березы повислой и березы пушистой свидетельствуют о том, что береза повислая в большей степени предрасположена к появлению избытка ассимилятов в тканях ствола и, следовательно, образование структурных аномалий ствола по типу карельской березы у данного вида березы имеет наибольшую вероятность. В этой связи следует упомянуть о достаточно частых случаях появления декоративной древесины в нижней части ствола грубокорых форм березы повислой, анатомо-морфологические аспекты формирования и структуры которой имеют много общего с узорчатой древесиной карельской березы (Яблоков, 1962; Коровин, 1987; Коновалов, 1981, 1983, 1984; Коровин и др., 2003). Аномалии развития березы пушистой, наоборот, обычно связаны с развитием именно почечных структур. Нарушение оттока ассимилятов из кроны довольно часто вызывает у

нее гипертрофированное неорганизованное развитие почек и появление аномальных пучков побегов, известных как “ведьмины метлы” (Коровин и др., 2003; Щербинина, 2004). Характерно для березы пушистой и обильное заложение на побегах спящих почек, которые в дальнейшем могут дать начало формированию капов – специфических наплывов на осевых органах, анатомо-морфологические особенности которых определяются интенсивным развитием вблизи спящей почки многочисленных придаточных почек и радиально расходящихся почечных следов (Коровин и др., 2003).

Отмеченные физиологические и биохимические особенности березы пушистой, связанные с распределением ассимилятов, должны негативно сказываться на формировании узорчатой древесины в гибридном потомстве от скрещивания березы пушистой и карельской березы. Исследования, проведенные под руководством В.И. Ермаковым (1986), показали, что выход растений с узорчатой древесиной, полученных от скрещивания карельской березы с березой повислой, составляет 43%, с березой пушистой – 7,1%. В вариантах обратного скрещивания, когда растения березы пушистой выступают в качестве материнских, а березы карельской – отцовских, в потомстве не оказалось особей, наследующих узорчатую древесину.

На основании обобщения имеющихся данных мы можем сделать следующий вывод: карельская береза представляет собой форму березы повислой. Ее появление связано с биологическими особенностями березы повислой, обуславливающими интенсивный отток ассимилятов из кроны в стволую часть дерева. В связи с тем, что у березы пушистой относительно большая доля ассимилятов утилизируется в кроне, формирование узорчатой древесины по типу карельской березы у нее обычно не наблюдается. Скрещивание между березой повислой и березой пушистой, в силу биологических особенностей последней, снижает вероятность развития в гибридном потомстве структурных аномалий ствола, свойственных карельской березе.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 02-04-49866а, 05-04-49932а).

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЦЕСТОД РОДА *TRIAENOPHORUS* В СЯМОЗЕРЕ

**О. В. Новохоцкая**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Цестоды рода *Triaenophorus* являются типичными представителями паразитофауны рыб в водоемах, где обитает их окончательный хозяин – щука. Наиболее опасны для рыб личиночные стадии гельминта, поражающие внутренние органы и мускулатуру рыб. Жизненный цикл паразитов включает два промежуточных хозяина. Основными вторыми промежуточными хозяевами для *Triaenophorus crassus* служат сиг и ряпушка, *T. nodulosus* инвазирует главным образом окуневых рыб – окуня и ерша (Куперман, 1967). *T. nodulosus* широко распространен в водоемах различного типа, тогда как *T. crassus* встречается преимущественно в олиготрофных озерах (Румянцев, Иешко, 1997; Аникиева, Румянцев, 2005). *T. crassus* в условиях эвтрофирования может стать причиной гельминтозов сигов. Наличие этих видов цестод в паразитофауне рыб и их распределение среди хозяев служит индикатором эвтрофирования водоема, кроме того, отражает пищевые связи между компонентами ихтиоценоза, и основные направления изменений численности хозяев – сиговых, окуневых рыб и щуки.

Исследования проводились на Сямозере – одном из крупных водоемов Южной Карелии, относящемся к бассейну р. Шуя. В ходе комплексных экспедиций, проводившихся длительное время (Труды Сямозерской..., 1958, 1962; Решетников и др., 1982; Стерлигова и др., 2002; Балансовая модель..., 2005) в водоеме были выявлены изменения трофического уровня, перестройки в структуре ихтиофауны озера в результате вселения новых видов и изменений численности компонентов ихтиоценоза. Паразитофауна рыб Сямозера исследуется с 1954 г. (Шульман, 1962). Цель данной рабо-

ты – определить встречаемость цестод рода *Triaenophorus* в Сямозере и выявить основные тенденции многолетних изменений.

Исследовано 66 экз. ряпушки, 30 сига, 4 щуки, 6 налимов, 23 окуня и 15 ершей (2003–2004 гг.). Зараженность сига цестодой *T. crassus* составила 73/2.3 (здесь и далее первая цифра – зараженность, %; вторая – индекс обилия, экз.), у ряпушки и щуки этот паразит не обнаружен (отсутствие паразита у щуки, вероятно, связано с небольшим объемом выборки). *T. nodulosus* был выявлен у четырех видов хозяев – щуки (100/16.8), налима (83/10.17), окуня (17/0.3) и ерша (26/0.26). Для анализа использовались ранее опубликованные материалы (Шульман, 1962; Малахова, Иешко, 1977) и данные лаборатории паразитологии животных и растений КарНЦ РАН (рис. 1).

Анализ многолетних данных позволил выявить значительные изменения встречаемости *T. crassus* (рис. 1а). Начиная с 1973 г. было отмечено увеличение численности *T. crassus* у сига – как зараженности, так и индекса обилия (40–50% хозяев были инвазированы более чем четырьмя особями паразитов). Зараженность ряпушки цестодой *T. crassus* на протяжении всего периода исследований имела крайне низкие значения, а в 2003–2004 гг. паразит не был обнаружен. Численность этого паразита у окончательного хозяина – щуки, претерпевала значительные колебания. Высокая зараженность была отмечена в 1954 и 1984 гг.

Для *T. nodulosus* выявлены противоположные тенденции (рис. 1б). На уровне вторых промежуточных хозяев (окуня, ерша) численность изменяется с годами незначительно, однако зараженность щуки постепенное увеличивается. Налим подвержен заражению в значительной степени, однако в отличие от щуки он не играет роли в поддержании численности паразита, а, напротив, с его помощью происходит элиминация части популяции паразитов.

Значительные изменения встречаемости *T. crassus* у сига и щуки, прежде всего, связаны с динамикой численности, как вторых, так и первых промежуточных хозяев (циклопов). В настоящее время, при значительном количестве зоопланктона и низкой численности рыб-планктофагов, конкуренции в питании сига не наблюдается (Стерлигова и др., 2002). Паразитологические данные свидетельствуют о большей роли планктона в питании сига, по сравнению с ряпушкой (Novokhatskaya, Ieshko, 2005) что и способствует его высокой инвазированности паразитом. Ряпушка же, являющаяся основным вторым промежуточным хозяином *T. crassus* в олиготрофных водоемах, в Сямозере заражается цестодой крайне редко (рис. 1а). В связи с этим, а так же по причине низкой ее встречаемости, в Сямозере сиг несет основную нагрузку в поддержании численности паразита на уровне вторых промежуточных хозяев.

Однако, несмотря на высокий уровень зараженности сига, по последним данным щука крайне слабо инвазирована паразитом (рис. 1а), что, вероятно, вызвано изменениями в структуре ихтиоценоза озера, где роль сиговых рыб снижается год от года, и на первый план выходят корюшка, представители семейств окуневых и карповых (Балансовая модель..., 2005). Последние, наряду с корюшкой, составляют основу питания хищников, тогда как представители лососевидных – ряпушка и сиг – в рационе щуки встречаются гораздо реже (Стерлигова и др., 2002). Об увеличении доли окуневых рыб в питании щуки свидетельствует так же возрастание зараженности ее цестодой *T. nodulosus* (рис. 1б). Поскольку зараженность вторых промежуточных хозяев изменяется с годами незначительно (рис. 1б), то усиление инвазированности дефинитивного хозяина происходит в основном за счет увеличения доли вторых промежуточных хозяев в питании хищника.

Автор выражает благодарность д.б.н., Стерлиговой О.П. за предоставленный ихтиологический материал.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального использования» (2006 г.).

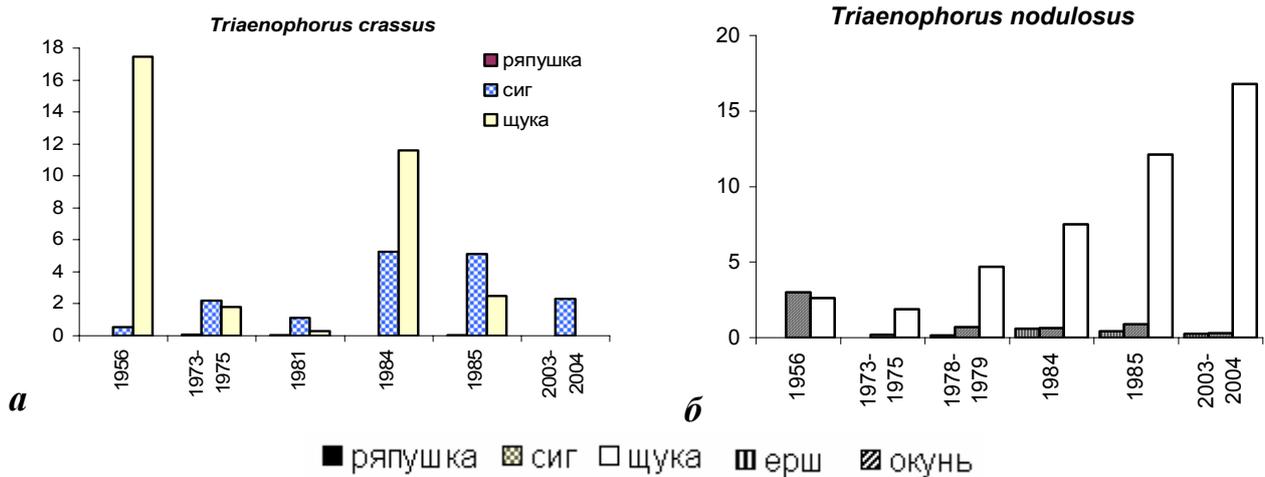


Рис. 1. Зараженность рыб цестодами *Triaenophorus nodulosus* и *T. crassus* (по оси ординат – индекс обилия, экз.).

## Литература

- Аникиева Л.В., Малахова Р.П., Иешко Е.П., 1983. Экологический анализ паразитов сиговых рыб. Л.: Наука. 167 с.
- Аникиева Л.В., Румянцев Е.А., 2005. Цестоды рыб озер Карелии // Проблемы цестодологии. 2005. вып. III. Сб. науч. тр. С-Пб. С. 40-62.
- Куперман Б.И., 1967. Ленточные черви рода *Triaenophorus* Rud.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л. 21 с.
- Малахова Р.П., Иешко Е.П., 1977. Изменение паразитофауны рыб Сямозера за последние 20 лет // Сямозеро и перспективы его рыбохозяйственного использования. Петрозаводск. с. 185 – 199.
- Румянцев Е.А., Иешко Е.П., 1997. Паразиты рыб водоемов Карелии: Систематический каталог // Петрозаводск: КарНЦ РАН. 120 с.
- Титова В.Ф., 1973. Многотычинковый сиг Сямозера (Морфология, биология, перспективы использования). Петрозаводск. 99 с.
- Шульман С.С., 1962. Паразитофауна рыб Сямозерской группы озер // Труды сямозерской комплексной экспедиции. Т. 2: Ихтиология, гидробиология и паразитология. Петрозаводск. С. 173-244.
- Стерлигова О. П., Павлов В. Н., и др., 2002. Экосистема Сямозера (биологический режим, использование). Петрозаводск: КарНЦ РАН. 119 с.
- Novokhatskaya O.V., E.P. Ieshko. 2005. The dynamics of Coregonidae fish parasite fauna in the circumstances of trophic waterbody changes // Proceedings of the 1<sup>st</sup> Symposium of the Scandinavian-Baltic society for parasitology, Vilnius. Vol. 14. P. 115-116.

## СПЕЦИФИКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕТАЁЖНОЙ ПОДЗОНЫ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)

Н. В. Петров, А. В. Туюнен

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Изучение ресурсного потенциала лесов таежной зоны является одним из важных направлений академических исследований в России. Территория Республики Карелия располагается в северотаежной и среднетаежной подзонах северо-запада таежной зоны России, где сосредоточена значительная часть хозяйственно ценных биологических ресурсов. На этой территории четко проявляется

различная степень трансформации таежных экосистем. Для исследования ресурсного потенциала лесов и особенностей его антропогенной динамики был использован ландшафтный подход. В качестве методической основы исследований была использована оригинальная классификация и карта географических ландшафтов (Волков и др., 1990, 1995; Громцев, 2000). Ландшафтная карта создавалась на зонально-типологической основе.

Авторами представлены некоторые материалы исследований, проведенных на территории Сортавальского, Олонецкого, Пудожского и Прионежского районов. Основным методом исследования - закладка ландшафтных профилей (общей протяженностью 15,6 км).

**Запасы древесины.** Основным видом продукции таежных лесов является древесина, а показателем, характеризующим её количество на единице площади, служит запас. В таблице 1 представлены средневзвешенные показатели запасов с подразделением древостоев по группам возраста, а также показатель среднего бонитета.

Наибольшими показателями запасов отличаются денудационно-тектонический грядовый (сельговый) среднезаболоченный ландшафт с преобладанием сосновых местообитаний (№ 17) и скальный слабозаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (№ 20). Это объясняется благоприятными почвенными условиями (наличием поверхностно-подзолистых, пятнисто-подзолистых почв и подзолов иллювиально-железистых песчаных), а также благоприятным режимом увлажнения. Максимальными показателями продуктивности отличаются древостои, произрастающие в ложбинах стока, в которых происходит аккумуляция питательных веществ.

Лимитирующим фактором, обуславливающим низкую производительность лесов ландшафта озерных и озерно-ледниковых сильнозаболоченных равнин с преобладанием сосновых местообитаний (№ 3) является высокая степень заболоченности территории, связанная с равнинным характером рельефа.

Таблица 1. Показатели продуктивности различных типов географического ландшафта

| Тип ландшафта   | Средний бонитет | Средний запас средневозрастных и приспевающих лесов, м <sup>3</sup> /га | Средний запас спелых и переспелых лесов, м <sup>3</sup> /га |
|---|-----------------|---|---|
| Ландшафт озерных и озерно-ледниковых среднезаболоченных равнин с преобладанием еловых местообитаний (№ 2)                 | I,9             | 215   | 216   |
| Ледниковый холмисто-грядовый среднезаболоченный ландшафт с преобладанием еловых местообитаний (№ 6л)                      | III,2           | -   | 220   |
| Денудационно-тектонический грядовый (сельговый) среднезаболоченный ландшафт с преобладанием сосновых местообитаний (№ 17) | II,7            | 325   | 274   |
| Скальный слабозаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (№ 20)  | III,1           | 237   | 275   |
| Озерных и озерно-ледниковых сильнозаболоченных равнин с преобладанием сосновых местообитаний (№ 3)*                       | IV,1            | 133   | 107   |
| Озерных и озерно-ледниковых сильнозаболоченных равнин с преобладанием сосновых местообитаний (№ 3)**                      | IV,4            | 70  | 168   |

\* массив коренных лесов

\*\* массив производных лесов

Среди рассматриваемых типов ландшафта тотальной антропогенной трансформации был подвержен ландшафт озерных и озерно-ледниковых сильнозаболоченных равнин с преобладанием сосновых местообитаний (№ 3). В результате активной хозяйственной деятельности леса данного района были многократно пройдены различными видами рубок (в том числе и сплошными), значительные площади мелиорированы и переведены под сельскохозяйственное пользование. Подобная ситуация наблюдается и в ландшафте озерных и озерно-ледниковых среднезаболоченных равнин с преобладанием еловых местообитаний (№ 2). В противоположность, леса ландшафта озерных и

озерно-ледниковых сильнозаболоченных равнин с преобладанием сосновых местообитаний (№ 3) относятся к коренным. Хозяйственная деятельность не затронула данные леса, в силу их затрудненной транспортной доступности и относительно невысокой продуктивности. Промежуточное положение занимают ландшафты скальный слабозаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (№ 20), ледниковый холмисто-грядовый среднезаболоченный с преобладанием еловых местообитаний (№ 6л) и денудационно-тектонический грядовый (сельговый) среднезаболоченный с преобладанием сосновых местообитаний (№ 17)

**Рекреационные ресурсы территории.** Рекреационный потенциал является одной из важных ресурсных характеристик территории, особенно в типах ландшафта, приуроченных к городам. Основными характеристиками, определяющими степень рекреационной привлекательности, являются контрастность рельефа, заболоченность, распространение наиболее привлекательных для рекреантов типов леса, степень антропогенной трансформации территории, транспортная доступность и др. (Громцев, 2000).

Высокими рекреационными качествами отличаются ландшафты № 17 и № 20. Денудационно-тектонический грядовый (сельговый) среднезаболоченный ландшафт с преобладанием сосновых местообитаний (№ 17) занимает территории, тяготеющие к полуостровам Онежского озера. Для него характерен сильнопересеченный рельеф, характеризующийся наличием большого количества видовых точек. Заболоченность территории невелика и едва превышает 20%, открытые болота очень редки. Лесотипологическая структура биогеоценозов данного ландшафта довольно разнообразна; преобладают сосновые местообитания (55%) (в условиях среднетаёжной подзоны – наиболее привлекательные для рекреации), половина которых относится к черничному влажному типу леса. Сельговый ландшафт характеризуется наличием прибрежных урочищ, пригодных для рекреации. Степень антропогенной трансформации ландшафта не слишком высока.

Для условий среднетаёжной подзоны Карелии эталоном рекреационной привлекательности является скальный слабозаболоченный ландшафт с преобладанием сосновых местообитаний (№ 20). Рельеф данного ландшафта характеризуется перепадами высот в пределах десятков и даже сотен метров, максимальной протяженностью береговой линии в Карелии (6,95 км/1000 га) (Громцев, 2000). 80% территории занимают сосняки, а степень заболоченности лишь около 15 %.

Промежуточное положение занимают ландшафты № 2 и № 6л. В лесотипологической структуре ландшафта озерных и озерно-ледниковых среднезаболоченных равнин с преобладанием еловых местообитаний (№ 2) доля сосновых местообитаний составляет лишь 3%, значительные площади занимают ельники – 45%, а также производные леса – 50% (21% березняков и 29% осинников). Степень антропогенной трансформации ландшафта весьма высока, леса неоднократно пройдены рубками, большие площади мелиорированы. Рельеф территории – равнинный, заболоченность около 45%.

Ледниковый холмисто-грядовый среднезаболоченный ландшафт с преобладанием еловых местообитаний (№ 6л) характеризуется несколько более высокой рекреационной привлекательностью. Рельеф представляет собой чередование повышения-понижения. Перепад высот достигает до 9 метров. Однако рельеф с точки зрения эстетической ценности не сильно привлекателен, ибо весьма монотонен. В распределении лесных насаждений по породному составу, доля ельников составляет 53%. Березняки занимают 12,5% площади территории, доля сосняков – 11,5%. Заболоченность территории приблизительно равна 35%. Антропогенная трансформация территории высока. Леса в пределах данного типа ландшафта интенсивно осваивались и осваиваются лесохозяйственными мероприятиями, большая часть их пройдена рубками. В целом в настоящее время леса представляют собой мозаику производных древостоев самого различного состава с доминированием ево-лиственных фитоценозов. Это несколько улучшает низкие рекреационные природные качества ландшафта.

Наименее ценным с точки зрения оценки рекреационных ресурсов территории является ландшафт озерных и озерно-ледниковых сильнозаболоченных равнин с преобладанием сосновых местообитаний (№ 3). Рельеф равнинный, заболоченность 50%, в том числе заболоченных лесов – 35%. Типологическая структура лесов довольно разнообразна, преобладают сосновые древостои (65%), что связано с слабой обеспеченностью почв элементами минерального питания. Преобладающие типы леса – сосняки кустарничково-сфагновый, черничный свежий и черничный влажный. Территория полностью трансформирована хозяйственной деятельностью человека: пройдена рубками, переведена под сельхозпользование, мелиорирована. Интерес для отдыхающих представляют лишь

урочища, располагающиеся вдоль берега Ладожского озера, береговая линия которого представлена песчаными пляжами с шириной полосы до 20 метров.

Исследуемые ландшафты сильно варьируют по показателю рекреационной привлекательности. Результатом хозяйственной деятельности человека, как правило, является снижение рекреационной привлекательности территории, чего следует избегать в ландшафтах, приуроченных к городам. Создание зеленых зон, как базовых объектов, предназначенных для отдыха, должно проводиться с учетом рекреационного потенциала и природных рекреационных качеств территории, т.к. мероприятия, направленные на повышение рекреационной привлекательности территории весьма затратны.

## Литература

- Волков А.Д. и др., 1990. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура и динамика). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 284 с.
- Волков А.Д. и др., 1995. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура и динамика). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 194 с.
- Громцев А.Н., 2000. Ландшафтная экология таёжных лесов: теоретические и прикладные аспекты. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 144 с.

## ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ПЕТРОЗАВОДСКА

Е. А. Платонова, А. С. Лантратова

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия*

В настоящее время город Петрозаводск - столица республики Карелия - крупный промышленный, туристический, научный и культурный центр Северо-Западного региона России. Территория Петрозаводска в современных границах составляет 121,8 км<sup>2</sup>, население города и подчиненных ему населенных пунктов - 282,7 тыс. человек. Располагается город по берегам Петрозаводской губы Онежского озера и окружен лесами, которые на протяжении длительного времени имели высокую значимость в жизни населения. В нашей работе рассматриваются особенности формирования растительного покрова в окрестностях Петрозаводска и более ранних поселений на этой территории, в ходе их исторического развития. По этой теме имеется небольшое количество работ, исследования геоботанической направленности практически отсутствуют. В работе решались следующие задачи: 1) выявление особенностей хозяйственной деятельности, связанной с использованием лесных ресурсов, на территории современного г.Петрозаводска и его окрестностей со времен неолита до наших дней, 2) установление исторических периодов с учетом основных типов, интенсивности и локализации хозяйственных мероприятий, связанных с использованием лесных ресурсов и определяющих особенности трансформации лесных экосистем, 3) геоботанические исследования лесной растительности с выделением типичных ландшафтов территории и характеристикой ее современного состояния.

В результате анализа архивных материалов было выделено пять этапов формирования лесной растительности на территории современного города Петрозаводска и его окрестностей со времен освоения территории человеком до наших дней.

Первые два этапа включают хозяйственную деятельность в окрестностях будущего центра урбанизации - г. Петрозаводска (до начала XVIII в.). Наиболее ранние поселения на севере Онежского озера датируются последней четвертью X-VIII тыс. до н.э. По геологической датировке этому времени соответствовала эпоха аллереда. Уже во времена неолита существовало большое количество стоянок на берегах Онежского озера, Логмозеро, в низовье р. Шуи. Воздействие человека на при-

родные экосистемы было сравнительно небольшим. Второй этап начинается с XII века, когда жители Карелии обращались к оседлой жизни и появлялись первые постоянные поселения сельского типа, существовавшие как центры антропогенного воздействия на окружающие лесные территории. В качестве основных воздействий на лесные экосистемы упоминаются рубка древостоя для строительных и хозяйственных целей и подсечно-огневое земледелие.

Третий этап включает образование и развитие нового и основного центра урбанизации – города Петрозаводска наряду с существующими его поселениями сельского типа. Появление городского поселения послужило началом более активного использования лесных ресурсов в пойме р.Лососинки и на примыкающих территориях. Основным типом антропогенного воздействия на лесные экосистемы была рубка леса, масштабы которой расширялись с ростом населения и развитием промышленности. Продолжалось использование подсечно-огневой системы земледелия. Частыми были пожары по вине местного населения, создавались пашенные и сенокосные угодья, лесные территории вокруг города и окружающих селений использовались для выгона скота.

По данным начала XX века известно, что господствующая система хозяйства в лесах Петрозаводского уезда была подневольно-выборочная (на 71% лесной площади). Сплошно-лесосечная система практиковалась только в некоторых лесничествах и была распространена на 29% площади, охваченной рубками. По архивным данным удалось установить, что места рубок для промышленного производства имели разную локализацию в зоне, окружающей Петрозаводск. Так, например, промышленные лесозаготовки и углежогное производство имели место на полуострове Бараний Берег, ограничивающего Петрозаводскую губу с северо-восточной стороны, в районе озер Лососинное и Машезеро в Александровско-Кончезерской даче. В этой же даче осуществлялись рубки для нужд Александровского завода, включая обслуживание завода и его построек, отопления квартир рабочих и служащих завода, продажи, льготного отпуска служащим завода, обельным крестьянам, для благотворительных целей. Рубки леса для нужд Александровского и других Горных заводов проводились и на остальных землях Горного ведомства. Производились и рубки более мелкого масштаба, например, из окружающих город деревень (Ужесельга, Ялгуба, Заозерье и др.) для кирпичного и спичечного производства. Для заготовки строительных материалов и дров жителям г. Петрозаводска в этот период были выделены Дровяная и Строевая дачи, располагавшиеся в окрестностях города. На остальных землях леса рубились крестьянами окружающих деревень. В документах того времени отмечается значительное ухудшение состояния лесов в результате бессистемных рубок.

Четвертый этап характеризуется сильными воздействиями на лесные экосистемы пригородных территорий в результате интенсивной промышленной эксплуатации в 30-е годы XX в. и в ходе Великой отечественной войны - во время военных действий и, особенно, финской оккупации. В результате обширных вырубок и пожаров, около трети лесов в окрестностях города Петрозаводска сейчас относятся к производным, мелколиственным, а более 70% площади хвойных лесов на этой территории в настоящее время занято средневозрастными насаждениями.

На пятом этапе (послевоенные годы – настоящее время) вся исследуемая территория включена в состав зеленой зоны Петрозаводска площадью 51612 га, леса которой отнесены к I группе. В результате лесоустройства 1971 г. в пределах зеленой зоны г.Петрозаводска выделены лесопарковая часть (14726 га) и лесохозяйственная часть (36886 га). В этот период происходит значительный рост населения города, площади застройки, развитие промышленности, что отражается на состоянии пригородных лесных экосистем. Рост урбанизации на исследуемой территории приводит к обострению экологических ситуаций, связанных с воздействием антропогенного фактора: воздействие промышленных и транспортных загрязнений, изменение микроклимата, неорганизованная рекреация, пожары антропогенного происхождения, незаконные рубки деревьев и др.

В результате длительной истории природопользования на территории сформировалась мозаика растительных сообществ, находящихся на разных стадиях восстановления (демутации). В ходе маршрутных и стационарных исследований современной лесной растительности в пригородной зоне в денудационно-тектоническом грядовом и моренном холмистом ландшафтах нами были установлены следующие особенности. Лесная растительность сохранилась на значительной площади, несмотря на длительный период хозяйственной эксплуатации территории. Это дает возможность исследования структуры не только отдельных фитоценозов, но и катенных комплексов. На исследуемой территории преобладают леса первой стадии восстановления – формирование первого поколения позднесукцессионных доминантных и сопутствующих видов. В составе пригородных лесных

массивов присутствуют фрагменты старовозрастных лесов, сохранившихся в экотопах с избыточным увлажнением и редкие сообщества с участием широколиственных видов деревьев *Tilia cordata* Mill., *Ulmus glabra* Huds., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., требующие специального исследования. Исследование наиболее распространенных типов лесных формаций *Piceeta*, *Pineta*, *Piceeto-Pineta* позволило выявить 230 видов сосудистых растений и 81 вид мхов. Проведенный структурно-функциональный геоботанический анализ с оценкой современного состояния лесных экосистем дает возможность организации мониторинговых исследований. Полученный фактический материал по фитоценотической организации лесных пригородных формаций ставит необходимость дальнейших исследований с целью установления направления трансформации в современных условиях, выделения лесных территорий, требующих охраны, и включения их в состав охраняемого фонда при развитии города.

Авторы благодарят М.А.Бойчук, В.В.Тимофееву, К.В.Морозову за определение ряда образцов гербарных коллекций. Исследования поддерживаются РФФИ (проект № 05-04-975230).

## ФАУНА НАСЕКОМЫХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА "ВОДЛОЗЕРСКИЙ"

А. В. Полевой, А. Э. Хумала

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Юго-восточная часть Карелии, а именно биогеографическая провинция *Karelia transonegensis* долгое время оставалась неизученной в энтомологическом отношении. В 19-м и первой половине 20-го столетия экспедиции российских и финских ученых ограничивались западными районами нынешней территории республики, доходя на востоке до Белого моря и Заонежья. После организации в 1991 г. Водлозерского национального парка энтомологи начали посещать эту территорию и появились первые данные по фауне насекомых. Первой публикацией стала работа финских исследователей, основанная на материалах, собранных в 1992 г., посвященная редким ксилофильным насекомым (Siitonen et al., 1996). Через три года в парке побывали энтомологи Института леса КарНЦ РАН. В настоящее время каждый год проводятся 1-2 короткие экспедиции в различных районах карельской части парка.

Таблица 1. Количество известных видов в различных отрядах насекомых НП "Водлозерский"

| Отряд         | Кол-во видов |
|---------------|--------------|
| Diptera       | 328          |
| Coleoptera    | 198          |
| Hymenoptera   | 129          |
| Lepidoptera   | 50           |
| Odonata       | 18           |
| Orthoptera    | 8            |
| Blattoptera   | 2            |
| Neuroptera    | 2            |
| Mecoptera     | 2            |
| Heteroptera   | 2            |
| Homoptera     | 1            |
| Ephemeroptera | 1            |

На сегодня для территории парка известно 741 видов насекомых, представляющих 12 отрядов (табл. 1). Материалы, собранные здесь, вошли в фаунистические работы по отдельным группам насекомых (Полевой, 2000; Grichanov, Polevoi, 2004 и др.), однако полные списки пока не опубликованы.

Особенностью фауны Водлозерского парка можно считать присутствие здесь популяций некоторых ксилофильных видов, ставших весьма редкими на остальной территории Карелии. Высокий возраст лесов и обилие разлагающейся древесины создают благоприятные условия для развития таких видов. Из жесткокрылых здесь в массе встречаются *Pytho kolwensis* Sahlb., *Hylochares cruentatus* Gyll., довольно обычны *Acanthocinus griseus* F., *Monochamus urussovi* Fischer, *Upis ceramoides* L., *Chrysobothris chrysostigma* L., *Xyleborus cryptographus* Ratz., *Ceruchus chrysomelinus* Hoch. и другие виды, которые нечасто встречаются в других районах Карелии.

Редкие двукрылые представлены такими видами как *Pachyneura fasciata* Zett., *Laphria gibbosa* L., *Xylophagus ater* Mg., *Xylomya czekanowskii* Pleske, а также несколькими ксилофильными видами львинок (Stratiomyiidae) и журчалок (Syrphidae). Фауна перепончатокрылых насекомых еще довольно слабо изучена (Хумала, 2003), но из отмеченных на территории парка видов заслуживают упоминания, в частности: шершень *Vespa crabro* L., роющие осы *Cerceris rybyensis* L., *Trypoxylon clavicerum* Lep., *Oxybelus uniglumis* L. (Sphecidae), паразитическая орехотворка *Ibalia rufipes* Cresson (Ibaliidae), а также наездники *Aulacus striatus* Jurine (Aulacidae), *Dolichomitus mesocentrus* Grav., *Rhyssa amoena* Grav., *Pseudorhyssa maculicoxis* Kriechb., *Aniseres caudatus* Humala, *Xorides irrigator* F., *Exochus suborbitalis* Schmied. (Ichneumonidae). Большая часть этих наездников трофически связана с ксило- или сапроксилобионтными насекомыми.

Следует особо отметить, что до сих пор на территории парка не проводилось каких-либо систематических энтомологических исследований, за исключением мониторинга популяций опасных стволовых вредителей. А ведь эта территория интересна не только из-за наличия здесь обширных массивов старых лесов, сохранившихся практически в естественном состоянии, но и из-за географического положения на восточной границе Фенноскандии. Территориально нами охвачена также лишь карельская часть парка, большей частью примыкающая к западному берегу оз. Водлозера. Проведение инвентаризации видового состава насекомых Водлозерского парка с возможным привлечением специалистов по различным отрядам было бы значительным шагом в познании энтомофауны Карелии. Мы можем только гадать, сколько еще неожиданных фаунистических находок готовит нам дальнейшее исследование этого интереснейшего района.

## Литература

- Полевой А. В. Грибные комары (Diptera: Volitophilidae, Ditomyiidae, Keroplatidae, Diadocidiidae, Mucetophilidae) Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2000. 84 с.
- Хумала А.Э. Изученность перепончатокрылых насекомых (Insecta, Hymenoptera) Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. Биогеография Карелии (Флора и фауна таежных экосистем) Серия Биологическая. Вып. 4. Петрозаводск, 2003. С. 108-115
- Яковлев Е.Б., Хумала А.Э., Полевой А.В. Насекомые (некоторые итоги изучения энтомофауны Карелии в 1950-2000 гг.) Флора и фауна наземных экосистем: Характеристика и тенденции изменений – Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. С.159-168
- Siitonen J., Martikainen P., Kaila L., Mannerkoski I., Rassi P., Rutanen I. New faunistic records of saproxylic Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Homoptera and Lepidoptera from the Republic of Karelia, Russia // Entomol. Fennica. 1996. Vol. 7. P. 69-76.
- Grichanov I. Y., Polevoi A. V. Dolichopodidae of Russian Karelia // Zoosystematica Rossica. 2004. Vol. 12. № 2. P. 271-275.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЙ И РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ ХВОЙНЫХ В КАРЕЛИИ

**Б. В. Раевский, А. А. Мордась**

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Лесное селекционное семеноводство – специфическое направление лесного хозяйства, возникающее на стыке селекции как прикладной науки и семеноводства как вида производственной деятельности. Это одна из немногих сфер лесохозяйственной деятельности, где научные исследования, являются неотъемлемой частью текущего производственного процесса. Конечным продуктом се-

лекционно-семеноводческого производственного цикла является генетически улучшенный, сортовой семенной материал, для целей искусственного лесовосстановления.

На протяжении всей истории существования в Карелии лесных научно-исследовательских учреждений различной ведомственной подчиненности важное место в их работе занимали исследования по вопросам лесной генетики, селекции и селекционного семеноводства. При всей своей разноплановости, научные изыскания в указанной сфере, в конечном счете, были направлены на создание в республике постоянной лесосеменной базы хвойных пород на генетико-селекционной основе. Сосна обыкновенная, как наиболее ценная в хозяйственном отношении лесная порода, в настоящее время абсолютно преобладает в структуре объектов постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ).

Ключевым звеном первого этапа системы плюсовой селекции является отбор плюсовых (лучших) насаждений и деревьев в естественных популяциях. В Карелии данный вид работ в 60-е годы XX в. был инициирован сотрудниками Института леса Карельского филиала АН СССР и в дальнейшем, начиная с 1974 года, развернут в производственных масштабах Петрозаводской и Олонецкой производственными семеноводческими станциями Министерства лесного хозяйства КАССР. В настоящее время всю селекционно-семеноводческую деятельность в масштабах республики координирует Карельский проектный селекционно-семеноводческий центр Агентства лесного хозяйства по РК. По данным этого учреждения на 1.01.05 в Карелии отобрано 577,15 га плюсовых насаждений, в том числе сосны – 400,95 га. В состав ПЛСБ включено 1924 плюсовых дерева, в том числе сосны – 1367 шт. В республике в настоящее время создано 496,41 га прививочных лесосеменных плантаций (ЛСП), из них 395,35 га отведено под сосну обыкновенную. На двух крупнейших плантациях (Олонецкой и Петрозаводской) сосна занимает 307,8 га. На этой площади размещено 1425 клонов данной породы. Следующим важным шагом в реализации второго этапа системы плюсовой селекции в Карелии должна стать комплексная селекционно-генетическая оценка клоновых потомств плюсовых деревьев сосны, и не только сосны, но также ели и других пород, представленных на ЛСП 1 порядка. Проведение такой массовой селекционной оценки клонов по комплексу признаков, характеризующих их габитус, энергию вегетативного роста и семенную продуктивность позволило бы:

- оценить диапазон внутривидовой фено- и генотипической изменчивости на плантациях;
- выявить их фактическую урожайность и оценить резервы ее увеличения методами селекции;
- отобрать лучшие клоны для дальнейшей селекционной работы;
- проверить и уточнить схемы размещения клонов на полях ЛСП.

На основании анализа и обобщения данных за более чем 30-летний период наблюдений за ходом роста, «цветения» и «плодоношения» клонов сосны обыкновенной различного географического происхождения, нами были разработаны методика селекционно-генетической оценки клонов сосны на ЛСП 1 порядка и метод прогноза обилия цветения и плодоношения на такого рода объектах с использованием ряда метеорологических показателей. Здесь и далее применительно к сосне традиционно используются термины «цветение» и «плодоношение», хотя для голосеменных растений правильнее было бы говорить о спороношении и семеношении.

Основные итоги проведенных исследований можно изложить следующим образом.

Статистическим анализом на основе многолетних данных показана высокая доля влияния генотипа клона на основные параметры вегетативного роста и репродуктивной сферы. Это делает возможным сравнительно рано давать прогнозные оценки изучаемым клонам в отношении их будущего роста и плодоношения. Уверенно ранжировать клоны по скорости роста можно уже после пяти вегетационных сезонов с момента посадки, а по обилию женского цветения на основании учетных данных за первое пятилетие с момента появления макростробилов. Следствием сильного генетического контроля является стратегическая стабильность параметров генеративных органов у клона во времени, не смотря на влияние внешних факторов. За 20-летний период с момента вступления исследованных клонов в стадию регулярного цветения и плодоношения, не было отмечено какого-либо возрастного тренда по основным параметрам шишек и семян. Таким образом, на индивидуальном уровне – это очень устойчивые признаки, которые могут служить целям ранней диагностики и идентификации.

Репродуктивный цикл хвойных видов сложен и растянут во времени. У сосны обыкновенной от заложения примордиев микро- и макростробилов до полного созревания семян в южной Карелии проходит не менее 27 календарных месяцев. Естественно, что на данный процесс оказывает суще-

ственное влияние целый комплекс внутренних и внешних факторов. Нашими исследованиями выявлена высокая доля влияния погодных условий на динамику мужского и женского цветения и другие показатели структуры урожая. В частности было выявлено, что дефицит влажности воздуха в целом за вегетационный сезон и за август месяц в год заложения репродуктивных почек (сезон «п») имеют тесную положительную корреляцию с обилием женского цветения в следующем сезоне («п+1»). И наоборот, отмечена тесная отрицательная корреляция данного репродуктивного показателя со средней относительной влажностью сезона «п» и общим числом дней с морозом за этот календарный год. Обнаруженные закономерности позволяют разрабатывать регрессионные модели для прогнозирования будущего урожая и наглядно показывают противоречивость влияния одних и тех же экологических факторов на различные параметры генеративной сферы. Что хорошо для параметров урожая текущего года, то может быть не очень благоприятно для урожая будущего. Факторы, благоприятствующие обилию женского цветения, в отношении мужского цветения имеют обратное действие. За счет этого возникает периодичность репродуктивной активности, конкурирующие за ресурсы организма процессы разводятся во времени и максимумы их интенсивности не совпадают. Это дает возможность организму перераспределять свои запасы пластических веществ то в пользу собственного существования, то в пользу будущих поколений.

При перенесении черенков плюсовых деревьев с севера Карелии в ее южную часть, северные клоны растут медленнее местных и имеют более узкую крону. Только за счет выращивания северных клонов в 25-летнем возрасте средняя высота плантации может быть уменьшена примерно на 17,0 %. По параметрам репродуктивной сферы клоны из северной подзоны тайги не уступают местным, обильно цветут, плодоносят, имеют крупные шишки и семена.

Отмечена слабая и умеренная отрицательная корреляция показателей вегетативного роста клона с обилием женского цветения и обратная по знаку связь с обилием мужского цветения. Не выявлено корреляции между обилием женского цветения и плодоношения с одной стороны и размерами шишки, количеством полнозернистых семян в ней и массой семени с другой. Все перечисленные признаки наследуются независимо друг от друга. Это заставляет при селекционной оценке ориентироваться на интегральные показатели семенной продуктивности клона, каким может служить среднее число полнозернистых семян на рамету. На одном из опытных участков по испытанию клонов сосны через 11 лет после его создания фактический урожай шишек составил 670 кг/га со средним выходом семян 1,2% или 8,04 кг/га. В возрасте 14 лет семенная продуктивность этого участка составила 18,3 кг/га из которых 58% дали 4 самых продуктивных клона. В зависимости от клона урожай шишек изменялся от 0,4 до 9,8 кг на рамету с выходом семян 0,4-2,3%.

Ряд признаков 2-летних тепличных сеянцев (полусибовых потомств), такие как диаметр у корневой шейки, число верхушечных почек и доля особей с 3-хвойными пучками, имеют достоверную положительную корреляцию со средним приростом клона в высоту и между собой. Это позволяет использовать их в комплексной селекционной оценке клонов.

В конечном счете, приоритет в оценке клона следует отдавать признакам семенной продуктивности, но с обязательным учетом параметров вегетативного роста, габитуальных и морфологических особенностей, как самого клона, так и его семенного потомства.

Осуществление селекционно-генетической оценки клонов по предложенной программе позволило бы внести существенный вклад в решение насущных теоретических и практических вопросов селекционного семеноводства хвойных в Карелии. Главные аспекты данной работы следующие:

- отбор лучших клонов для ЛСП повышенной генетической ценности;
- разработка и уточнение шкал оценки урожая для клонов различного возраста;
- накопление фактический материал по внутривидовой изменчивости;
- кратко- и долгосрочные (3 года и более) прогнозы урожайности сосны на лесосеменных плантациях

Выполнение перечисленных задач – главное условие прогресса в области селекционного семеноводства хвойных пород на ближайшую перспективу.

## МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЦЕПЕЙ ЛИПИДНЫХ МОЛЕКУЛ

А. Л. Рабинович

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Основу биологических мембран образуют молекулы липидов; наиболее распространенные их компоненты – это неразветвленные углеводородные цепи. Как правило, они имеют длину 12–24 атома углерода, могут содержать до 6 двойных связей в различных положениях. В мембране сосуществуют многие сотни молекул липидов, различных по строению. Поиск связи между микроструктурой каждой цепи и свойствами образуемой молекулярной системы, т.е. детальное изучение индивидуальных особенностей строения множества олигомерных цепей и свойств образуемых ими агрегационных структур, является чрезвычайно актуальным. В настоящей работе методами компьютерного моделирования, – Монте-Карло (МК) и молекулярной динамики (МД), рассмотрены различные неразветвленные углеводородные цепи, содержащие двойные связи цис-, и проанализирован характер изменения упорядочения связей в таких цепях при переходе цепи от свободного невозмущенного состояния к ее состоянию в жидкокристаллическом бислое. Отметим, что упорядочение связей в цепях, которые образуют мембранную систему (или являются ее компонентами), является одной из важнейших характеристик последней. Например, традиционно изучаются параметры порядка связей относительно некоторой “коллективной” оси системы: нормали к поверхности мембраны (бислоя, монослоя). Для изолированных олигомерных цепей нами изучено *внутримолекулярное* упорядочение связей, т.е. упорядочение относительно “внутренней” оси цепи, - направления наибольшего ее протяжения, характеризуемого главной осью инерции цепи.

1. Методом МК генерировали ансамбли конформаций различных ненасыщенных углеводородных цепных олигомеров в невозмущенном состоянии, - типичных компонентов природных липидных мембран. Рассмотрены цепи вида  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_a - (\text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2)_d - (\text{CH}_2)_b - \text{CH}_3$ , содержащие до 22 атомов углерода и  $d$  ( $d = 1, 2, \dots, 6$ ) двойных связей цис-. Для компьютерной имитации конформационного поведения данной цепи рассчитывали энергии  $U_s(\varphi_\gamma, \varphi_{\gamma+1})$  всех неэквивалентных молекулярных фрагментов цепи в приближении попарной корреляции углов внутреннего вращения  $\varphi_\gamma, \varphi_{\gamma+1}$ , в пределах их изменения от 0 до  $360^\circ$ , с учетом энергии невалентных взаимодействий, торсионной и электростатической энергии. Наиболее важной особенностью полученных зависимостей  $U_s(\varphi_\gamma, \varphi_{\gamma+1})$ , проанализированных по “конформационным картам”, является большая ширина, пологость, несимметричность минимумов, что свидетельствует о наличии асимметрии заселенности конформационных состояний в полиеновых цепях. В связи с этим изучение цепей данного класса проведено при учете непрерывного спектра конформаций (а не в поворотном-изомерном приближении). Вычисляли “карты” плотности вероятностей  $\exp[-U_s(\varphi_\gamma, \varphi_{\gamma+1})/k_B T]$  при данной температуре  $T$  для молекулярных фрагментов ( $k_B$  - постоянная Больцмана) и каждую из них по специальному алгоритму разделяли на 1600 состояний, вероятности осуществления которых одинаковы.

Используя эти состояния, генерировали выборки из 100000 – 160000 конформаций каждой цепной молекулы. Вычисляли параметры порядка связей цепи и ориентационные функции распределения относительно главной оси инерции, отвечающей направлению наибольшей вытянутости цепи, т.е. характеристики упорядочения связей изолированных олигомерных цепей вычисляли в молекулярной системе координат с началом в центре масс каждой конформации и осями вдоль ее главных осей инерции. Математический формализм состоял в следующем. При генерировании конформации данной цепи методом МК были рассчитаны компоненты тензора инерции

$$I_{pk} = \sum_{j=1}^N M_j \cdot \left[ (x_q^j)^2 \cdot \delta_{pk} - x_p^j \cdot x_k^j \right],$$

где  $x_p^j, x_k^j$  – декартовы координаты  $j$ -го атома углерода  $C_j$ ;  $p, k = 1, 2, 3$ ;  $\delta_{pk}$  – символ Кронекера;  $M_j$  – массы атомных групп цепи;  $(x_q^j)^2 \equiv (x_1^j)^2 + (x_2^j)^2 + (x_3^j)^2$ . Тензор каждой конформации стандартными методами был диагонализирован, – определены его собственные значения  $I_1, I_2, I_3$  и ортонормированная тройка его собственных векторов. Номера собственных значений выбирали с соблюдением соотношения  $I_3 \leq I_2 \leq I_1$ , и эти же номера присваивали соответствующим векторам. Пусть  $\xi_1,$

$\xi_2$ ,  $\xi_3$  – главные оси инерции; избранный способ нумерации означал, что ось  $\xi_3$  всегда соответствует максимальной вытянутости конформации цепи, а ось  $\xi_1$  – минимальной. Производили пересчет координат всех атомов в систему с началом в центре масс и осями, параллельными  $\xi_1$ ,  $\xi_2$ ,  $\xi_3$ . Далее были вычислены параметры порядка  $S_{CH}$ ,  $S_{CC}$  связей С-Н и С-С цепи относительно главной оси  $\xi_3$ :  $S = (3 \cdot \langle \cos^2 \vartheta \rangle - 1)/2$ , где угловые скобки  $\langle \rangle$  означают усреднение по ансамблю конформаций,  $\vartheta$  - угол между данной связью и осью  $\xi_3$  (индекс СН, СС опущен). Кроме параметров порядка, были вычислены ориентационные функции распределения  $\rho(\vartheta)$  каждой связи всех цепей. Поскольку все они оказались мономодальными, для их сравнения были определены:  $\vartheta^{\max}$  – значение угла  $\vartheta$ , при котором функция  $\rho(\vartheta)$  данной связи достигает максимума, и  $\delta\vartheta$  – угловая ширина функции на половине ее высоты  $\rho(\vartheta^{\max})$ . Угол  $\vartheta^{\max}$ , очевидно, имеет смысл геометрического фактора упорядочения связи, а ширина  $\delta\vartheta$  – флуктуационного. Полученные таким способом данные характеризуют *внутримолекулярное* упорядочение связей.

II. Методом МД моделировали в жидкокристаллическом состоянии моно- и бислои, состоящие из молекул диацилглицеролипидов (ДГ), и бислои фосфатидилхолинов (ФХ). Углеводородные цепи липидных молекул также содержали двойные связи. Изучены комбинации цепей 18:0/18:1, 18:0/18:2, 18:0/18:3, 18:0/20:4 и 18:0/22:6, т.е. количество углеродных атомов в них было 18, 20 или 22, первая цепь была насыщенной, а вторая – ненасыщенной (содержащей 1, 2, 3, 4 или 6 двойных связей, т.е. цепь олеиновой, линолевой, линоленовой, арахидоновой или докозагексаеновой кислот). В частности, расчетные ячейки бислоев ФХ содержали 96 молекул липидов данного вида и 2304 молекулы воды. Потенциальная энергия бислоя ФХ была представлена суммой энергии валентных связей, валентных углов, торсионной энергии, энергии неплоских отклонений атомов, энергии невалентных взаимодействий, электростатической энергии.

Для всех систем (монослоев и бислоев) вычисляли параметры порядка связей С-Н и С-С ( $S_{CH}$ ,  $S_{CC}$ ) углеводородных цепей молекул липидов относительно нормали к поверхности и ориентационные функции распределения  $\rho(\beta)$  связей относительно этой нормали. Вычисления проведены в декартовых координатах  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , где  $Z$  - нормаль к поверхности соответствующего слоя. Параметр порядка  $S = (3 \cdot \langle \cos^2 \beta \rangle - 1)/2$ , скобки  $\langle \rangle$  означают усреднение по всем конфигурациям молекулярнодинамической траектории,  $\beta$  - это угол между связью и нормалью. Следуя аналогии с изолированными цепями (см. п. I), в каждой мембранной системе для каждой кривой  $\rho(\beta)$  были вычислены по два числа - угол  $\beta^{\max}$ , для которого функция  $\rho(\beta)$  достигает максимума,  $\rho(\beta^{\max}) = \max$ , и угловая ширина  $\delta\beta$  этой функции при значении  $\rho = \rho(\beta^{\max})/2$ , т.е. на половине ее высоты.

Отметим наиболее важные закономерности, полученные при анализе результатов. Оказалось, что для изолированных цепей в невозмущенном состоянии значения  $S_{CC}$  последовательных С-С-связей во всех цис-ненасыщенных цепях меняются немонотонно. Параметры  $S_{CC}$  простых связей С-С, примыкающих к цис-двойным, в несколько раз меньше таковых для двойных связей С=С. Очевидно, что при этом с увеличением количества двойных связей в цепи данной длины понижается по модулю “средний” по всем ее  $k$  связям параметр порядка, т.е. среднее арифметическое  $\sum |S|/k$ . Далее, оказалось, что основные особенности профилей параметра порядка  $S_{CC}$  связей этих же цепей, входящих в состав молекул липидов в бислоях ДГ и ФХ, совпадают с отмеченными выше. Качественно картина воспроизводится в бислоях обоих видов (ДГ и ФХ), а также в монослоях ДГ.

Аналогичное сходство выявилось и для других изученных (соответствующих) характеристик, – например, флуктуационного фактора  $\delta\vartheta_{CH}$  связей С-Н этих олигомерных цепочек, и соответствующего фактора  $\delta\beta_{CH}$  связей С-Н цепей в монослоях и бислоях ДГ, в бислоях ФХ. Основная особенность состоит в том, что угловые флуктуации  $\delta\vartheta_{CH}$  (или  $\delta\beta_{CH}$ ) связей в цепях существенно зависят от химического строения сегментов и их местоположений. Наблюдается “эффект уширения” ориентационных функций распределения связей СН в группах  $CH_2$ , соседних с двойными связями, по сравнению с функциями групп СН при двойных связях. В полиеновых цепях величины флуктуаций  $\delta\vartheta_{CH}$  (или, соответственно,  $\delta\beta_{CH}$ ) в обсуждаемых группах  $CH_2$  не только больше (в 1.5 - 2 раза), но и почти одинаковы для всех  $CH_2$ -групп вдоль по цепи.

Итак, свойства упорядочения цепи в области липидного бислоя (монослоя), несколько удаленной вглубь от его поверхности, при условии, что мембрана находится в “жидком” (жидкокристаллическом) состоянии, качественно подобны свойствам этих олигомерных цепей в невозмущенном состоянии. Следовательно, упорядочение связей олигомерной цепи липидной молекулы в “жидкой” области липидных слоев (т.е. в области, удаленной от поверхности) определяется глав-

ным образом энергией ближних взаимодействий данной цепи, поскольку именно она целиком определяет состояние цепи в невозмущенном состоянии. Это означает, что дальние взаимодействия атомов олигомерной цепи в указанной области слоя, а также взаимодействия атомов цепи с атомами соседних цепей, с головными группами липидов и молекулами воды у поверхности слоя, можно рассматривать в указанной области как возмущение, формирующее коллективное направление нормали к поверхности слоев по совокупности собственных “продольных” осей отдельных молекул. Этот результат имеет огромное значение; например, он свидетельствует о правомерности и перспективности применения для расчета различных свойств мембранных систем метода самосогласованного поля.

Результаты, полученные для олигомерных цепей рассмотренного класса, заключающиеся в существовании внутримолекулярного упорядочения звеньев, которое проявляется в ориентационно-упорядоченных агрегатах (надмолекулярных структурах), обладают определенной общностью. Действительно, склонность к образованию агрегатов с той или иной степенью анизотропии изначально заложена в молекулах любых олигомеров, - в значительно большей степени, чем в мономерам и полимерам. Анизотропия формы каждой такой молекулы приведет к самосборке их в расплаве, к образованию доменов различной ориентации (находящихся в динамическом равновесии), внутри каждого из которых можно вести речь об упорядоченности отдельных звеньев. Наличие же единого внешнего воздействия (например, поля, или избирательного взаимодействия отдельных атомных групп олигомерных молекул с внешним объектом) приведет к возникновению определенной корреляции ориентаций отдельных доменов и, соответственно, общей картины упорядоченности звеньев определенного типа в олигомерных молекулах.

Работа поддержана грантами РФФИ 06-03-32211 и НШ-4310.2006.4.

## ЛАНДШАФТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА

**О. А. Рудковская**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Особенностями городов являются не только высокая степень трансформированности их природного (в данном случае, растительного) компонента, но и сложная многоуровневая структура их организации. Средой существования флоры в городе является отличная от природной пространственно-территориальная единица, искусственно созданная, но развивающаяся на основе природных процессов, называемая городским ландшафтом.

Пространственное дифференцирование городской территории как метод изучения урбанофлор особенно широко применяется в последние 15 лет. Критерии деления городской территории при этом различны. Наиболее часто используется принцип функционального использования территории (Бурда, 1991; Moraczewski, Sudnik-Wojcikowska, 1994; Григорьевская, 2000; Дементьева, 2000; Sukopp, 2002), реже применяется принцип пространственно-временного деления городской среды (Ильминских, 1993; Мерзлякова, 2000; Уральская, Литвинова, 2000). При исследовании флоры г. Брянска Н. Н. Панасенко (2004) применил ландшафтный подход с выделением парциальных флор в границах естественных ландшафтов.

Нами был использован подход городского ландшафтоведения, основанный также на принципе функциональности, который позволяет выявить объединенные парциальные флоры (Юрцев, Камелин 1987) для дальнейшего их сравнения и оценки антропогенного воздействия на растительный компонент различно трансформированных городских территорий. Несмотря на множество работ, окончательно не решен вопрос о классификации ландшафтов города, их функциональной типологии (Мильков, 1973; Тарасов, 1974; Тютюнник, 1991, 1993; Шищенко, 1999; Рудык, 2000 и др.)

Опираясь на классификацию городских ландшафтов Ю. Г. Тютюнника (1991) с некоторыми уточнениями Рудык (2000), были выделены 8 типов городского ландшафта в г. Петрозаводске.

В типах выделены подтипы, и далее – элементарные единицы растительного покрова (ЭЕРП). В контуре каждого типа ландшафта классификации подлежало только озелененное пространство, а географический аспект учитывался ровно настолько, чтобы выявить функциональную сущность структурных выделов городского ландшафта. При этом деление типа на подтипы и далее проводилось с учетом специфики каждого типа ландшафта. Площади, занимаемые выделенными типами ландшафтов, приведены в процентах (Гольд, 2006).

**Селитебные ландшафты (Слт)** доминируют, они покрывают 36,4% городской территории. Общепринятые типобразующие признаки селитебных ландшафтов – высота и плотность застройки. Слт ландшафты разделены на два подтипа: капитальная многоэтажная, включая малоэтажную деревянную, и усадебная застройки. Выделение ЭЕРП внутри каждого подтипа основано на характере использования внутриквартальной озелененной территории. Критериями идентификации ЭЕРП являются: положение участка в структурно-функциональной разбивке городской территории (придомовой, дворовой и т. п.), наличие искусственных границ (асфальтовые покрытия, широкие тропы) и однородность растительного покрова. Подтип капитальной застройки включает следующие ЭЕРП: придомовой газон с деревьями и (или) кустарниками или без них, дворовой газон (пустырь), площадка у мусорных баков, щель между отмосткой и стеной, газон вокруг групповой газовой установки, пристенный участок (вдоль ограждений, гаражей), газон на площадке для сушки белья (или для чистки ковров), линейное или групповое древесно-кустарниковое насаждение; газон при детском дошкольном учреждении. Подтип усадебной застройки включает одну ЭЕРП – придомовой газон с деревьями и (или) кустарниками или без них. Ввиду отсутствия единообразия использования частной территории невозможно выделить здесь какие-либо общие ЭЕРП. В большинстве случаев незастроенная территория представлена обрабатываемыми участками земли, которые следует относить к агроландшафтам (см. далее). На следующем уровне классификации (субэлементарном) целесообразно поступать, исходя из особенностей мезорельефа (газон на склоне), или особенностей антропогенного влияния на напочвенный покров (вытаптываемый газон, сеяный газон и т. п.).

**Рекреационные ландшафты (Р)** занимают около 30,69% территории города. Они делятся на два подтипа: с естественной структурой сообществ (РЕ) и ландшафты со структурой фитоценозов, созданной человеком, т. е. искусственной (РИ). К первому подтипу относятся ЭЕРП: городской лес, лесная куртина, лесная поляна, лесная опушка, болото, скалы, кустарники, луг, вырубка. На следующем уровне организации целесообразно исходить из конкретных фитоценологических особенностей сообщества с учетом их положения во временном, сукцессионном ряду. Второй подтип (РИ) включает одну ЭЕРП – газон с деревьями и (или) кустарниками или без них. Далее здесь следует исходить из местонахождения газона в системе городских насаждений общего пользования (газон в парке, сквере, на бульваре). Сюда же относятся кладбища, находящиеся в черте города.

**Транспортные ландшафты (Тр)** занимают примерно 12,84% территории. В г. Петрозаводске нами выделены следующие подтипы Тр ландшафтов: автодорожные (ТрАвт), железнодорожные (ТрЖД), портовые (ландшафты водного транспорта – ТрП) и пешеходные ландшафты (Пеш). ТрАвт включают следующие ЭЕРП: газон и кустарники в полосе отчуждения, откос, обочина, щель между поребриком и дорожным покрытием, подъездные пути; ТрЖД – газон, кустарники, мелколесье в полосе отчуждения, откос, насыпь, полотно между рельсами, участок между путями, разгрузочная площадка; ТрП – мол и причал и Пеш – обочины троп и грунтовых дорог, окопы.

**Водно-хозяйственные ландшафты (В)** занимают 1,12% территории. Мы выделяем два подтипа В ландшафтов на том основании, является ли данный водоем или водоток первичного (естественного) происхождения – ВЕ или вторичного (возникшего в результате хозяйственной деятельности человека) – ВВ. К первому подтипу относятся следующие ЭЕРП: озеро, река, ручей, родник, берег; ко второму – пруд, озерко, ров, мелиоративная и дренажная канава, лужа.

**Промышленные ландшафты (Пр)**. В г. Петрозаводске они покрывают 8,2% территории. С точки зрения влияния деятельности предприятий на растительный покров мы выделяем подтипы Пр ландшафтов: карьеры (Кар) и перерабатывающие предприятия (ПрП). К Кар относятся карьеры песчаные и строительного камня, а к ПрП – озелененные территории вокруг предприятий и свалки отходов производства.

**Складские ландшафты (Скл)** занимают всего 1,11% территории. Под Скл ландшафтами мы подразумеваем те участки городской территории, которые непосредственно связаны с интенсивными грузоперевозками, преимущественно, сельхозпродукции: мини-рынки, оптовые базы плодово-

овощные, склады продуктовые, склады промтоваров. Выделяем следующие ЭЕРП: участок с нарушенным растительным покровом, щель между отмошкой и стеной, щель в асфальте, место складирования шлака, угля и т. п.

**Агрохозяйственные ландшафты (Агр)** занимают около 5,58% территории. Мы выделяем один подтип – полевые и относим сюда все более или менее регулярно обрабатываемые участки земли и соседние с ними, непосредственно связанные с агродеятельностью: поле, межа, грядки, огород, цветник.

**Переходные ландшафты (Прх)** покрывают 3,99% территории. К Прх ландшафтам мы относим все те участки городской территории, функциональная сущность которых не определена (“неудобья”), или характер их использования носит временный характер. Мы выделяем подтипы Прх ландшафтов: стройки (ПрхС) и неиспользуемые территории, не несущие функциональной нагрузки (ПрхН). Первый подтип включает пустыри и котлованы, второй – пустыри и кустарники.

**Прочие ландшафты.** К прочим ландшафтам мы относим такие элементарные единицы растительного покрова, которые функционально не связаны с каким-либо определенным видом хозяйственной деятельности, которые могут встречаться в любом типе (подтипе) ландшафта, т. е. являются интраструктурными. Это кучи грунта, песка, бытовых и строительных отходов, отходов плодово-овощной продукции, а также участки с нарушенным растительным покровом, появление которых обусловлено высокой степенью рекреационной нагрузки, и которые резко контрастируют по видовому составу и обилию с окружающим растительным покровом (напр., вытапанный берег).

## Литература

- Бурда Р.И., 1991. Антропогенная трансформация флоры. Киев, 1991. 168 с.
- Гольд Л.И., 2006. Отчет о наличии земель и распределении их по формам собственности, категориям, угольям и пользователям по состоянию на 1 января 2006 г. в г. Петрозаводске. Петрозаводск.
- Григорьевская А.Я., 2000. Флора города Воронежа. Воронеж: Изд-во ВГУ. 200 с.
- Дементьева Е.В., 2000. Основные тенденции трансформации экосистем г. Петрозаводска // Сохранение биологического разнообразия Фенноскандии: Тез. докл. междунар. конф., 30 марта - 2 апреля 2000. Петрозаводск. С. 27–28.
- Ильминских Н.Г., 1993. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края): Автореф. дис. ... док. биол. наук. СПб. 36 с.
- Ильминских Н.Г., 1994. Эколого-географическая структура городской флоры // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор: Материалы III рабочего совещания по сравнительной флористике, Кунгур, 20-24 сентября, 1988. СПб., 1994. С. 269–276.
- Мерзлякова И.Е., 2000. Итоги изучения флоры города Томска // Сравнительная флористика на рубеже III тысячелетия: достижения, проблемы, перспективы: Матер. V рабочего совещания по сравнительной флористике (Ижевск, 1998 г.). СПб.: БИН РАН. С. 312–317.
- Мильков Ф.Н., 1973. Человек и ландшафты. М.: Мысль. 224 с.
- Панасенко Н.Н., 2004. Ландшафтный подход в исследовании урбанофлор // Развитие сравнительной флористики в России: вклад школы А. И. Толмачева: Матер. VI рабочего совещания по сравнительной флористике (Сыктывкар, 2003 г.). Сыктывкар. С. 110–117.
- Рудык А.Н., 2000. Функциональный подход к классификации урболандшафтов Симферополя // Записки общества геоэкологов Крыма. Симферополь. Вып. 3. С. 2–7.
- Тарасов Ф.В., 1974. О динамике природных процессов большого города и его ландшафтной структуре // VII Совещание по вопросам ландшафтоведения. Пермь. С. 86–88.
- Тютюнник Ю.Г., 1991. Идентификация, структура и классификация ландшафтов урбанизированных территорий // География и природные ресурсы. № 3. С. 22–32.
- Уральская Н.Г., Литвинова Е.М., 2000. Некоторые особенности флоры сосудистых растений города Новгорода // Сравнительная флористика на рубеже III тысячелетия: достижения, проблемы, перспективы: Матер. V рабочего совещания по сравнительной флористике, Ижевск, 1998. СПб.: БИН РАН. С. 336–343.
- Юрцев Б.А., Камелин Р.В., 1987. Очерк системы основных понятий флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Наука. С. 242–266.
- Moraczewski I.R., Sudnik-Wojcikowska B., 1994. An analysis of flora synantropization in seven Polish cities with the use of dendrites // Flora. V. 189. N 3. P. 255–261.
- Sukopp H., 2002. On the early history of urban ecology in Europe // Preslia. N 74. P. 373–393.

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ВИДОВ В ЛАНДШАФТАХ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА

О. А. Рудковская, А. М. Крышень

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Принято считать, что представленность местных видов в составе любой флоры обеспечивается сохранностью фрагментов зональной растительности, которые в условиях г. Петрозаводска представлены городскими лесами, лесными куртинами, частично сохранившимися естественными насаждениями по берегам озер и рек. Как показали результаты флористического исследования территории г. Петрозаводска, лесные виды могут существовать не только в естественных и приравненных к ним биотопах, но также и в антропогенных ландшафтах. За редкими исключениями такие виды встречаются ограниченным числом особей и потому их фитоценотическая роль в сложении растительных группировок городских ландшафтов чрезвычайно мала. Тем не менее, сам факт обнаружения лесных видов в нехарактерных для них экотопах и дальнейший мониторинг их устойчивости в городских условиях расширяет наше представление о широте биологического и экологического потенциалов некоторых видов.

В настоящее время в составе аборигенной фракции флоры г. Петрозаводска зарегистрированы 429 видов сосудистых растений, из них лесных – 190 (41,4%). При исследовании за основу была принята эколого-ценотическая система М.Л. Раменской (1983), разбившей все виды лесных растений на четыре группы: 1 группа – “лесные растения, относительно требовательные к почвенному плодородию и произрастающие при значительном затенении”; 2 – “лесные растения, произрастающие на средних по степени богатства почвах со средним или слегка повышенным или недостаточным увлажнением, часто относительно светолюбивых”; 3 – “ксерофильные растения, произрастающие на наиболее сухих и бедных почвогрунтах и еще большего светолюбия”; 4 – “лесные растения с широкой экологической амплитудой”. В таблице представлены данные о видовой численности вышеперечисленных эколого-ценотических групп в каждом из выделенных типов городского ландшафта (Рудковская, 2006). Для обозначения типов городского ландшафта в таблице и далее в тексте приняты следующие сокращения: РЕ – рекреационные естественные ландшафты; РИ – рекреационные искусственные; Слт – селитебные; ПрП – промышленные; Кар – карьеры; ВЕ – водно-хозяйственные естественные; ВВ – водно-хозяйственные вторичные; ТрЖД – транспортные железнодорожные; ТрАвт – транспортные автомобильные; Пеш – пешеходные; Скл – складские; Прх – переходные; Агр – агроландшафты.

Наибольшим видовым разнообразием среди лесных видов во флоре г. Петрозаводска отличается 2-ая эколого-ценотическая группа (65 видов). Виды этой группы характеризуются и наибольшей представленностью в каждом из выделенных типов городского ландшафта (таб.) Лесные виды, произрастающие на средних по степени плодородия почвах, бесспорно, доминируют в РЕ ландшафтах как по численности (87,7% от числа всех видов данной группы), так и по обилию. Участвуя в сложении растительных микрогруппировок на нарушенных местообитаниях, они не играют существенной фитоценотической роли, но тем не менее, представлены большим числом видов. Особенно это справедливо в отношении таких типов городского ландшафта, как РИ, Слт, ТрЖД, Прх, ТрАвт, где число видов варьирует от 24 до 29 (таб.). Во всех вышеперечисленных ландшафтах лесные виды 2-ой группы на 58–64% представлены апофитами, при этом видовой состав апофитов за исключением 3–4 видов практически одинаков.

Особый интерес представляет обнаружение собственно аборигенных видов, отнесенных М.Л. Раменской к этой группе, в нелесных ценозах. Больше всего их встречено в зеленых насаждениях общего пользования (РИ), даже отмечен случай роста популяции *Veronica chamaedrys* L. Сходный с РИ набор видов не апофитов отмечен в Слт ландшафте.

Таблица. Распределение видов лесных растений по типам городского ландшафта г. Петрозаводска

| № п/п             | РЕ  | РИ  | Слт | ПрП | Кар | ВЕ  | ВВ  | Тр Жд | Тр Авт | Пеш | Скл | Прх | Агр |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|-----|-----|-----|-----|
| 1                 | 54  | 11  | 14  | 2   | 1   | 9   | 1   | 9     | 5      | 1   | 4   | 8   | 2   |
| 2                 | 57  | 29  | 27  | 14  | 13  | 24  | 15  | 26    | 24     | 15  | 13  | 25  | 16  |
| 3                 | 29  | 7   | 10  | 5   | 9   | 5   | 6   | 19    | 18     | 6   | 4   | 12  | 9   |
| 4                 | 29  | 9   | 9   | 2   | 2   | 7   | 4   | 6     | 4      | 2   | 3   | 5   | 2   |
| Всего лесных      | 169 | 56  | 60  | 23  | 25  | 45  | 26  | 60    | 51     | 24  | 24  | 50  | 29  |
| Всего аборигенных | 336 | 139 | 164 | 71  | 82  | 203 | 153 | 130   | 154    | 84  | 74  | 177 | 84  |

Расхождение в видовых спектрах касается всего четырех видов, обнаруженных только в одном из выше названных ландшафтов: в Слт встречается *Lactuca sibirica* L., а в РИ – *Larix sibirica*, *Majanthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt и *Lonicera pallasii* Ledeb. При этом, очевидно, что указанные виды древесных растений, являясь аборигенными в Карелии, попали в состав флоры из культуры. В целом из числа не апофитов для пяти рассматриваемых типов городского ландшафта общими являются четыре вида: *Betula pendula* Roth, *Rosa acicularis* Lindl., *Sorbus aucuparia* L. и *Campanula rapunculoides* L. Только в ТрЖд ландшафтах были отмечены *Clinopodium vulgare* L., *Campanula cervicaria* L., *Campanula persicifolia* L., *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill и *Picris hieracioides* L. В Прх ландшафтах были обнаружены, кроме выше перечисленных общих видов, *Avenella flexuosa* (L.) Drejer, *Elymus caninus* (L.) L., *Maianthemum bifolium*, *Salix aurita* L., *Trientalis europaea* L. и *Hieracium reticulatum* (Lindb.) Lindb., а в ТрАвт – *Salix aurita* L., *Veronica chamaedrys*, *Lonicera pallasii* и *Campanula persicifolia*. В остальных семи типах городского ландшафта по числу видов на 68,8–76,9% доминируют апофиты, при этом в ПрП, Кар и Скл ландшафтах набор видов одинаков. Это широкораспространенные виды: *Salix caprea* L., *Alnus incana* (L.) Moench, *Geum urbanum* L., *Rubus idaeus* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Heracleum sibiricum* L. и др. В Агр ландшафтах к этому списку добавляется *Convolvulus arvensis* L., в ВВ – *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth, в Пеш – *Omalotheca sylvatica* (L.) Sch.

Не намного от 2-ой группы во видовому богатству отличается группа лесных растений, требовательных к почвенному плодородию (1-ая группа), она включает 54 вида. Растения этой группы, также, главным образом, приурочены к РЕ ландшафтам. Больше всего их было зарегистрировано в селитебных ландшафтах (14 видов). Некоторые из этих видов успешно интродуцированы из местной флоры (*Padus avium* Mill., *Sorbus aucuparia* и др.). На придомовых газонах под пологом деревьев и кустарников были обнаружены травянистые не апофиты: *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Stellaria nemorum* L., *Oxalis acetosella* L., *Angelica sylvestris* L., *Galium boreale* L. и др. Следует подчеркнуть, что в жилых районах было обнаружено больше видов 1-ой группы (14), чем в зеленых насаждениях общего пользования (11 видов). Видимо, это обусловлено, «закрытостью» придомовых газонов, создаваемой густыми посадками кустарников (живые изгороди) и более постоянными показателями влажности и освещенности, в то время, как парки, скверы и бульвары ориентированы на посещение их населением и они чаще подвергаются изреживанию в связи с санитарными и ландшафтными рубками.

По девять видов 1-ой группы было обнаружено в ВЕ ландшафтах (по берегам озер и рек) и в ТрЖд ландшафтах (мелколесье в полосах отчуждения железных дорог с частично сохранившейся естественной структурой напочвенного покрова). В первом случае (ВЕ) это два вида апофита (*Scirpus sylvaticus* L., *Aegopodium podagraria* L.) и семь видов – не апофитов (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro, *Stellaria nemorum* L. и др.). Во втором случае (ТрЖд), – *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Viola riviniana* Reichenb. и др.

Как показали флористические находки и наблюдения успешное произрастание некоторых представителей класса *Polypodiopsida* в значительной степени определяется экологическими условиями (влажность, затенение), чем некоторыми видами антропогенного воздействия (загрязнение воздуха, почвы). Менее значимо здесь даже фитоценотическое влияние представителей древесного

яруса, вероятно, потому, что основу ассортимента деревьев и кустарников составляют виды, интродуцированные из местной флоры. Подтверждением выше сказанному является обнаружение в ТрАвт ландшафте (в полосе отчуждения, в месте нарушения русла ручья) успешно произрастающей популяции *Matteuccia struthiopteris*. Аналогичный факт был отмечен в Слт ландшафте, где на придомовом газоне в центре города под пологом кустарников были зарегистрированы шесть крупных особей *Athyrium filix-femina*. В ТрАвт ландшафтах были обнаружены и другие виды 1-ой группы: *Stellaria nemorum*, *Epilobium montanum* L., *Aegopodium podagraria*, *Campanula latifolia* L.

Неоднозначна ситуация в отношении двух видов лесных растений, требовательных к почвенному плодородию, обнаруженных в Скл ландшафтах (территории складов, баз, рынков): *Humulus lupulus* L. и *R. nigrum* L. Как аборигенные виды, они встречаются в естественных сообществах в городских лесах, но на нарушенные местообитания, очевидно, попадают из культуры. В Скл ландшафтах также были обнаружены *Aegopodium podagraria* и *Angelica sylvestris*.

Крайне мала роль видов 1-ой группы в сложении объединенных парциальных флор ПрП, Кар, ВВ, Пеш и Агр ландшафтов (табл.).

На третьем месте по числу видов стоит группа ксерофильных растений (3-я группа), она включает 42 вида. Больше половины видов (29 из 42) характерны для РЕ. Достаточно велика их доля в формировании объединенных парциальных флор ТрЖД (19 видов, или 14,6%) и ТрАвт (18 видов, или 11,7%) ландшафтов. Вероятно, это обусловлено сходством нарушенных и природных местообитаний (сухие обочины, откосы, песчаные, щебнистые насыпи и т.п.) по ряду экологических характеристик.

Во флоре Карелии виды 4-ой группы представлены незначительно (3,9% от общего числа аборигенных видов). Также небольшой вес они имеют и во флоре г. Петрозаводска (6,3% от общего числа аборигенных видов). Этой общей тенденции подчиняется и представленность этих видов в составе каждой из объединенных парциальных флор (кроме флоры ВВ). Все виды с широкой экологической амплитудой отмечены в РЕ ландшафтах, на нарушенных же местообитаниях они представлены довольно скудно, при этом среди них крайне мала доля апофитов (3 вида, или 10,3%). К последним относятся *Equisetum arvense* L., *Salix phylicifolia* L. и *Campanula rotundifolia* L. Наибольшее присутствие видов из числа ксерофитов отмечено в РИ и Слт ландшафтах – по 9 видов. Данная группа лесных видов интересна тем, что 12 видов из 29 (общее число видов данной группы), не считая апофитов, были встречены единично в нехарактерных для них местообитаниях. Например, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Equisetum sylvaticum* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. были отмечены в Слт, *Equisetum pratense* Ehrh., *Orthilia secunda* Rafin. – в ТрЖД, *Gymnocarpium dryopteris* – в Скл ландшафтах. Из видов данной группы два вида – *Equisetum arvense* и *Betula pubescens* Ehrh. – присутствуют во всех без исключения типах ландшафта.

Таким образом, из всех лесных видов наибольшее участие во флоре г. Петрозаводска имеют виды, произрастающие на средних по степени плодородия почвах, основу которых (на 58–64%) составляют апофиты – виды обыкновенные, часто доминирующие по обилию в сложении напочвенного покрова нарушенных местообитаний. По сравнению с аборигенной флорой заповедника “Кивач”, ближайшей слабо трансформированной среднетаежной флорой (Кучеров и др., 2000), численность каждой из четырех групп лесных растений в урбанофлоре несколько меньше (разница варьирует от 4 до 16 видов). Однако распределение (по числу видов) лесных эколого-ценотических групп во флоре г. Петрозаводска сохраняется. Это обусловлено тем, что благодаря высокой гетерогенности ландшафтной организации городской территории и зональным особенностям климатических, гидрологических и т. п. условий, лесные виды находят в условиях города подходящие для себя местообитания.

Исследования поддержаны грантами Президиума РАН (программа “Биоразнообразие и динамика генофондов” раздел 3.5.4), РФФИ (06-04-48599-а).

## Литература

- Кучеров И.Б., Милевская С.Н., Тихомиров А.А., 2000. Сосудистые растения заповедника “Кивач” (Аннотированный список видов) // Флора и фауна заповедников. М., Вып. 84. 111 с.
- Раменская М.Л., 1983. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л.: Наука. 216 с.
- Рудковская О.А., 2006. Ландшафтная организация территории г. Петрозаводска // Матер. Междунар. конф. Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика (24–27 октября 2006 г.). Петрозаводск.

## ПРОБЛЕМЫ САДКОВОГО РЫБОВОДСТВА НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

Л. П. Рыжков, И. М. Крупень

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия*

Аквакультура в мировой рыбохозяйственной отрасли за последние 40 лет приобретает все большее значение. Если в 1975 году доля аквакультуры от общего объема производства гидробионтов равнялась 11 %, то в 2000 году она составила 32,3%. По данным ФАО к 2010 году доля ее возрастет до 50 %. В 2002 году общий объем аквакультуры равнялся 51,4 млн. тонн (Жигин, 2006), 70 % из этого объема составила рыбная продукция.

В России объем выращивания гидробионтов в искусственных условиях в 2004 году составил всего лишь 109 тыс. тонн, сократившись за 20 лет почти в 2 раза (Мамонтов, 2006). В настоящее время в России наблюдается тенденция увеличения объемов выращивания рыбной продукции в искусственных условиях. В частности, только в Республике Карелия за последние 2 года производство рыбы в искусственных условиях возросло в 2 раза.

В различных климатических зонах рациональное использование водных ресурсов в интересах рыбного хозяйства может осуществляться разными путями. В большинстве районов России преобладает пастбищное рыбководство, в южных регионах страны развивается прудовое рыбководство, а в Северо-Западном Федеральном регионе перспективным может быть садковое рыбководство в естественных водоемах. О перспективности этого направления на водоемах Европейского Севера России можно судить по результатам рыбохозяйственной деятельности в Республике Карелия. В 2004 году доля садковой рыбной продукции, выращенной в Карелии, составила 4 % от общего объема аквакультуры в России. В 2005 году садковая рыбная продукция в 2,2 раза превысила объемы утенного вылова рыбы в естественных водоемах.

Перспективность этого направления аквакультуры в северном регионе России определяется обилием разнотипных по продуктивности и абиотическим факторам внутренних водоемов, акватория которых равняется 70 тыс.км<sup>2</sup>., а также благоприятными природными условиями (длительный световой период во время вегетации, оптимальная температура, большие запасы чистой воды и др.). Развитию этого направления способствуют социально-экономические условия, транспортные и энергетические возможности, географическое расположение региона, а также наличие квалифицированных кадров и свободной рабочей силы. Как показали исследования ученых Петрозаводского государственного университета и Полярного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии перспективным является развитие садкового рыбководства в прибрежных районах Белого моря. По экспертным оценкам общие объемы садкового рыбководства в пресных и морских водах на Европейском Севере могут достигнуть 40 тыс. тонн рыбной продукции в год. Только в Карелии предполагается к 2010 году выращивать в садках до 10 тонн рыбной продукции. При этом имеется возможность выращивания в садках не только радужной форели, но и семги, пресноводного лосося, кижуча, сига, осетров и других видов рыб.

Садковое рыбководство начало развиваться на Европейском Севере в 1960-1970 годы. Основным объектом садковой аквакультуры стала радужная форель. Первые садковые хозяйства в естественных водоемах были созданы в Республике Карелия и на теплых водах ТЭЦ и АЭС в Мурманской и Архангельской областях. Их мощность была невелика и колебалась в пределах 5-10 тонн. Разработанные теоретические основы садкового рыбководства, отработанная технология производства посадочного материала и товарной рыбы и накопленный практический опыт организации садкового рыбководства способствовали увеличению производства рыбной продукции. Уже в 1985 году было выращено только в Карелии 25. тонн товарной рыбы (без учета объемов посадочного материала), в 2000 году производство рыбной продукции достигло 1700 тонн и в 2005 году – 5800 тонн. Однако при дальнейшем развитии садковой аквакультуры могут возникнуть проблемы с получением качественного посадочного материала, полноценных и дешевых рыбных кормов, а также возможностями рынка сбыта рыбной продукции.

Успешное решение названных проблем потребует совершенствования организации форм садкового рыбководства и разделения цикла производства рыбной продукции на 2 этапа.

Зональность формирования садковой аквакультуры заключается (в соответствии с климатическими условиями) в создании зональных комплексов, в которых центром является питомник с соответствующим маточным стадом и ряд товарных ферм. В частности в Карелии целесообразно выделить 3 зональных комплекса. Это, северный комплекс с центром на Кемском рыбноводном заводе, центральный комплекс с центром на Кедрозерском рыбноводном заводе и южный комплекс с центром на рыбноводной ферме Янисъярви. Соответственно весь цикл производства рыбной продукции разделяется на 2 этапа (производство посадочного материала и выращивание товарной рыбы).

Биологическая целесообразность зональности и этапности производства рыбной продукции заключается в получении наиболее качественного посадочного материала и производстве товарной рыбы в сокращенные сроки.

Экономическая целесообразность предлагаемой формы организации садковой аквакультуры заключается в сокращении сроков оборачиваемости капитала (в пределах одного года), в возможности объединения различных форм собственности, в способствовании развитию бизнеса на основе малого предпринимательства и в создании условий для эффективной деятельности специализированных квалифицированных кадров.

Одной из важных проблем садкового рыбноводства является формирование на селекционно-генетической основе высокопродуктивных маточных стад. Ее решение может быть обеспечено привлечением квалифицированных кадров рыбноводов и генетиков-селекционеров. Существующая практика создания маточных стад в каждом хозяйстве обречена на провал, так как требует больших финансовых затрат и не позволяет получать качественный посадочный материал.

Другой проблемой получения качественного посадочного материала является повышение иммунитета и создание оптимальных условий развития организмов во время эмбрионального и личиночного периодов их развития. Наиболее чувствительными этапами развития организмов являются гастрюляция формирование кровеносной и пищеварительной систем (переход на смешанное и активное питание). Качественный посадочный материал, в зависимости от потребности, целесообразно производить трех весовых категорий: 5–30 г для получения «порционной» рыбы или для двухлетнего выращивания, 100–200 г для однолетнего выращивания рыб средней навески (1000–1200 г) и 500 – 600 г для однолетнего выращивания крупной рыбы (более 2-х кг).

Еще одной из проблем садкового рыбноводства является наличие качественных гранулированных кормов собственного производства. Получение отечественных качественных кормов сдерживается недостатком основного компонента кормов – рыбной муки соответствующего качества. При наличии качественной рыбной муки производство рыбных кормов целесообразно организовать на комбикормовом заводе северного региона (в частности на Кондопожском). В ближайшие годы потребность садкового рыбноводства в северном регионе достигнет 10 – 15 тыс. тонн. В настоящее время качественные форелевые корма импортируются из Финляндии, Германии, Дании, Норвегии и Швеции. Приобретение импортных кормов в Карелии осуществляется централизованно через общество форелеводов Карелии, что несколько удешевляет их стоимость.

Не менее важной проблемой является дальнейшее совершенствование технологии производства товарной рыбной продукции. Данная проблема заключается в нормировании и режиме кормления рыб разного возраста, а также в использовании садков оптимальных конструкций, обеспечивающих благоприятные условия для развития и роста рыб. Нормирование кормовых рационов осуществляется по соответствующим программам, учитывающим вес и размеры рыб и температурные условия их развития. При выращивании личинок и мальков рыб корм вносится малыми дозами, но с максимальной частотой (до 18 раз в сутки). По мере роста рыб дозы вносимого корма увеличиваются, частота его внесения уменьшается до 2-х раз в сутки). Такой режим кормления обусловлен высокой ферментативной активностью у молоди и необходимостью снижения энергетических затрат у взрослых рыб.

Не менее важной проблемой садкового рыбноводства является профилактика и лечение различных видов заболеваний выращиваемых рыб. Высокие плотность размещения рыб в садках (до 600 штук/м<sup>3</sup> молоди и до 150 штук/м<sup>3</sup> более старших рыб) создают все условия для массового заболевания рыб. Основной метод борьбы с заболеваниями рыб в садках – предупреждение попадания паразитов и других носителей болезней при перевозке икры, личинок, мальков и особенно взрослых рыб и регулярная профилактическая обработка всей садковой продукции.

Одной из проблем увеличения объемов рыбной продукции в садках является постоянное совершенствование конструкций садков и способов их крепления. В настоящее время в садковой ак-

вакультуре используются круглые, квадратные, прямоугольные и полигональные садки, которые крепятся к грунту водоема с помощью различных растяжек. Для северных водоемов совершенствование конструкций садков должно идти в направлении штормоустойчивости и льдоустойчивости (особенно «шуги») и обеспечивать биологически оптимальные условия для роста и развития каждой возрастной группы рыб. Крепление садков в водоеме должно максимально упрощаться.

Среди других проблем – может возникнуть необходимость централизованно обеспечивать предпринимателей, фермеров, кооператоров и других представителей садкового бизнеса необходимым оборудованием (садки, кормушки, сортировальные и другие рыбоводные аппараты) Эта проблема может решаться как через общество форелеводов Карелии, так и индивидуально каждым предпринимателем.

При увеличении объемов производства садковой рыбной продукции несомненно возникнет угроза сохранению природных качеств водной среды. Это особенно важно для северных водоемов, в которых процессы трансформации органических веществ осуществляются крайне медленно. Экскременты выращиваемых рыб, конечные продукты их метаболизма, а также остатки корма, попадая в избытке в водоем, не успевают трансформироваться. Результатом этого может быть ухудшение качества водной среды, и даже изменение трофического статуса водоема. Для предупреждения негативных явлений в водоеме создание каждого форелевого хозяйства подвергается государственной экологической экспертизе. Важным для сохранения природных качеств водной среды при развитии садкового форелеводства является, наряду с ведомственным контролем организовать экологический мониторинг в водоемах с функционирующими в них форелевыми хозяйствами. Такие работы должны финансироваться за счет бюджетных ассигнований, так как полученные результаты выполненного экологического мониторинга необходимы для директивных и других государственных органов при планировании развития садковой аквакультуры и размещения садковых хозяйств в каждом конкретном регионе.

Существующие проблемы садкового рыбоводства могут устраняться в процессе функционирования садковых хозяйств и не являются препятствием для дальнейшего его развития. Доказательством этого являются экономическая целесообразность, практика садкового рыбоводства и необходимость получения дополнительной качественной пищевой продукции. Это значит, что в настоящее время садковая аквакультура является одним из перспективных направлений развития рыбного хозяйства не только на Европейском Севере, но и на всей территории Северо-Западного Федерального региона.

## **ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАРЕЛИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

**В. И. Саковец, В. Н. Гаврилов**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В Институте леса КарНЦ РАН в течение более тридцати лет проводятся исследования по изучению лесоводственной эффективности гидролесомелиорации и экологических последствий данного мероприятия. На начальном этапе в 70-80-е годы основное внимание уделялось вопросам повышения продуктивности осушаемых лесов и процессам облесения болот. В 90-е годы приступили к разработке вопросов экологических последствий гидролесомелиорации.

В результате долговременных исследований накоплен значительный опыт и на основе полученных результатов разработаны наставления и рекомендации по ведению лесного хозяйства в осушаемых лесах с целью выращивания высокопродуктивных и ценных по составу древостоев и дать оценку экологических аспектов, в т. ч. и биосферной роли лесоосушения в Карелии.

Установлено, что эффективность гидролесомелиорации (получение дополнительного прироста древесины, увеличение покрытой лесом площади) во многом определяется климатическими усло-

виями, типом условий произрастания, лесорастительных свойств почвы, возраста древостоев на момент осушения и др.. При изучении лесовозобновительных процессов на осушаемых болотах республики выявлено, что различия в лесоводственном эффекте осушения существенны в широтно-зональном аспекте. Так, в среднетаежной подзоне (южной части Карелии) уже через 5-7 лет после осушения болотные экосистемы трансформируются в лесоболотные за счет естественного и искусственного возобновления (Саковец, Гаврилов, 1994). В итоге в течение первых 10 лет в лесопокрытую площадь переводится от 50 до 60% площади осушаемых болот, а через 25 лет она увеличивается на отдельных объектах осушения на 25-45% и, в итоге, лесная площадь южной части Карелии увеличилась вследствие облесения болот на 3,4% (Саковец и др., 2000; Германова, Саковец, 2004). В северотаежной подзоне эффективность лесосушения значительно ниже.

Проведение гидролесомелиорации в среднетаежной подзоне способствует повышению продуктивности древостоев и существенно изменяет возрастную структуру лесного фонда на осушенных землях. Исследования показали, что текущий бонитет выше общего на 2-3 класса в зависимости от условий произрастания (типа болотной почвы, интенсивности осушения), что обусловливается активизацией роста деревьев и накоплении запаса стволовой древесины. Ежегодный дополнительный прирост через 25 лет после осушения достигает 3 м<sup>3</sup>/га по хвойному и лиственному хозяйству.

Для оптимизации хозяйственной деятельности на осушенных лесных землях в течение исследований апробированы различные лесохозяйственные мероприятия с целью повышения продуктивности и ценности осушенных древостоев: сплошные и выборочные рубки, внесение минеральных удобрений, реконструкция малоценных лиственных насаждений лесоводственными и лесокультурными методами. Разработаны рекомендации по искусственному облесению открытых болот и получены результаты по эффективности данного мероприятия в различных районах республики. В Карелии на осушенных болотах создано около 70 тысяч га лесных культур, главным образом сосны и ели. Установлено, что наиболее высокие показатели роста имеют культуры сосны в южной части республики на бедных переходных болотах.

По поводу экологических последствий гидролесомелиорации и ее биосферной роли высказываются неоднозначные мнения, и эти вопросы до сих пор являются предметами дискуссии. Проведенные нами исследования с применением экосистемного подхода позволили выявить некоторые экологические аспекты гидролесомелиорации и дать им соответствующую оценку (Саковец и др., 2000; Германова, Саковец, 2004). Исследования проводились одновременно на осушенных и неосушенных объектах, в мезотрофных и олиготрофных условиях, во всех компонентах экосистемы: растительность, почва, почвенно-грунтовые воды, почвенный воздух. Так, например, выявлено, что сток с водосборов осушенных лесов, резко усиливающийся в первые годы после создания мелиоративных систем, через 20 лет приближается к исходному уровню до осушения. Изменение гидрологических условий повлияло на процессы минерализации органического вещества в почвах и качество воды в ПГВ и дренажных водах. Под влиянием осушения увеличился вынос органики и питательных элементов из почвы.

В связи с усиливающимся антропогенным воздействием на атмосферу все большее значение приобретает правильная оценка биосферной роли гидролесомелиорации. Эта оценка тесно связана с проблемой углеродного баланса в осушенных и неосушенных биогеоценозах. Наши исследования показали, что в условиях сосняка травяно-сфагнового за 20-летний период после осушения в результате осадки и сработки запасы углерода в торфяной залежи снизились на 3-17 т/га, в зависимости от интенсивности осушения. В то же время запасы углерода в фитомассе выросли до 65-70 т/га (на 25-30 т/га), а в неосушенном древостое они составили всего 40,5 т/га. В целом экосистема сосняка травяно-сфагнового за 20-летний период осушения накопила углерода больше в среднем на 1.69 т/га в год по сравнению с неосушенной. Запас углерода накопленного в экосистеме за счет гидролесомелиорации в 2.5 раза больше по сравнению с потерями в торфе. Общий баланс углерода в экосистеме сосняка травяно-сфагнового положительный.

Детальные исследования, проведенные нами, дали возможность установить влияние гидролесомелиорации на изменение углеродного цикла при осушении лесных фитоценозов в олиготрофных и мезотрофных условиях произрастания. Установлено, что при дополнительном приросте за счет осушения 1,25 м<sup>3</sup>/га в год накопление углерода равно нулю, при большей производительности древостоя сток углерода в экосистему увеличивается, а при меньшей – уменьшается. Это свидетельствует о неоднозначной роли гидролесомелиорации в биосферных процессах. Оценивая значение гидролесомелиорации в комплексе с хозяйственной и экологической сторон, следует отметить, что,

чем выше ее лесоводственная эффективность, тем меньше негативных экологических последствий она несет окружающей среде.

Несмотря на значительный накопленный опыт в области гидролесомелиорации остается немало вопросов, требующих решения. Это вопросы классификации и бонитировки осушенных лесов, организации рубок главного и промежуточного пользования, изучение экологических последствий, в частности изменения видового разнообразия биоты с увеличением давности осушения и трансформации лесоболотных экосистем.

## Литература

- Саковец В.И., Гаврилов В.Н., 1994. Лесообразовательные процессы на осушенных болотах Карелии. Петрозаводск. Изд. КарНЦ РАН. 102 с.
- Саковец В.И., Германова Н.И., Матюшкин В.А. 2000. Экологические аспекты Гидролесомелиорации в Карелии. Петрозаводск: Изд. КарНЦ РАН. 155 с.
- Германова Н.И., Саковец В.И. 2004. Почвенно-биологические процессы в осушенных лесах Карелии Петрозаводск: Изд. КарНЦ РАН. 188 с.

## ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИМОРСКИХ МАРШЕЙ ПОМОРСКОГО БЕРЕГА ОНЕЖСКОЙ ГУБЫ БЕЛОГО МОРЯ

Л. А. Сергиенко

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия*

Успешное решение различных задач, связанных с практической деятельностью человека в прибрежной зоне, может быть достигнута только при верном и глубоком знании процессов, протекающих в таком сложном природном явлении, как контактная зона «суша - океан». Жизненная необходимость в расширении рекреационных работ требует углубленного изучения данных природных сообществ, закономерности их развития и взаимосвязей. Целью работы является выделение галофитного флористического комплекса побережья Белого моря и его разносторонний анализ.

Научная новизна результатов исследования - впервые выделен и охарактеризован галофитный флористический комплекс Карельского побережья Белого моря. Полученные данные могут служить для разработки мер по охране флоры приморской полосы с целью ее рационального использования в народном хозяйстве.

История изучения побережья Белого моря берет начало в XVIII веке - в 1762-67 гг. проводилась экспедиция академика И. И. Лепехина, в 1837 г. здесь по пути на Новую Землю побывал академик К.-Э. М. фон Бэр. Примерно в это же время появляются первые публикации финских натуралистов (преимущественно по району Керетьских шхер). В последней трети прошлого века опубликован отчет известного русского ботаника А. А. Бекетова по всему беломорскому побережью. В конце прошлого века территорию от Беломорска до Кеми, а также острова Кузова и некоторые другие посетил О. Бергроф. Им была собрана обширная коллекция флоры средней и северной Карелии.

В послевоенное время в ходе изучения луговой растительности на побережье к югу от г. Беломорска работала М. Л. Раменская. Описания и общая характеристика приморских лугов опубликованы в монографии, посвященной лугам Карелии. Позднее был обследован мыс Картеж и ряд островов Чупинской губы (сборы хранятся в гербарии ПетрГУ).

Во флористическом отношении лучше изучена северная часть карельского побережья, где расположены биостанция ЗИНа РАН (мыс Картеж), МГУ (мыс Киндо) и СпбГУ (о. Средний), а, кроме того, Кемь-Лудский участок Кандалакшского заповедника.

Белое море принадлежит к бассейну Северного Ледовитого океана и представляет собой полуизолированный внутриконтинентальный водоем. По площади Белое море одно из самых маленьких в мире. Общая протяженность береговой линии едва достигает 5000 км. Побережье в пределах Карелии севернее устья р. Кемь носит название Карельский берег, южнее – Поморский берег; к ним прилегает Прибеломорская низменность. Территорию слагают гнейсы, амфиболиты, мигматиты, гранито-гнейсы беломорской серии ее аналогов, интрузии разного состава и возраста, перекрытые верхнечетвертичными и современными отложениями морских песков, супесей и глин. Представлены дочетвертичные породы: граниты, диабазы, кварциты и др.

Основной тип рельефа северной части побережья – структурно-денудационный – цокольные, увалистые равнины древнего пенеппена (100-150 м) с абразионной обработкой; южнее представлен водно-аккумулятивный тип – абразионно-аккумулятивные равнины. Отдельные участки характеризуются биогенным типом рельефа (болотные равнины). Побережье отличается интенсивной расчлененностью береговой линии. Его многочисленные заливы относят к фиардам (заливам ледниково-тектонического происхождения). Характерно обилие «луд» - мелких скалистых островков, являющихся беломорским аналогом шхер (фиардово-шхерный тип расчленения берега). Южнее Беломорска прибрежная местность значительно снижается и переходит в заболоченную низменность, на которой лишь вблизи берега возвышаются редкие, с пологими склонами, холмы («вараки») из кристаллических пород. Собственно берег представляет собой либо сглаженные ледником скальные пологие поверхности, постепенно уходящие под урез воды, либо навалы глыб и валунов, обрамленные со стороны моря глинистыми или песчаными приливными осушками, ширина которых местами достигает 1-1,5 км. Поверхность осушки обычно покрыта слоем ила, толщиной порядка 10 см, который образуется при тихой погоде. Ландшафт северной части территории представлен сельгами фиардообразных заливов и шхер, южной - волнистыми морскими террасированными равнинами. Почвы побережья - подзолы, болотные различных типов; очень фрагментарно встречаются маршевые засоленные глеевые почвы. Средние летние температуры составляют +8+13°, лето короткое, преобладает пасмурная и прохладная погода. Количество осадков 400-600 мм, максимум в Беломорске - 676 мм/год. Режим ветров переменный - с ноября по март преобладают юго-западные, с мая по сентябрь - северо-восточные ветры. Интенсивность волнения ограничена малыми размерами моря; самые сильные волны 3-4 м. высотой наблюдаются у северного побережья. Зыбь не характерна. Приливы правильные, полусуточные. Характерная растительность побережья - еловые с примесью сосны и березы, лишайниково-каменистые и лишайниково-зеленомошные леса, а также сосновые редкостойные лишайниковые и зеленомошные леса.

Приморская галофитная растительность занимает эстуарии всех рек, впадающих в Белое море, и имеет свои характерные особенности. На таких выположенных и подверженных частому заливанню территориях происходит формирование специфичных типов растительности, объединенных в категорию приморских лугов (маршей). Солевой режим данных участков выступает в качестве определяющего экологического фактора, поэтому частота и продолжительность затопления водами дельт рек определяют на них пространственное распределение группировок растительности (Сергиенко, 2006).

Первый, наиболее низкий уровень (луга низкого уровня) занимают участки, подверженные ежедневному затоплению. Береговая зона шириной 15-250 м, почти лишена сомкнутой растительности и представляет собой открытый ил с редким покрытием из водорослевых корочек и пионерного вида *Eleocharis uniglumis* с примесью эндемика Белого моря *Salicornia pojarkovae* (устья южных рек) и *Bolbochoenus maritimus* в более северных точках. В чашеобразных водоемах, удаленных от приливно-отливной зоны, обилён литоральный вид *Hippuris tetraphylla*. Следующая зона встречается относительно узкой полосой шириной от 5 до 20 м. Растительный покров монодоминантен и представлен *Carex subspathacea*, на удалении от берега отмечается примесь *Stellaria humifusa*, *Potentilla egedii*, *Glaux maritima*. Группировка с эдификатором *Carex subspathacea* наиболее характерна для начальной стадии зарастания илистого аллювия и встречается практически вдоль всего побережья Поморского берега Онежской губы Белого моря. Благодаря характеру роста своих вегетативных побегов данный вид устраняет возможность вторжения других видов, придавая данной группировке устойчивость. На постоянно заливаемых площадях высота растений достигает 15-20 см. В весенний период эти участки долго покрыты снежным покровом и не выедаются травоядными птицами.

В более южных точках на илистом аллювии встречается ассоциация *Plantago maritima* + *Tripolium vulgare* + *Triglochin maritimum*.

На участках морского побережья, покрытых свежими наносами песка, обычен галофит *Honckenya oblongifolia*, на более удаленных – встречается *Leymus arenarius* и *Festuca ovina*. С течением времени вынесенный песок «разгружается» от солей (состав солеобразующих ионов в приморских песках схож с содержащимися в морской воде:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ ), промывается водами атмосферных осадков, и невысокие песчаные холмы, удаленные от береговой линии, заселяются псамофитами: *Sonchus humilis*, *Tanacetum bipinnatum*, *Festuca rubra*, *Rumex acetosella*, *Juncus gerardii*.

Приморские луга среднего уровня составлены мозаикой нескольких растительных сообществ. Данные участки заливаются в наиболее высокие весенние и осенние приливы и изредка в наиболее высокие приливы, вблизи сизигий – новолуния и полнолуния (сизигийные приливы). Флора таких участков на побережье насчитывает 25 видов цветковых растений, образующих различные комбинации. Динамические изменения состава флоры в сравнении с 30-40-ми годами прослеживаются в отношении проникающего в регион *Triglochin palustre*. Помимо *Carex subspathacea* в травяном покрове доминируют также *Carex mackenziei*, *Stellaria humifusa*, *Plantago maritima*, *Arctanthemum hultenii* и *Potentilla egedii*. Глубина залегания грунтовых вод варьирует в пределах 15-30 см.

Переход от лугов среднего уровня к лугам высокого уровня проявляется в локальном появлении следов торфонакопления (торфяной горизонт на некоторых участках достигает 5-30 см) и формировании покрова зеленых мхов из *Aulacomnium palustre*, *Drepanocladus uncinatus*, *Bryum sp.* Данные участки не подвергаются затоплению солеными водами, однако могут быть подвержены обрызгиванию солеными водами или пеной. Засоленные песчаные или илистые грунты под слоем торфа перестают быть фактором, определяющим характер растительного покрова. Уровень грунтовых вод располагается на глубине 60-70 см.

Видами, диагностирующими ассоциацию приморских лугов высокого уровня, являются *Parnassia palustris*, *Rhodiola rosea*. Глубина залегания поверхностных вод варьирует в пределах от 70 до 15 см. Продуктивность приморских лугов существенно варьирует. Наименьшие значения показателя отмечены на низких маршах с пионерной растительностью из *Eleocharis uniglumis* и участках, подвергнувшихся прессингу со стороны гнездящихся гусеобразных. Надземная биомасса растений таких участков редко превышает 10 г/м<sup>2</sup>. Однако, на постоянно заливаемых участках *Carex subspathacea* формирует травостой высотой до 15-20 см, запас надземной биомассы таких участков достигает 150-200 г/м<sup>2</sup>. (максимум до 300 г/м<sup>2</sup>).

## Литература

Сергиенко Л.А. Видовое разнообразие приморских сообществ высших растений побережья Белого моря // материалы IV (XXVII) международной конференции, посвященной памяти Л.А. Жакова. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера», Вологда, Россия. 2006. С. 134-136.

## ПРИМОРСКАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЮЖНОГО БЕРЕГА ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Л. А. Сергиенко

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

Территория побережья Финского залива в последнее время оказалась в фокусе ряда проблем, возникших в регионе в связи с необходимостью предотвращения загрязнений акваторий Финского залива, восстановления рыбных запасов, рациональной эксплуатации ресурсов, размещения торгово-транспортного комплекса для Санкт-Петербурга, развития туризма. Решение этих и других задач обуславливает необходимость изучения структурной организации и дифференциации его фитоком-

поненты, общих тенденций изменений и эколого-социальных аспектов охраны, основой которых является тщательная инвентаризация флоры и растительности. Исследуемая территория расположена на побережье Финского залива на западе Ленинградской области, по геоботаническому районированию относится к евроазиатской таежной области, североевропейской таежной провинции Валдайско-Онежской подпровинции. Она представляет собой террасированную равнину с преобладающими высотами от 3-5 до 20-25 м (на платообразных возвышенностях: Крикковской, Куровицкой, Курголовской и дюнных грядах). Берег Финского залива низменный с частыми мелкими мысами длиной до 1,5 км. С позиций функционального подхода эта территория представляет собой объединение структурно-организованных комплексов устьевой области рек, впадающих в Финский залив, имеющих значительную площадь водосбора и являющихся наиболее мощным транспортом, принимающим загрязнение как из воздуха, дренажных территорий, так и подземных напорных вод и промышленных стоков с урбанизированных территорий и малых рек Ленинградской области.

Работы по мониторингу побережья Финского залива автором были начаты в 1992 году в составе временного рабочего коллектива по экологической оценке места предполагаемого строительства порта в районе Лужской губы (совместно с институтом Транспорта РАН), в 1993-1995 годах они были продолжены по международному проекту (совместно с голландскими учеными) с Центральным Европейским Университетом (филиал фонда Дж.Сороса) (Сергиенко, 1994). Материалом для составления флористических списков парциальных флор послужили геоботанические описания, выполненные в июле 1992, июне-июле 1993 г., июле - августе 1994 г. и в июне 1995 г. в береговых точках, представляющих интерес для мониторинга биоразнообразия ценозов побережья Финского залива. Всего изучено 16 точек по восточному побережью Финского залива, что является многокилометровой трансектой по его побережью с наиболее разнообразной приморской и пойменной растительностью: 1) берег залива - до дамбы - в районе пос. Кронколлония; 2) берег залива - после дамбы - пос. Чайка; Копорская губа - 3) окр. мыса Шепелевского; 4) окр. дер. Липово; 5) берег в районе пос. Киндикюля; 6) окр. г. Сосновый бор и 7) устье р. Коваши; 8) пос. Систа-Палкино; 9) берег у пос. Пайпие; 10) мыс Кескелево; Лужская губа - 11) устье р. Хаболовка; 12) р. Лужицы; 13) р. Выбья; Наровская губа - 14) берег у пос. Курголово; 15) мыс Питкинен нос, а также 16) берег засоленного Липовского озера на Кургальском п-ве.

С геоморфологической точки зрения молодой рельеф этих территорий находится в постоянном неустойчивом равновесии, что особенно характерно для береговых зон. Именно в этих зонах встречаются специфические комплексы рельефа с четким проявлением современной морской (озерной) и эоловой аккумуляций, что обусловило формирование типичных пойменных и дюнных ландшафтов с относительными превышениями до 10 метров. Здесь же наблюдаются холмисто-моренные и грядовые флювиогляциальные образования, которые особенно четко выражены при сохранении рельефа краевой ледниковой аккумуляции (окр. пос. Киндикюля, окр. г. Сосновый Бор).

По результатам анализа почвенных образцов с побережья относительно большую часть занимают приморские засоленные и галечные почвы. На редко заливаемых морем частях приморской террасы встречаются приморские засоленные глеевые и оторфованные почвы, а в зоне прямого постоянного воздействия моря на заливаемых участках - засоленные подводные глеевые, оторфованные (илистые) почвы на лагунных осадках. Соленость воды в условиях приморской террасы сильно варьирует и является главным фактором, определяющим доступность воды для растений. Засоленные подводные почвы характерны для мелководных побережий и бухт, заросших тростником и камышом. В образовании органического вещества большую роль играет морской ил и растительные остатки других, растущих в море растений. Засоленные примитивные почвы встречаются относительно узкой полосой на склоне побережья и часто затопляются морем, поэтому эти почвы содержат больше солей и имеют негустую растительность. При высоком уровне воды и при штормах они остаются под водой. Засоленные глеевые почвы располагаются немного выше и дальше от береговой линии и подвергаются наводнениям лишь периодически. Приморские глеевые почвы располагаются на наиболее высоких частях прибрежной полосы, где обводнения происходят редко, но грунтовые воды солоноваты.

Засоленные приморские почвы содержат легкорастворимые соли - хлориды и сульфаты, меньше в них карбонатов. С подсыханием почвы увеличивается концентрация солей в почвенном растворе и начинается их отложение на поверхности почвы. Но с атмосферными осадками большинство солей из почвы вымывается, поэтому соленость приморских почв на изученной территории довольно низка.

Структура приморской растительности, как наиболее чутко реагирующей на абиотические факторы среды, экологически обусловлена двумя основными обстоятельствами. Она периодически заливается морем. При определенной длительности наводнения в почве образуются анаэробные условия. Соленость почвенной воды варьирует и она намного выше, чем в остальных частях береговой зоны. Изменяющиеся гидрологические и химические условия оказываются решающими для дифференциации и определенного зонального расположения сообществ. Большое количество растворимых солей в местах произрастания приморских сообществ имеет большое экологическое значение. Этим исключаются виды, не выносящие высокого осмотического давления в почвенном растворе, и предпочитают толерантные к засолению виды - в этом выражается детерминантность флористического состава приморских сообществ. Возрастание роли эвритопных видов в растительном сообществе приводит к их повышенной продуктивности, а наличие стенотопов поддерживает стабильность.

Растительные сообщества приморских маршей наиболее уязвимы в биоте Финского залива и чрезвычайно подвержены все возрастающему прессингу антропогенного загрязнения. На локальной территории, какой является окрестности бухты Батарейной (район мыса Шепелево), ранее наименее вовлеченной в сферу деятельности человека, существующая здесь экосистема нарушена при строительстве порта. Взамен утраченных элементов ценоза появились новые флористические комплексы, основу которых составляют "сорные" виды и виды-урбанисты, мирящиеся с присутствием человека, охотно использующие кормовые и защитные условия, предоставляемые индустриализацией. Поскольку каждое сообщество характеризуется лимитированным числом видов, то дальнейшая колонизация будет уравновешена элиминацией ранее пришедших видов, в зависимости от конкурентоспособности и экологической пластичности каждого вида. При иммиграции быстрорасселяющиеся виды стабилизируются первыми, влияние флуктуаций уровня воды, совместно с изменениями в нестабильной прибрежной среде обусловят дифференциацию этих растений в экотопах и вызовут нео-эндемизм.

Специфика динамических смен растительности приморских лугов, отличающая их от смен зональных сообществ, следующая:

1) развитие первичных сообществ идет на основе процессов сингенеза; 2) более длительный процесс сукцессионных смен в связи с особенностями воздействия факторов среды; 3) большая зависимость от физико-химических свойств субстрата; 4) унифицированность, специфичность растительности пионерных стадий.

Поэтому нарушения, производимые человеком в результате хозяйственной деятельности в 2-3 раза сильнее и быстрее сказываются на приморской растительности, чем на плакорной. Самые нарушенные и бедные сообщества отмечены в Копорской губе, в устье р.Коваши. Здесь уже произошла деградация растительного покрова, предохраняющего берега от ветровой эрозии. Дюны в окрестностях города Сосновый бор практически лишены растительности, оголены, небольшие заросли вейника, волоснеца и различных видов ив не в силах справиться с их укреплением. Заросли по берегу низкие, разреженные, семенное возобновление слабое, по-видимому, продолжительные положительные температуры отрицательно воздействуют на банк семян в почве. Однако, в районе пос. Киндикюля, расположенного ближе к городу Санкт-Петербургу, приморские сообщества более развиты, с большим разнообразием видов и их обилием. То же самое можно сказать и про сообщества, расположенные в Лужской губе. В то же время многолетние наблюдения за динамикой растительности в Лужской губе показывают, что сильная эвтрофикация за счет стоков многочисленных промышленных предприятий отрицательно влияет на рост и развитие растений. Так, описания растительности в устьях р. Выбья (Кургальский п-ов) и на мысе Киндикюля, сделанные в 1992 году, отметили тростник с обилием 5-5%, в 2002 году площадь, которую он занимает, увеличилась в 4-5 раз, одновременно с уменьшением обилия и социобилетета таких эвгалофитных видов, как водяная сосенка, астра солончаковая (она первая выпала почти что полностью из приморских сообществ), глаукс морской, какиле морская (морская горчица), которые вполне заслуживают внесения в Красную Книгу Балтики.

Мы считаем растительность морских побережий азональной по слабому и медленному выражению ценологических изменений вследствие сравнительного однообразия растительного покрова в неблагоприятных условиях произрастания. Нами отмечены очень близкие соотношения между встречаемостью видов, длительностью заливания сообществ и зональной дифференцированностью в растительном покрове. Каждое сообщество занимает определенное положение в отношении к сред-

нему уровню воды. Вертикальные пределы распространения растительных сообществ являются ограниченными: 80-90% из корневой (подземной) биомассы растений находится в верхнем 20-см слое почвы.

## Литература

Сергиенко Л.А. Приморские растительные сообщества Лужской губы (Финский залив, Балтийское море) // материалы Всероссийского симпозиума « Экологическая безопасность России», Санкт-Петербург, 1994, С. 90-105.

## ПРИМОРСКАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ СУМА, ПОМОРСКИЙ БЕРЕГ ОНЕЖСКОЙ ГУБЫ БЕЛОГО МОРЯ

Л. А. Сергиенко, О. Н. Савченко

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия*

Шельф в Мировом океане вместе с его неотъемлемой частью — прибрежной зоной — является наиболее динамично развивающимся природным объектом. За последние 125 тыс. лет, т.е. с наиболее теплой эпохи микулинского (рисс-вюрмского) межледниковья, современный шельф эволюционировал под воздействием регрессий и трансгрессий Мирового океана, а в высоких широтах — еще и под воздействием наступания и деградации материковых ледников. Повсеместно он подвергался эрозионному расчленению и воздействию других экзогенных процессов, а также процессов, происходивших в самом океане, изменявшихся в зависимости от состояния климата, — гидрогенных (течения, волнение, морской лед), биогенных и хемогенных. В историческое время, особенно с наступлением индустриальной эпохи, прибрежная зона и шельф стали объектами интенсивного хозяйственного использования и, следовательно, подвергались изменениям антропогенного характера (Сергиенко, 2001).

В настоящее время все больший интерес исследователей вызывают процессы, протекающие на стыке морской и континентальной сред обитания высших растений и гидробионтов. Общеизвестно, что на побережьях морей формируется совершенно особая категория типов местообитаний, характерной чертой которых является нестабильная соленость. Это водоемы и осушки маршевых лугов, эстуарии рек и ручьев, супралиторальные ванны и ванны верхнего и среднего горизонтов литорали. Нестабильность солености воды и почвы, а также некоторых других гидрохимических показателей в таких местообитаниях обусловлены главным образом приливно-отливными и штормовыми движениями морской воды с одной стороны, и влиянием атмосферных процессов с другой. В результате комбинации этих факторов возникают уникальные, крайне изменчивые во времени условия для развития высшей приморской флоры и растительности.

Эстуарий - (от лат. "aestuarium" - затопляемая часть реки или ручья); воронкообразное устье реки или ручья, расширяющееся в сторону моря. Образуется в тех случаях, когда приносимые потоком наносы удаляются морскими течениями или приливо-отливными движениями, а прилегающая часть моря имеет большие глубины. В таких случаях даже при большом выносе терригенных частиц отложения их на устьевом участке не происходит. Ватт - полоса низменных побережий морей, затопляемая во время морских приливов и осушающаяся во время отливов, без какой-либо растительности; марш (или маршевый луг) - это полоса низменных побережий морей, затопляемая, в отличие от ваттов лишь в периоды наиболее высоких приливов и нагонов воды. Марши покрыты лугами и болотами с приморской галофитной растительностью.

На Поморском берегу Онежской губы Белого моря впервые проведено подробное геоботаническое изучение приморских растительных сообществ и структуры почвенного слоя, на которых они произрастают. Вследствие высокой гетерогенности территории зафиксирован широкий спектр приморских экотопов, обеспечивающих значительное разнообразие состава растительности, ее пространственного распределения и распространения. В устье реки Сума отмечены следующие типы

приморских сообществ: сообщество с доминированием *Eleocharis uniglumis*, приуроченное к зоне ежедневного заливания солончатых илистых маршей. Формирует хорошо выраженный бордюр по краю маршей. На мористой стороне марша в данном сообществе произрастают хорошо развитые особи *Eleocharis uniglumis*, в то время как на речной стороне марша очень четко видно зарастание илистого аллювия с помощью мощных столонов, формирующих своеобразную сетчатую структуру столонов, способствующую зарастанию илистого аллювия. Сообщество с водяной сосенкой *Hippuris tetraphylla* занимает небольшие ванны с солончатой теплой водой в краевой, морской части маршей, подвергаемой ежедневному заливанию. Сообщество с доминированием эндемика Белого моря *Salicornia pojarkovae* представляет собой монодоминантную заросль с обилием более 10% на плоских поверхностях, вышедших из-под ежедневного заливания морскими водами. При подсчете на пробных площадках размером 10x10 см число особей *Salicornia pojarkovae* разной степени развития, достигало 400-500 особей. Сообщество занимает бессточные площади в центральной части марша, очень четко видны бывшие русла небольших ручейков, впадавших в эти площади весной при более высоком стоянии воды. При обсыхании верхнего слоя почвы, она растрескивается с образованием такырообразных трещин. В устье реки Сума *Salicornia pojarkovae* не является пионером зарастания осушки, как это мы наблюдали в устьях более южнее расположенных рек Колежма и Нюхча. В более дальней части марша, но, по-видимому, тоже с сильнозасоленной почвой, на таких же площадях можно встретить сообщество с доминированием *Spergularia marina*, с общим числом проростков на участке 10x10 см – 800-1200 особей. Характерно, что зарастание как первичных маршевых осушек, так и такырообразных площадей более легко идет по трещинам, чем просто по чистому илистому аллювию (рис. 1, 2).



Рис. 1. Зарастание илистого аллювия в устье реки Сума (Поморский берег Онежской губы Белого моря) *Eleocharis uniglumis*



Рис. 2. Зарастание такырообразных площадей в центральной части приморского марша в устье реки Сума (Поморский берег Онежской губы Белого моря) *Spergularia marina*

Представительные и хорошо заметные эвгалофитные, евроазиатские бореальные виды *Plantago maritima*, *Triglochin maritimum* и *Tripolium vulgare*, создающие своеобразный облик приморской растительности на маршах в устьях более южных рек, и являющиеся доминирующими галофитными видами многих приморских ассоциаций, в устье реки Сума отходят на второй план, не аспектируя в маршевых сообществах, уступая эту роль таким мезогалофитным видам, как *Juncus gerardii*, *Festuca rubra*, *Sonchus humilis*, *Alopecurus arundinaceus*. Сообщества с ситником и овсяницей аспектируют в центральной части марша, иногда создавая кочкарный микрорельеф. Арктический циркумполярный вид – *Puccinellia phryganodes*, произрастает только на иловато-глинистом субстрате на бессточных илистых площадях с такырообразными трещинами. Сообщество или скорее группировка с участием *Bolboschoenus maritimus* вместе с *Eleocharis uniglumis* произрастает в мористой части марша, являясь пионером на осушках, подверженных волнению моря. Кроме того, это сообщество проникает по протокам далеко вглубь марша, разбивая сомкнутую растительность других сообществ и группировок. Также в центральной части марша отмечено сообщество с доминированием *Phragmites australis*, с содоминированием *Atriplex nudicaulis*, что довольно не характерно для приморской растительности. Тростник, в отличие от устьев рек Нюхча и Коллежма, где он достига-

ет высоты до 2 м, и его заросли очень плотные и довольно трудны для преодоления, в устье реки Сума, невысок, до 1 м.

При экологическом картировании методом геоботанических профилей, составлена подробная карта приморской растительности с использованием ГИС-технологий, которая и будет служить объектом наших дальнейших разработок.

## **Литература**

*Сергиенко Л.А.* Динамика видового разнообразия растительных сообществ приморских маршей Северо-запада России как показатель возрастания антропогенной нагрузки // Межд. Конференция «Биоразнообразие европейского Севера (теоретические основы изучения, социально-правовые аспекты использования и охраны)» - Петрозаводск, 3-7 сентября 2001 г. С. 159.

## **ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕЩА ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ОСЕНЬЮ 2004 Г.**

**Г. Г. Серпунин, О. А. Шныптева**

*Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия*

Балтийское море имеет ряд специфических особенностей: оно полузакрытое, мелкое, период обновления воды в нем около 30 лет, поэтому попавшие в воду вредные вещества, остаются там продолжительный период времени. Холодный климат приводит к медленному разложению органических соединений. Море отличается бедным биоразнообразием. Вот почему экосистема Балтийского моря крайне уязвима. Антропогенная нагрузка на экосистему очень велика: на его водосборной площади находятся страны с высоким уровнем развития промышленности и общей численности населения около 85 млн. человек. Помимо всего прочего, уровень радиации в Балтийском море самый высокий в мире (Балтика и вредные вещества, 2003). В связи с этим особую актуальность представляет изучение экологического состояния заливов Балтийского моря, в том числе Вислинского.

Адаптация к среде обитания у рыб осуществляется на всех уровнях биологической организации. На физиологическом уровне происходит изменение в составе крови, количественных соотношениях ее форменных элементов, цитометрических параметров эритроцитов. Кровь, являясь одной из наиболее лабильных тканей, быстро реагируя на действие различных факторов, приводит к восстановлению равновесия между организмом и средой. Ихтиогематологические исследования особенно важны при проведении мониторинга на ранних этапах загрязнения водоемов, когда другие способы еще не позволяют выявить изменения в организме рыб, так как на суборганизменном уровне изменения проявляются раньше, чем на уровне организма (Коржуев, 1963; Серпунин, 2002).

Цель работы – определить уровень гематологических показателей леща в различных по степени антропогенного воздействия районах Вислинского залива.

Материалом для исследования послужил лещ, выловленный тралом в Вислинском заливе 10.11.2004 г. на трех стандартных станциях по классификации АтлантНИРО (1, 2 и 9). Станция 1 находится между г. Калининградом и г. Светлым, станция 2 - у г. Светлый и станция 9 в центре Приморской бухты на равном расстоянии от гг. Светлый, Приморск и Балтийск.

После выборки из трала живую рыбу помещали в емкости с водой из залива и немедленно отбирали кровь из хвостового гемального канала. Мазки фиксировали и окрашивали по Паппенгейму. Лейкоцитарную формулу определяли, используя классификацию клеток крови рыб Н.Т.Ивановой (1983). Концентрацию гемоглобина определяли гемиглобинцианидным методом, концентрацию эритроцитов - пробирочным методом, концентрацию лейкоцитов - косвенным методом. Цитометрические параметры эритроцитов определяли автоматически с помощью системы анализа изобра-

жений «ВидеоТест». Цветной показатель, среднее содержание гемоглобина в эритроците, индекс сдвига ядер нейтрофилов, индекс сдвига лейкоцитов рассчитывали по общепринятым методам. Полученные данные обработаны статистически. Достоверность различий устанавливали, используя критерий Стьюдента. В крови леща были идентифицированы нейтрофилы на различных стадиях цитогенеза, псевдобазофилы, пенистые клетки, моноциты, большие и малые лимфоциты (таблица).

Нами установлены достоверные различия между лещами, выловленными в один день на трех различных станциях по 16-ти из 27-ми исследованных параметров крови, а именно четырем параметрам красной крови, пяти параметрам белой крови и семи цитометрическим параметрам эритроцитов (таблица). Таким образом, цитометрические параметры эритроцитов, которые определялись в автоматическом режиме, оказались самыми чувствительными к условиям обитания.

Таблица. Картина крови леща Вислинского залива в 2004 г. (10.11.04)

| Показатели                           | Станция 1                    |       | Станция 2                   |       | Станция 9                   |      |
|--------------------------------------|------------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|------|
|                                      | М ± m                        | Cv    | М ± m                       | Cv    | М ± m                       | Cv   |
| Нб, г · л <sup>-1</sup>              | 51,2 ± 7,76 <sup>1</sup>     | 42,8  | 66,15 ± 1,98                | 7,3   | 72,65 ± 2,95 <sup>1</sup>   | 10,7 |
| Эр, Т · л <sup>-1</sup>              | 1,698 ± 0,121 <sup>1</sup>   | 20,1  | 1,225 ± 0,129 <sup>1</sup>  | 25,9  | 1,748 ± 0,134 <sup>1</sup>  | 20,3 |
| ЮЭр, Г · л <sup>-1</sup>             | 14,89 ± 2,35                 | 44,7  | 11,94 ± 1,62                | 33,3  | 16,66 ± 2,26                | 36,0 |
| Л, Г · л <sup>-1</sup>               | 93,19 ± 10,93                | 33,2  | 69,08 ± 5,99                | 21,2  | 85,05 ± 10,47               | 32,6 |
| Эр : Л                               | 19,12 ± 1,36                 | 20,1  | 17,66 ± 0,75                | 12,0  | 21,86 ± 1,94                | 25,0 |
| СГЭ, пг                              | 30,71 ± 5,81 <sup>1</sup>    | 53,5  | 57,38 ± 6,87 <sup>1</sup>   | 29,3  | 42,58 ± 2,61                | 16,2 |
| Цветной показатель                   | 0,92 ± 0,17 <sup>1</sup>     | 53,5  | 1,72 ± 0,21 <sup>1</sup>    | 29,3  | 1,28 ± 0,08                 | 16,2 |
| Лейкограмма, %:                      |                              |       |                             |       |                             |      |
| Миелоциты нейтрофильные              | 1,63 ± 0,26                  | 45,8  | 2,00 ± 0,26 <sup>1</sup>    | 31,6  | 1,29 ± 0,18 <sup>1</sup>    | 38,0 |
| Метамиелоциты нейтрофильные          | 2,13 ± 0,30 <sup>1</sup>     | 39,3  | 1,83 ± 0,31 <sup>2</sup>    | 42,1  | 3,14 ± 0,26 <sup>1,2</sup>  | 22,0 |
| Палочкоядерные нейтрофилы            | 1,25 ± 0,25                  | 56,6  | 2,50 ± 0,67                 | 65,7  | 1,14 ± 0,26                 | 60,4 |
| Сегментоядерные нейтрофилы           | 2,00 ± 0,27                  | 37,8  | 3,67 ± 1,15                 | 76,5  | 1,43 ± 0,26                 | 37,4 |
| Общее число нейтрофилов              | 7,00 ± 0,73                  | 29,6  | 10,0 ± 1,24 <sup>1</sup>    | 35,2  | 7,00 ± 0,46 <sup>1</sup>    | 37,4 |
| Псевдобазофилы                       | 0,25 ± 0,16                  | 109,6 | 0,50 ± 0,22                 | 109,6 | 0,57 ± 0,20                 | 93,5 |
| Пенистые клетки                      | 1,13 ± 0,30                  | 74,2  | 1,33 ± 0,21                 | 38,7  | 1,29 ± 0,29                 | 58,8 |
| Моноциты                             | 0,50 ± 0,19                  | 106,9 | 1,50 ± 0,43                 | 69,9  | 1,14 ± 0,26                 | 60,4 |
| Большие лимфоциты                    | 5,50 ± 0,50                  | 25,7  | 4,83 ± 0,31                 | 15,6  | 4,71 ± 0,36                 | 20,2 |
| Малые лимфоциты                      | 85,73 ± 0,82                 | 2,7   | 81,83 ± 1,89                | 5,6   | 85,43 ± 0,57                | 1,8  |
| Индекс сдвига ядер нейтрофилов       | 2,98 ± 0,78                  | 73,8  | 1,79 ± 0,62 <sup>1</sup>    | 98,0  | 4,36 ± 0,61 <sup>1</sup>    | 39,6 |
| Индекс сдвига лейкоцитов             | 0,092 ± 0,009 <sup>1</sup>   | 28,0  | 0,136 ± 0,016 <sup>1</sup>  | 32,8  | 0,096 ± 0,006 <sup>1</sup>  | 17,9 |
| Площадь эритроцита, мкм <sup>2</sup> | 72,29 ± 0,57 <sup>3</sup>    | 13,2  | 46,76 ± 1,03                | 10,2  | 72,80 ± 0,97 <sup>3</sup>   | 12,6 |
| Периметр эритроцита, мкм             | 32,48 ± 0,19 <sup>3</sup>    | 9,9   | 25,36 ± 0,38 <sup>3,3</sup> | 7,0   | 31,93 ± 0,26                | 7,6  |
| Фактор формы круга (Fk)              | 0,869 ± 0,007 <sup>1,2</sup> | 74,2  | 0,914 ± 0,012 <sup>2</sup>  | 7,0   | 0,897 ± 0,008 <sup>1</sup>  | 8,1  |
| Фактор формы эллипса (Fe)            | 0,993 ± 0,001                | 1,6   | 0,995 ± 0,001               | 0,3   | 0,995 ± 0,001               | 0,7  |
| Округлость эритроцита (Fo)           | 0,626 ± 0,004 <sup>1</sup>   | 12,4  | 0,626 ± 0,017               | 12,4  | 0,601 ± 0,008 <sup>1</sup>  | 13,9 |
| Большая ось эритроцита (А), мкм      | 11,90 ± 0,07 <sup>2,3</sup>  | 9,6   | 9,72 ± 0,19 <sup>2,3</sup>  | 9,1   | 12,37 ± 0,13 <sup>2,3</sup> | 9,8  |
| Малая ось эритроцита (В), мкм        | 7,78 ± 0,04 <sup>1,3</sup>   | 8,0   | 6,16 ± 0,08 <sup>3,3</sup>  | 6,2   | 7,54 ± 0,07 <sup>1,3</sup>  | 9,0  |
| А/В                                  | 1,54 ± 0,01 <sup>3</sup>     | 12,0  | 1,59 ± 0,04                 | 11,7  | 1,66 ± 0,02 <sup>3</sup>    | 13,7 |
| Число рыб                            | 8                            |       | 6                           |       | 7                           |      |

<sup>1, 2, 3</sup> – различия достоверны соответственно при  $p < 0,05$ ;  $0,01$  и  $0,001$ .

У леща на станции 1 (между гг. Калининградом и Светлым) отмечены минимальные значения концентрации гемоглобина (Нб), содержания гемоглобина в одном эритроците (СГЭ), цветного показателя (ЦП), фактора формы круга эритроцитов (Fk), индекса вытянутости эритроцитов (А/В) и максимальные периметр эритроцитов (Р), малая ось эритроцитов (В). Для леща, выловленного на станции 2 (у г. Светлого) были характерны максимальные значения СГЭ, ЦП, процента миелоцитов нейтрофильных, общего числа нейтрофилов, индекса сдвига лейкоцитов, Fk и минимальные значения концентрации эритроцитов (Эр), процента метамиелоцитов нейтрофильных, индекса сдвига ядер нейтрофилов, периметра, большой (А) и малой осей эритроцитов. Максимальные значения концентрации Нб, эритроцитов, процента метамиелоцитов нейтрофильных, индекса сдвига ядер нейтрофилов, площади, большой оси и индекса вытянутости эритроцита установлены у леща, выловленного на станции 9 в центре Приморской бухты.

Анализ всех достоверных различий параметров крови исследованного леща позволяет сделать вывод о более благополучном физиологическом состоянии леща, выловленного на станции 9. Лещ, выловленный на станциях 1 и, особенно, на станции 2 по своему физиологическому состоянию заметно уступал лещу, выловленному на станции 9.

Гематологические показатели леща, выловленного осенью 2004 г., свидетельствуют, что экологическое состояние залива между гг. Калининградом и Светлым, и особенно у г. Светлого существенно хуже в сравнении с центральной частью Приморской бухты. Это, по-видимому, связано с более существенным загрязнением первых двух районов в результате интенсивного судоходства и деятельности промышленных предприятий г. Светлого.

## Литература

- Балтика и вредные вещества*. Вести из ХЕЛКОМ // Информационный выпуск № 6. Нефть. С-Пб, 2003. <http://www.helcom.ru>.
- Коржуев П.А. Физиолого-биохимическая характеристика крови производителей осетровых рыб // Осетровое хозяйство в водоемах СССР. М., 1963. С. 69-73.
- Серпунин Г.Г. Гематологические показатели адаптаций рыб: Дисс. ... д-ра биол. наук. Калининград, 2002. 482 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА

**С. М. Синькевич**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В условиях напряженного лесосырьевого баланса одним из возможных путей интенсификации лесопользования является развитие рубок ухода и других несплошных рубок, позволяющих полнее использовать потенциал лучших участков лесного фонда и особенности породной и возрастной структуры насаждений. Устойчивость развития насаждения и его хозяйственную продуктивность определяют внутреннее разнообразие трансформированного разреживанием лесного фитоценоза и потенциал почвенного плодородия. В то же время давно признана невозможность полного предотвращения отрицательного воздействия лесозаготовительной техники на ризосферу лесного биогеоценоза, от состояния которой существенно зависит успех разреживания и эффективность всего цикла лесопользования.

В последние десятилетия технический прогресс в лесозаготовительной отрасли связан с активным внедрением многооперационных машин на колесной базе, с использованием которых связываются надежды на переход к выборочному хозяйству и увеличению размера лесопользования. Для обеспечения максимального доступа к обрабатываемым деревьям лесосечно-транспортная техника нуждается в прокладке достаточно разветвленной сети технологических коридоров. Протяженность последних и нагрузка на них являются предметом компромисса между техническими возможностями и законами лесоводства. Поэтому с учетом постоянного изменения технической базы лесозаготовок представляется необходимым разностороннее изучение долговременных последствий работы транспортных механизмов под пологом насаждений.

В таежных лесах основная масса корневых систем деревьев сосредоточена непосредственно под подстилкой, в связи с чем любое достаточно интенсивное воздействие на почву неизбежно нарушает условия их функционирования. Длительность последствий этих нарушений должна оцениваться с учетом состояния верхних горизонтов почвы.

На обследованных участках сосняков, ельников и березняков с елью в подчиненном пологе, расположенных в пределах среднетаежной подзоны, при разреживании интенсивностью 30-50% вырубалось от 70 до 200 м<sup>3</sup>/га древесины, транспортировка которой осуществлялась в виде сортиментов форвардерами или хлыстовым способом колесными тракторами (участки 2,9,10).

Во всех случаях независимо от транспортной нагрузки и сезона заготовки отмечено увеличение плотности верхнего минерального слоя почвы в среднем на 25%, сохраняющееся на протяжении длительного времени. При этом на песчаных почвах сосняков, предположительно отличающихся

большой несущей способностью, уплотнение сохраняется не менее длительно и достоверно, чем в ельниках.

Таблица. Характеристика разреженных участков и верхних горизонтов почвы в технологических коридорах и межкоридорном пространстве

| № п/п | Тип леса | Возраст | Выборка по запасу, % | Давность рубки | Мощность подстилки, см |           | Изменение влажности, % | Увеличение плотности, % |
|-------|----------|---------|----------------------|----------------|------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|
|       |          |         |                      |                | в коридорах            | в пасеках |                        |                         |
| 1     | С-бр     | 90      | 38                   | 6              | 2,1                    | 4,6       | -1,0                   | 10±3                    |
| 2     | С-чер    | 75      | 34                   | 6              | 3,6                    | 5,5       | -2,0                   | 50±14                   |
| 3     | С-чер    | 95      | 52                   | 6              | 2,4                    | 4,9       | -1,0                   | 21±5                    |
| 4     | С-кис    | 50      | 40                   | 13             | 2,8                    | 4,5       | 0,0                    | 30±7                    |
| 5     | Е-чер    | 120     | 40                   | 8              | 4,8                    | 6,4       | 7,2                    | 21±3                    |
| 6     | Е-чер    | 150     | 45                   | 1,5            | 3,9                    | 5,6       | 6,8                    | 22±3                    |
| 7     | Е-чер    | 110     | 35                   | 1              | 2,1                    | 7,1       | 8,1                    | 37±10                   |
| 8     | Е-чер    | 130     | 30                   | 6              | 2,8                    | 4,2       | 4,0                    | 22±4                    |
| 9     | Б-чер    | 70      | 50                   | 24             | 1,9                    | 2,8       | 5,1                    | 33±10                   |
| 10    | Б-чер    | 65      | 100                  | 15             | 4,1                    | 4,5       | 4,2                    | 10±5                    |

В ельниках и производных березово-еловых насаждениях влажность супесчаных, более богатых мелкоземом почв, во всех случаях на четверть (4-7%) выше в технологических коридорах. Под основными древостоями может отмечаться слабая тенденция к снижению влажности минерального слоя в технологических коридорах. Указанные различия водно-физических свойств действуют на протяжении длительного времени, и, усиливаясь в экстремальные периоды, создают затруднения для развития и функционирования тонких корней в зоне коридоров.

Существенное сокращение мощности подстилки в транспортных коридорах наблюдается на всех обследованных участках и является, судя по проявлению при любой давности рубки, результатом ускоренного разложения поступающего опада. В то же время, если в первом пятилетии после разреживания мощность подстилки в коридорах сокращается примерно вдвое, то при давности около 20 лет она составляет около 80% от уровня участка в целом.

Однако наиболее существенно проявляются различия в живом напочвенном покрове, который в условиях технологических коридоров на весьма длительное время может стать конкурентом древесных растений за почвенное питание. Во всех типах леса среднем на 20% уменьшается встречаемость черники и на 25-30% - брусники; одновременно на 20-25% возрастает встречаемость злаков - в основном вейника. Заметно возрастает в сосняках доля теневыносливых травянистых лесных растений, обычно характерных для относительно плодородных местообитаний - майника, седмичника и ожики, встречаемость которых в зоне коридоров может увеличиваться на 40-70%. В моховом ярусе гораздо реже (на 20-40%) встречаются плеуроциум Шребера и гилокомиум блестящий; при этом нередко усиленно разрастается дикранум волнистый, являющийся индикатором повышенной сухости, а в ельниках при наличии даже слабо выраженной колеи до 30-40% возрастает встречаемость политрихума обыкновенного, свидетельствующая о начале процесса заболачивания. Некоторые из перечисленных видов живого напочвенного покрова не только являются индикаторами изменившихся условий, но и активными эдификаторами, составляющими конкуренцию для древесных растений.

Все отмеченные выше различия при повторных механизированных разреживаниях будут закрепляться и усиливаться, а в случае формирования постоянно действующей технологической сети приводить к существенному сокращению продуцирующей площади насаждений. Для предотвращения или снижения этих отрицательных последствий необходимо тщательное соблюдение технологической дисциплины при проектировании, подготовке и эксплуатации внутриделяночной транспортной сети.

## ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**А. И. Соколов**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Лесной комплекс пока остается основой экономики Карелии. Однако устойчивая его работа в перспективе и конкурентоспособность производимой им продукции во многом будут определяться своевременным и качественным воспроизводством лесов на месте вырубленных древостоев. Длительное применение выборочных, а затем сплошных и условно-сплошных концентрированных рубок отрицательно сказалось на состоянии генофонда сосны, поскольку сначала вырубали самые лучшие деревья (носители ценного генофонда), а потом – наиболее продуктивные древостои. На корню часто оставляли фаутовые и угнетенные деревья, что вело к отрицательной селекции хвойных пород. Для создания лесных культур нередко использовали привозные семена из отдаленных районов, культуры из которых в массе погибали или формировали неустойчивые древостои. Огневая очистка лесосек, а в последующем использование тяжелой лесозаготовительной техники, уничтожающей подрост, усугубили положение с восстановлением хвойных пород, усилили нежелательную смену их лиственными на огромных территориях, прежде всего в наиболее продуктивных типах лесорастительных условий, где целесообразно ускоренное выращивание сосны и ели. Сплошные рубки стали определяющим фактором лесообразовательного процесса в условиях таежной зоны. В последние десятилетия серьезный урон лесному хозяйству нанесла кратковременная аренда лесов, которая способствовала разрушению сети лесных дорог, без которой вести интенсивное лесное хозяйство невозможно. Значительную часть древесины заготавливают в зимний период с использованием дорог временного действия. На таких площадях возникает проблема с обработкой почвы, созданием лесных культур и проведением ухода за молодняками, что отрицательно сказывается на составе формирующихся древостоев. В связи с истощением запасов спелой древесины хвойных пород и значительным ростом транспортных расходов необходимо искать пути по ускоренному ее выращиванию для нужд крупных лесоперерабатывающих предприятий республики.

На территории Карелии преобладают сосновые леса. В северотаежной подзоне они в основном произрастают на бедных почвах легкого механического состава, поэтому вырубки слабо зарастают травянистой растительностью. Это благоприятствует восстановлению леса мерами содействия естественному возобновлению. Необходимость создания культур здесь возникает в основном на луговиковых вырубках ельников и, иногда, сосняков воронично-черничных, а также на вересково-политрихово-паловых вырубках, формирующихся после сильных или неоднократных пожаров на месте сосняков лишайниковых и брусничных. В условиях среднетаежной подзоны вырубки сосняков лишайниковых и брусничных также не представляют трудности для воспроизводства лесов с помощью активных способов естественного возобновления (сохранение подростов хвойных пород, оставление источников обсеменения, обработка почвы). Однако надлежащим образом данные меры в большинстве случаев не выполняются, что ведет к значительному увеличению периода лесовозобновления, снижению продуктивности древостоев, увеличению доли лиственных пород. Для исправления создавшейся ситуации необходимо совершенствование законодательства, направленного на повышение ответственности лесопользователей за своевременное и качественное лесовосстановление.

Одним из путей снижения затрат на лесовосстановление является комбинированный метод, сочетающий методы естественного и искусственного лесовосстановления. Он также обеспечивает сохранение генофонда хвойных пород. Однако, существующие формы учета, отчетности и финансирования лесовосстановительных работ являются препятствием для применения этого рационального метода лесовосстановления.

В республике основной лесокультурный фонд составляют вырубки сосняков и ельников черничных и кисличных, которые интенсивно зарастают сначала травянистой растительностью, а затем лиственными породами, обладающими в первые годы быстрым ростом. Большая неоднородность и сильная завалуненность почв, пересеченный рельеф отличают республику от большинства соседних областей. Широко применяемые технологии, ориентированные на создание культур по-

садовой сеянцев с открытой корневой системой на злаковых вырубках с завалуненными почвами, трудоемки, требуют больших затрат на агротехнические и лесоводственные уходы и не обеспечивают своевременного восстановления хвойных пород. Поэтому необходима разработка эффективных ресурсосберегающих способов лесовосстановления, максимально учитывающих лесорастительные условия рубок Карелии, а также современные экологические требования к ведению лесного хозяйства.

Для восстановления генофонда хвойных пород, наряду с организацией лесосеменных плантаций, целесообразно создание лесных культур местными семенами, собранными в наиболее продуктивных древостоях, с последующим отбором лучших деревьев с помощью рубок ухода.

Установлено, что каменистость (завалуненность) почв может оказывать существенное влияние на качество обработки почвы, сохранность и рост лесных культур, формирование пространственной структуры древостоев, а также устойчивость семенных деревьев к ветровалу. Поэтому её следует учитывать при обосновании методов и способов лесовосстановления.

Основными способами обработки завалуненных почв является удаление лесной подстилки полосами (площадками). На злаковых типах рубок эффективна механизированная подготовка лунок для посадки саженцев, которая позволяет повысить производительность труда на посадке в 2 раза.

Внедрение современных технологий выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК) в лесхозах Карелии позволило наиболее рационально использовать заготовленные семена хвойных пород, отказаться от применения привозных, и увеличить долю сосны в общем объеме лесных культур, повысить их приживаемость. Препятствием для широкого применения ПМЗК пока остается более высокая его стоимость, по сравнению с сеянцами с открытой корневой системой. Для снижения затрат необходимо создание в России инфраструктуры, обеспечивающей тепличные комплексы более дешевыми отечественными теплицами, субстратом, контейнерами, удобрениями и всем другим необходимым для успешной работы. Часть этого, например торфяные субстраты, можно производить на территории Карелии, поставляя их и в другие регионы.

Обеспечение лесных культур агротехническим уходом в таежной зоне остается одной из актуальных проблем. В настоящее время он полностью выполняется вручную. При наличии большой площади культур, нуждающихся ежегодно в уходе, слаборазвитой дорожной сети и недостаточном финансировании выполнить качественно, своевременно и в полном объеме эти работы практически невозможно. Проблема может быть решена двумя путями – созданием культур посадкой крупномерным посадочным материалом и применением гербицидов для подавления нежелательной растительности.

Применение саженцев сосны и ели на злаковых вырубках, по сравнению с сеянцами, сводит потребность в агротехнических уходах к минимуму, значительно сокращает сроки перевода лесных культур в покрытую лесом площадь. За счет большей устойчивости крупномеров к воздействию неблагоприятных факторов можно перенести основной объем трудоемких работ с вырубки на питомник, где все работы выполняются с меньшими затратами труда и поддаются механизации. В последнее десятилетие в Карелии сократился объем искусственного лесовосстановления. Это позволяет использовать освободившиеся площади лесных питомников для выращивания саженцев ели и сосны.

Перспективна также контактная обработка нежелательной растительности гербицидами, которая сдерживает развитие травянистой растительности, подавляет возобновление лиственных пород, облегчая в последующем проведение осветления в рядах культур. Существенное преимущество контактной обработки по сравнению с опрыскиванием в том, что ее можно проводить в период интенсивного роста хвойных пород. Она исключает потери гербицида, не создает в воздухе опасных для здоровья людей аэрозолей.

Создание лесных культур и сохранение подростов, не гарантирует формирование древостоев с преобладанием хвойных пород. Необходим уход за молодняками, обеспечивающий их своевременное осветление и разреживание. В настоящее время выполнение качественно и в необходимом объеме работ по уходу за молодняками с помощью ручных и мотоинструментов при недостаточном финансировании нереально. Одним из путей решения проблемы, в первую очередь при интенсивном лесовыращивании, является совершенствование и применение химического метода. Интенсивное осветление культур обеспечивает формирование хвойных древостоев оптимального породного состава, что создает условия для восстановления типичных для таежной зоны биогеоценозов, площа-

ди которых в последние десятилетия значительно сократились (Прокопьев, 1984; Тюрин, 1993; Шуттов и др., 1998).

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в условиях среднетаежной подзоны Карелии возможно ускоренное выращивание древесины ели и сосны на вырубках с плодородными почвами при помощи системы лесокультурных и лесоводственных мероприятий. При интенсивном режиме выращивания культур сосны в черничном типе условий произрастания запас древесины в 40-летнем древостое густотой 1,9 тыс. шт./га составил 305 м<sup>3</sup>/га при среднем диаметре 16 см (Попов, Цинкович, 1992), а в 33-летних культурах ели густотой 1,2–1,6 тыс. шт./га, – по нашим данным, 125–180 м<sup>3</sup>/га (средний диаметр 13–14 см), что в 1,6–2,2 раза больше, чем при применяемых в настоящее время технологиях ее выращивания со своевременным проведением уходов.

Ранее для ускорения роста хвойных пород широко рекомендовалось внесение минеральных удобрений, но из-за резкого повышения цен применение их в лесу становится экономически невыгодным. Для поддержания плодородия лесных почв и повышения производительности древостоев возникает необходимость в разработке способов биологической мелиорации почв таежной зоны.

В заключение следует отметить, что разработка региональной системы лесовосстановления должна основываться на стратегии развития всего лесного комплекса, ориентированного на многоцелевое использование лесных ресурсов, но пока она отсутствует. При разработке такой стратегии должны учитываться интересы не только лесопромышленников, а также всех сторон заинтересованных в использовании лесных ресурсов или оказывающих на них существенное влияние, особенно отрицательное (например, горные разработки).

## Литература

- Попов Ю. А., Цинкович Л. К. Густота и продуктивность древостоев в культурах // Технология создания и экологические аспекты выращивания высокопродуктивных лесных культур. СПб., 1992. С. 62–65.
- Прокопьев М. Н. Воспроизводство сосновых лесов южной и средней подзон Европейской тайги: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Л., 1984. 38 с.
- Тюрин Е. Г. Качество молодняков на концентрированных вырубках // Лесн. хоз-во. 1993. № 4. С. 18–20.
- Шуттов И. В., Мартынов А. Н., Товкач Л. Н., Сергиенко В. Г. Смена пород и химический уход за молодняками: 30 лет спустя // Лесн. хоз-во. 1998. № 2. С. 29–31.

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И СВОЙСТВ ПОЧВ В БЕРЕЗОВЫХ И ОСИНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

**А. Н. Солодовников**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Доминирующими породами в лиственных лесах Карелии являются береза (*Betula pubescens* Ehrh.) и осина (*Alnus incana* (L.) Moench.) (Государственный доклад..., 2003). Для детального исследования малоизученных почв и почвенного покрова под мелколиственными лесами было заложено 4 пробных площади на почвах различного механического состава. По географическому положению исследуемые почвы разделяются на 2 группы. В первую группу входят почвы пробных площадей, расположенных на территории заповедника "Кивач": элювиально-поверхностно-глееватые глинистые на ленточных глинах под осинником разнотравно-злаковым и подзолистые иллювиально-гумусово-железистые глееватые супесчаные на суглинках, переходящих в ленточные глины под березняком злаково-разнотравным. Во вторую группу входят почвы пробных площадей в Матросском лесничестве: подзолистая супесчаная на супесчаной морене под осинником злаково-черничным и подзолистая супесчаная на супесчаной морене под березняком чернично-разнотравным.

В наиболее типичных участках почвенного покрова каждой пробной площади были заложены полнопрофильные разрезы, проведено морфологическое описание профилей и по генетическим горизонтам отобраны почвенные образцы. Были получены данные по морфологическому, гранулометрическому, агрохимическому и валовому составу почв. Изучены запасы лесных подстилок и их фракционный состав. Определен фракционный состав гумуса и запас элементов питания в 25 см слое почвы. Для изучения парцеллярного строения пробных площадей применялся траншейный метод. На каждой пробной площади было заложено 3 траншеи. Каждая траншея закладывалась с учетом пересечения одного из основных на данной площади вида парцелл напочвенного покрова, между двух деревьев преобладающей породы, от ствола к стволу. Глубина траншей 20-30 см, длина 3,5 – 6 м. Отбор почвенных образцов проводили следующим методом: у ствола, 10 см от ствола, 50 см, затем на расстоянии 1 м от ствола и далее через каждый метр. Отбор образцов у второго ствола аналогичен первому. Также отбирались образцы в точках проекции окончания крон. Замер мощностей лесной подстилки и нижележащих горизонтов проводился вдоль траншеи через каждые 10 см. Вдоль каждой траншеи проводилось видовое описание растительности, ее высота и проективное покрытие.

В связи с тем, что в Карелии, мелколиственные леса являются вторичными и произрастают, как правило, на месте сплошных вырубок хвойных лесов, для сравнительного анализа были привлечены данные по ельнику кисличному, морфологическая характеристика почв которого идентична одной из исследуемых пробных площадей, вследствие близкого географического положения.

В ходе анализа данных напочвенного покрова всех пробных площадей, были выделены 7 доминирующих видов растительности. В каждой точке отбора образцов сопоставлялись химические свойства почв по 3 верхним горизонтам и данные по напочвенному покрову. Корреляция полученных массивов данных проводилась отдельно для высоты и проективного покрытия растений, а также величины объема фитомассы (произведение роста и проективного покрытия). В 6 из 7 видов растительности полученный результат явно указывает на рН солевое в качестве основного фактора влияния на рост и проективное покрытие растений. Наибольшие коэффициенты корреляции с рН замечены в подстилке и уменьшаются вниз по профилю. Для 4 видов растений отмечена вполне значимая корреляция проективного покрытия с содержанием в лесной подстилке  $K_2O$  и одного растения с  $P_2O_5$ . В подподстилочном горизонте наблюдается обратная ситуация. Корреляция общего проективного покрытия напочвенного покрова и общего количества видов также показала высокую зависимость с рН солевым, тогда как величина средней высоты растения (в %) рассчитанная по 7 доминирующим видам, показала значимую зависимость только от содержания  $P_2O_5$  в лесной подстилке.

Для изучения различия или сходства исследуемых почв применялся метод главных компонент (МГК). В данном методе графической ординации многомерных объектов в пространстве меньшей размерности для многомерного шкалирования используется ковариация. Объектами исследования выступали образцы 4 верхних горизонтов каждой почвы. В качестве исходных данных использовались величины 19 почвенных параметров, из которых 8 - физико-химические показатели почв, 10 являются показателями валового химического анализа, а также глубина, на которой отобран образец.

Для обработки данных применялся пакет программ TAXON (Рожков В.А., 1989). Результатом обработки является график, который позволяет наглядно увидеть положение почв в пространстве двух компонент. Основной вклад в первую компоненту (Y) вносят элементы питания растений –  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , C (общий) и N. Во второй компоненте (X) доминирует рН, несколько меньший вклад вносят валовое содержание  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O$  и L(глубина отбора образца).

Графическое представление горизонтов позволяет четко разделить почвы на 2 группы: элювиально-поверхностно-глееватые и подзолистые. Если в случае с элювиально-поверхностно-глееватыми почвами (точки В2 и В5) это можно было бы объяснить только географической близостью почв, то близкое расположение точек В1, В3, В4 для подзолистых почв как из заповедника «Кивач», так и из Матросского лесничества позволяет говорить о сходстве и различии представленных на графике почв именно по видовому признаку. Точки, отвечающие горизонту А2 располагаются заметно в стороне от точек В. Основной сдвиг происходит по компоненте Y, что вполне закономерно, т.к. наибольший вклад в компоненту вносят содержание подвижных элементов минерального питания растений и азот, однако при этом сохраняется группировка точек по типам почв, причем внутригрупповое расхождение по сравнению с точками В невелико. Эта тенденция сохра-

няется и для точек горизонтов А1А2. Группы точек сохраняют целостность, но внутригрупповое расстояние между ними увеличивается, что вполне объясняется большей вариабельностью свойств почв вверх по профилю.

Вполне закономерно, что наиболее значительное расхождение наблюдается для лесных подстилок. Расположение точек в пространстве двух компонент не дает возможности их группировки, однако их проекций на оси ординации вполне доступны для анализа. Наиболее информативным является проекция на компоненту Y. Здесь наблюдается четкое разделение точек по типам леса. Однако если попытаться их сгруппировать, то распределение будет следующим: А0(1), А0(3) – березняки (Кивач, Матросы), А0(4) – осинник (Матросы), А0(2), А0(5) – близко расположенные географически ельник и осинник (Кивач).

Было установлено, что подстилки мелколиственных лесов в сравнении с ельником имеют более низкую кислотность, богаче элементами питания, но меньше по мощности и соответственно запасу. Это обусловлено тем, что со сменой породы изменяется световой и гидротермический режим почв, фракционный и соответственно химический состав опада, что приводит к изменениям в процессе формирования напочвенной растительности и лесной подстилки. Географическое положение, а именно, почвенно-климатические условия, также оказывают влияние на скорость разложения и минерализации опада, синтез гумусовых веществ. Высокая степень минерализации органического вещества, по видимому, обусловлена более низким, по сравнению с хвойными лесами, содержанием воско-смола и обогащенностью растительных остатков азотом (Лазарева И.П., Зябченко С.С., 1981). Таким образом, в почвах под мелколиственными лесами накопление гумуса приобретает явный гуматно-фульватный характер. В составе гуминовых и фульвокислот появляются фракции, связанные с кальцием, что благоприятно сказывается на физико-химических свойствах почвы. Наибольшее количество общего гумуса, а также связанных с Са гуминовых и фульвокислот, обнаружено в подзолистой супесчаной на супесчаной морене почве под осинником злаково-черничном.

Вариабельность напочвенного покрова и свойств почв внутри биогеоценозов как лиственного, так и хвойного типа, существенно зависит от его парцеллярной структуры, которая в свою очередь зависит от внутрипарцеллярной напряженности фитогенных полей растений эдификаторов. Так в каждом типе леса неоднородность растительного покрова оказывает влияние на изменения мощности и состава подстилок. Вариабельность физико-химических свойств лесных подстилок и верхних горизонтов почв возрастает от «окна» к стволу.

Исследования поддержаны грантами Президиума РАН (программа «Биоразнообразие и динамика генофондов» раздел 3.5.4), РФФИ (06-04-48599-а), Академии Финляндии (проект № 208207).

## Литература

- Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2003 году, 2004. Петрозаводск, 88 с.
- Рожков В.А., 1989. Почвенная информатика /ред. Рогачева А.Я.: Агропромиздат, С. 124-128.
- Лазарева И.П., Зябченко С.С., 1981. Влияние березы на лесорастительные свойства почвы // Сосново-лиственные насаждения Карелии и Мурманской области. Петрозаводск, С. 44-59.
- Фирсова В.П. 1968. Влияние смены пород на свойства почв // Труды института экологии растений и животных Уральского научного центра АН. СССР. С. 45.

## ПРИБРЕЖНЫЕ ЭПИЛИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ: ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

**А. В. Сони́на**

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия*

Карелия – удивительный уголок на Северо-западе России, который в последнее время активно вовлекается в сферу организованного экологического туризма. Наиболее привлекательными местами для отдыха являются реки, озера, прибрежные территории. В связи с этим особенно остро встает вопрос изучения видового богатства прибрежной биоты, экологических особенностей, для того

чтобы определить необходимые меры ее охраны. Одним из компонентов прибрежной биоты являются эпилитные лишайники, которым принадлежит большая роль в заселении береговых скальных обнажений, они занимают недоступные для сосудистых растений территории и вместе с микроскопическими грибами, водорослями и мхами, образуют литофильный растительным покровом.

Береговые скальные образования на территории Карелии отличаются петрографией и представлены выходами коренных архейских и протерозойских горных пород. В данной работе приводятся результаты исследований, которые проводились с 1997 по 2005 годы на территории Южной Карелии на прибрежных скалах рек Суна, Лососинка и Онежского озера. Все исследованные берега сложены кварцсодержащими породами. Они представлены либо гранитными «бараньими лбами» (восточное побережье Онежского озера), обломочными диабазами (р. Суна), либо валунами разных размеров (р. Лососинка, Онежское озеро – территория Ботанического сада).

Известно, что видовое разнообразие эпилитных лишайников определяется экологическими условиями: петрографическими особенностями (химический состав, механические свойства субстрата), влажностью, освещенностью субстрата, которые зависят от крутизны и экспозиции каменистой поверхности (Викторов, 1956; Магомедова, 1979; Антонова, Шимановская, 1991 и др.). В наших исследованиях на прибрежных скалах (Сонина, 2000; Сонина и др., 2000; Сонина, Марковская, 2005) показано, что основным фактором, влияющим на распространение лишайников и на формирование условий экотопа, выступает влажность, которая зависит от удаленности от линии уреза воды. В зависимости от силы влияния водоема и структуры лишайникового покрова на прибрежных скалах выделяются 4 зоны, которые последовательно располагаются друг за другом, при этом лишайники 1 зоны оказываются большую часть времени затопленными, они обнажаются только при очень низкой воде. Такие участки скал заселяются небольшой группой лишайников. 2 зона включает прибрежные периодически затопливаемые участки, например, во время очень высокого уровня воды (приречные скалы) или орошаемые брызгами волн во время штормов (приозерные скалы). Заселение лишайниками этой зоны, несмотря на увеличение видового разнообразия, все еще ограничивается водным фактором. 3 зона не испытывает прямого влияния водоема. Именно на этих участках, удаленных от линии уреза воды, отмечено наибольшее видовое разнообразие лишайников. 3 зона рассматривается нами как экотонная в условиях контактного влияния водного фактора и лесной зоны (почвенно-растительного комплекса). Лишайниковый покров 4 зоны формируется в условиях влияния леса, он хорошо развит (100 % общее проективное покрытие), представлен небольшим числом видов в основном кустистых и листоватых жизненных форм. Большинство лишайников этой зоны развиваются уже не на скальном субстрате, а на фрагментах первичной наносной почвы (табл. 1).

Проведенные исследования позволили построить схему влияния фактором среды на лишайниковый покров прибрежных скал (рис. 1). Из рисунка видно, что на прибрежных скалах по мере удаления от линии уреза воды влияние водоема ослабевает, увеличивается видовое разнообразие лишайников, распространение лишайников на таких участках зависит от особенностей субстрата и от освещенности.

Таблица 1. Видовое разнообразие лишайников по зонам на исследованных прибрежных территориях

| Зона<br>Вид лишайника                                    | Онежское озеро |    |    |    | р. Суна |     | р. Лососинка |
|--|----------------|----|----|----|---------|-----|--------------|
|  | 1*             | 2* | 3* | 4* | пр      | лев |              |
| <b>1 зона</b>  |                |    |    |    |         |     |              |
| <i>Aspicilia aquatica</i> Körb.                          | 2              | 4  | 4  | -  | 2       | -   | -            |
| <i>Aspicilia caesiocinerea</i> (Nyl.ex Malbr.) Arnold    | 1              | 1  | 1  | 5  | -       | -   | -            |
| <i>Bacidina inundata</i> (Fr.) Vězda                     | -              | -  | -  | -  | -       | -   | 1            |
| <i>Ephebe hispidula</i> (Ach.) Horw.                     | 4              | 1  | 3  | 2  | 1       | 4   | -            |
| <i>Lobothallia melanaspis</i> (Ach.) Hafellner           | 1              | 1  | 1  | -  | -       | -   | -            |
| <i>Porpidia flavicunda</i> (Ach.) Gowan                  | -              | -  | -  | -  | -       | -   | 1            |
| <i>Pyrenopsis karelica</i> Vain.                         | -              | -  | -  | -  | 1       | 3   | -            |
| <i>Rhizocarpon badioatrum</i> (Flörke ex Spreng.) Th.Fr. | 2              | 2  | 2  | 1  | -       | -   | -            |
| <i>Staurothele areolata</i> (Ach.) Lettau                | 1              | 7  | 4  | -  | -       | -   | -            |
| <i>Staurothele elegans</i> (Wallr.) Zwackh               | -              | -  | -  | -  | 5       | 1   | -            |
| <i>Verrucaria hidrela</i> Ach.                           | -              | -  | -  | -  | -       | 6   | -            |
| <b>2 зона</b>  |                |    |    |    |         |     |              |
| <i>Aspicilia aquatica</i> Körb.                          | 2              | 1  | 2  | -  | -       | -   | -            |

| Продолжение табл. 1.                                      |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Aspicilia caesiocinerea</i> (Nyl.ex Malbr.) Arnold     | 3 | 3 | 5 | 5 | - | - | - |
| <i>Aspicilia cinerea</i> (L.) Körb.                       | - | - | - | 4 | 1 | - | - |
| <i>Bellemerea cinereorufescens</i> (Ach.) Clauz.& Roux    | 5 | 1 | 6 | 5 | - | - | - |
| <i>Bellemerea cupreoatra</i> (Nyl.) Clauz.& Roux          | - | - | - | - | 4 | 4 | - |
| <i>Ephebe hispidula</i> (Ach.) Horw.                      | - | - | - | 2 | 1 | 3 | - |
| <i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.)Müll. Arg.         | 1 | - | 4 | 2 | - | 1 | 1 |
| <i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.                 | - | - | - | 4 | - | - | 1 |
| <i>Lecanora polytropa</i> (Ehrh. & Hoffm.) Rabenh.        | 2 | 1 | - | - | - | - | 1 |
| <i>Lepraria</i> sp.                                       | 2 | 3 | 1 | - | 4 | 2 | - |
| <i>Phaeophyscia sciastra</i> (Ach.)Moberg                 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | - |
| <i>Physcia phaea</i> (Tuck.) J.W.Thomson                  | - | - | - | - | 2 | 2 | - |
| <i>Rinodina gennarii</i> Bagl.                            | - | - | - | 4 | - | - | 1 |
| <i>Rinodina milvina</i> (Wahlenb.) Th.Fr.                 | 1 | - | 4 | - | - | - | - |
| <i>Rhizocarpon badioatrum</i> (Flörke ex Spreng.)Th.Fr.   | 6 | 5 | 5 | 1 | - | - | - |
| <i>Rhizocarpon geminatum</i> Körb.                        | - | - | - | - | - | 4 | - |
| <b>3 зона</b>   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Acarospora fuscata</i> (Nyl.) Arnold                   | 1 | - | 1 | 1 | 4 | 4 | - |
| <i>Aspicilia caesiocinerea</i> (Nyl.ex Malbr.) Arnold     | 2 | 2 | 3 | 6 | - | - | 1 |
| <i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.)Müll. Arg.         | 1 | - | 2 | 2 | - | - | - |
| <i>Diploschistes muscorum</i> (Scop.) R.Sant.             | 1 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Diploschistes scruposus</i> (Schreb.) Norm.            | - | - | - | - | 1 | 1 | - |
| <i>Endocarpon psorodeum</i> (Nyl.) Blomb. & Forssel.      | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>Fuscopannaria mediterranea</i> (C.Tav.) P.M. Jørg.     | - | - | - | - | 1 | - | - |
| <i>Lecanora frustulosa</i> (Dicks.) Ach.                  | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>Lecanora intricate</i> (Ach.) Ach.                     | - | - | - | - | 1 | 1 | - |
| <i>Lecanora muralis</i> (Schreb.) Rabenh.                 | - | - | - | - | - | 2 | - |
| <i>Lecanora polytropa</i> (Ehrh. ex Hoffm.) Rabenh.       | 4 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| <i>Lecidea phaeops</i> Nyl.                               | - | - | - | - | - | 2 | - |
| <i>Melanelia stygia</i> (L.) Essl.                        | 1 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Melanelia sorediata</i> (Ach.) Goward&Ahti             | 1 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cladonia</i> spp.                                      | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.                       | - | - | - | 1 | 2 | 1 | - |
| <i>Polychidium muscicola</i> (Sw.) Gray                   | - | - | - | - | 4 | - | - |
| <i>Porpidia crustulata</i> (Ach.) Hertel & Knoph          | - | - | - | 4 | - | 1 | - |
| <i>Rhizocarpon badioatrum</i> (Flörke ex Spreng.)Th.Fr.   | 3 | 2 | 2 | 1 | - | - | - |
| <i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.                  | 2 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| <i>Rhizocarpon hochstetteri</i> (Körb.) Vain.             | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Rhizocarpon obscuratum</i> (Ach.) A.Massal.            | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>Rimularia limborina</i> Nyl.                           | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Spilonema revertens</i> Nyl.                           | - | - | - | - | 1 | 1 | - |
| Продолжение табл. 1.                                      |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Umbilicaria deusta</i> (L.)Baumg.                      | 6 | 5 | 5 | - | 1 | - | - |
| <i>Vulpicida pinastry</i> (Scop.) J.-E.Mattsson & M.J.Lai | 1 | - | 1 | - | 1 | - | - |
| <i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ach.) Hale               | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <b>4 зона</b>   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Caloplaca holocarpa</i> (Hoffm. ex Ach.) A.E.Wade      | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Cetraria odontella</i> (Ach.) Ach.                     | 1 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cladonia</i> spp.                                      | 5 | 4 | 4 | - | 1 | - | - |
| <i>Nephroma parile</i> (Ach.) Ach.                        | - | - | - | - | 1 | - | - |
| <i>Peltigera didactyla</i> (With.) J.R.Laundon            | - | - | - | - | 1 | - | - |
| <i>Peltigera polydactyla</i> (Neck.) Hoffm.               | - | - | - | - | 1 | - | - |
| <i>Umbilicaria deusta</i> (L.)Baumg.                      | 3 | 3 | 2 | - | 1 | - | - |
| <i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ach.) Hale               | 1 | - | 2 | - | - | - | - |

Обозначения: 1\* – мыс Кочковнаволоок, берег юго-западной экспозиции; 2\* – мыс Кочковнаволоок, берег северной экспозиции; 3\* – мыс Бесов Нос; 4\* – территория Ботанического сада ПетрГУ, п. Соломенное, берег южной экспозиции; пр – правый берег реки Суны у водопада «Кивач»; лев – левый берег реки Суны в районе водопада; 1–7 – шкала значений процентивного покрытия лишайников: 7 = более 40 %, 6 = 26–40 %, 5 = 11–25 %, 4 = 4–10 %, 3 = 3–1 %, 2 = 1 %, 1 < 1 %.

В ходе проведенного исследования выявлен 51 вид эпилитных лишайников. Распространение лишайников на прибрежных скалах зависит от комплекса условий, которые создаются совместным влиянием двух ограничивающих лишайниковый покров сред – водной и лесной. Наибольшее видо-вое разнообразие отмечено в 3 зоне, на границе взаимодействия двух сред.

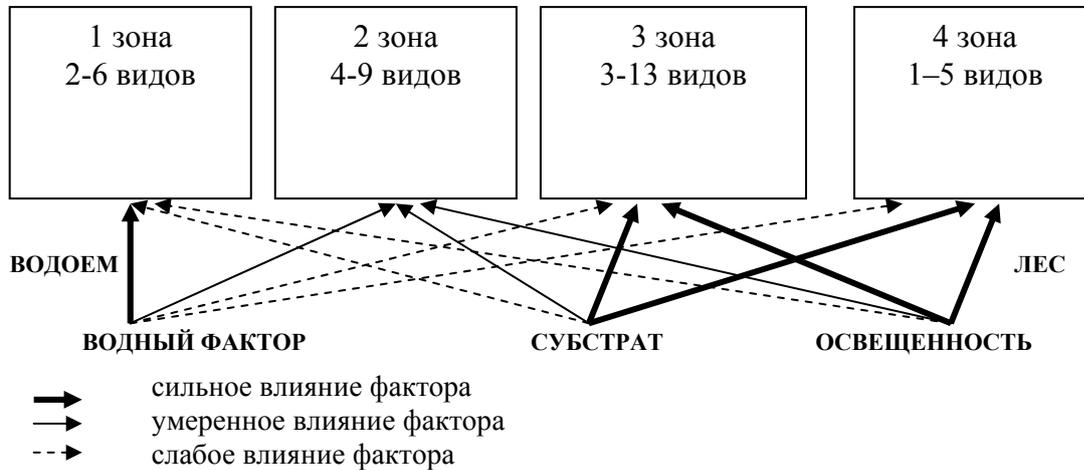


Рис. 1. Схема влияния факторов среды на видовое разнообразие прибрежных эпилитных лишайников

## Литература

- Антонова И.М., Шимановская Е.О., 1990. Распространение эпилитных лишайников в зависимости от петрографии и химизма горных пород Хибинского горного массива // Ботанические исследования за Полярным кругом. Кировск. С. 98–106.
- Викторов С.В., 1956. Лишайники как индикаторы литологических и геохимических условий в пустыне // Вестн. Моск. ун-та. № 5. С. 115–118.
- Магомедова М.А., 1979. Сукцессии сообществ литофильных лишайников в высокогорьях Северного Урала // Экология. № 3. С. 29–38.
- Сонина А.В., 2000. Закономерности формирования эпилитных лишайниковых сообществ на прибрежных скалах в условиях Южной Карелии // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб. 26 с.
- Сонина А.В., Фадеева М.А., Марковская Е.Ф., 2000. Закономерности формирования прибрежных эпилитных лишайниковых сообществ Восточного побережья Онежского озера // Бот. журн. Т. 79. № 8. С. 98–106.
- Сонина А.В., Марковская Е.Ф., 2005. Оценка роли абиотических факторов в формировании эпилитных лишайниковых сообществ // Грибы в природных и антропогенных системах: Тр. междунар. конф., посвященной 100-летию начала работы проф. А.С.Бондарцева в Ботаническом институте им. В.Л.Комарова РАН. СПб. Т. 2. С. 206–209.

## ВОЗРАСТНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЭТАПЕ СТАРЕНИЯ

Г. И. Софронова, Е. Е. Ялынская, В. К. Болондинский,  
И. Н. Софронова, Л. М. Виликайнен

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Заключительным этапом онтогенетического развития организма является фаза старения. Генетические предпосылки старения индивидуумов в онтогенезе реализуются взаимодействием структур при циклической смене в них соотношения регуляторов и ингибиторов роста по принципу донорно-акцепторных отношений. Длительность роста и развития определенных видов обусловлена

генетически, однако на ее реализацию на уровне индивидуума кардинальное влияние оказывают экологические условия. (Казарян, 1969, 1970). Старение – это процесс падения функциональной активности дерева, ведущий к его деградации. Внешние признаки старения первоначально выражены слабо ввиду преобладания процессов новообразования структур над их деструкцией. В дальнейшем, продолжительность жизни деревьев может увеличиваться за счет продления фазы старости и зависит в основном от экологических условий.

При исследовании сосняков в стадии стационарного развития соотношения между компонентами структуры дерева с высокой степенью прогнозирования описываются регрессионными уравнениями (Казимиров и др., 1977; Vanninen et. al., 1996). С переходом в стадию зрелости отношение массы хвои к площади поперечного сечения ствола снижается линейно. Определенным площадям активной ксилемы ствола, ветвей или ответвлений соответствует определенная масса (поверхность) хвои, то есть проводящая способность  $1 \text{ см}^2$  активной ксилемы обеспечивает жизнедеятельность определенной массы (поверхности) хвои. Наблюдаемое в кроне стареющих сосен усиление ксероморфности свидетельствует о нарастании дефицита влаги.

В сбалансированной транспортной системе существует и обратная зависимость: определенная масса хвои своей ассимиляционной деятельностью обеспечивает функционирование транспортной системы с оптимальными для всего дерева параметрами (Хари и др., 1985; Кайбияйнен и др., 1986). Хотя отношение общей площади хвои к площади скелетной части молодых и старых ветвей различается более, чем в 2 раза, балансы  $\text{CO}_2$  старых ветвей примерно такие же, как у молодых, интенсивно растущих ветвей.

В периоды атмосферной и почвенной засухи продуктивность старых ветвей значительно снижается. Часто происходит сбрасывание старой хвои, уменьшается отношение площади хвои к площади поверхности побегов, но обычно это не приводит к гибели ветви. На фоне почвенной засухи, фотосинтез старых деревьев даже при слабом водном дефиците ниже, чем у молодых. Одной из основных внутренних причин снижения  $\text{CO}_2$ -газообмена заключается в уменьшении устьичной проводимости (Yoder et. al., 1994). Однако, высокие старые деревья, как и стареющие ветви, лучше адаптированы к недостатку влаги при минимальном давлении факторов среды, чем молодые, за счет достаточно интенсивного фотосинтеза хвои и пониженного дыхания скелетной части, по сравнению с дыханием молодых деревьев. Балансы  $\text{CO}_2$  могут нарушаться в период засухи, но, поскольку они носят кратковременный характер, в наших условиях это не является причиной гибели деревьев.

Образование ассимилятов и процессы морфогенеза у древесных растений разделены во времени. Использование ассимилятов на процессы жизнедеятельности происходит из запасов в депонирующих тканях, наибольшее их количество используется во время роста (Новицкая и др., 1985). Благоприятные условия в период формирования транспортной системы, связывающей между собой все ткани и органы, являются необходимым условием оптимальной согласованности донорно-акцепторных отношений между ними на уровне всего растения (Кайбияйнен, Софронова, 2003).

В период отсутствия ростовых процессов не выявлено различий в относительном содержании неструктурных углеводов в связи со старением или условиями роста деревьев или положения ветвей в кроне. В годичной динамике в фотосинтезирующих органах концентрация сахаров всегда выше, по сравнению с гетеротрофными тканями, тогда как в тканях, выполняющих запасующие функции, больше нерастворимых углеводов. Во всех обеспечивающих растущий побег органах и тканях содержание нерастворимых углеводов отличается значительно большей вариабельностью, чем сахаров, особенно в период роста, что подтверждает буферные функции запасных форм углеводов. У угнетенных и стареющих деревьев наблюдается некоторая тенденция повышения содержания запасных форм углеводов, что может быть связано с ослабленной интенсивностью их ростовых процессов и задержкой оттока ассимилятов. Ослабление роста старых и угнетенных деревьев вызвано, вероятно, нарушением проводящей и регулирующих функций флоэмного и ксилемного транспорта в донорно-акцепторных отношениях между корневой и фотосинтезирующей системами, а не дефицитом углеводов. Определенная динамическая стабильность концентраций углеводов и минеральных элементов свидетельствует о способности растения поддерживать гомеостаз внутренней среды, что является непременным условием устойчивости биологическим систем.

У стареющих деревьев сосны наблюдаются изменения сопротивления ( $R$ ) и проводимости ксилемы. У старых сосен соотношение  $R_{\text{ствола}} : R_{\text{ветвей}} : R_{\text{отв. 2 порядка}} : R_{\text{отв. 3 порядка}} = 1:2,4:28:62$ . Соотношения между проводимостью ксилемы ствола и ветвей у деревьев сосны средне-

го возраста, произрастающей в условиях продолжительного водного дефицита и сосны в условиях достаточного почвенного водоснабжения различались незначительно. Рстволы : Рветвей : Рответвлений = 1:2,2:30 и 1:2,8:23,5. Сопротивление ксилемы транспирационному потоку зависит не столько от протяженности пути, сколько от количества ветвлений в структуре дерева, причем основное уменьшение происходит в местах ответвлений. Подобные закономерности специфичны и для других видов древесных растений (Zimmermann, 1978, Селлин, 1988, Gartner, 1995). Ограничение транспорта влаги из почвы в хвою у стареющих деревьев приводит к ограничению поставки элементов минерального питания, что также может явиться одним из факторов снижения продуктивности деревьев (Gholz et.al., 1985).

При сильной засухе, у деревьев среднего возраста дефицит влаги в ксилеме также значительно увеличивается. Подобное явление вызывает эмболию сосудов, потерю ими способности проводить влагу и, как следствие, усыхание хвои и ветвей. Усыхание и сброс части хвои и отпад нижних мутовок является одним из путей восстановления нормального водного режима. Уменьшение суммарной площади хвои приводит к меньшей транспирации кроны, что способствует восстановлению равновесия между транспирационным расходом влаги и ее поступлением из почвы и позволяет избежать последствий эмболии.

Последствием напряженности показателей водного обмена является значительное дневное угнетение фотосинтеза, особенно в засушливый период. В таких условиях отмечается понижение интенсивности фотосинтеза до уровня точки компенсации. Интенсивная дефолиация, наблюдаемая при длительном воздействии водного дефицита, является одной из причин снижения продуктивности фотосинтеза в кронах стареющих и угнетенных деревьев. Уменьшение проводимости ксилемы и связанное с ним уменьшение проводимости устьиц приводит не только к понижению интенсивности транспирации, но и к уменьшению продуктивности фотосинтеза кроны, что подтверждает гипотезу гидравлического ограничения роста и возраста древесных растений на примере *Pinus sylvestris* L. Следовательно, с прогрессированием признаков старения сосны, ее структурные и функциональные адаптационные перестройки проявляются в усилении признаков ксероморфности. То есть признаки старения сосны аналогичны хорошо известным критериям нарастания дефицита влаги.

Таким образом, основной причиной снижения интенсивности роста и усиления признаков старения сосны является анатомо-морфологические изменения структуры проводящих путей и связанные с этим нарушения в водном транспорте и донорно-акцепторных отношениях между кроной и корневой системой дерева.

## Литература

- Казарян В.О., 1970. Состояние проблемы онтогенеза растений и задачи Ереванского симпозиума // Онтогенез высших растений. Ереван. С. 5-9.
- Казарян В.О., 1969. Старение высших растений. М.: Наука. 314 с.
- Кайбияйнен Л.К., Софронова Г.И., 2003. Роль транспортной системы в регуляции донорно-акцепторных отношений у *Pinus silvestris* // Физиология растений. Т. 50. № 1. С. 136-143.
- Кайбияйнен Л.К., Хари Л.К., Сазонова Т.А., Мякеля А., 1986. Сбалансированность системы водного транспорта у сосны обыкновенной. III. Площадь проводящей системы и масса хвои // Лесоведение. № 1. С. 31-37.
- Новицкая Ю.Е., Чикина П.Ф., Софронова Г.И., Габукова В.В., Макаревский М.Ф., 1985. Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере. Л.: Наука. 156 с.
- Селлин А.А., 1990. Основные факторы, ограничивающие гидравлическую проводимость ксилемы ели европейской // Физиология растений. Т. 37. № 3. С. 450-455.
- Хари П., Кайбияйнен Л.К., Сазонова Т.А., Мякеля А., 1985. Сбалансированность системы водного транспорта у сосны обыкновенной. II. Активная ксилема // Лесоведение. №5. С. 74-77.
- Gartner B.L., 1995. Patterns of xylem variation within a tree and their hydraulic and mechanical consequences. / Plant stems: Physiology and functional morphology. N.Y.: Academic Press. P. 125-149.
- Gholz H.L., Fisher R.F., Prichett W.L., 1985. Nutrient dynamics in Slash pine plantation ecosystems // Ecology. V. 66. P. 647-659.
- Yoder B.J., Ryan M.G., Waring R.H., Schoettle A.W., Kaufmann M.R. 1994. Evidence of reduced photosynthetic rates in old trees // Forest Science. V. 40, № 3. P. 513-527.
- Zimmermann M.N., 1978. Hydraulic architecture of some diffuse-porous trees // Can. J. Bot. V.56. № 12. P. 2286-2901.

## К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ТКАНЕВЫХ ПЕПТИДОВ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА СОСТОЯНИЯ РЫБ

И. В. Суховская, Л. П. Смирнов

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Биологические реакции, являющиеся следствием влияния тяжелых металлов на биоту, весьма разнообразны. Патологические изменения, возникающие на уровне макромолекул и органоидов клетки в результате взаимодействия с ТМ, могут передаваться по цепочке до самых "высоких" структур организации живого: популяций и целых биогеоценозов, поэтому возникает потребность понимания биохимических механизмов защиты против повреждающих агентов на разных уровнях метаболизма (Мур, Рамамурти, 1987). Как известно (Замятнин, 2003), низкомолекулярные пептиды характеризуются чрезвычайно широким функциональным разнообразием. Они участвуют в функционировании нервной, иммунной, эндокринной систем, морфогенезе. А такие пептиды как глутатион и металлотioneины участвуют в защитных реакциях организма. В настоящее время предложена интересная и, на наш взгляд, плодотворная гипотеза о том, что тканеспецифичные пептидные пулы должны рассматриваться как носители информационного сигнала о биохимическом статусе ткани. Любые нарушения состояния тканей приводят к изменению компонентного состава пулов и, как следствие, изменению суммарного биологического сигнала – количественно или качественно (Карелин, 2003).

Рыбы являются наиболее удобными объектами в исследованиях водоемов, позволяющих установить степень влияния на живой организм различных факторов, в том числе и токсикантов. Они могут быть использованы для прогноза различного рода воздействий на водные экосистемы (Кашулин, 2000).

На территории Мурманской области расположено большое число промышленных предприятий. Неподдалеку от г. Никель расположено оз. Куэтсиярви. Водоем испытывает постоянное воздушное загрязнение ТМ, что приводит к накоплению ТМ и их солей в озере. На сегодняшний день известно, что концентрация меди в оз. Куэтсиярви по сравнению с 1994 г. увеличилась в 2 раза, а концентрация таких ТМ как никель и цинк несколько снизилась, но все же продолжает оставаться на достаточно высоком уровне. Эта информация может свидетельствовать о том, что гидробионты, обитающие в этих водоемах испытывают многолетнее влияние ионов тяжелых металлов, приводящее к хроническому отравлению.

Целью данного исследования было изучение влияния ксенобиотиков на фракционный состав низкомолекулярных соединений пептидной природы в мускулатуре сига, выловленных из водоемов с разным уровнем загрязнения.

Методом хроматографии низкого давления на носителях Toyopearl TSK HW-40 исследовали фракционный состав пептидов тканей сига выловленных из оз. Куэтсиярви. Для сравнения использовали рыбу, пойманную в чистой зоне – оз. Раякоски, расположенного на территории заповедника Пасвик, Мурманской обл. Концентрацию белка во фракциях определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 215 нм и рассчитывали с помощью калибровочного графика. Методом Элмана определяли концентрацию сульфгидрильных групп во фракциях пептидов.

В составе пептидов мускулатуры сига можно выделить 4 основные группы фракций с молекулярными массами (Мм) 8,0; 6,6; 5,0 и 3,0 кДа. Качественных и количественных изменений фракционного состава пептидов мускулатуры сига, выловленных из озер с различными экологическими условиями, за некоторым исключением не выявлено. Максимальная концентрация пептидов достигает 230 мкг/мл в самой низкомолекулярной фракции.

Сравнительный анализ мускулатуры самцов и самок сига показал, что фракционный состав пептидов с Мм ниже 10 кДа качественно идентичен. Обнаружены количественные различия во фракции с Мм 7,2 кДа. Концентрация пептидов в ней у самок в 1,5 раза больше, чем у самцов.

Качественных и количественных изменений фракционного состава общих пептидов мускулатуры сига, выловленных из озер с различной экологической ситуацией, за некоторым исключением не выявлено. У самок во фракции с Мм 4,0 кДа отмечено значительное увеличение (почти в 2 раза) концентрации пептидов у рыб из загрязненного водоема по сравнению с чистой зоной. А во фракции с Мм 1,9 кДа концентрация пептидов снижается в 2,5 раза у опытных рыб по сравнению с контрольными.

Обнаружены количественные изменения в составе серосодержащих пептидов. При исследовании концентрации SH-групп в мускулатуре сига можно выделить 3 основные группы фракций: 5 – 10 кДа, 2 – 5 кДа, ниже 2 кДа. У самцов из "опытного" водоема наблюдается уменьшение концентрации серосодержащих компонентов в 2 раза во фракции с Мм 5,6 кДа и 10-кратное увеличение данного показателя во фракции с Мм 1,9 кДа. У самок изменения в концентрации SH-групп отличались от таковой у самцов: у рыб из оз. Куэтсиярви наблюдалось резкое снижение количества SH-групп во фракциях 7,2 и 5,6 кДа (в 4 и 6 раз соответственно). В остальных фракциях изменений не наблюдалось.

Фракционный состав печени сига по сравнению с мускулатурой более разнообразен. Его можно условно разделить на 3 основные группы: 10,0 – 5,6 кДа, 5,6 – 4,0 кДа и ниже 4 кДа. У самцов из оз. Куэтсиярви отмечается увеличение концентраций пептидов по сравнению с таковыми из оз. Раякоски практически во всех фракциях (кроме фракции с Мм 3,0 кДа). Во II группе, во фракции с Мм 4,7 кДа концентрация пептидов у рыб из чистого водоема была ниже, чем у рыб из загрязненного озера.

При хроническом воздействии тяжелых металлов на организм самок сига в пептидных фракциях печени обнаружены более значительные изменения по сравнению с самцами. Практически во всех фракциях (кроме фракций с Мм 9,2 и 5,1 кДа) концентрация пептидов у самок, выловленных в оз. Куэтсиярви в 5 - 30 раз ниже, чем у рыб из чистого водоема (оз. Раякоски).

В печени самок из опытного водоема обнаружен рост количества SH-групп во фракции 5,4 кДа в 8 раз и во фракции 3,4 кДа в 6 раз.

Таким образом, обнаруженные нами количественные изменения в составе низкомолекулярных пептидов тканей сига, как на уровне общего количества, так и по концентрации SH-групп, свидетельствуют о воздействии гидрохимического комплекса оз. Куэтсиярви, в состав которого входят тяжелые металлы в достаточно высоких концентрациях на метаболизм низкомолекулярных соединений пептидной природы. Однако пропорционального изменения во всех фракциях пептидов из печени рыб не наблюдается, что может быть связано с метаболическими особенностями белкового обмена сига. Полученные данные указывают на существование у рыб на уровне низкомолекулярных пептидов полового диморфизма в реализации ответных реакций на загрязнение водоема, в том числе тяжелыми металлами. Однако результаты этого исследования пока не дают однозначного вывода о том, кто более чувствителен к изменению гидрохимической ситуации в водоеме – самцы или самки.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ НШ-4310.2006.4 и Гранта ФЦНТП 2006-РП-112.0/001/287

## Литература

- Замятнин А.А., 2003. Специализированный банк данных Egor-Moscow о природных олигопептидах с интернет-доступом // Российский симпозиум по химии и биологии пептидов. Москва. С. 3.
- Кашулин Н.А., 2000. Ихтиологические основы биоиндикации загрязнения среды тяжелыми металлами: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск. 42 с.
- Карелин А.А., 2003. Тканеспецифические пептидные пулы как элемент информационной системы организма // Российский симпозиум по химии и биологии пептидов (Тез. докл.). М. С. 19.
- Мур Дж., Рамамурти С., 1987. Тяжелые металлы в природных водоемах. М: Наука. 67 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ДЫХАНИЯ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ АДАПТАЦИИ К ТЕМПЕРАТУРЕ

А. В. Таланов<sup>1</sup>, З. П. Котова<sup>2</sup>, Л. А. Обшатко<sup>3</sup>, Э. Г. Попов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция, п. Новая Вилга, Россия

<sup>3</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

В общем метаболизме растений дыханию принадлежит роль источника энергии (Семихатова, 1990, Головкин, 1999). При изучении дыхания активно вегетирующих растений при различных уровнях температуры, с учетом их зональной принадлежности (Дроздов и др., 1984, Одум, 1986), было установлено, что в фоновой зоне скорость дыхания тем выше, чем выше температура (Дроздов и др., 2003). Качественная перестройка дыхательного аппарата при варьировании температуры в пределах этой зоны не происходит, величина дыхательного коэффициента  $DK=CO_2/O_2$  близка к 1. Воздействие температуры зоны холодого закаливания приводит к снижению интенсивности дыхания,  $DK$  при этом становится больше 1, а в последствии, при возврате в условия фоновой зоны, дыхательная активность растений усиливается, с превышением исходного уровня до закаливания. Степень стимуляции зависит от холодостойкости и других особенностей генотипа. Температуры зоны теплого закаливания усиливают дыхание, но  $DK$  при этом ниже, чем в фоновой зоне, однако в последствии закаливания несколько превышает фоновый уровень. Низкие и высокие повреждающие температуры снижают уровень дыхания и  $DK$  как в действии, так и в последствии. Поскольку установлено, что величина дыхательного коэффициента определяется субстратом дыхания, например,  $DK$  с использованием углеводов равен 1, белков – 0,82, липидов – 0,7 (Белл, 1980), изменение  $DK$  может служить свидетельством образования новых соединений, обеспечивающих поддержание энергетики растительного организма. Из вышеизложенного следует, что при исследовании процесса адаптации растений к неблагоприятным условиям внешней среды необходимо отслеживать происходящие при этом изменения дыхания, его компонент (Семихатова, 1995, Куперман и др., 2001, Усманов и др., 2001).

Задачей настоящей работы было исследование темного дыхания интактных растений картофеля при изменении температуры. Учитывая, что влияние температур различных зон зависит от временного фактора, опыты проводили при воздействиях температуры продолжительностью от нескольких минут до 3 сут.

Растения картофеля сортов Пушкинец и Елизавета выращивали в керамических сосудах с песком, ежедневно поливая питательным раствором Кнопа с добавлением микроэлементов, при освещенности 10 клк под люминесцентными лампами, фотопериоде 12 ч, температуре 22°C. По достижении фазы 3-4 настоящих листьев сосуды с растениями переносили в камеры искусственного климата с теми же условиями освещения и заданными температурами (12 уровней от 3 до 39°C) на 3 сут. После этого воздействия растения помещали в лабораторную установку для измерения  $CO_2$ -газообмена. Вначале определяли скорость нетто-фотосинтеза при освещенности 10 клк и дыхания в темноте растений при температуре содержания в камерах. Затем температуру при выключенном освещении приводили в течение 1 ч к уровню 3°C и вслед за этим ее повышали до 39° за 2,5 ч, непрерывно регистрируя газообмен растений.

Опыты показали, что зависимость скорости дыхания растений от температуры предварительного содержания в камерах характеризуется кривой, напоминающей экспоненциальную. Сопоставление уровней дыхания с уровнями температуры в камерах и температуры в момент измерения позволило заметить, что характер температурной зависимости дыхания определяется амплитудой и продолжительностью температурного воздействия (на трехмерном графике температура в момент измерения отражает краткосрочное действие, температура предварительного выдерживания в камере – длительное).

При времени воздействия 3 сут (по данным измерения газообмена в начале опыта) отмечается тенденция замедления прирастания интенсивности дыхания на участке температурного диапазона, примерно соответствующем фоновой зоне. Отношения скоростей темного дыхания и истинного фотосинтеза ( $R_d/P_g$ ) в диапазоне фоновых температур изменяется медленнее, чем в области темпе-

ратур холодого и теплого закаливания, что совпадает с установленными фактами постоянства величины  $R_d/P_g$  многих видов растений при оптимальных условиях и варьировании ее в широком диапазоне при разнообразии условий среды (Головки, 1999, Усманов и др., 2001). Дыхание растений картофеля в зависимости от температуры предварительного выдерживания в камере может быть разделено на компоненты.

Зависимость дыхания от температуры в момент определения в графическом виде подгоняется гладкой кривой. Однако из-за индивидуального разброса не всегда удается выявить четкую закономерность различий дыхательных кривых растений, взятых из разных условий предварительного воздействия в камерах. Генеральная закономерность состоит в следующем - чем выше предыдущая температура, тем ниже дыхание и, соответственно, расположена вся температурная кривая (Atkin et al., 2003). Это видно и из усредненных кривых по зонам (сложены данные нескольких кривых), наиболее четко для с. Пушкинец.

Разделение дыхания интактного растения на компоненты путем анализа температурной кривой позволило заметить, что соотношение ростовой компоненты и компоненты поддержания темного дыхания определяется зональной принадлежностью температуры. В фоновых температурных условиях доля ростовой компоненты в тотальном дыхании выше по сравнению с таковой в закаливающих условиях из-за изменения компоненты поддержания. Диапазон изменения зависит от температуры предобработки в камере: чем ниже температура в камере, тем более диапазон расширяется в сторону низких температур. В результате закалки способность к росту сохраняется при более низких температурах (если так можно судить по компоненте дыхания роста). Полученные в опытах данные позволяют сопоставить интегральные кривые дыхания и кривые компонент дыхания при экспозиции 3 сут - несколько минут. В свое время О.А. Семихатова (1995) при обобщении и анализе большого фактического материала показала, что во время адаптации растения к стрессу происходит значительное усиление дыхания поддержания, тогда как растения, уже адаптированные к неблагоприятным условиям обитания, не несут дополнительных дыхательных затрат. Чем больше при стрессе увеличивается дыхание поддержания, тем менее устойчиво растение к данному стресс-фактору. Одна из целей адаптации - так изменить структурно-функциональную организацию растения, чтобы максимально уменьшить или компенсировать дыхательную цену процессов поддержания.

В целом результаты нашего исследования по влиянию температур разных зон на дыхание растений картофеля свидетельствуют о перестройках дыхательного процесса при закаливании растений, направленных на повышение устойчивости; обратный процесс - раззакаливание - также сопровождается трансформацией дыхания.

## **О РОЛИ АУКСИНОВ В МЕХАНИЗМАХ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К ДЕЙСТВИЮ НИЗКИХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

**В. В. Таланова, А. Ф. Титов**

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Исследованиями многих авторов показано, что фитогормоны принимают активное участие в ответных реакциях растений на действие неблагоприятных факторов среды. Под их влиянием в тканях растений, как правило, происходит снижение уровня гормонов-стимуляторов (в том числе ауксинов) и накопление гормонов-ингибиторов, что приводит к уменьшению интенсивности многих метаболических процессов и торможению роста (Чиркова, 2002). В частности, установлено, что продолжительное действие низких температур вызывает значительное снижение содержания ауксинов как у холодостойких, так и теплолюбивых растений (Виноградова, 1972; Лукаткин, 2002). При этом рядом авторов подчеркивается необходимость инактивации ауксинов и замедления тем самым ростовых процессов как обязательного условия повышения устойчивости (Гуревич, 1979). Между тем, обратная зависимость между уровнем активности эндогенных ауксинов и устойчиво-

стью отмечается далеко не всегда (Волкова и др., 1991). Учитывая это, нами была поставлена задача изучить динамику эндогенного уровня ауксина (индолил-3-уксусной кислоты, ИУК) у растений при действии низких и высоких закаливающих температур, а также эффекты экзогенной ИУК на устойчивость.

В экспериментах с холодостойким (озимая пшеница) и теплолюбивым (огурец) видами показано, что характер изменения содержания ИУК в растениях при краткосрочном и длительном воздействии низких закаливающих температур неодинаков. Так, в первые часы холодового закаливания проростков пшеницы при температуре 2°C содержание свободной ИУК в листьях возрастает. В дальнейшем повышение устойчивости сопровождается снижением уровня гормона, особенно существенным в конце закаливания (на 5–7 сут). Рост холодоустойчивости проростков огурца в течение первых суток действия температуры 10°C также происходил на фоне повышенного содержания ИУК в листьях, и только затем уровень гормона резко снижался. Отметим, что в корнях проростков огурца и пшеницы уже через несколько часов после начала действия низких температур содержание ауксина снижалось.

В отличие от холодового, тепловое закаливание осуществлялось на фоне довольно высокого содержания свободной ИУК, характерного для растений, находящихся в обычных условиях. Так, в первые 1–2 ч действия температуры 40°C содержание ИУК в листьях проростков пшеницы слегка повышалось, а спустя несколько часов от его начала – незначительно снижалось. Содержание ИУК в листьях проростков огурца при температуре 38°C после небольшого повышения в первые 0.5–1 ч в дальнейшем возвращалось к исходному уровню. В то же время кратковременное действие температуры 38°C практически не вызывало изменения содержания ИУК в корнях растений. Как показали наши данные, быстрое повышение уровня ауксина в листьях растений при действии высокой температуры может быть результатом не только его высвобождения из связанного состояния, но и усиления биосинтеза гормона. Об этом, в частности, свидетельствует тот факт, что ингибиторы синтеза РНК (актиномицин Д) и белка (циклогексимид) препятствовали увеличению уровня свободной ИУК в листьях растений огурца, индуцированному высокой температурой.

В экспериментах также установлено, что экзогенная ИУК может снижать холодо- и теплоустойчивость проростков томата при длительном действии низких и высоких закаливающих температур. Важно, однако, отметить, что использование даже высоких концентраций ауксина не приводило к полному торможению процесса холодового и теплового закаливания. На растениях пшеницы показана возможность осуществления теплового закаливания в присутствии экзогенной ИУК как в низких (0.01–5 мг/л), так и высоких (20–100 мг/л) концентрациях. Следовательно, обработка растений ИУК в широком диапазоне концентраций не препятствует процессу их тепловой адаптации. Кроме того, экзогенный ауксин в низких концентрациях способствовал повышению устойчивости растений томата и пшеницы в начальный период действия повреждающих температур.

Таким образом, сопоставление динамики холодо- и теплоустойчивости растений с уровнем эндогенной ИУК в них показывает, что формирование повышенной устойчивости сопровождается быстрым возрастанием количества ауксина в листьях в начальный период закаливания и последующим его снижением в более поздние периоды холодового закаливания, или возвращением к исходному уровню при тепловом закаливании. Тот факт, что экзогенная ИУК не препятствует успешному протеканию процесса адаптации, также позволяет говорить об участии данного гормона в процессах повышения устойчивости растений.

Очевидно, что в начальный период адаптации растений к неблагоприятным температурам защитное действие ауксина не связано с его основными биологическими эффектами (активизация метаболизма и роста). Известно, что экзогенный ауксин способен быстро индуцировать экспрессию нескольких групп генов раннего ответа растений, в том числе генов антиоксидантных ферментов (Abel, Theodologis, 1996; Веселов, 2001). Учитывая это, возможно, что повышение уровня ИУК в начальный период действия закаливающих температур, установленное нами, прямо или опосредованно связано с запуском системы индуцированного синтеза стрессовых белков. При продолжительном же действии неблагоприятных температур изменения содержания ауксина, определяются, прежде всего, необходимостью торможения ростовых процессов и снижения уровня метаболической активности растения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-04-49107).

## Литература

- Веселов А.П., 2001. Гормональная и антиоксидантная системы при ответе растения на тепловой шок // Автореф. дис.... канд. биол. наук. М.; ИФР РАН. 39 с.
- Виноградова В.В., 1972. Стимуляторы и ингибиторы роста в процессе закаливания и перезимовки озимой пшеницы // Бюл. ВИР. Вып. 24. С. 51-57.
- Волкова Р.И., Титов А.Ф., Таланова В.В., Дроздов С.Н. Изменения в системе ауксинов в начальный период теплового и холодного закаливания вегетирующих растений // Физиология растений. 1991. Т. 38. № 3. С. 538-544.
- Лукаткин А.С., 2002. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та. 208 с.
- Чиркова Т.В., 2002. Физиологические основы устойчивости растений. СПб: Изд-во СПб ун-та. 244 с.
- Гуревич Л.С., 1979. Роль гормонального баланса ауксина и этилена в адаптационных реакциях высших растений // Ботан. ж. Т. 64. № 11. С. 1600-1514.
- Abe S., Theodologis A., 1996. Early genes and auxin action // Plant. Physiol. 1996. V. 111. P. 9-17.

## МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

**В. Н. Тарасова, И. В. Евсеева**

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия*

Петрозаводск является одним из крупных индустриально развитых городов северо-запада России. На его территории расположены 47 крупных и средних предприятий машиностроения, деревообработки, легкой и пищевой промышленности, судостроения и судоремонта, транспортного сообщения, сферы услуг. Общий объем выбросов в г. Петрозаводске за 2003 г составил 7,129 тыс. т., основную долю которых составляют такие загрязняющие вещества как диоксид серы, монооксид углерода и оксиды азота (Государственный доклад..., 2004). В связи с этим проведение мониторинговых работ на территории города, а также его окрестностей является актуальным. Одним из методов мониторинга является метод лишеноиндикации, основанный на оценке состояния окружающей среды при помощи лишайников.

**Объекты и методы.** Оценка качества воздушной среды окрестностей г. Петрозаводска была проведена на основе изучения эпифитного лишайникового покрова на постоянных пробных площадях, расположенных на территориях естественных зеленомошных сосновых насаждений, непосредственно примыкающих к границе города. Пробные площади были заложены в следующих районах пригорода – Ботанический сад ПетрГУ, Сулажгора, Сайнаволоок. В качестве фоновых значений изученных показателей используются данные с двух пробных площадей, заложенных в сходных типах леса на территории заповедника «Кивач». Анализ изменений состояния эпифитного покрова выполнен на основе сравнения данных двух сроков наблюдения (2000 и 2005 гг.).

На каждой пробной площади на 8 деревьях сосны выполнены описания эпифитного лишайникового покрова на стволах методом линейных пересечений на высоте 60, 80, 100, 120, 140 и 160 см от поверхности почвы. В каждом описании регистрировались общее линейное покрытие, число видов и покрытия отдельных видов лишайников. Для каждого дерева был выявлен полный видовой состав лишайников и измерена длина всех экземпляров кустистых видов, обитающих на высоте 0-2 м от поверхности почвы. Кроме этого отбирались пробы талломов *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. на анализ содержания серы и азота и пробы корки сосны на определение pH.

Всего было выполнено 240 описаний эпифитного лишайникового покрова на 40 деревьях с 5 пробных площадей, определены кислотность для 15 проб корки и содержание серы и азота в 5 пробах талломов.

Обработка данных выполнена на основе сравнения абсолютных и средних значений параметров эпифитного лишайникового покрова с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ОДА).

**Результаты.** В результате проведенных исследований установлено, что видовой состав лишайников сосны на исследованных пробных площадях составляет 39 видов. Из них 34 встретились в фоновом районе, в пригороде г. Петрозаводска – 29. Число общих видов – 26. В пригороде максимальное число видов обитает в Сулажгоре (24), минимальное – Сайнаволоке (16). В ботаническом саду обнаружен 21 вид лишайников.

Значения характеристик эпифитного лишайникового покрова, такие как общее линейное покрытие, среднее число видов в описании, покрытия доминантных видов, содержание серы и азота в талломах в пригороде г. Петрозаводска значительно отличаются от данных характеристик в фоновом районе (ОДА).

В Сайнаволоке значения общих показателей лишайникового покрова значительно ниже, чем в Ботаническом саду ( $F_1$ ) и Сулажгоре ( $F_2$ ): среднее линейное покрытие меньше в 5-6 раз ( $F_1=47,21^{***}, F_2=69,16^{***}$ , ОДА), среднее число видов в описании – в 1.5 раза ( $F_1=10,78^{***}, F_2=78,33^{***}$ , ОДА) (табл. 1).

Таблица 1. Основные характеристики эпифитного лишайникового покрова стволов сосны на изученных пробных площадях

| Характеристики эпифитного лишайникового покрова | Ботанический сад ПетрГУ |        | Сайнаволоке |        | Сулажгора |        | ЗП Кивач (ПП №1) |        | ЗП Кивач (ПП №2) |        |
|---|-------------------------|--------|-------------|--------|-----------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
|   | 2000 г                  | 2005 г | 2000 г      | 2005 г | 2000 г    | 2005 г | 2000 г           | 2005 г | 2000 г           | 2005 г |
| рН корки сосны                                  | 3,77                    | 3,41   | 3,65        | 3,35   | 4,21      | 3,64   | 3,61             | 3,51   | 4,03             | 3,61   |
| Содержание серы*                                | 0,13                    | 0,14   | 0,24        | 0,22   | 0,25      | 0,25   | 0,12             | 0,08   | 0,13             | 0,08   |
| Содержание азота*                               | 0,85                    | 0,75   | 1,56        | 1,03   | 1,08      | 1,86   | 0,69             | 0,47   | 0,53             | 0,46   |
| Среднее число видов в описании, ед.             | 2,44                    | 2,85   | 1,10        | 1,50   | 4,42      | 2,93   | 4,31             | 5,10   | 4,85             | 4,85   |
| Среднее общее линейное покрытие, %              | 33,35                   | 33,30  | 6,28        | 6,42   | 45,68     | 34,58  | 47,28            | 42,89  | 34,3             | 28,68  |
| Общее число видов на пробной площади, ед.       | 28                      | 21     | 17          | 16     | 29        | 24     | 34               | 30     | 30               | 35     |
| Линейное покрытие отдельных видов, %:           |                         |        |             |        |           |        |                  |        |                  |        |
| <i>Bryoria spp.</i>                             | 0,09                    | 0,01   | –           | –      | 0,27      | 0,30   | 4,35             | 2,19   | 1,56             | 1,89   |
| <i>Evernia mesomorpha</i>                       | 0,06                    | <0,01  | –           | –      | 0,02      | 0,04   | 0,34             | 0,03   | <0,01            | <0,01  |
| <i>Hypocenomyce scalaris</i>                    | 0,41                    | 1,05   | 2,39        | 3,42   | 0,42      | 1,46   | 1,81             | 3,57   | 11,91            | 9,71   |
| <i>Hypogymnia physodes</i>                      | 30,06                   | 28,60  | 0,51        | 0,20   | 28,59     | 28,57  | 17,66            | 14,29  | 9,77             | 6,71   |
| <i>Imshaugia aleurites</i>                      | 0,19                    | 0,16   | 0,04        | –      | –         | 0,19   | 1,52             | 2,06   | 1,20             | 1,41   |
| <i>Parmeliopsis ambigua</i>                     | 0,37                    | 0,23   | 0,76        | <0,01  | 2,87      | 0,88   | 19,10            | 19,07  | 8,19             | 7,62   |
| <i>Usnea spp.</i>                               | 0,52                    | 0,44   | –           | –      | 0,10      | 0,07   | 0,27             | 0,23   | 0,16             | 0,08   |
| Сумма кустистых                                 | 0,66                    | 0,45   | –           | –      | 0,58      | 0,36   | 5,03             | 2,52   | 1,72             | 1,97   |
| Сумма листоватых                                | 31,40                   | 28,99  | 1,31        | 0,20   | 35,61     | 32,32  | 39,39            | 36,20  | 19,82            | 16,25  |
| Сумма накипных                                  | 0,69                    | 3,77   | 3,09        | 7,08   | 11,36     | 1,91   | 2,79             | 4,01   | 12,52            | 10,56  |
| Ср. длина <i>Bryoria</i> , см                   | 1,6                     | 1,7    | –           | –      | 2,0       | 2,7    | 5,1              | 4,6    | 5,8              | 6,6    |
| Ср. длина <i>Usnea</i> , см                     | 1,8                     | 2,2    | –           | –      | 1,6       | 1,3    | 3,5              | 2,7    | 5,5              | 5,4    |
| Ср. число особей <i>Bryoria sp.</i> на дерево   | 1,3                     | 0,4    | 0           | 0      | 5,1       | 4,4    | 17,6             | 11,6   | 12,0             | 6,8    |
| Ср. число особей <i>Usnea sp.</i> на дерево     | 17,8                    | 10,1   | 0           | 0      | 3,3       | 1,6    | 4,8              | 7,8    | 6,4              | 3,0    |

\* в % на абс. сух.вес, в талломах *Hypogymnia physodes*

Доминирующую роль в лишенопокрове в Ботаническом саду и Сулажгоре играют *Hypogymnia physodes* и *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy, в Сайнаволоке – *Hypocenomyce scalaris*. В фоновом районе на стволах сосен доминируют *Hypogymnia physodes*, *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl., *Bryoria spp.*, *Imshaugia aleurites* (Ach.) S. L. F. Meyer и *Hypocenomyce scalaris*.

Анализ биоморф показал, что как в фоновом районе, так и в пригородных лесах Петрозаводска, эпифитные лишайники сосны представлены всеми тремя основными жизненными формами. Однако для окрестностей г. Петрозаводска характерно уменьшение доли участия самых чувствительных к загрязнению – кустистых – видов с 53,0% до 37,9% и увеличение доли накипных видов с 20,5% до 34,5% по сравнению с фоновой территорией. Доля участия листоватых видов в двух районах исследования практически одинакова.

Средняя длина кустистых лишайников *Bryoria spp.* на стволах сосен в Ботаническом саду ( $F_1$ ) и Сулажгоре ( $F_2$ ) значимо меньше, чем в заповеднике «Кивач» ( $F_1=3,12^*$ ,  $F_2=17,91^{***}$ , ОДА). Длина лишайников рода *Usnea* также максимальна в заповеднике (3,5 см) и значимо отличается от длины *Usnea sp.* в Ботаническом саду и Сулажгоре ( $F_1=16,10^{***}$ ,  $F_2=7,10^{**}$ , ОДА). Среднее число особей *Bryoria spp.* на дерево в заповеднике составляет 9,2, что значимо больше, чем в Ботаническом саду и Сулажгоре ( $F_1=23,96^{***}$ ,  $F_2=4,41^{**}$ , ОДА). В Сайнаволоке кустистые лишайники полностью отсутствуют.

Содержание серы и азота в талломах *Hypogymnia physodes* минимальны на территории заповедника и значимо отличаются от данных значений в пригородных сообществах. В условиях пригорода содержание азота варьирует от 0,75% (Ботанический сад) до 1,86% (Сулажгора), содержание серы – 0,14% (Ботанический сад) до 0,25% (Сулажгора).

Кислотность корки сосны в пригородных сосновых сообществах изменяется в пределах естественных значений pH, и значимо от кислотности корки сосны в фоновом районе не отличается.

Таким образом, основные показатели лишайникового покрова в заповеднике «Кивач» значимо выше, чем в окрестностях г. Петрозаводска. Согласно полученным данным, наиболее существенно от фонового района отличается район Сайнаволока. Это, вероятно, связано с большей антропогенной нагрузкой данной территории, обусловленной деятельностью котельной АО «Авангард». Используя классификацию классов чувствительности лишайников (Горшков, 1991) территории Ботанического сада и Сулажгоры можно считать слабозагрязненными, территорию Сайнаволока – сильнозагрязненной.

Анализ данных по двум срокам наблюдения не показал значимых различий между характеристиками эпифитного лишайникового покрова в Сайнаволоке, Ботаническом саду и заповеднике «Кивач». В районе Сайнаволока произошло снижение азота в талломах с 1,56 до 1,03%, что, вероятно, вызвано переводом котельной АО «Авангард» осенью 2001 г с мазута на природный газ. Отсутствие изменений в характеристиках эпифитного покрова может быть связано с запаздыванием реакции лишайников на улучшение условий среды, обусловленное медленным ростом этих организмов.

На пробной площади в Сулажгоре за последние 5 лет произошло значимое снижение значений основных характеристик эпифитного лишайникового покрова – общего линейного покрытия ( $F=7,97^{**}$ , ОДА) и среднего числа видов в описании ( $F=8,98^{**}$ , ОДА) (табл. 1). Общее число видов лишайников снизилось с 29 до 24. При этом содержание серы в талломах *Hypogymnia physodes* не изменилось, а содержание азота возросло почти в 2 раза. Вероятно, это связано с вводом в эксплуатацию объездной дороги в 1999 г., в результате чего возросла техногенная нагрузка на природные экосистемы этого района города.

## Литература

Горшков В.В. Использование эпифитных лишайников для индикации атмосферного загрязнения (методические рекомендации). Апатиты, 1991. 48 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2003 году. / Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Республике Карелия. Петрозаводск, 2004. 312 с.

## СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТРАНСФОРМАЦИИ ФЛОРЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ)

**В. В. Тимофеева**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Одним из основных видов антропогенного влияния на природу является урбанизация, которая приводит к кардинальной трансформации растительности и флоры на больших площадях. Поэтому изучение городских флор (урбанофлор) стало одним из активно разрабатываемых направлений ботаники, но в Республике Карелия, вплоть до последнего времени (90-х гг. XX в.), специальные исследования в городах не проводились. Между тем более 80% населения республики относится к городскому, проживая, в том числе, в 13 городах, 12 из которых относятся к категории малых (население до 50 тыс. чел.).

С 1997 по 2005 гг. нами проводились флористические исследования в семи малых городах, которые расположены в южной части Карелии в пределах подзоны средней тайги: Кондопога, Медвежьегорск, Олонец, Питкяранта, Пудож, Сортавала и Суоярви. Согласно ландшафтному районированию республики (Волков и др., 1990; Громцев, 1993), города находятся в пределах денудационно-тектонического (Кондопога, Медвежьегорск, Питкяранта, Суоярви), скального (Сортавала) и равнинного (Олонец, Пудож) типа ландшафта. Площадь малых городов изменяется от 6,3 км<sup>2</sup> (Пудож) до 16 км<sup>2</sup> (Медвежьегорск). Население в городах варьирует от 11,1 тыс. чел. (Суоярви) до 37,4 тыс. чел. (Кондопога). Кондопога – один из промышленных центров Карелии, известен с 1495 г. Медвежьегорск – крупный железнодорожный узел, известен с 1916 г. Олонец – одно из древнейших поселений в Карелии, известное с 1137 г., промышленность современного города развита слабо. Питкяранта – развивающийся промышленный центр, известен с середины XIX в. Пудож – единственный из изученных городов, не связанный железнодорожным сообщением и удаленный от промышленных центров, известен с 1382 г. Сортавала – один из туристских центров Карелии, известен с XII в. Суоярви – крупный железнодорожный узел, как поселение известен с XVI в. (География России, 1998).

Флора изученных малых городов насчитывает 892 дикорастущих вида, которые объединены в 5 отделов, 8 классов, 113 семейств и 436 родов. Таким образом, на сравнительно небольшой общей площади городов (около 70 км<sup>2</sup>) сконцентрировано 65% видов флоры южной Карелии и более половины видов (53,4 %) флоры республики. Такое высокое количество видов (а так же родов и семейств) на единицу площади характерно для естественных локальных флор зоны широколиственных лесов. Отдельно по городам число видов существенно варьирует, так в Кондопоге выявлены 559 видов, Медвежьегорске – 562, Олонце – 394, Питкяранте – 453, Пудоже – 512, Сортавале – 583, Суоярви – 415 видов.

Основу урбанофлоры составляют аборигенные виды (504 вида; 56,5%), при этом, хорошо представлена и адвентивная фракция (заносные и дичающие виды, появление которых на территории Карелии не связано с естественным ходом флорогенеза) – 43,5%.

Десять ведущих семейств флоры городов включают 502 вида (56,8%) и по числу видов располагаются в следующем порядке: Астровые Asteraceae – 109 видов (12,3%), Мятликовые Poaceae – 88 (10), Капустные Brassicaceae – 57 (6,4), Розоцветные Rosaceae – 46 (5,2), Бобовые Fabaceae – 38 (4,3), Гвоздичные Caryophyllaceae – 37 (4,2), Осоковые Cyperaceae – 36 (4,1), Норичниковые Scrophulariaceae – 32 (3,6), Губоцветные Lamiales – 31 (3,5), Гречишные Polygonaceae – 28 видов (3,2%). По сравнению с флорой южной Карелии, в семейственно-видовом спектре урбанофлоры снижаются ранги таких семейств, как Осоковые – на 4 и Лютиковые – на 1 ранг, что, прежде всего, связано с сокращением площади и разнообразия в городах переувлажненных местообитаний приводящее к исчезновению, в частности, многих болотных видов. Одновременно повышается роль семейств, которые принято считать термо-ксерофильным, таких как Капустные, Бобовые, Яснотковые, Гречишные, что свидетельствует о более южных, термоксерических чертах флоры городов по

сравнению с региональной флорой. При этом наиболее «южными» чертами характеризуются флоры промышленно развитых городов.

В аборигенной фракции флоры отмечены изменения, характерные для урбанофлоры в целом – ослабевают роль гидрофильных и повышаются позиции термо-ксерофильных семейств. Семейственно-видовой спектр адвентивной фракции флоры по своим качественным характеристикам сближается с естественными флорами Средиземноморской области (Толмачев, 1974), за счет аномально высоких для среднетаежной подзоны рангов семейств Бурачниковых *Boaginiaceae*, Зонтичных *Ariaceae*, Маревых *Chenopodiaceae*, Пасленовых *Solanaceae*, Маковых *Paraveraceae* и др.

Географический анализ показал, что флору городов можно определить как преобразованную флору бореального типа, обогащенную адвентивными, чуждыми для таежной зоны, элементами. Установлено, что в зависимости от географического положения, в аборигенных фракциях городов сохраняется характерная для флористических районов Карелии (Гнатюк и др., 2003) тенденция повышения доли видов южного распространения в направлении с севера на юг, видов с восточными связями – с запада на восток и, наоборот, для «северных» и «западных» видов.

В результате анализа биоморф выявлено, что во флоре городов преобладают многолетники – 504 вида (57,1%). Доля однолетников и двулетников – 32,6%. На деревья, кустарники и кустарнички приходится в сумме 8,4%, полукустарники – 0,4%. В спектре жизненных форм Раункиера главную роль играют гемикриптофиты (54,5%) и терофиты (31,3%). По сравнению с флорой южной Карелии, в урбанофлоре увеличивается роль однолетних и двулетних трав (по системе И. Г. Серебрякова), терофитов и фанерофитов (по системе К. Раункиера), при этом позиции многолетних трав, криптофитов и хамефитов ослабевают. Повышение позиций фанерофитов происходит за счет обширной группы входящих в состав урбанофлоры дичающих интродуцентов (например, ирга колючая *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch, карагана древовидная *Caragana arborescens* Lam., бузина обыкновенная *Sambucus racemosa* L. и др.). В целом, полученные соотношения жизненных форм по своим качественным характеристикам сближают флору изученных городов с естественными флорами степной зоны.

В эколого-фитоценоотическом спектре урбанофлоры преобладают виды открытых местообитаний, которые встречаются в основном по обочинам дорог, железнодорожным насыпям, канавам, карьерам и т.д. и в своем большинстве не связаны с обогащенными грунтами огородов и мусорных мест – 195 (22,1%), и лесные виды – 190 (21,5%). Хорошо представлены рудеральные (растения преимущественно мусорных мест – пустырей, свалок, и др.) – 121 (13,7%) и луговые – 111 (12,6%) виды. Несмотря на урбанизированную среду, в малых городах южной Карелии сохраняются естественные или близкие к ним местообитания, где выживают многие редкие, в том числе такие охраняемые на территории Российской Федерации виды, как калипсо луковичная *Calypso bulbosa* (L.) Oakes, полущник тончайший *Isoetes echinospora* Dur., п. озерный *I. lacustris* L. и лобелия Дортмана *Lobelia dortmanna* L.

В городах встречаются ядовитые виды и виды-аллергены, которые могут представлять непосредственную опасность для здоровья человека, из них наиболее опасны амброзия полыннолистная *Ambrosia artemisiifolia* L., борщевик Сосновского *Heracleum sosnowskyi* Manden., циклахена дурнишниколистная *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. Чтобы контролировать расселение таких видов, необходимо регулярно обследовать перспективные для них местообитания (территории мини-рынков и оптовых баз (особенно в местах складирования сельхозпродукции), мусорные места, железнодорожные насыпи и др.). Кроме того, своевременная уборка специализированных свалок и стихийно возникающих мусорных свалок, а также регулярное скашивание газонов и дворовых пустырей позволит существенно снизить возможности данных видов к расселению, что, в свою очередь, будет способствовать улучшению санитарно-гигиенической обстановки и эстетической привлекательности городов Карелии.

Таким образом, исследования показали, что флора изученных малых городов существенно отличается от естественных локальных флор и флоры южной Карелии в целом и по отдельным параметрам сближается с неурбанизированными флорами зоны широколиственных лесов (например, таксономическая структура) и даже степной зоны (например, биоморфологическая структура). Аборигенная фракция урбанофлоры по некоторым показателям (например, систематическая структура) отличается от естественных локальных флор и флоры южной Карелии, но в целом сохраняет зональные (бореальные) черты; в плане многолетней динамики она характеризуется консервативностью видового состава. Адвентивная фракция урбанофлоры значительно разнообразнее адвен-

тивных фракций локальных естественных флор; по основным параметрам близка к флоре Средиземноморской области; характеризуется резкими отличиями видового состава в одном и том же городе от года к году.

## Литература

- Волков А. Д., Громцев А. Н., Еруков Г. В., Коломыцев В. А. и др., 1990. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика). Петрозаводск. 284 с.
- География России: Энциклопедический словарь, 1998. / Гл. ред. А. П. Горкина. М.: Большая Российская Энциклопедия. 800 с.
- Гнатюк Е. П., Кравченко А. В., Крышень А. М., 2003. Флористическое районирование: состояние и перспективы. // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск. С. 98–105.
- Григорьевская А. Я., 2000. Флора города Воронежа. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та. 200 с.
- Громцев А. Н., 1993. Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных сосновых лесов Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 160 с.
- Кравченко А. В., Гнатюк Е. П., Крышень А. М., 2003. Основные тенденции формирования флоры молодого таежного города (на примере г. Костомукши, Республика Карелия) // Тр. Карельского НЦ РАН. Вып. 4. Биогеография Карелии (флора и фауна таежных экосистем). Петрозаводск. С. 59–74.
- Толмачев А. И., 1974. Введение в географию растений. Л. 244 с.
- Чичев А. В., 1981. Синантропная флора города Пущина // Экология малого города: Сб. науч. трудов. Пущино. С. 18-31.

## ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИТОРАЛЬНЫХ АМФИПОД БЕЛОГО МОРЯ

Н. П. Ткач

*Карельский государственный педагогический университет, Петрозаводск, Россия*

Важным условием жизнедеятельности экотермных организмов является адаптация к изменяющимся условиям среды обитания, которая осуществляется через поддержание постоянства физических свойств биологических мембран, необходимого для нормального функционирования клеток. У холоднокровных организмов компенсаторные процессы связаны, прежде всего, с изменением жирнокислотного состава мембранных липидов (Гурин, 1986). Целью данной работы явилось изучение особенностей изменения жирнокислотного состава массовых видов амфипод осушной зоны Белого моря.

### Материал и методы исследования

Объектами исследования были наиболее массовые виды амфипод (*Gammarus (Lagunogammarus) oceanicus*, *Gammarus duebeni* и *Marinogammarus finmarchicus*), обитающие на литорали губы Чула Кандалакшского залива Белого моря. У исследованных рачков похожий образ жизни, годовой цикл, но населяют разные участки побережья. Сбор материала проводили осенью (в октябре) 2005 г. при температуре воды 3–4°C на разных горизонтах литорали.

Для биохимического анализа бокоплавов использовали целиком. Животных одного вида измельчали и фиксировали 90% этанолом (по 30 экз. в пробе). Собранный материал хранили до анализа при температуре около 4°C. Выделение липидов из зафиксированных тканей проводили по методу Фолча (Folch et al., 1957). Метилловые эфиры получали прямым метилированием общих липидов в абсолютном метаноле, содержащем 8–10% хлористого ацетила (Цыганова, 1971) и анализировали на капиллярном хроматографе «Кристалл-5000» с пламенно-ионизационным детектором. В качестве стационарной фазы использовали FFAP толщиной 0,50 мк. Обработку хроматограмм осуществляли при помощи программ «Хроматэк-аналитик». Жирные кислоты идентифицировали по стандартным образцам и путем сравнения эквивалентных длин цепей компонентов с табличны-

ми данными (Jamieson, 1975). Использовали метод процентной нормализации по площади. Обработка результатов проведена при помощи статистического пакета программы Excel, Statgraphics plus.

Таблица 1. Характеристики мест обитания гаммарид

| № точки сбора | Вид            | Место сбора амфипод | Горизонт литорали |
|---------------|----------------|---------------------|-------------------|
| 1             | G.oceanicus    | б.Круглая           | средний           |
| 2             |                |                     | верхний           |
| 3             |                | б. Левая            | верхний           |
| 4             |                | б.Иванов Наволок    | средний           |
| 5             | G. duebeni     | б.Иванов Наволок    | верхний           |
| 6             | M.finmarchicus | открытое побережье  | средний           |

### Результаты и их обсуждение

Липиды гаммарид литорали Белого моря, собранных в осенний период, богаты ненасыщенными кислотами (табл. 2), что характерно для данной группы амфипод (Богдан, 2004). В жирнокислотных спектрах доминируют моноеновые (37–47%), в основном за счет олеиновой (18:1) и пальмитолеиновой (16:1) кислот. Уровень полиненасыщенных жирных кислот изменяется в пределах 26–36%. Известно, что степень ненасыщенности липидов увеличивается при снижении температуры воды для поддержания точки плавления мембранных липидов ниже температуры среды (Farkas, Herodek, 1964). Значительная доля полиненасыщенных жирных кислот в мембранах свидетельствует о низкой вязкости мембран и высокой метаболической активности мембранных ферментов (Хочачка, Сомеро, 1988). Среди насыщенных жирных кислот преобладали пальмитиновая (16:0), на которую приходится 9–17%.

Таблица 2. Содержание основных высших жирных кислот, % от суммы жирных кислот ± стандартное отклонение

| Жирные кислоты  | № точки сбора |          |          |      |           |           |
|-----------------|---------------|----------|----------|------|-----------|-----------|
|                 | 1             | 2        | 3        | 4    | 5         | 6         |
| 16:0            | 8,8           | 11,6±2,6 | 11,1±0,5 | 17,2 | 14,7±2,4  | 14,5±1,8  |
| Σ насыщенных    | 16,7          | 30,1±7,6 | 22,4±0,8 | 26,8 | 26,5±4,7  | 28,4±8,7  |
| 16:1            | 3,4           | 2,8±1,2  | 4,6±0,3  | 5,4  | 3,8±0,2   | 3,9±0,2   |
| 18:1 олеиновая  | 7,4           | 24,2±7,8 | 34,1±0,9 | 24,8 | 33,7±1,0  | 22,4±1,9  |
| 18:1 вакценовая | 4,9           | 3,2±0,4  | 4,2±0,2  | 4,2  | 3,3±0,4   | 4,0±0,4   |
| 20:1            | 5,8           | 2,6±2,0  | 1,8±0,3  | 4,9  | 2,4±0,2   | 3,5±0,2   |
| Σ моноеновых    | 37,3          | 38,8±9,3 | 47,5±0,5 | 37,5 | 46,6±7,5  | 38,2±3,8  |
| 18:3(n-3)       | 1,8           | 3,8±2,3  | 6,7±0,4  | 7,1  | 7,8±0,4   | 6,2±0,7   |
| 20:4(n-6)       | 7,1           | 4,2±0,7  | 6,8±0,4  | 4,6  | 1,2±0,0   | 7,2±1,1   |
| 20:5(n-3)       | 3,2           | 5,5±2,1  | 7,6±0,5  | 9,8  | 6,0       | 11,4±0,7  |
| 22:2(n-6)       | 7,4           | 2,8±1,5  | 0,5±0,2  | 1,2  | 4,5±5,2   | 5,8±4,8   |
| 22:6(n-3)       | 6,9           | 3,3±1,1  | 1,8±0,2  | 2,9  | 2,5±0,2   | 4,1±0,3   |
| Σ ω3 кислот     | 23,0          | 9,0±4,9  | 12,7±1,2 | 20,4 | 10,4±10,1 | 18,9±4,7  |
| Σ ω6 кислот     | 3,8           | 11,5±4,1 | 16,1±0,3 | 14,7 | 15,2±1,3  | 14,9±11,4 |
| ω3/ ω6          | 6,0           | 0,9      | 0,8      | 1,4  | 0,6       | 1,6       |
| Σ полиеновых    | 32,9          | 28,0±6,1 | 29,1±1,2 | 35,7 | 26,2±11,0 | 34,9±14,6 |

У изучаемых рачков в жирнокислотном составе общих липидов наибольшая концентрация олеиновой – 18:1(n-9) (7-34%), пальмитиновой – 16:0 (9-15%), эйкозапентаеновой – 20:5(n-3) (3-10%), докозагексаеновой – 22:6(n-3) (2-7%), арахидовой – 20:4(n-6) (1-7%) кислот.

Можно отметить большое содержание полиненасыщенных жирных кислот линоленового ряда (C<sub>18:3</sub>, C<sub>20:5</sub>, C<sub>22:6</sub>) по сравнению с жирными кислотами линоленового семейства (C<sub>18:2</sub>, C<sub>20:4</sub>, C<sub>22:4</sub>), что характерно для многих морских животных северных морей (Крепс, 1967) и обусловлено характером питания. Известно, что диатомовые водоросли содержат большое количество 20:5(n-3) кислоты, а динофлагелляты - 22:6 (n-3). По некоторым данным эйкозапентаеновая и докозагексаеновая жирные кислоты могут синтезироваться в малых количествах из C<sub>18</sub> ПНЖК (Sargent, Henderson, 1980).

Содержание полиеновых жирных кислот ω3, участвующих в адаптивных реакциях организма, у особей *G. oceanicus* разных мест обитания варьирует от 9 до 23%, что является, по-видимому, важным приспособлением к определенным условиям жизни. Отношение концентраций полиненасыщенных кислот ω3/ω6, характеризующее вязкость биомембран и свидетельствующее, вероятно, об адаптивных реакциях на биохимическом уровне, у изучаемых рачков варьирует от 1 до 6.

У *G. duebeni* по сравнению с *G. oceanicus* выявлено достоверно меньшее содержание арахидоновой кислоты (20:4(n-6)). Известно, что арахидоновая кислота является предшественником некоторых биологически активных веществ (простагландинов, лейкотриенов, тромбоксанов), поэтому уменьшение ее количества может влиять на гормональный уровень, и тем самым участвовать в биохимических адаптациях, в частности к условиям гипоксии, тем самым, обуславливая чрезвычайно большой экологический и физиологический потенциал этого вида (Цветкова, 1975). Кроме того, у особей *G. duebeni*, по сравнению с животными других исследуемых видов, отмечается низкое содержание арахидоновой кислоты и высокое линоленовой, что может быть связано с конкуренцией процессов обмена линоленовой и арахидоновой кислоты (Alfin-Slater, Aftergood, 1968).

На живые организмы действуют факторы среды с разной силой, однако, изменения в жирнокислотном составе вызывают некоторые из них. Температура при сборе животных варьировала в узких пределах, т.е можно считать ее относительно постоянной. Изученные виды гаммарид предпочитают районы с неодинаковой соленостью, но, достоверных различий, коррелирующих с колебанием значений этого фактора, не выявлено. Таким образом, выявленные у исследованных амфипод колебания жирнокислотного состава отражают их высокий адаптивный потенциал, позволяющий поддерживать «гомеостаз вязкости» биомембран при изменении многих биотических и абиотических условий жизни на литорали.

## Литература

- Богдан В.В., 2004. Липидный состав некоторых видов ракообразных северных морей. // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Материалы Международной конференции (6-9 сентября 2004 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия). – Петрозаводск, с. 221.
- Гурин В.Н., 1986. Обмен липидов при гипотермии, гипертермии и лихорадке. Минск: «Беларусь», 192 с.
- Крепс Е.М., 1967. Фосфолипиды клеточных мембран нервной системы в развитии животного мира. - Л., 112 с.
- Хочачка П., Сомеро Дж., 1988. Биохимическая адаптация. М: Мир. 567с.
- Цветкова Н.Л. 1975. Прибрежные гаммариды северных и дальневосточных морей СССР и сопредельных вод. - Л., 286 с.
- Цыганова Э.П., 1971. Метод прямого метилирования липидов после ТСХ без элюирования с силикагеля // Лабораторное дело, N8.
- Alfin-Slater R.B., Aftergood L., 1968. Essential fatty acid reinvestigated//Physiol. Rev., v.48, p.758.
- Farkas. T., Herodek. S., 1964. The effect of environmental temperature on the fatty acid composition of crustacean plankton. J. Lipid Res. 5.
- Folch J., Lees M., Sloan-Stanley G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids animal tissue (for brain. Liver and muscle) // J.Biol.Chem. V. 226.
- Jamieson G.R., 1975. // J. Chromatogr.Sci.V.13. N 3.
- Sargent J. R., Henderson R. J., 1980. Lipid metabolism in marine animals. // J. Biochemical society transactions. V. 8.

## ВЛИЯНИЕ РУБКИ ЛЕСА НА СВОЙСТВА ПОЧВ СЕВЕРО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Ю. Н. Ткаченко

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Рассматривая экологическое значение почв на ландшафтном уровне, следует помнить, что, занимая центральное место в ландшафтных системах, они тесно связаны с остальными компонентами ландшафта - водными и воздушными геохимическими потоками вещества. Поэтому нормальное функционирование почв как биокосных природных и природно-антропогенных подсистем в ландшафтных системах имеет столь большое значение для экологической устойчивости ландшафта в целом. При возрастании антропогенного воздействия на лесные экосистемы существенное значение имеет выявление степени допустимой антропогенной нагрузки. К основным антропогенным факторам динамики структуры и породного состава таежных лесов относятся рубки (Зябченко, 1984), способ ведения которых определяет глубину экологических и почвенно-биологических изменений.

Карелия располагается между  $66^{\circ}39'$  и  $60^{\circ}41'$  с.ш. и занимает восточную часть Балтийского кристаллического щита и входит в состав Восточной Фенноскандии. Общая площадь территории республики 173,3 тыс. км<sup>2</sup>. Протяженность с севера на юг 672 км. На западе Карелия граничит с Финляндией, а юге - с Ленинградской и Вологодской областями, на севере - с Мурманской областью и на востоке - с Архангельской областью (Марченко, 1962).

Значительная вытянутость территории с севера на юг, высокая степень лесистости (52,7%) территории Карелии, наличие значительной гидрографической сети (озера и реки - 23,2%), близость морских акваторий, а также пересеченный рельеф обусловили климатическую, геологическую, гидрографическую, растительную и почвенную неоднородность в различных частях республики. Часть Карелии, где проводились исследования, располагается севернее  $64^{\circ}30'$  с.ш. и характеризуется самой низкой температурой ( $+ 0,5^{\circ}\text{C}$ ), сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  не достигает 1000. Годовое количество осадков 500-600 мм, мощность снежного покрова 60-70 см, продолжительность его залегания 210 дней. В результате слабого испарения происходит интенсивное заболачивание территории.

Основными почвообразующими породами, являются четвертичные отложения. Однако в почвообразовании участвуют и коренные породы. Из четвертичных наносов преобладают моренные отложения Валдайского оледенения. Мощность ледниковых моренных наносов постепенно возрастает с северо-запада на юго-восток (Бискэ, 1959). По механическому составу это пески и супеси. В пределах северной части республики преобладает морена грубого крупнозернистого песчаного состава, содержащая много валунов, в основном, кислых пород.

В тесной связи с моренными образованиями находятся водно - ледниковые наносы, слагающие озы, камы и зандровые равнины. Из позднеледниковых отложений встречаются ленточные глины и суглинки, они приурочены к крупным депрессиям рельефа (Марченко, 1962).

Из послеледниковых отложений наибольшее распространение имеют торфа, занимающие 20% территории республики. Все торфяники молодые, не выходят за пределы суббореального периода. Большинство их образовалось вследствие зарастания водоемов. Часто торфяные залежи неоднородны: нижние слои сложены низинными торфами, а сверху залегают верховые.

В районе исследования в связи с холодным климатом и неглубоким прогреванием почвенной толщи активными процессами почвообразования затронута лишь верхняя часть почвообразующих пород (40-60 см), почвы имеют укороченный профиль. Наряду с широким распространением подзолов, в почвенном покрове значительное место занимают болотно-подзолистые и болотные почвы. На грядах, достигающих высоты 600 м над уровнем моря, можно проследить вертикальную зональность почвенного покрова. Почвы подзолистого типа, распространены до высоты 400-500 м сменяются горно-подзолистыми, а выше 500 м - горно-тундровыми почвами.

Воздействия различных способов рубки и применяемых механизмов на свойства почв в Карелии изучали Р.М.Морозова (1964а, б), Н.И.Казимиров (1971), Н.В.Егорова, В.К.Куликова (1965), В.К.Куликова, Р.М.Морозова (1978). В этих работах дан анализ воздействия различных видов лесо-

заготовок на сохранение подроста, экологическая и лесоводственная оценки отечественной лесозаготовительной техники.

Установлено, что в первую очередь на вырубках изменяются метеорологические условия (освещенность, температура воздуха и почвы, количество осадков, попадающих в почву и ее влажность).

Выборочные и постепенные рубки оказывают значительно меньшее воздействие на свойства почвы. Так же отмечается улучшением пищевого режима подзолистых почв в связи с группово-выборочными рубками. В результате осветительной вырубки сосновых насаждениях повышается интенсивность процессов гумификации и минерализации органических остатков лесной подстилки. Выборочные рубки почти не отражаются на морфологическом строении минеральных горизонтов почвы, хотя древостой и насаждения в целом претерпевают существенные изменения.

Даже частичная вырубка древостоя отражается на влажности почв: в сухое время года верхний слой подстилок иссушается сильнее, чем под пологом леса. Влажность же минеральных горизонтов почвы обычно ниже на ненарушенных участках.

Изучение температурного режима почв свидетельствует об усилении прогревания почвы, как при выборочных, так и при сплошных рубках. В первую очередь это касается поверхности почвы, тенденция наблюдается до глубины 40 см, а в отдельных случаях и глубже. Отмечаются более резкие колебания температур на вырубке в течение года по сравнению с участками почвы, покрытыми лесом.

Исследование режима увлажнения почв показало снижение влажности подстилок на сплошной вырубке и при изреживании древостоя по сравнению с почвами ненарушенного насаждения. Если в первый год исследований наименьшая влажность подстилок наблюдается в изреженном насаждении, то в последующие годы - на вырубке.

В первые годы после рубки прослеживается тенденция увеличения количества минерального азота в почве, в последующие – снижения, это происходит в результате выноса за пределы почвенного профиля, а также поглощения молодой древесной порослью, которая возобновляется на вырубке.

Исследования поддержаны грантами Президиума РАН (программа «Биоразнообразие и динамика генофондов» раздел 3.5.4), РФФИ (06-04-48599-а), Академии Финляндии (проект № 208207).

## Литература

- Бискэ Г.С., 1959. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск. 305 с.
- Зябченко С.С., 1984. Сосновые леса Европейского Севера. Л.: Наука. 244 с.;
- Егорова Н.В., Куликова В.К., 1962. К вопросу об изменении химических свойств почв в результате очистки лесосек // Лесные почвы Карелии и изменение их под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Петрозаводск. С.58-70;
- Казимиров Н.И., 1971. Ельники Карелии. Л.: Наука. 140с.;
- Куликова В.К., Морозова Р.М., 1978. Влияние хозяйственных мероприятий на плодородие подзолистых песчаных почв // Почвы сосновых лесов Карелии. Петрозаводск. С. 112-131;
- Марченко А.И., 1962. Почвы Карелии. М.: Л. 310 с.;
- Морозова Р.М., 1964а. Изменение процессов почвообразования под влиянием концентрированных рубок леса // Возобновление леса на вырубках и выращивание сеянцев в питомниках. Петрозаводск. С. 55-73;
- Морозова Р.М., 1964б. Особенности почвообразования на различных стадиях восстановления ельников черничных после вырубки // Возобновление леса на вырубках и выращивание сеянцев в питомниках. Петрозаводск. С. 74-87.

## ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ АРАБИДОПСИСА В КАРЕЛИИ: RAPD-АНАЛИЗ

О. М. Федоренко, М. В. Грицких

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Вопросы о значении биохимического полиморфизма, числе полиморфных локусов генома и механизмах поддержания этой изменчивости составляют центральную проблему популяционной генетики (Алтухов, 2003). Генетическое разнообразие одной стороны является основой адаптивных и эволюционных изменений в популяциях, а с другой – один из важнейших механизмов их устойчивости.

*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh уже давно используется как модельный объект в генетических исследованиях. Наиболее важные достижения получены в области генетики развития, клеточной биологии, и физиологии арабидопсиса. Несмотря на то, что *A. thaliana* самоопыляющийся вид, он характеризуется высокой внутривидовой изменчивостью по морфологическим признакам, хромосомным числам, выявлен высокий полиморфизм по времени цветения. Арабидопсис соединяет в себе еще целый ряд преимуществ, важных для генетики высших растений. Однако популяционная генетика этого вида изучена недостаточно.

*A. thaliana* имеет обширный ареал распространения. Территория Карелии принадлежит к зоне крайней северной границы ареала вида. В таких приграничных районах популяции испытывают давление неблагоприятных для вида экологических условий, к которым необходимо адаптироваться, и, в результате, популяции имеют свои генетические особенности. Существуют два противоположных взгляда на особенности популяционно-генетической структуры краевых популяций. Одни авторы считают, что периферические популяции нередко мономорфны (Майр, 1968; Carson, 1958). Р. Левонтин, напротив, подчеркивал временную неустойчивость условий существования на периферии ареала, в связи с чем отбор благоприятствует разным генотипам (Левонтин, 1978) и генетическое разнообразие поддерживается на высоком уровне.

Карелия богата озерами. На некоторых островах произрастает арабидопсис. Это также накладывает определенный отпечаток на генетическую структуру популяций: важными факторами распределения частот аллелей в островных популяциях являются изолированность и случайный дрейф генов. Изолированные популяции более гомозиготны по сравнению с материковыми из-за снижения миграционных процессов. Дрейф генов и, в некоторых случаях, малая численность популяций приводят к уникальным особенностям генофонда таких популяций.

В последние годы широкое распространение для изучения генетического разнообразия популяций получил метод полимеразной цепной реакции (PCR) с участием произвольных праймеров (RAPD). Применение современных молекулярных методов на основе PCR открывает перспективы в более точном и детальном исследовании генетического разнообразия популяций. RAPD-анализ даёт более полную картину генетической изменчивости, по сравнению аллозимным методом, довольно активно применявшимся в недалёком прошлом. Он позволяет выявлять полиморфные состояния в большом числе локусов, сканируя весь геном в целом, а также анализировать и некодирующие последовательности ДНК.

Ранее с использованием аллозимного анализа нами было показано (Федоренко и др., 2001), что континентальные карельские популяции арабидопсиса имеют повышенный полиморфизм по ферментным локусам. Предполагалось, что это связано с экстремальными условиями произрастания вида в северной части его ареала.

В настоящей работе проведена сравнительная оценка генетического разнообразия двух островных (острова Радколье и Большой Климецкий) и одной континентальной (деревня Царевичи) популяций арабидопсиса, произрастающих в Карелии методом полимеразной цепной реакции со случайными праймерами (RAPD-анализ).

Выделение ДНК производили из листьев взрослых растений в вегетативной фазе. Полимеразную цепную реакцию осуществляли с помощью пяти случайных праймеров: три классических праймера, обычно используемых при RAPD-анализе растений (№ 1, 2, 4, фирма "Синтол") и

2 праймера, которые при предварительном анализе генерировали полиморфные локусы (№ 6476 и 6501, фирма "Синтол"). Реакцию проводили в реакционной смеси объемом 30 мкл, содержащей 2,5 мкл 10-кратного Taq буфера, 0,2 мМ dNTP (трифосфаты: dATP, dTTP, dCTP, dGTP), 1 ед. Taq полимеразы, соответствующий праймер 100 пМ и геномную ДНК в количестве 50 нг на реакцию, деионизованную воду до объема 30 мкл.

ПЦР осуществляли в термоциклере фирмы Stratagene (США), программируя его следующим образом: денатурация – 1 цикл 2 минуты при 94°C, отжиг – 1 минута при 35°C, полимеризация – 1 минута при 72°C; количество циклов – 35; достраивание фрагментов – 10 минут при 72°C.

Продукты амплификации разделяли в 2% агарозном геле в TBE (89 мМ трис, 89 мМ борная кислота, 2 мМ ЭДТА) буферном растворе. Окрашивание фрагментов ДНК осуществляли 1% раствором бромистого этидия и фотодокументировали в проходящем УФ свете. Анализ молекулярной массы фрагментов осуществлялся относительно маркеров молекулярного веса ДНК.

В результате были выявлены амплифицированные фрагменты ДНК (локусы), число которых варьировало от 8 до 26 на праймер и от 28 до 67 на популяцию. Изученные популяции различались по относительному количеству полиморфных фрагментов ДНК ( $P_{95\%}$ ): Радколье – 76,8%, Климецкий – 14,6%, Царевичи – 57,3%, и показали больше уникальных фрагментов, чем общих, присущих всем популяциям. В связи с этим, популяции часто имели свои характерные RAPD-спектры. Достоверность различий изученных популяций по частотам RAPD-спектров подтверждена статистически с помощью  $\chi^2$ -критерия. Два других показателя уровня генетического разнообразия популяций – ожидаемая гетерозиготность ( $H_{ож}$ ) и число аллелей на локус ( $A$ ), также, максимальные значения имели в популяции Радколье (0,263 и 1,7 соответственно), а минимальные – в популяции Климецкий (0,044 и 1,1). Несмотря на то, что обе популяции произрастают на островах, закономерности генетической структуры, присущие изолированным островным популяциям, проявила только популяция Климецкий, где уровень генетического разнообразия заметно снижен. Остров Радколье же имеет некоторые особенности. Он небольшой (~ 5 га), расположен недалеко от пос. Сенная Губа и в 0,5 км от побережья Заонежского полуострова. Поэтому полной изоляции этой популяции вероятно нет. Кроме того, остров характеризуется уникальными природными свойствами и очень большим видовым разнообразием (125 видов растений), в том числе целым рядом редких для Карелии видов (Кузнецов, 1993). Возможно, эти особенности острова являются причиной повышенного генетического разнообразия популяции арабидопсиса.

Оценка степени генной дифференциации внутри и между исследуемыми популяциями, произведенная с помощью статистик генного разнообразия Нея (Nei, 1973) показала, что более 80% всего выявленного разнообразия приходится на межпопуляционную компоненту ( $G_{ST}$ ), тогда как изменчивость внутри популяций не так велика. Высокие значения  $G_{ST}$  (меры дифференциации популяций) характерны для популяций самоопылителей. Из литературных данных, полученных с использованием аллозимного анализа известно, что средние значения этого показателя у самоопыляющихся видов растений колеблются в пределах 0,520 – 0,580 (Abbott, Gomes, 1989). Значения  $G_{ST}$  выше 0,800, говорят о низком уровне потока генов, например на островах, что позволяет каждой популяции изменяться независимо (Хедрик, 2005).

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено значительное генетическое разнообразие природных популяций арабидопсиса, произрастающего в северной части ареала его распространения. Использование RAPD-анализа на основе полимеразной цепной реакции позволило увеличить общее количество тестируемых локусов и выявить больше полиморфных локусов, по сравнению с аллозимным анализом, применявшимся нами ранее при изучении континентальных карельских популяций этого же вида (Федоренко и др., 2001). Однако значения средней ожидаемой гетерозиготности и доли полиморфных локусов, рассчитанных на основе аллозимных и RAPD-локусов, отличались незначительно. Предполагается, что высокий популяционный полиморфизм арабидопсиса в Карелии может быть связан с экстремальными условиями произрастания в северной части ареала вида.

Невысокий уровень генетического разнообразия популяции Климецкий можно объяснить изолированностью этой островной популяции и микроэволюционными процессами, свойственными изолированным популяциям. Уровень разнообразия в популяции Радколье оказался намного выше, хотя и она является островной. Возможно уникальные природные условия этого острова, а так же не полная изоляция популяции, обусловили значительное генетическое разнообразие её.

## Литература

- Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. М.: Академкнига, 2003. С. 27, 49–51, 57.
- Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968. с. 598.
- Левонтин Р. С. Генетические основы эволюции. М.: Мир, 1978. 351с
- Федоренко О. М., Савушкин А. И., Олимпиенко Г. С. Генетическое разнообразие природных популяций *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. В Карелии. // Генетика. 2001. Т. 37. № 2. С. 223–229.
- Кузнецов О. Л. Флора и растительность кижских шхер. В сб.: Экологические проблемы, Петрозаводск, 1993. С. 107-141.
- Nei M. Analysis of gene diversity in subdivided populations // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1973. V. 70. P. 3321–3323.
- Abbott R. J., Gomes M. F. Population genetic structure and outcrossing rate of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. // Heredity. 1989. V. 62, Part 3. P. 411–418.
- Хедрик Ф. Генетика популяций. М.: Техносфера, 2005. 588 с.

## ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ КАРЕЛИИ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Л. В. Филимонова

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Получены уточненные данные по палеоклимату среднетаежной подзоны Карелии (Филимонова, Климанов, 2005) и на их фоне, с учетом особенностей рельефа и изменений гидрологического режима территории, выполнены детальные реконструкции динамики растительности с аллереда до современности в бассейне Онежского озера (Филимонова, 2005). Они опираются на 14 спорово-пыльцевых диаграмм (СПД) с 49 радиоуглеродными датировками, анализ состава субрецентных спектров и определения макрофоссильных остатков в озерно-болотных отложениях.

### Позднеледниковье (аллеред, поздний дриас)

**Аллеред (AL: 11800–11000 л.н.).** Глобальное потепление климата (Климанов, 1994 и др.) вызвало деградацию ледникового покрова, образование холодных приледниковых водоемов и появление участков суши на достаточно высоких абсолютных отметках. Существенную роль в растительном покрове играли тундровые и перигляциально-степные ценозы. Виды сем. *Chenopodiaceae* выступали пионерами зарастания грунтов различной литологии, освобождавшихся при снижении уровней палеозер. Полыни (*Artemisia*) были типичны для сухих местообитаний, а также вместе с галофитами произрастали на засоленных участках территории. На каменистых субстратах и скальных обнажениях преимущественное развитие имели кустарничково-лишайниковые и травяно-кустарничковые палеосообщества (ПС). Ксерофильные травяно-кустарничково-моховые тундровые ПС селились на вершинах и склонах холмов и гряд, сложенных песками и супесями, щебнисто-каменистых грунтах. Ложбины и небольшие депрессии рельефа с довольно обильным увлажнением занимали ерниково-зеленомошные и ивняково-ерниково-моховые ценозы

Деревья и кустарники росли единично, а также формировали небольшие островные лесотундровые ПС. Кустарничково-лишайниковые редколесья из *Betula czerepanovii* были приурочены к сухим щебнисто-каменистым и песчаным грунтам, произрастали на склонах сельговых и озовых гряд. Могли встречаться также *Betula pubescens*, *Alnus incana* и другие древесные растения. В целом участие их в растительном покрове было незначительным.

**Поздний дриас (DR-3: 11000–10300 л.н.)** характеризовался резким похолоданием и ксерофитизацией климата (Филимонова, Климанов, 2005). Это, а также образование новых участков оголенного субстрата в результате значительной регрессии Онежского озера (Девятова, 1986), вызвали

широкое распространение различных перигляциальных ПС с арктоальпийскими и степными видами. Из трав наибольшую роль в растительном покрове, по-видимому, играли полыни и маревые. К концу периода она уменьшилась, особенно на территориях с высокими абсолютными отметками, которые первыми освободились от воды. Здесь раньше началось вытеснение полынно-мареворазнотравных ПС тундровой растительностью. На более низких отметках значение *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, которые как бы следовали за отступающим палеоводоемом, сохранилось до конца позднеледниковья.

Существенно увеличилась доля ерничково-зеленомошных и травяно-кустарничково-зеленомошных ценозов и, соответственно, гипоарктических и арктоальпийских элементов флоры. Максимального распространения тундровая растительность достигла в конце DR-3.

Единичные деревья, островные березовые и ольховые редколесья могли частично сохраниться в межрядовых понижениях, у холмов с подветренной стороны, в долинах рек и других защищенных от ветра местообитаниях. Отмечено снижение их роли в растительном покрове, а в водоемах – активное накопление глин.

#### **Голоцен (10300 л.н. – настоящее время)**

Голоцен характеризуется дальнейшим изменением физико-географической обстановки, в том числе увеличением влаго- и теплообеспеченности, что вызвало необратимую направленную динамику растительного покрова, в результате чего безлесные экосистемы позднего дриаса сменились березовым редколесьем, а затем таежными лесами.

Пребореальный период (РВ: 10300–9300 л.н.) начался глобальным потеплением климата. Зафиксировано снижение уровней палеозер, зарастание их мелководий водными и прибрежно-водными растениями, отложение сапропеля в некоторых обмелевших водоемах, а в большинстве – массивных глин.

В начале РВ-периода значительная часть территории была занята ерничково-зеленомошными и травяно-кустарничково-зеленомошными тундрами; вдоль ручьев встречались ерники сфагновые и ивняки. Активное распространение *Betula pubescens*, внедрение ее и других древесных пород в уже существующие тундровые ПС привело к снижению роли последних в растительном покрове. Сокращаются также площади, занятые полынно-мареворазнотравными ценозами. Преобладающими примерно до 9700 л.н. становятся березовые редколесья, а затем – березовые (с примесью сосны) редкостойные леса северотаежного облика. В межрядовых понижениях и у водоемов встречались березово-ольховые ПС, на достаточно богатых почвах – *Populus tremula*.

**Бореальный период (ВО: 9300–8000 л.н.)** начался при довольно низких температурах и характеризовался ритмически направленным существенным потеплением климата на фоне дефицита влажности (Филимонова, Климанов, 2005). Падение базиса эрозии вследствие продолжающегося гляциоизостатического подъема Балтийского щита и значительных регрессий Онежского озера 9500–9200, 8600–8300 и ~ 8000 л.н. (по: Девятова, 1986) вызвало снижение уровня грунтовых вод на территории исследования. Все это способствовало активному распространению *Pinus sylvestris*, которая занимала благоприятные для нее местообитания, внедряясь в существующие березовые и ольхово-березовые ПС.

В ВО-1 (9300–8900 л.н.) преобладали редкостойные березово-сосновые и березовые с сосной леса. На песчаных почвах, вершинах и склонах гряд сформировались редкостойные сосновые кустарничково-зеленомошные леса северотаежного типа.

В ВО-2 (8900–8300 л.н.) отмечено локальное увеличение роли березы, которая входила в состав лесов, окружающих водоемы, и болотных древесных сообществ. Значительное увеличение в это время температурных показателей в летние месяцы в условиях сухого климата способствовало довольно частым лесным пожарам. Пирогенные сукцессии были представлены березовыми и березово-сосновыми разреженными лесами с обедненным кустарничково-травяным покровом.

ВО-3 (8300–8000 л.н.) характеризовался похолоданием, снижением уровня грунтовых вод и максимальным за всю историю голоцена распространением сосновых лесов. Сосновые кустарничково-зеленомошные и кустарничково-лишайниковые среднетаежные леса (монодоминантные и с примесью березы) произрастали на вершинах, а также склонах гряд и холмов, участках озерно-ледниковых и озерных равнин, в камово-озовом рельефе. Возможно, из-за низкого стояния грунтовых вод сосняки вместе с сосново-березовыми и березовыми травяными лесами встречались и на суглинистых равнинах. К наиболее влажным местообитаниям были приурочены ольхово-березовые ПС, к горям – постпирогенные березняки.

Мелководья обмелевших озер зарастали водными и болотными растениями. Накопление сапропеля началось в них в основном со второй половины бореала, а 8000 л.н. шло уже во всех исследованных палеоводоемах. Некоторые из них перешли на тельматический путь развития.

**Атлантический период (8000–4700 л.н.)** – время климатического оптимума и значительных изменений гидрологии и растительности.

Потепление и увеличение влажности климата в АТ-1 (8000–7000 л.н.) создало условия для расселения широколиственных пород, *Corylus avellana* и *Alnus glutinosa*. Внедряясь в уже существующие сообщества, они занимали благоприятные местообитания с более богатыми, обеспеченными влагой, но вместе с тем хорошо дренированными почвами. Примерно до середины АТ-2 (6620±110 л.н., ЛУ-2164) на территории исследования преобладали сосновые и сосново-березовые зеленомошные и крупнотравные леса южнотаежного облика. *Picea abies* s.l. в них присутствовала в виде примеси.

Со второй половины АТ-периода отмечено некоторое увеличение роли ели в составе лесов. В АТ-3 (6000–4700 л.н.), особенно в конце, широкое распространение имели сосново-еловые и сосново-березовые травяно-моховые и крупнотравные южнотаежные леса с участием *Ulmus laevis*, *U. scabra*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides* и подлеском из *Corylus avellana*, *Alnus incana*, *A. glutinosa*, *Frangula alnus*, *Viburnum opulus* и *Lonicera*. В депрессиях рельефа с проточным увлажнением и достаточно богатыми почвами, вдоль берегов водоемов встречались черноольшаники с примесью ели, вяза и лещины, а также богатым травяным покровом. Болота в основном находились на евтрофной стадии развития.

**Суббореальный период (4700–2500 л.н.)** начался с резкого похолодания и уменьшения влажности климата, что вызвало сокращение участия широколиственных пород и лещины в составе лесов. Основной лесобразующей породой в суббореале была *Picea abies* s.l. Она формировала еловые и сосново-еловые травяно-зеленомошные леса южнотаежного облика, в состав которых входили неморальные растения. К долинам рек и ручьев, логовым понижениям с хорошим проточным увлажнением были приурочены ельники черноольховые травяные (с вязом). Елово-сосновые травяно-моховые леса занимали достаточно увлажненные нижние части склонов и понижения на песчаных и супесчаных равнинах.

Установлено, что на протяжении суббореала все исследованные палеоводоемы заторфовались. На периферии ряда болот в результате снижения уровня грунтовых вод распространились древесно-травяные евтрофные ПС.

**Субатлантический период (2500 л.н. – настоящее время)** характеризовался дальнейшим похолоданием климата. В SA-1,2 по-прежнему господствовали еловые и сосново-еловые зеленомошные и травяные среднетаежные леса с незначительным участием березы, ольхи и единичным присутствием в древостое или подлеске широколиственных пород. Определенный вклад в растительный покров вносили также елово-сосновые, сосновые и сосново-березовые леса. Во второй половине SA-периода и особенно в SA-3 (800–0 л.н.) на фоне преимущественного распространения ельников и сосняков отмечено увеличение роли вторичных лесов и лугов. Это было обусловлено агрокультурным освоением территории, особенно благоприятных экотопов у Онежского озера и других водоемов, а также вдоль рек, что нашло свое отражение в СПД и рассматривается как проявление антропогенного фактора.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 04-04-49013).

## Литература

- Девятова Э.И., 1986. Природная среда и ее изменения в голоцене. Петрозаводск. 110 с.
- Климанов В.А., 1994. Количественные характеристики климата северной Евразии в аллереде // ДАН. Т. 339. № 4. С. 533–537.
- Филимонова Л.В., 2005. Динамика растительности среднетаежной подзоны Карелии в позднеледниковье и голоцене (палеоэкологические аспекты) // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, ПетрГУ. 24 с.
- Филимонова Л.В., Климанов В.А., 2005. Изменение количественных показателей палеоклимата в среднетаежной подзоне Карелии за последние 11000 лет // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Тр. КарНЦ РАН. Вып. 8. Петрозаводск. С. 112–120.

## ИЗМЕНЕНИЕ ЛИПИДНОГО СОСТАВА МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* L. ПРИ КРАТКОСРОЧНОЙ ГИПОКСИИ

Н. Н. Фокина, З. А. Нефедова, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Воздействию краткосрочной гипоксии подвержены обитатели прибрежной зоны моря во время отлива. Способность мидий *Mytilus edulis* L. выдерживать длительное (до 16 суток) отсутствие кислорода, растворенного в воде, обеспечивается деятельностью ряда адаптивных механизмов. Так, характерной поведенческой реакцией двустворчатых моллюсков на воздействие атмосферного воздуха является плотное смыкание створок раковины, что препятствует обезвоживанию организма (Алякринская, 2004). Физиологическим механизмом приспособления к гипоксии у мидий является запасание кислорода в мантийной жидкости (Newell, 1989). В условиях гипоксии запасы кислорода быстро истощаются, и моллюски переходят на анаэробный обмен (Gabbott, 1983; Newell, 1989). Для того чтобы избежать закисления внутренней среды продуктами анаэробного метаболизма, увеличивается концентрация кальция в лимфе за счет растворения раковины, который регулирует уровень рН крови и дает возможность избежать ацидоза тканей (Алякринская, 2004). Кроме того, к молекулярным механизмам адаптации моллюсков можно отнести большое содержание каротиноидов, являющихся аккумуляторами кислорода в клетке (Карнаухов, 1978), а также особенности биохимической организации гликолитической системы и дикарбоновой части цикла Кребса, позволяющие функционировать в условиях отсутствия кислорода длительное время и достаточно эффективно (Громосова, Шапиро, 1984). Мидии при дефиците кислорода наряду с углеводами используют белки, а липиды у моллюсков еще не стали главным источником энергии (Шульман и др., 1993; Щербань, Вялова, 2001). Ранее было высказано предположение (Васильева, Мещерякова, 2003) о возможном использовании мидиями липидов в качестве альтернативного источника энергии при суточной гипоксии. В связи с этим задачей настоящего исследования было изучить изменения в составе липидов у двух поселений мидий *Mytilus edulis* L. (литоральная и сублиторальная) Белого моря при краткосрочной (суточной) гипоксии.

Сбор материала и эксперименты были проведены в начале августа на Беломорской биологической станции “Картеш” Зоологического института РАН, расположенной в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Сублиторальных мидий (возраст – 2-3 года, размер – 4.0 см) брали с обрастаний искусственных субстратов в бухте Круглая с глубин 1.5 – 2.5 м. Литоральных животных (возраст – 8-11 лет, размер – 3.2 см) собирали со среднего горизонта литорали на естественной мидиевой банке о. Матренин (Керетский архипелаг, г. Чупа). В ходе эксперимента литоральные и сублиторальные мидии в течение 24 часов находились на воздухе (условия гипоксии), а контрольная группа – в аэрируемой воде. Анализ липидных фракций (фосфолипиды, холестерин, триацилглицерины, эфиры холестерина) проводился по общепринятой методике (Folch et al, 1957; Сидоров и др., 1972; Engelbrecht et al., 1974).

В ходе проведенных экспериментов по изучению влияния краткосрочной гипоксии на липидный состав мидий *Mytilus edulis* L. были получены данные, не согласующиеся с результатами ранее проведенных исследований (Васильева, Мещерякова, 2003).

У литоральных и сублиторальных мидий отмечено снижение уровня суммарных липидов. Литоральные мидии отличались низким уровнем запасной липидной формы – триацилглицерины (ТАГ), и у данных моллюсков наблюдалось снижение структурной липидной фракции (фосфолипиды) при суточной гипоксии. Отсутствие ТАГ у литоральных мидий, по-видимому, связано с высокой степенью заражения моллюсков различными паразитами, которые, как известно, могут вызывать полную стерилизацию хозяина. У сублиторальных мидий, которые свободны от паразитов, отмечено высокое содержание ТАГ, поэтому при краткосрочной гипоксии снижение уровня общих липидов происходило в основном за счет запасных липидных форм, а количество структурных липидов (фосфолипидов и холестерина) изменялось в меньшей степени, по сравнению с ТАГ. Полученные данные указывают на отсутствие дополнительного синтеза запасных липидов (ТАГ) при суточной гипоксии и на возможное использование обычных для мидий энергетических субстратов

(белки и углеводы), тогда как ранее описанные данные свидетельствуют о возможном использовании липидов в качестве альтернативного источника энергии. Было показано (Васильева, Мещерякова, 2003), что у литоральных и сублиторальных мидий происходит накопление суммарных липидов, главным образом, за счет ТАГ. Кроме того, отмечалось повышение активности 1-глицерофосфатдегидрогеназы, участвующей в образовании глицерофосфата, необходимого для синтеза ТАГ и снижение активности ферментов окислительного фосфорилирования и сопряженного с ним аэробного гликолиза, хотя, известно, что преимущественным субстратом окисления у мидий являются углеводы.

Подобные различия в липидном ответе на воздействие суточной гипоксии, вероятно, связаны со стадией репродуктивного цикла мидий, поскольку известно (Громосова, Шапиро, 1984), что направленность биохимических процессов и потребность мидий в определенном энергетическом субстрате главным образом зависит от стадии гаметогенеза. У мидий гликоген и белки участвуют как в депонировании энергии, так и в процессе гаметогенеза, а липиды начинают расходоваться только в период нереста (Gabbott, 1983). В нерестовом периоде (стадия 3 в цикле гаметогенеза) выделяют 4 этапа: 3А – созревание гамет; 3В – частичный или полный вымет гамет; 3С – резорбция остаточных половых продуктов или восстановление гонад моллюска для следующего вымета; 3D – полный вымет гамет или промежуточный этап перед периодом репродуктивного покоя (стадия 0) (Gabbott, 1983). Хотя для мидий Белого моря характерно наличие неполностью отнерестившихся особей после массового вымета гамет (3В - июнь), повторный нерест (3D) у них обычно не наблюдается, поэтому после этапа 3В у них начинается резорбция остаточных половых продуктов (3С) и переход на стадию 0 (репродуктивный покой) (Максимович, 1985). В настоящем исследовании были использованы моллюски, которые находились на этапе резорбции остаточных половых продуктов 3С (начало августа). На этом этапе организм готовится перейти на стадию репродуктивного покоя и вся потребляемая им энергия используется на процессы интенсивного соматического роста. Результаты, описанные ранее (Васильева, Мещерякова, 2003), были получены на моллюсках, находящихся на этапе вымета гамет 3В (конец июня – начало июля).

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно предположить, что участие липидов в компенсаторной реакции литоральных и сублиторальных мидий на воздействие краткосрочной гипоксии, зависит от этапа периода нереста. На этапе вымета гамет (3В) у мидий появляется потребность в альтернативном источнике энергии, которым могут быть липиды, тогда как мидии на этапе резорбции остаточных половых продуктов (3С), вероятно, используют обычные для беспозвоночных энергетические субстраты (белки и углеводы).

Авторы выражают благодарность руководителю ББС “Картеш” Зоологического института РАН д.б.н. В.Я. Бергеру за возможность проводить исследования на биостанции, старшему научному сотруднику ББС “Картеш” В.В. Халаману и научному сотруднику ИБ КарНЦ РАН И.Н. Бахмету за помощь в постановке экспериментов

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ (05-04-48729а, 02-04-48451а), грантов президента РФ «Ведущие научные школы» (НШ 894.2003.4 и НШ 4310.2006.4) и Программой (Минобрнауки) ФЦНТП 2006-РИ-112,0/001/287.

## Литература

- Алякринская И.О., 2004. Устойчивость к обсыханию водных моллюсков // Экология. № 3. С. 362-374.
- Васильева О.Б., Мещерякова О.В., 2003. Некоторые особенности липидного и углеводного обмена мидий *Mytilus edulis* L. Белого моря в условиях краткосрочной гипоксии // Сб. материалов «Актуальные проблемы биологии и экологии». Сыктывкар. С.45-46
- Громосова С.А., Шапиро А.З., 1984. Основные черты биохимии энергетического обмена мидий. М.: Легкая и пищевая промышленность. 120с.
- Карнаухов В.Н. 1978. Роль моллюсков с высоким содержанием каротиноидов в охране водной среды от загрязнения (препринт). Пушино. 78 с.
- Максимович Н.В. 1985. Репродуктивный цикл *Mytilus edulis* L. в губе Чупа // Биологические ресурсы Белого моря и их рациональное использование. Исследование мидий Белого моря. Л.: ЗИН АН СССР. С. 22-35.
- Сидоров В.С., Лизенко Е.И., Болгова О.М., Нефедова З.А. 1972. Липиды рыб. Петрозаводск: КФАН СССР. С. 150-162.

- Шульман Г.Е., Аболмасова Г.И., Столбов А.Я. 1993 Использование белка в энергетическом обмене гидробинтов // Усп. Совр. биол. Т. 113. № 5. С.576-586.
- Щербань С.А., Вялова О.Ю. 2001. Влияние краткосрочной гипоксии на некоторые ростовые показатели черноморской мидии в условиях дефицита пищи // Экология моря. Т. 58. С. 57-59.
- Engelbrecht F.M., Mari F., Anderson J.T. 1974 // S.A. Med. J. V. 48, P. 250-256.
- Folch J., Lees M., Sloan-Stanley G.H. 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids animal tissue (for brain, liver and muscle) // J. Biol. Chem. V. 226, P. 497-509.
- Gabbott P.A. 1983 The Mollusca. V. 2. P. 165-217.
- Newell R.I.E., Moran D. 1989 Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (North and Mid-Atlantic). Blue mussel // Biological Report 82 (11.102). P. 20.

## ОЦЕНКА КАМЕНИСТОСТИ ПОЧВ ВЫРУБОК В ЦЕЛЯХ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

**В. А. Харитонов, С. В. Стафеев**

*Карельский научный центр, Петрозаводск, Россия*

Отличительной чертой почвенного покрова Карелии от соседних регионов северо-запада России является значительное распространение завалуненных почв. По данным лаборатории лесного почвоведения КарНЦ РАН, в целом по Карелии каменистые почвы занимают около 8 млн. га или 54% земель гослесфонда, в том числе в северотаежной подзоне – 57,4%, в среднетаежной – 49,4% (Федорец и др., 2000). Наличие в верхних почвенных горизонтах обломков плотных кристаллических пород препятствует работе почвообрабатывающих агрегатов, вызывает поломки их рабочих органов, ухудшает качество подготовки почвы. Камни уплотняют и охлаждают почву, ограничивают объем получения питательных веществ, затрудняют развитие корневой системы деревьев и тем самым снижают производительность древостоев. При высокой каменистости почвы интенсивность роста сосновых древостоев может уменьшаться на 30-40 % (Казимиров, 1995). Классифицировать лесные почвы по каменистости, в связи с условиями лесохозяйственного производства, в том числе и лесовосстановления, на ландшафтном уровне впервые предложили Г.В. Еруков с соавторами (Еруков, Лак, Волков, 1985). Несмотря на широкое распространение завалуненных почв на территории республики, изучение их каменистости применительно к искусственному лесовосстановлению началось сравнительно недавно (Соколов, Харитонов, 2001).

Объектами исследований были 28 вырубок среднетаежной подзоны Карелии. Металлическим щупом по ходовым линиям определялась глубина залегания камней в верхнем 30-сантиметровом слое почвы. Измерения производились через промежутки 0,7м, равными среднему шагу посадки. Статистическая обработка полученных данных показала, что средняя глубина залегания камней варьировала в значительных пределах: от 27 до 5 см. На обследованных участках 21% составляли вырубки со средней глубиной залегания камней 20 см и глубже, на 43% - более 15 см. Длина корневых систем стандартного посадочного материала определена ОСТом 56-98-93. Для саженцев она должна составлять не менее 20 см, для сеянцев - не менее 15 см. Таким образом, по причине каменистости на обследованных участках выбраковке будут подлежать от 14 до 99 % лунок, предназначенных для посадки саженцев и от 4 до 96 % - для посадки сеянцев. Это указывает на сложность и трудоемкость создания лесных культур посадкой вручную данными видами посадочного материала наиболее распространенным в условиях Карелии способом – вертикальной посадкой под меч Колесова. При использовании посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК) типа «Энсо», «Экопот», «Плантек», с высотой брикета до 10 см, доля непригодных для посадки лунок составит 2-88 %. Применение ПМЗК значительно расширяет возможности создания культур посадкой, особенно там, где использование вертикальной посадки ограничено из-за высокой каменистости почв. Влияние каменистости почв на сохранность и рост лесных культур изучалось в 34-летних по-

садках ели. Культуры созданы посадкой сеянцев с размещением 2x2 м. Поросль лиственных пород полностью вырубали и культуры выращивали чистыми по составу. Проведено картирование участка с замером высот, диаметров и проекций крон деревьев. В каждом посадочном месте (по 3 замера) определена глубина залегания камней. Средняя глубина залегания камней составляла 13,5 см. Результаты показали, что почва на данном участке неоднородна по глубине залегания камней (рис. 1).

Это сказалось на сохранности культур ели и привело к образованию прогалин. Выделялись микроучастки с хорошим и ослабленным ростом ели. Методами дисперсионного анализа вся совокупность показателей по глубине залегания камней объединена в 4 группы по влиянию их на сохранность культур. Наиболее сильный отпад наблюдался в местах с глубиной залегания камней до 12 см. На участках с глубиной залегания камней более 12 см отпад снизился до 3-4% (рис. 2). С увеличением глубины залегания камней наблюдалось увеличение высоты и диаметров деревьев (рис. 3).

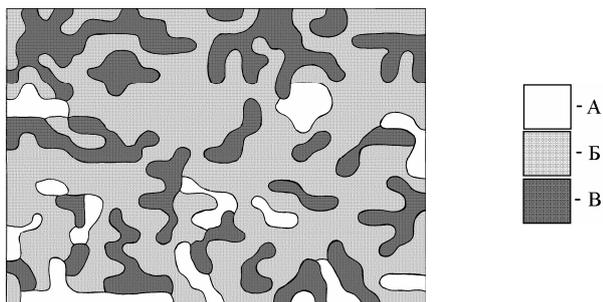


Рис. 1. Пространственная структура участков с различной глубиной залегания камней в 34-летних культурах ели (площадь делянки 40x50 м). Средняя глубина залегания камней – А – более 20 см; Б – 10-20 см; В – 0-10 см

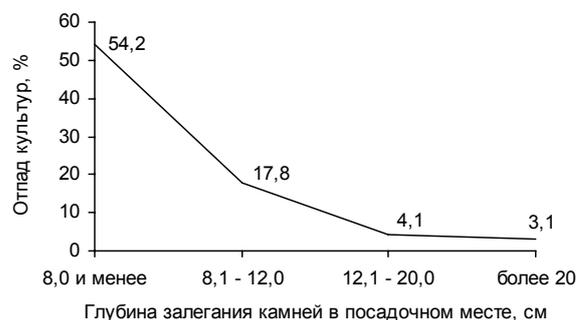


Рис. 2. Влияние глубины залегания камней на отпад культур ели, созданных посадкой сеянцев с открытой корневой системой

А – высоты; Б – диаметры; доверительный интервал – 5%

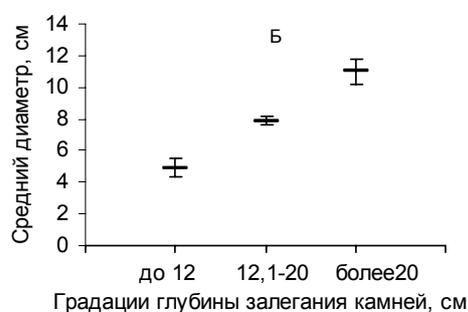
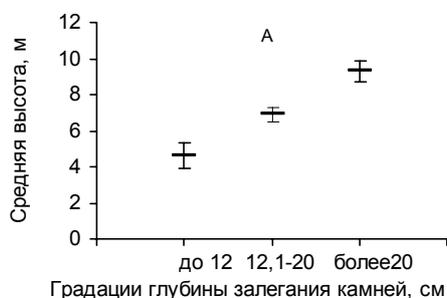


Рис. 3. Зависимость высоты и диаметра культур ели от глубины залегания камней

Таким образом, установлено, что на участках с завалуненными почвами, каменистость оказывает существенное влияние на сохранность и рост культур ели, а также формирование пространственной структуры древостоя. Данный метод определения глубины залегания камней может быть рекомендован для оценки каменистости почв вырубок для целей лесовосстановления.

## Литература

- Еруков Г.В., Лак Г.Ц., Волков А.Д., 1985. Инвентаризация почвенного покрова при комплексном исследовании ландшафтов // Структура и динамика лесных ландшафтов Карелии. Петрозаводск. С.149-159.
- Казимиров Н.И., 1995. Экологическая продуктивность сосновых лесов (математическая модель). Петрозаводск. 132 с.

- Соколов А.И., Харитонов В.А., 2001. Создание культур ели на вырубках с каменистыми почвами. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 80 с.
- Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Синькевич С.М., Загуральская Л.М., 2000. Оценка продуктивности лесных почв Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 195с.

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЯДА ВИДОВ БОБОВЫХ

Е. С. Холопцева, А. В. Таланов, С. Н. Дроздов, Э. Г. Попов

*Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Повышение урожайности культурных растений относится к числу приоритетных вопросов растениеводства. Интерес к бобовым связан с их уникальными способностями обогащать почву азотом и высоким содержанием белка в надземной массе. Но как показывают исследования, генетический потенциал высокобелковых культур в настоящее время используется далеко не полностью: из 1700 известных видов бобовых растений вовлечено в культуру не более 30 (Жученко, 1998). В тоже время генетическое богатство определяется не только количеством видов, но и внутривидовым разнообразием – подвидами, экотипами и сортами. Выведение же сортов более продуктивных и устойчивых, по сравнению с уже известными, и отвечающих почвенно-климатическим особенностям того или иного региона, является очень трудоемкой работой, требующей многолетнего длительного изучения культур и большого количества исходного материала. Облегчить решение этой задачи можно путем исследования эколого-физиологических требований растений различных сортообразцов и дальнейшего прогнозирования возможности их выращивания в условиях различных регионов.

В связи с этим задачей нашей работы было изучение влияния света и температуры на  $\text{CO}_2$ -газообмен растений трех сортов клевера красного, пяти сортов люпина узколистного и 8 сортов гороха посевного, различающихся по морфотипу.

$\text{CO}_2$ -газообмен интактных растений определяли в установке для исследований газообмена открытого типа с регулированием облученности растений до  $600 \text{ Вт/м}^2$  (спектр близкий к естественному обеспечивало осветительное устройство, в котором использованы три лампы ДРЛФ-400, три лампы КГ-1000 совместно с водяным фильтром), температуры в пределах от 5 до  $40^\circ\text{C}$  (охлаждение раствором этиленгликоля и электроподогрев). Скорость  $\text{CO}_2$ -газообмена отсчитывали, измеряя концентрацию углекислоты в воздухе на входе и выходе установки при помощи оптико-акустического газоанализатора Инфралит – IV с пределами измерений 0-0,01%  $\text{CO}_2$  объемных единиц и скорость прокачки воздуха.

Растения для опытов выращивались из пророщенных семян в пластиковых сосудах в песчаной культуре при поливе питательным раствором Кнопа, дополненным микроэлементами. Облученность  $100 \text{ Вт/м}^2$  обеспечивали люминесцентные лампы, фотопериод составлял 14 часов. Растения в возрасте 25–35 дней (в зависимости от вида) поочередно по одному сосуду, помещали в установку для исследования газообмена. Далее в трех повторностях проводили двухфакторный планируемый эксперимент, в котором рандомизированно варьировали на трех уровнях облученность и на четырех уровнях – температуру, измеряя при каждом сочетании света и температуры установившийся уровень газообмена исследуемых растений. Для каждой повторности брали новый сосуд с растениями. После завершения эксперимента определяли сухую массу растений в сосуде, на единицу которой рассчитывали скорость  $\text{CO}_2$ -газообмена. В результате совместной обработки опытных данных для каждого сорта и вида были получены математические модели – регрессионные уравнения второй степени – зависимости  $\text{CO}_2$ -газообмена растений от света и температуры, которые можно рассматривать как эколого-физиологические характеристики видов и сортов по исследованным в опытах факторам (Курец, Попов, 1991).

Анализ полученных данных показал, что исследуемые виды и сорта довольно сильно различаются по эколого-физиологической характеристике. Более высоким уровнем максимума нетто-фотосинтеза обладают растения люпинов (30,6 - 33,4 мг/г ч), кроме сорта Мирела (20,0 мг/г ч) (табл. 1).

Таблица 1. Потенциальные уровни максимума (Pn max), соответствующие им облученности (E) и температуры (T), свето-температурные границы 90% оптимума нетто-фотосинтеза интактных растений ряда видов и сортов семейства бобовых

| Вид, сорт         | Максимум       |                      |       | Оптимум              |       |
|-------------------|----------------|----------------------|-------|----------------------|-------|
|                   | Pn max, мг/г ч | E, Вт/м <sup>2</sup> | T, °C | E, Вт/м <sup>2</sup> | T, °C |
| Клевер красный    |                |                      |       |                      |       |
| С. Тимирязевец    | 18,1           | 390                  | 20,0  | >270                 | 12-28 |
| С. Нива           | 20,1           | 460                  | 24,9  | >320                 | 15-35 |
| С. ВИК – 7        | 30,0           | 555                  | 32,5  | >380                 | 20-45 |
| Люпин узколистный |                |                      |       |                      |       |
| С. 846            | 33,4           | 565                  | 21,5  | >400                 | 11-22 |
| С. 22             | 30,6           | 560                  | 21,5  | >390                 | 10-33 |
| С. 843            | 32,6           | 570                  | 23,0  | >400                 | 12-35 |
| С. Ладный         | 32,0           | 540                  | 17,0  | >380                 | 6-28  |
| С. Мирела         | 20,0           | 635                  | 23,0  | >440                 | 12-34 |
| Горох посевной    |                |                      |       |                      |       |
| С. Орловчанин     | 23,7           | 450                  | 21    | >360                 | 15-28 |
| С. Смарагд        | 22,1           | 440                  | 18    | >330                 | 10-28 |
| С. Труженик       | 24,4           | 450                  | 19    | >330                 | 11-28 |
| С. Бакара         | 21,2           | 450                  | 18    | >320                 | 8-28  |
| С. Мультик        | 20,5           | 360                  | 14    | >220                 | 8-26  |
| С. Норд           | 24,6           | 450                  | 20    | >350                 | 12-28 |
| С. Орлус          | 21,5           | 450                  | 19    | >390                 | 10-28 |
| С. Л-86-14        | 21,5           | 450                  | 21    | >340                 | 11-28 |

В то же время все сорта люпинов значительно более требовательны к свету – максимума фотосинтеза они достигают при облученности 540 – 635 Вт/м<sup>2</sup>, а оптимума при облученности не менее 380 – 400 Вт/м<sup>2</sup>. Кроме того, исследованные сорта люпинов проявляют умеренные требования к температуре и достигают максимума фотосинтеза при ее значениях от 17 до 23°C, а оптимум наступает в довольно широком, по сравнению с другими видами и сортами, диапазоне температур от 6 до 35°C. Исключение в данной группе сортов составляет с.846, ширина границы оптимума которого составляет 11-22°C. Сорт Ладный привлекает внимание очень малым значением нижней границы температур оптимума (6°C) и небольшим значением температуры максимума фотосинтеза (17°C), что, вероятно, может свидетельствовать о его меньшей требовательности к температуре по сравнению с сортами люпинов и другими исследованными видами.

Представители клевера красного сильно различаются между собой по отношению к свету и температуре. Менее требовательный из них по этим показателям с. Тимирязевец: он имеет наименьший, по сравнению с другими видами и сортами, уровень максимума нетто-фотосинтеза при невысокой облученности (390 Вт/м<sup>2</sup>) и умеренной температуре (20°C). Оптимум нетто-фотосинтеза у данного сорта наступает в достаточно узком диапазоне температур (12- 28°C) и при низкой облученности (выше 270 Вт/м<sup>2</sup>). Максимум нетто-фотосинтеза наиболее продуктивного из клеверов сорта ВИК-7 наступает при значительно более высоких уровнях облученности (555 Вт/м<sup>2</sup>) и температуры (32,5°C). В то же время он имеет более широкие температурные пределы (20-45°C) оптимума нетто-фотосинтеза по сравнению с другими видами и сортами, что может свидетельствовать о его достаточно высокой лабильности к температурным условиям.

Растения представленных восьми сортов гороха в фазу 6-7 настоящих листьев имеют значительно ниже, чем, например, у большинства люпинов, уровни максимального СО<sub>2</sub>-газообмена – от 20, 5 до 24,6 мг/г ч, но в то же время они менее требовательны к условиям проявления этого максимума: величина необходимой облученности колеблется от 440 до 450 Вт/м<sup>2</sup> при температурах от 18

до 21°C. Имеются некоторые различия в условиях проявления максимума и оптимума нетто-фотосинтеза среди сортов гороха. Так максимум наименее продуктивного с. Мультик наступает при температуре 14°C и низкой облученности 360 Вт/м<sup>2</sup>, а сорт Орловчанин отличается достаточно узким диапазоном температур оптимума нетто-фотосинтеза (15-28°C) и высокими требованиями к свету (не менее 360 Вт/м<sup>2</sup>).

Учитывая, что фотосинтез представляет не только основополагающий процесс жизнедеятельности растений, но и является наиболее отзывчивым на воздействие внешней среды, сочетание интенсивности ее факторов, обеспечивающее потенциальный оптимум нетто-фотосинтеза при естественном содержании CO<sub>2</sub> в воздухе можно рассматривать как экологическую характеристику конкретной фазы развития генотипа. Таким образом, проведенные в регулируемых условиях эксперименты по исследованию CO<sub>2</sub> –газообмена ряда видов и сортов бобовых растений позволили изучить их свето-температурные требования и составить представление об их эколого-физиологической характеристике. Полученные данные показали, что различия проявляются как на межвидовых – клевер, люпин, горох, так и на внутривидовых (сортовых) уровнях. Широкий диапазон экологического разнообразия изученных бобовых растений дает возможность качественного подбора видов и сортов для успешного их возделывания в различных регионах, в том числе и в Карелии.

Работа поддержана грантом РФФИ-Карелия №05-04-97515.

## Литература

- Жученко А.А. 1998. Экологические и эволюционные подходы в адаптационной селекции растений // Материалы конференции «Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений». Пенза. Т.1. С. 7-25.
- Курец В.К., Попов Э.Г. 1991. Статистическое моделирование системы связь растение – среда. Л.: Наука. 152 с.

## ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БОРОМ НА РОСТ И СООТНОШЕНИЕ МАСС ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ

**Н. П. Чернобровка, С. А. Иготти, Е. С. Ялынская, Е. В. Робонен**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В условиях северо-запада России наиболее дефицитными элементами питания для роста древесных растений являются азот и бор (Чернобровка, 2001). Внесение их под лесные культуры предполагает наличие сведений о закономерностях использования макро- и микроэлементов древесными породами. Закономерности использования азота лесными растениями представлены в литературе достаточно полно. Сведения, характеризующие закономерности использования бора древесными растениями, очень ограничены и посвящены преимущественно изучению влияния дефицита микроэлемента на функциональную активность растений (Чернобровка, 2001; Lehto, 1994; Lehto et al., 2000; Mottonen et al., 2001). В естественных условиях может наблюдаться как недостаток так и избыток бора в почве, что влияет на физиологические процессы в растениях (Josten, Kutschera, 1999).

Исследование минерального питания древесных растений проводятся в основном на хвойных породах, что объясняется широким спектром использования их в практических целях. В лесных питомниках Карелии преимущественно выращивается сосна и ель для создания лесных культур. Однако береза также является ценной древесной породой, и на территории Финляндии она выращивается в посадках (Rikala, Vuorinen, 2004).

Целью работы было изучение закономерностей влияния различной обеспеченности бором березы повислой на ее рост и соотношение масс органов и тканей.

Исследования проводили в условиях южной части Карелии, на территории, прилегающей к лесному питомнику Петрозаводского лесхоза. Супесчаные почвы исследуемых участков характеризовались оптимальной для роста древесных растений кислотностью - рН водн. 5,3. Для интенсивного роста древесных растений почвы лесных питомников Карелии бедны ЭМП (Чернобровкина, 2001).

Объектом исследования были 5-летние деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth.). В мае было заложено 4 варианта опыта и контроль. Каждый вариант был заложен на изолированном участке площадью 3 м<sup>2</sup> в 3-х повторностях. Варианты опыта отличались дозой вносимого в почву бора в виде борной кислоты. Борную кислоту вносили в дозах – 3, 10, 30 и 100 кг га<sup>-1</sup>. В контроле бор не вносили. Во избежание фильтрации бора из почвы опытных участков в почву контрольных, последние располагались на расстоянии 10 м от опытных в направлении повышения рельефа. Подкормку борной кислотой вносили в третьей декаде мая в период распускания листьев. Сразу после подкормки растения поливали водой и рыхлили почву. В течение вегетационного периода поддерживали оптимальный уровень кислотности почвы (до рН 5,0) внесением доломитовой муки (до 1000 кг га<sup>-1</sup>), проводили рыхление и полив почвы до относительной влажности 70 %. Перед постановкой эксперимента проводили анализ бора в органах и тканях растений. Содержание бора в растениях определяли спектрофотометрически (Иготти, 2002). Перед проведением подкормки и спустя 3 месяца после подкормки определяли биометрические показатели исследованных деревьев.

У контрольных деревьев березы повислой максимальное содержание бора отмечалось в корнях (17,3 мг кг<sup>-1</sup> сухой массы). В других органах его содержание было несколько ниже и составило в коре, листьях и древесине соответственно (12,2; 10,6 и 1,8 мг кг<sup>-1</sup> сухой массы).

В варианте с внесением в почву борной кислоты в дозе 3 кг га<sup>-1</sup> внешний вид березы не отличался от контрольных растений – листья имели зеленый цвет. В вариантах с использованием борной кислоты в дозах 10 кг га<sup>-1</sup> и более растения имели визуальные отличия по сравнению с контрольными уже в третьей декаде июня. При внесении борной кислоты в дозе 10 кг га<sup>-1</sup> края листьев желтели, при дозе 30 кг га<sup>-1</sup> листья на половину листовой пластинки окрашивались в желто-бурый цвет, при дозе 100 кг га<sup>-1</sup> листья полностью были бурыми.

Внесение в почву борной кислоты в дозе 10 кг га<sup>-1</sup> повысило прирост ствола по диаметру и прирост растения в высоту за вегетационный период по сравнению с контролем (рис. 1). Использование более низкой дозы борной кислоты не оказало влияния на рост растений, а более высокие дозы – ингибировали их рост.

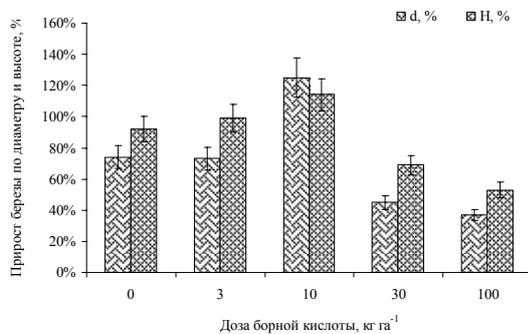


Рисунок 1 Влияние обеспеченности бором березы повислой на прирост за сезон по диаметру (d) и по высоте (H), % от исходного значения

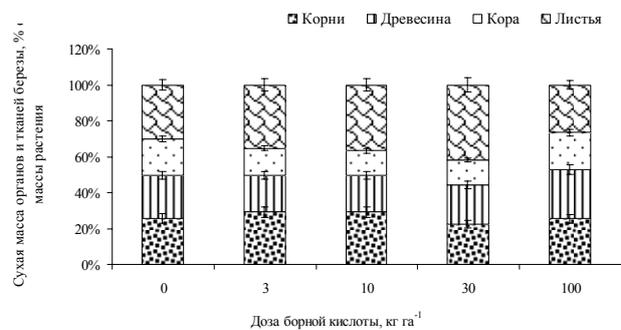


Рисунок 2 Влияние обеспеченности бором березы повислой на соотношение масс органов и тканей, % от массы дерева

Внесение в почву бора оказало влияние на соотношение масс органов и тканей березы (рис. 2). При использовании борной кислоты в дозах 3 – 30 кг га<sup>-1</sup> происходило увеличение доли массы листьев от массы растения. При этом доля массы коры снижалась. Внесение борной кислоты в дозе 100 кг га<sup>-1</sup> несколько снижало долю массы листьев и увеличило долю массы древесины от массы растения.

Таким образом, стимулирующее влияние на рост березы в высоту и по диаметру ствола оказала одна доза борной кислоты – 10 кг га<sup>-1</sup>. Однако эта доза борной кислоты вызвала пожелтение краев листьев. Более низкая доза борной кислоты не оказала заметного влияния на рост растений, а более высокие дозы – ингибировали рост растений и изменяли цвет листьев в желтый и бурый. Можно заключить, что при естественном содержании бора у 5-летних растений березы повислой (в листьях, коре, древесине и корнях соответственно – 10,6; 12,2; 1,8 и 17,3 мг кг<sup>-1</sup> сухой массы) испытан-

ные дозы борной кислоты (3-100 кг га<sup>-1</sup>) не оказывают положительного влияния на физиологическое состояние растений. Это может свидетельствовать об отсутствии дефицита бора для роста березы в условиях проведения эксперимента.

### Литература

- Igottti S.A.*, 2002. Определение бора в органах хвойных и лиственных древесных растений // Сборник работ аспирантов и соискателей Института леса. Петрозаводск, С. 31-36.
- Чернобровкина Н.П.*, 2001. Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной. С.Пб.: Наука. 174 с.
- Josten P., Kutschera U.*, The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings // *Annals of botany*. № 84. P. 337-342.
- Lehto T.*, 1994. Effects of liming and boron fertilization on mycorrhizas of *Picea abies* // *Plant and Soil*. V. 163 (1). P. 65-68.
- Lehto T., Kallio E., Aphalo P.J.*, 2000. Boron mobility in two coniferous species. // *Annals of Botany*. № 86. P. 547-550.
- Mottonen M., P.J.Aphalo, Lehto T.*, 2001. Role of boron in droughtresistance in Norway spruce (*Picea abies*) seedlings // *Tree physiology*. V. 9. № 21. P. 673-681.
- Rikala R., Vuorinen M.* 2004. Koivikoiden booripitoisuuden ja kasvuhairioiden yhteys // *Metsantutkimuslaitoksen tiedonantoja*. № 934. P. 64-68.

## ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТАМИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ КАРЕЛИИ

**Н. П. Чернобровкина, Е. В. Робонен, С. А. Иготти**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Повышение интенсивности выращивания посадочного материала в лесных питомниках является важнейшей составляющей в комплексе мероприятий по лесовосстановлению. Для выращивания высококачественного посадочного материала необходима оптимальная обеспеченность семян элементов минерального питания (ЭМП). Известно, что из почвы лесных питомников вместе с посадочным материалом выносятся ЭМП, и для поддержания почвенного плодородия необходимо внесение их в почву.

Исследования, касающиеся вопросов минерального питания семян древесных растений, проводятся уже многие десятилетия. Однако проблема разработки эффективных, экономически выгодных и экологически приемлемых способов обеспечения семян ЭМП остается актуальной. Наши многолетними исследованиями показаны закономерности использования сеянцами хвойных растений наиболее дефицитного в лесных питомниках Карелии ЭМП – азота (Чернобровкина, 2001). Исследование распределения меченого азота (<sup>15</sup>N) нитрата аммония при подкормке однолетних сеянцев сосны азотно-фосфорно-калийными удобрениями (N<sub>25</sub> P<sub>25</sub> K<sub>25</sub>) показало, что сеянцы используют в первый год лишь 2,6% внесенного азота. Двухлетние сеянцы сосны в год внесения азота (N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>) используют до 30% элемента. Одно- и двухлетние сеянцы сосны предпочтительнее усваивают азот почвы, чем азот удобрений. При этом внесение в почву азотных удобрений стимулирует мобилизацию почвенного азота растениями. Важной причиной появления так называемого "экстра-азота" является усиление минерализации почвенных органических соединений при внесении азота удобрений. Удобрения усиливают активность почвенной микрофлоры, в результате чего интенсифицируются процессы минерализации органического вещества, повышается численность аммонифицирующих и нитрифицирующих микроорганизмов. Внесенные в почву азотные удобрения частично компенсируют потребность микроорганизмов в азоте, поэтому в растения при той же интенсивности минерализации поступает больше почвенного азота. Большая роль в мобилизации дополнительного почвенного азота при азотной подкормке отводится самим растениям. При опти-

мальном обеспечении азотом усиливается обмен веществ в растении, идет интенсивное накопление ионов — переносчиков, что способствует лучшему передвижению азота в надземные органы и активации поглотительной деятельности корневой системы растений. В этом процессе имеет место тот или иной фактор или совокупное их действие в зависимости от условий произрастания и биологических особенностей растений.

В почве к осени в год внесения удобрений закрепляется при выращивании одно- и двухлетних сеянцев соответственно 36,4 и 23,4% внесенного азота. Потери внесенного в почву лесного питомника азота с лизиметрическими водами за первый сезон составляют всего 0,12-0,15%. Невысокое содержание элемента в лизиметрической воде свидетельствует о небольшом загрязнении водоемов азотными удобрениями при их использовании в лесных питомниках. Неучтенные потери при выращивании сеянцев в питомнике в первый вегетационный период составляют 45,3-60,7% от внесенного азота.

В поисках путей повышения эффективности использования азотных удобрений в лесных питомниках и снижения непроизводительных потерь проводили исследование влияния внесения в почву микроэлементов на интенсивность поглощения азота сеянцами хвойных растений. Установлено, что в условиях лесных питомников Карелии наиболее дефицитным для роста сеянцев хвойных является микроэлемент бор. Его содержание в почве составляет 0,0007-0,002% от сухой массы. Внесение бора вместе с  $N_{60}P_{40}K_{60}$  повышает коэффициент использования азота удобрений с 29 до 47%. Закономерности использования бора растениями остаются до настоящего времени слабо изученными, несмотря на то, что исследуются уже многие годы. Представленные в литературе сведения о функциональной активности бора в растениях не являются однозначными и не дают четкого представления о механизмах участия микроэлемента в широком спектре проявления жизненных функций растений. У древесных растений дефицит бора снижает интенсивность поглощения элементов питания, процессов фотосинтеза, роста, семеношения, снижает устойчивость к засухе, уменьшает количество микоризных окончаний (Чернобровкина, 2001; Ивонис, Чернобровкина, 2002; Mitchel et al., 1987; Lehto, 1994; Lehto et al., 2000; Mottonen et al., 2001).

Изучение влияния различного обеспечения бором сеянцев сосны обыкновенной второго года жизни на их рост было проведено в различных условиях минерального питания. Для бора характерен узкий диапазон содержания в почве, при котором отмечается заметное положительное его влияние на рост растений. В условиях лесного питомника при естественном содержании бора в почве – 0,0007% от сухой массы (контроль) уровень его содержания у сеянцев сосны обыкновенной второго года жизни в расчете на единицу сухого вещества практически не различается по фазам (период роста и после его окончания), а также по органам растения и составляет в хвое до 14 мг  $кг^{-1}$  сухого вещества, стеблях – до 15,1, корнях – до 12, почках – до 12 мг  $кг^{-1}$  сухого вещества. При выращивании сеянцев в лесном питомнике на легкой почве лишь одна доза из испытанных семи максимально стимулирует их рост. Внесение в почву других доз борной кислоты не влияет на рост растений или влияет незначительно. При оптимизации обеспечения растений бором необходимо учитывать уровень содержания ЭМП в почве. Для стимуляции роста сеянцев на фоне низкого содержания ЭМП в почве требуется внесение меньшей дозы борной кислоты, чем при оптимальном содержании ЭМП.

В условиях лесных питомников Карелии оптимальными для роста и развития сеянцев сосны являются дозы борной кислоты - 0,1 г  $м^{-2}$  и 1,0 г  $м^{-2}$  соответственно на фоне низкого и оптимального режимов минерального питания. Бор максимально повышает сухую массу сеянцев к осеннему периоду на 29% на фоне низкого и на 57% на фоне оптимального режимов минерального питания. Ниже определенного уровня содержания бора в почве сеянцы слабо реагируют на изменение обеспечения микроэлементом. Внесение борной кислоты в дозах, превышающих оптимальную (3 и 10 г  $м^{-2}$ ), на фоне оптимального содержания ЭМП в почве не влияет заметно на прирост биомассы сеянцев, а на фоне низкого содержания ЭМП интенсивность роста растений при использовании этих доз заметно снижается. Внесение борной кислоты в повышенных дозах приводит к значительному изменению цвета хвои от зеленого до желто – бурого, что особенно сильно проявляется в варианте с низким содержанием ЭМП в почве.

Аспект, касающийся диагностики обеспеченности древесных растений ЭМП, является важным в регулировании минерального питания сеянцев хвойных при их выращивании в лесных питомниках и остается в настоящее время слабо изученным. Обеспечение ЭМП сеянцев хвойных пород в лесных питомниках проводится с учетом почвенной диагностики. Однако почвенная диагностика, а

также используемая в практике лесного хозяйства листовая диагностика не позволяют выявить оптимальную дозу ЭМП, которую необходимо внести под сеянцы в конкретных условиях их роста и в конкретную фазу их развития, поскольку на усвоение элементов питания растениями большое влияние оказывает их физиологическое состояние и условия окружающей среды.

Нами предложено использовать для диагностики обеспеченности азотом сеянцев хвойных растений ферментативный способ. По уровню активности фермента первичного усвоения азота растениями – глутаминсинтетазы в корнях и хвое сеянцев сосны второго года жизни можно определить дозу азотной подкормки, необходимую для интенсивного роста сеянцев в определенную фазу развития растений в конкретных климатических и экологических условиях. При этом достигается максимальная стимуляция роста и развития растений, снижение непроизводительных потерь удобрений и загрязнения окружающей среды. В настоящее время этот способ диагностики азотного питания молодых древесных и травянистых растений можно считать самым приемлемым.

В связи с дефицитом бора в почвах лесных питомников Карелии вопросы диагностики обеспеченности растений бором являются актуальными. В зависимости от условий минерального питания содержание бора в органах сеянцев может варьировать в широком диапазоне (6 – 461 мг кг<sup>-1</sup> сухого вещества). Большая часть бора локализуется в хвое, где его содержание изменяется под воздействием обеспеченности бором растений в наибольшей степени по сравнению с другими органами. Это дает основание использовать хвою для отработки способов диагностики обеспеченности бором хвойного растения. Однако, содержание бора в органах сеянцев сосны, при котором отмечается максимальная интенсивность роста растений, на разных фонах минерального питания различно. Поэтому для использования этого показателя в целях диагностики обеспеченности бором хвойных растений необходимо учитывать их обеспеченность другими ЭМП и их физиологическое состояние. Разработка эффективных способов диагностики обеспеченности хвойных растений ЭМП при их выращивании в лесных питомниках является предметом наших дальнейших исследований.

## Литература

- Ивонис И.Ю., Чернобровкина Н.П., 2002. Влияние микроэлементов и гибберсина на рост и семеношение сосны обыкновенной // Лесоведение. № 3. С. 79-84.
- Чернобровкина Н.П., 2001. Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной. СПб.: Наука. 174 с.
- Lehto T., 1994. Effects of liming and boron fertilization on mycorrhizas of *Picea abies* // Plant and Soil. V. 163 (1). P. 65-68.
- Lehto T., Kallio E., Aphalo P.J., 2000. Boron mobility in two coniferous species. // Annals of Botany. № 86. P. 547-550.
- Mitchell R.J., Garrett H.E., Cox G.S., Atalay A., and Dixon R.K., 1987. Boron fertilization, ectomycorrhizal colonization, and growth of *Pinus echinata* seedlings // Can. J. For. Res. V.17. P. 1153-1156.
- Mottonen M., P.J.Aphalo, T. Lehto., 2001. Role of boron in droughtresistance in Norway spruce (*Picea abies*) seedlings // Tree physiology. V. 9. № 21. P. 673-681.

## ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ НА ИХ РОСТ, РАЗВИТИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Е. Г. Шерудило, Е. Ф. Марковская, М. И. Сысоева

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Одним из эффективных способов увеличения продуктивности растений в районах с неблагоприятными условиями среды и резким суточным колебанием температур в вегетационный период является метод предпосевного закаливания семян. Закалка теплолюбивых культур на ранних фазах

развития (наклонувшиеся семена) не только ускоряет рост и развитие растений, повышает общую урожайность, но и способствует увеличению их жизнеспособности и устойчивости к низким температурам (Белик, 1963; Генкель, Кушниренко, 1966). Особенно благоприятное действие оказывает режим предпосевного закаливания переменными температурами (Воронова, 1953). Проведенные нами ранее исследования показали, что наиболее эффективным в отношении увеличения в последствии устойчивости растений огурца на ранних фазах развития является режим предпосевного закаливания семян с кратковременным ежесуточным действием низкой закалывающей температуры (Марковская и др., 2005). Эти данные были получены в камеральных опытах, когда растения в последствии выращивались в оптимальных условиях. Вопрос о реакции растений, выращенных в условиях открытого грунта из обработанных низкой температурой семян, не был изучен.

Семена декоративных растений (бархатцы, сорт Gold, виола, сорт Maxim F-1Blue) замачивали на 12 ч в воде и подвергали в течение 6 суток следующим температурным обработкам:

- ДРОП - кратковременное снижение температуры ( $10^{\circ}\text{C} \times 2 \text{ ч}$ ), остальные 22 ч суток – при  $21^{\circ}\text{C}$
- ПНТ - постоянная низкая температура ( $10^{\circ}\text{C} \times 24 \text{ ч}$ )
- контроль - постоянная оптимальная температура ( $21^{\circ}\text{C} \times 24 \text{ ч}$ ).

После температурной обработки проводили посев семян, включая контроль, в вазоны с почвенно-песчанной смесью, которые оставляли в вегетационной камере до момента высадки рассады в открытый грунт (99 суток). В ходе опыта проводили фенологические наблюдения, оценивали всхожесть семян, скорость развития (по появлению настоящих листьев), репродуктивную (по числу цветущих растений) и биологическую (сухая масса одного растения) продуктивность и определяли холодоустойчивость листьев растений по методу ЛТ<sub>50</sub> (Дроздов и др., 1976). В каждом варианте опыта анализировали от 10 до 30 растений.

Исследования показали, что всхожесть семян зависит от вида температурной обработки: максимальное число проросших семян у бархатцев отмечено в варианте ДРОП – 92%, в контроле проросло 64% семян, в варианте ПНТ – 52%. Развитие растений (по скорости появления настоящих листьев) также различалось, причем в варианте ДРОП настоящие листья появились на 7 дней раньше, чем в контроле и варианте ПНТ. Оценка интенсивности цветения (на 51 день вегетации) показала, что у растений бархатцев в варианте ДРОП к этому времени цвело 83%. в варианте ПНТ – 69% и в контроле было только 50% цветущих растений.

Анализ растений на 100-й день (перед высадкой в открытый грунт) показал, что сухая масса бархатцев и виолы была существенно выше у растений в варианте ДРОП (табл. 1), чем в контроле и варианте ПНТ. При этом у виолы был отмечен термоморфогенетический эффект - уменьшение высоты.

Таблица 1. Влияние предпосевной обработки семян на высоту и сухую массу растений бархатцев и виолы

| Вариант опыта            | Бархатцы |       |       | Виола    |       |      |
|--------------------------|----------|-------|-------|----------|-------|------|
|                          | контроль | ДРОП  | ПНТ*  | контроль | ДРОП  | ПНТ  |
| Сухая масса растения, мг | 303,0    | 434,0 | 227,0 | 66,0     | 113,9 | 30,8 |
| Высота, см               | 6,1      | 7,8   | 5,3   | 6,8      | 5,8   | 6,9  |

Оценка числа цветущих растений (на 100-й день вегетации) показала, что цвело 80% контрольных растений бархатцев и наблюдалось 100%-ное цветение растений, семена которых были подвергнуты низкотемпературным обработкам. Несмотря на то, что перед высадкой в открытый грунт общая цветочная продуктивность на растение, включающая бутоны, отцветшие и цветущие цветки, у бархатцев не различалась по вариантам опыта, у растений, полученных из семян с низкотемпературными обработками, было больше полностью раскрытых цветков по сравнению с контролем (табл. 2). Через 10 дней цвели все высаженные в открытый грунт растения. Однако продуктивность бархатцев, выращенных из обработанных кратковременными низкотемпературными воздействиями семян, была значительно выше, чем в двух других вариантах опыта. Эта тенденция сохранилась далее в ходе всей последующей вегетации.

Предпосевная обработка семян виолы кратковременными снижениями температуры благоприятно влияла в последствии на развитие растений. Так, перед высадкой в открытый грунт контрольные растения и растения в варианте ПНТ имели по 7 листьев, а после ДРОП-обработки было

уже 9 листьев. Высаженные в грунт контрольные растения виолы не цвели, в то время как в вариантах с низкотемпературной обработкой семян цвело 10-15% растений. Через 10 дней зацвело только 5% контрольных растений, а в вариантах ДРОП и ПНТ имели цветки уже 38% и 22% растений, соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние предпосевной обработки семян на репродуктивную продуктивность бархатцев в период вегетации

| Дата                      | Вариант опыта | Кол-во цветущих цветков, шт./растение | Кол-во бутонов, шт./растение | Кол-во отцветших цветков, шт./растение | Всего |
|---------------------------|---------------|---------------------------------------|------------------------------|--|-------|
| 12.06.06 (перед высадкой) | Контроль      | 1,2                                   | 2,6                          | 1,2                                    | 5,0   |
|                           | ДРОП          | 1,5                                   | 2,6                          | 0,8                                    | 4,9   |
|                           | ПНТ           | 1,5                                   | 2,1                          | 1,2                                    | 4,7   |
| 23.06.06                  | Контроль      | 1,5                                   | 3,2                          | 1,1                                    | 5,8   |
|                           | ДРОП          | 1,9                                   | 4,1                          | 1,3                                    | 7,3   |
|                           | ПНТ           | 1,2                                   | 3,6                          | 1,5                                    | 6,3   |
| 06.09.06                  | Контроль      | 4,3                                   | 9,3                          | 2,3                                    | 12,9  |
|                           | ДРОП          | 7,6                                   | 12,2                         | 5,0                                    | 24,8  |
|                           | ПНТ           | 3,0                                   | 9,6                          | 5,2                                    | 17,8  |

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян на холодоустойчивость листьев растений бархатцев

| Дата       | Холодоустойчивость, ЛТ <sub>50</sub> , °С |       |       |
|------------|---|-------|-------|
|            | контроль                                  | ДРОП  | ПНТ*  |
| 14.06.2006 | -8,3                                      | -10,3 | -9,4  |
| 30.06.2006 | -8,9                                      | -10,6 | -9,4  |
| 21.07.2006 | -9,2                                      | -10,9 | -9,4  |
| 03.08.2006 | -10,2                                     | -10,3 | -11,1 |
| 23.08.2006 | -11,6                                     | -11,1 | -11,1 |

Исследование холодоустойчивости листьев растений, высаженных в открытый грунт, показало различия по устойчивости между вариантами (табл. 3). Наибольшая холодоустойчивость отмечена у растений, выросших из семян, подвергнутых низкотемпературной обработке. Выявленные различия по холодоустойчивости листьев сохранялись до конца июля. В начале августа температура воздуха кратковременно снижалась до 10-12°C, что привело к повышению холодоустойчивости листьев в контроле и варианте ПНТ.

К концу августа, когда температура воздуха была уже стабильно низкой, холодоустойчивость во всех вариантах опыта увеличилась и в контроле даже несколько превысила варианты с низкотемпературной обработкой.

Полученные нами данные показали длительный эффект последствия различных способов низкотемпературной обработки семян. Кратковременное низкотемпературное воздействие (ДРОП) оказало наиболее сильное влияние на процессы роста и развития растений, которое проявилось в ускорении прорастания семян, ускорении роста и развития, увеличении репродуктивной продуктивности и сухой массы растений. Выявленные в варианте ДРОП-обработки семян показатели высокой скорости роста и развития сочетались с более высоким уровнем холодоустойчивости растений по сравнению с вариантом ПНТ и еще более значимо - по сравнению с контролем. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными об ускорении развития растений и повышении их продуктивности в последствии предпосевного закалывания семян (Белик, 1963; Генкель, Кушниренко, 1966 и др.). Следует, однако, отметить, что закалка семян, как правило, проводится чередованием длительного воздействия низких и повышенных температур. Нами в настоящем исследовании впервые установлен аналогичный эффект влияния на семена краткосрочных (до 2-х ч) ежесуточных снижений температуры. В последствии такой обработки растения характеризуются повышенной устойчивостью, ускоренным развитием и повышенной продуктивностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 04-04-48029, 05-04-97515).

## Литература

Белик В.Ф. Влияние закалки семян переменными температурами на физиологические особенности и холодоустойчивость огурцов // Физиология растений. 1963. Т. 10. Вып. 3. С. 351-357.

- Генкель П.А., Кушниренко С.В. Холодостойкость растений и термические способы ее повышения. М.: Наука, 1966. 223 с.
- Дроздов С.Н., Курец В.К., Будыкина Н.П., Балагурова Н.И. Определение устойчивости растений к заморозкам // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л.: 1976. С. 222-228.
- Марковская Е.Ф., Шерудило Е.Г., Сысоева М.И. Влияние различных режимов предпосевного закаливания семян на устойчивость растений огурца // Тез. Докл. IV Межд. научн. конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений». Минск, Беларусь, 26-28 октября 2005 г. С. 254.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ВОД В ЗАПОВЕДНЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Г. В. Шильцова, В. Г. Ласточкина

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

На охраняемой территории заповедника "Кивач" в 1985 г. был организован комплексный фоновый мониторинг лесов. В данной работе представлены отдельные результаты исследования природных вод: атмосферных осадков, трансформированных пологом леса осадков и вод рек, дренирующих район объектов наблюдения. Исследования с 1991 по 2003 гг. проводились на стационарных мониторинговых площадях Института леса КарНЦ РАН, представляющих сосновые и березовые леса региона в естественных условиях. Средний возраст древостоев 60 лет, по производительности они относятся к I классу бонитета. Отбор проб осадков на поляне и воды из р. Суны осуществлялся ежемесячно, в сосняке черничном и березняке разнотравном — в теплый период года. В фильтрате определяли следующие показатели: pH, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Cr, Ni и C<sub>орг</sub>.

По химическому составу атмосферные осадки, поступающие на территорию заповедника "Кивач", относятся к гидрокарбонатным, реже (в 30-40 % случаев) к сульфатным, с преобладанием в катионном составе ионов аммония, калия или кальция. По содержанию иона водорода они относятся к слабокислым, при средней величине pH 5,2, среднемесячное значение варьирует от 3,9 до 6,8. Почти 70% проанализированных проб осадков имело pH менее 5,6, а половина (47%) ниже 5,0, т.е. были подкисленными. Их минерализация стабильно низкая — 1-3 мг/л. Выпадение постоянно слабокислых осадков, отличающихся низкой минерализацией, представляет потенциальную опасность как источник подкисления и загрязнения поверхностных вод и почв заповедника, представленных в основном подзолами иллювиально-железистыми песчаными с низкой буферностью и высокой чувствительностью к кислотным выпадениям.

В теплый период в заповеднике осадки менее кислые, чем в холодный, что связано с частичной нейтрализацией их пылью карбонатного характера, которая присутствует в больших количествах в атмосфере. В этот период кислотность осадков уменьшается в среднем на 0,5 единицы pH, а уровень содержания гидрокарбонатов повышается вдвое, что свидетельствует о возрастающем количестве углекислого газа в атмосфере.

Перманентное исследование химизма атмосферных осадков позволяет выявить характер изменчивости кислотности осадков во времени. В течение 1993-2000 гг. наблюдалось постепенное понижение кислотности осадков в зоне заповедника и повышение pH с 4,6 до 5,8. Последующие три года (2001-2003 гг.) характеризуются повышением их кислотности и понижением pH до 5,0. Выявлены положительные корреляционные связи между pH и содержанием ионов кальция, аммония, магния, калия, гидрокарбонатов в осадках ( $r=0,51—0,73$ ).

Древесный полог существенно трансформирует кислотность и состав атмосферных осадков. Дождевые воды, просачиваясь через полог соснового леса, смывают с крон и растворяют частицы пыли, органические вещества и вещества кислой природы, в результате величина pH снижается в среднем до 5,5. При прохождении дождевых вод через кроны деревьев, в них повышается содержание растворимого углерода с 9,8 до 22 мг/л, что практически равно концентрации водорастворимых

соединений всех других определяемых элементов в сумме. В меньшей степени под влиянием сосны увеличивается содержание сульфатов (до 2,8 мг/л), при этом не достигает фоновых значений элемента для относительно чистых территорий. Выявлена тесная зависимость между содержанием серы в дождях и в подкороновых водах, что свидетельствует о высокой миграционной способности серы и ее соединений и указывает на общность их происхождения в изучаемых водах.

Под влиянием березы реакция осадков смещается в нейтральную сторону до pH 6,4. Понижение кислотности вод под березой во многом обусловлено значительным количеством гидрокарбонатов (27,8 мг/л), доминирующих в их ионном составе. Дождевые воды, прошедшие через крону березы, содержат меньше органического вещества (18,3 мг/л), чем под кроной сосны.

Сосна и береза оказывают одинаковое влияние на содержание серы в сульфатах и хлора, их концентрации в подкороновых водах возрастают в среднем в 1,5-2 раза. Количество нитратов в выпавшей влаге и под пологом соснового и березового леса одинаково низкое (0,3 мг/л). При исследовании минерализации атмосферных осадков кронами деревьев, наблюдалось отсутствие азота или его "следы", что свидетельствует о поглощении его вегетирующими растениями. Факт поглощения кроной сосны азота, а также гидрокарбонатов отмечался нами ранее (Шильцова, 1996; Шильцова, Ласточкина, 2001). Из катионов наибольшее влияние древостои оказывают на содержание калия, его концентрация под сосной и березой увеличивается соответственно в 4 и 8 раз. С растворами, фильтрующимися через кроны сосны и березы, в почву поступает вдвое больше кальция. В целом минерализация дождевых вод, прошедших через полог березового насаждения, вдвое выше, чем соснового.

Древостои влияют на состав водорастворимых соединений металлов—микроэлементов. Так, содержание марганца в дождевых водах под березой увеличивается в 5 раз и в 8 - под сосной. Степень обогащения подкороновых вод железом, медью и свинцом примерно одинаковая (в 2-2,5 раза). Повышение содержания марганца в водах, прошедших через полог соснового леса, отмечалось во все сроки наблюдений, свинца и железа - в 60-70%, меди - в 40%, цинка - в 20% случаев. В дождевых водах, просочившихся сквозь полог березового насаждения, концентрация марганца повышалась в 50%, железа, меди, цинка - в 60-70%, свинца - в 40% случаев. Основной причиной обогащения вод под деревьями металлами является смыв металлов, поступающих из атмосферы, с поверхности хвои, листьев и ветвей деревьев.

Исследования показали, что воды р. Суны имеют почти нейтральную реакцию среды, в них обнаруживается большое количество гидрокарбонатов. Концентрации минеральных форм азота незначительны. Содержание всех определяемых макроэлементов в речных водах ниже ПДК, утвержденных для рыбохозяйственных водоемов, но выше их содержания (за исключением азота) в жидких атмосферных осадках, поступивших на территорию заповедника в период исследования. Что касается тяжелых металлов, то в рассматриваемом водоеме концентрации растворимых соединений свинца и цинка выше, чем в дождевых водах, а Zn и значений ПДК. Концентрации этих металлов в речных водах в отдельные месяцы выше их кларков в природных водах, что связано, по-видимому, с переносом соединений этих металлов от источника аэротехногенного загрязнения на территорию заповедника "Кивач".

## **СТРАТЕГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСОВ ЛЕСНЫХ СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ**

**В. И. Шубин**

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Рациональное использование лесных съедобных грибов должно основываться на двух принципах охраны природы — минимизация воздействия на грибные угодья и комплексная мелиорация лесной территории.

В реализации принципа минимизации отрицательного воздействия на грибные угодья лесов таежной зоны имеется как необходимость, так и большие возможности. Из-за редкой и неравномерной сети лесных дорог сборы грибов нередко сконцентрированы на небольших территориях. В результате интенсивного посещения населением на этих территориях нарушается структура почвы и ее свойства, что отрицательно сказывается на плодоношении съедобных грибов. В первую очередь пропадают наиболее ценные грибы, места плодоношения которых испытывают наибольшую нагрузку. Такое отрицательное воздействие на грибные угодья отмечено около городов в радиусе до 50 км.

Деконцентрация мест заготовки грибов не только основной путь рационального использования их ресурсов, но и эффективное мероприятие по увеличению этих ресурсов. Важно учитывать, что вовлечение в эксплуатацию новых грибных угодий стимулирует плодоношение съедобных грибов. Этот эффект связан с особенностью экологических ниш или вертикального размещения мицелия грибов-симбионтов (Шубин, 1998). Первую нишу представляет лесная подстилка, в которой могут встречаться все виды грибов, но только в ней распространен мицелий рода паутинников (*p. Cortinarius*), обладающий наибольшей конкурентной способностью. Не специалист легко определит паутинники по паутинистому мицелию, соединяющего края шляпки с ножкой. В таежной зоне обнаружено более 100 видов паутинников, среди них около 20 видов съедобные, но есть и смертельно ядовитые. Как правило, население паутинники не знает и не собирает. Вторую нишу составляет лежащий ниже подстилки гумусовый горизонт. В ней состав грибов могут формировать все грибы за исключением рода паутинников. Наиболее активными в этой нише являются пластинчатые, в основном, съедобные, грибы. Третью нишу представляет слой почвы, лежащей под гумусированным горизонтом на глубину распространения корней древесных растений. Ее занимает мицелий трубчатых и некоторых пластинчатых грибов. Наиболее глубоко проникает в почву мицелий белых грибов (род *Boletus*).

В редко посещаемых грибных угодьях значительную часть урожая грибов-симбионтов составляют паутинники, распространение мицелия которых ограничено лесной подстилкой. При сборе грибов неизбежно повреждается поверхностно расположенный мицелий и мелкие корни растений, а также плодовые тела мелких грибов. Их разложение оказывает влияние на почву аналогичное внесению малых доз азотосодержащих удобрений (Шубин, Предтеченская, 1997). Такое воздействие на почву снижает активность и плодоношение паутинников, одновременно стимулируя плодоношение грибов, мицелий которых расположен в минеральных горизонтах почвы. Этим можно объяснить известные факты увеличения количества хорошо известных съедобных грибов около лесных дорог, а также на посещаемых грибных угодьях, по сравнению с угодьями, на которых грибы регулярно не собираются.

Возможность длительного сбора грибов без ослабления их плодоношения установлена нами в сосняке брусничном средней подзоны тайги, созданной посевом в 1962 г. На одном участке все грибы собирали ежегодно с 1979 по 2003 гг., а на другом, расположенном рядом, — с 1999 по 2003 гг. Средние урожаи съедобных грибов за 1999-2003 гг. на первом участке оказались равными 94, а на втором — 74 кг/га. Состав съедобных грибов на обоих участках одинаков, и доминировал белый гриб сосновый (*Boletus pinophilus*). Его средний урожай за последние пять лет на первом участке равнялся 49, а на втором — 30 кг/га. За 25 лет наблюдений на первом участке средний урожай белого гриба по пятилетиям усиливался и составлял 0; 10; 9; 18 и 49 кг/га. Аналогичные материалы получены нами в березняке разнотравном при сравнении урожаев грибов на двух участках при сборе всех грибов в течение 18 и 3 лет (Шубин, 1990).

Следует отметить, что ежегодный многолетний сбор всех грибов не изменяет естественной смены состава съедобных грибов (сукцессий), связанной с развитием насаждений. При этом одни виды ослабляют или прекращают плодоношение, другие увеличивают урожай или появляются вновь. В результате происходит смена доминантов. Так, ежевик пестрый (*Sarcodon imbricatus*) на обоих участках начал плодоносить в 1999-2003 гг. со средним урожаем в этот период 10,2 на первом и 12,6 кг/га на втором участках сосняка брусничного.

Очевидно, наблюдаемое вокруг городов уменьшение состава и урожая съедобных грибов вызвано более сильным отрицательным воздействием на почву, чем это происходит при регулярном сборе всего урожая грибов. Вовлечение в эксплуатацию новых грибных угодий увеличит стабильность заготовки съедобных грибов. Создание при этом дополнительной сети лесных дорог совпадает с необходимостью повышения интенсивности ведения лесного хозяйства и лесопользования.

В популярной литературе вопрос охраны запасов съедобных грибов обычно сводится к сохранению мицелия. При этом предлагаются различные способы сбора грибов, которые обеспечивали бы минимальные повреждения мицелия (грибницы), а также указывается на необходимость не повреждать лесную подстилку и верхний слой почвы. Большинство авторов советует срезать ножку гриба на уровне поверхности почвы. Причем этот способ сбора одни распространяют на все виды, а другие только на трубчатые. Многие авторы предлагают, выкручивая, извлекать гриб целиком, а ямки засыпать почвой или листвой. Другие считают возможным любой способ сбора грибов при условии минимального повреждения лесной подстилки. Общим для всех рекомендаций является то, что они основаны на особенностях выращивания грибов-сапротрофов в искусственных условиях, урожай которых определяется биомассой мицелия. Причем их мицелий слабо связан с рыхлым субстратом и легко извлекается вместе с ножкой гриба.

Лесные съедобные грибы представлены исключительно симбиотрофами. Их мицелий образует на корнях древесных растений совместный орган — микоризу (грибокорень) и участвует в снабжении растения водой и элементами питания. Взамен грибы получают от растения простые углеводы, которые используют в первую очередь на формирование микориз, затем мицелия и в последнюю — плодовых тел. Первоочередное использование углеводов на образование микориз обеспечивает обязательность симбиоза гриба — древесное растение во всех лесорастительных условиях независимо от строения древостоя. Отсюда каждое насаждение является потенциальным грибным угодьем, а плодоношение грибов-симбионтов — показатель повышенной обеспеченности их углеводами. У грибов-симбионтов нет прямой связи между обилием их мицелия и урожаем плодовых тел. Кроме того, мицелии собираемых населением съедобных грибов расположены преимущественно в минеральных горизонтах и почти не повреждаются при извлечении грибов целиком. Поэтому мы считаем приемлемым любой способ сбора съедобных грибов, и его не следует относить к мероприятиям по охране их запасов.

В тоже время следует учитывать, что в использовании лесной подстилки древесными растениями основная роль принадлежит паутиникам, мицелий которых адаптирован к условиям наиболее жесткой конкуренции за азот при резких колебаниях водно-термического режима. Благодаря большому разнообразию они участвуют в регулировании скорости разложения опада, стабилизации запаса подстилки для сохранения ее положительного влияния на почву, а также ограничивают развитие грибов, поражающих корни деревьев. Бережное отношение к лесной подстилке является необходимым условием для развития и устойчивости таежных лесов.

Второй принцип охраны съедобных грибов и увеличения их ресурсов — комплексная мелиорация лесной территории, направленная на повышение ценности грибных угодий. Этот вопрос должен решаться в условиях слабого (до 10%) использования уже имеющихся доступных ресурсов грибов. При таком положении оправданными могут быть только мероприятия, совпадающие с интересами ведения лесного хозяйства по увеличению производительности лесов. Такое совпадение интересов существует, так как для плодоношения грибов-симбионтов необходимы углеводы, поступление которых в корни определяется интенсивностью фотосинтеза растений. Лесохозяйственные мероприятия, направленные на создание оптимальных условий для фотосинтеза и прироста древесины главной породы, будут стимулировать плодоношение грибов-симбионтов. К ним относятся основные мероприятия, направленные на снижение внутри- и межвидовой конкуренции растений за свет, воду и элементы почвенного питания. Прежде всего, это прореживания и осветления главной породы — обязательные в таежной зоне.

В густых чистых (однопородных) и смешанных насаждениях плодоношение съедобных грибов отсутствует или слабое. Изреживание таких насаждений увеличивает прирост древесины на оставшихся деревьях и плодоношение съедобных грибов в 3-10 раз.

Состав съедобных грибов в смешанных насаждениях определяется еще и их связями с древесными породами. По количеству связей различают моно- и поливалентные грибы-симбионты. Первые являются симбионтами одной, а вторые — двух и более древесных пород. Связь с несколькими древесными породами увеличивает возможности поливалентных видов в получении углеводов и повышает их конкурентную способность по отношению к моновалентным видам грибов. Наиболее ценные съедобные грибы (белые, грузди, рыжики, волнушки и др.) являются моновалентными. Лучшие условия для их плодоношения создаются в чистых насаждениях. Древесные породы второго яруса, из-за ограниченного фотосинтеза, не обеспечивают плодоношения моновалентных грибов. Одиночные деревья или мелкие группы каждой породы верхнего яруса также не обеспечивают

плодоношения моновалентных грибов-симбионтов. Для плодоношения моновалентных грибов необходимо, чтобы размеры биогрупп каждой древесной породы по своему влиянию на почву были близки к влиянию чистого насаждения. Например, установлено, что в березово-сосновых молодняках моновалентные съедобные симбионты березы (грузди, волнушки и др.) устойчиво плодоносят в биогруппах размером не менее 0,01 га. При таких размерах биогрупп береза испытывает меньшую конкуренцию со стороны сосны, усиливает рост и положительное влияние на почву.

Полученные материалы подтверждают существующее положение о том, что у древесных растений с эктомикоризой, которая характерна для лесообразующих пород таежной зоны, лучшие условия для роста создаются в чистых насаждениях. Они также согласуются с исследованиями М.Н. Прокопьева (1984), согласно которым березово-сосновые культуры обладают наибольшей производительностью, когда 8-рядовые полосы сосны чередуются с 8-10-метровыми кулисами березы. Очевидно, при взятом курсе на экологизацию лесного хозяйства необходимо учитывать лучший рост микотрофных древесных пород в чистых насаждениях. Поэтому создание высокопродуктивных смешанных насаждений должно осуществляться по принципу сочетания биогрупп и кулис, которые по своим размерам оказывают влияние на почву близкое к влиянию чистого насаждения. В этом случае воспроизводство съедобных грибов будет не только количественное, но и качественное, за счет увеличения в урожаях доли моновалентных видов. То есть будет соблюдаться основное правило расширенного воспроизводства природных ресурсов, которое должно быть обязательно качественным. Таким образом, стратегия рационального использования и увеличения ресурсов лесных съедобных грибов в таежной зоне при слабом их использовании должна основываться на децентрации грибных угодий и мелиоративных мероприятий по повышению ценности грибных угодий. Достижение этой цели облегчается ее совпадением с задачами, которые решаются при интенсификации лесовыращивания.

## Литература

- Прокопьев М.Н., 1984. Воспроизводство сосновых лесов южной и средней подзон европейской тайги: Автореф. дис. ... д-ра с.-х.н. Л. 38 с.
- Шубин В.И., 1990. Макромицеты лесных фитоценозов таежной зоны и их использование. Л. 197 с.
- Шубин В.И., 1998. Экологические ниши и сукцессии макромицетов таежной зоны. I. Экологические ниши // Микология и фитопатология. Т. 32, вып. 6. С. 32-37.
- Шубин В.И., Предтеченская О.О., 1997. Влияние вытаптывания на плодоношение макромицетов в березняках разнотравных. II. // Микология и фитопатология. Т. 31, вып. 3. С. 54-60.

## ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАННИХ ЭТАПОВ ОНТОГЕНЕЗА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ БЕРЕЗЫ И СОСНЫ)

Т. А. Шуляковская, М. К. Ильинова, Г. К. Канючкова, С. М. Шредерс, А. В. Репин

*Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Начальными этапами онтогенеза древесных растений являются: эмбриональный – от момента двойного оплодотворения яйцеклетки до начала прорастания зародыша; герминальный – прорастание семени и формирование проростка или всхода (Веретенников, 1992).

Характерная особенность физиологии растения на ранних этапах его развития – последовательная перестройка метаболизма, связанная с переходом от гетеротрофного к автотрофному типу питания. Гетеротрофный период в жизни автотрофного растения – это стадия прорастания семени (Шибистова, Гирс, 1999). Прорастание осуществляется под действием поступающей в семя воды (Обручева, Антипова, 1997). Запасные вещества растений представляют компактную форму хране-

ния активных метаболитов, которые остаются инертными в сухом семени и подвергаются быстрому использованию при прорастании (Данович и др., 1982).

В литературе очень мало сведений о физиологических процессах на ранних этапах развития древесных растений. В то же время герминальный этап онтогенеза наиболее критический в жизни древесных. Целью настоящей работы было исследование динамики показателей основного метаболизма в процессе прорастания семян березы и сосны. Объектами исследования явились семена, 1-недельные и 3-недельные проростки двух основных видов березы: б.повислой *Betula pendula* Roth и б.пушистой *B. pubescens* Ehrh., а также семена и проростки сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Состав и содержание свободных аминокислот изучали на автоматическом аминокислотном анализаторе ААА-339, жирнокислотный состав – на хроматографе «Хроматэк-Кристалл-500».

Липиды – главная форма запаса углерода в семенах многих видов растений. У березы в семенах велико содержание липидов: 67% от абс.сухого вещества у б.пушистой и 48% у б.повислой. После замачивания семян и начала их прорастания в течение первой недели наблюдался небольшой расход запасных липидов, а к 3-недельному возрасту проростки содержали лишь 20% липидов у б. пушистой и 26% у б.повислой. В семенах сосны обыкновенной уровень липидов составлял 33% от абс.сухого вещества. Он снижался до 24% в проклюнувшихся семенах и доходил до 1% в 3-4-недельных проростках.

В составе запасных липидов семени березы подавляющая часть приходилась на линолевую кислоту (18:2) – более 80% от суммы жирных кислот, мало кислот с большим количеством двойных связей (наибольшая из них по количеству – линоленовая 18:3 представлена 1-2%), моноеновые кислоты в сумме составляли менее 10% (из них олеиновая 18:1 – 5-6%) и насыщенные – менее 5%. В 1-недельных проростках березы начавшийся распад запасных липидов приводил к некоторому изменению жирнокислотного состава. Существенные сдвиги в их составе наблюдались в 3-недельных проростках: в их липидах преобладали триеновые кислоты (главным образом, линоленовая), доля которых повысилась в 7 раз по сравнению с недельными проростками и составляла примерно треть всех кислот. Параллельно происходило уменьшение диеновых кислот (главным образом, линолевой), относительное содержание которых доходило до 20%; заметно (более, чем в 2 раза) увеличивалась доля насыщенных кислот (из них более половины – пальмитиновая); около 15% представлены моноеновые кислоты. Таким образом, в процессе прорастания семян березы изменялось соотношение групп жирных кислот по степени ненасыщенности (с разным числом двойных связей). Сравнение содержания наиболее представленных в липидах кислот с 18 атомами углерода показало, что концентрация линолевой кислоты уменьшалась с 83-87% от суммы кислот в семенах до 20% в 3-недельных проростках, а линоленовой – возрастала от 1% в семенах до 31-33% в проростках. Олеиновая кислота (18:1) имела постоянную долю в 5-7% на начальных этапах развития березы. Превращение линолевой кислоты в линоленовую, то есть десатурация, происходит под влиянием мембраносвязанных десатураз хлоропластов и эндоплазматической сети в присутствии активированных форм кислорода (Ohlrogge and Browse, 1995). У сосны обыкновенной запасные липиды семян богаты ненасыщенными жирными кислотами (особенно ди- и триеновыми), а в проростках гораздо выше уровень насыщенных и значительно ниже концентрация диеновых кислот. Сумма триеновых кислот находилась примерно на одном уровне на данных этапах онтогенеза. Активный гидролиз запасных липидов семени при его прорастании изменял соотношение липидных фракций, что отражалось на жирнокислотном составе суммарных липидов. Уменьшение относительного содержания диеновых кислот (в основном линолевой) вдвое при прорастании семени указывает на принадлежность существенной доли этих кислот к запасным липидам. Увеличение концентрации насыщенных кислот с 4% в семени до 27% в надземной части 3-недельного проростка и 72% в его корешке говорит о значительном участии этих жирных кислот в построении мембранных липидов проростков сосны.

Белки – главная форма запаса азота в семенах растений. В семенах березы пушистой 86% общего азота приходилось на белковый, у б.повислой – 75%. В первую неделю прорастания семян уровень белкового азота снижался до 46% и 49% соответственно, что связано с активным гидролизом запасных белков. Интенсивный рост и развитие проростков приводил к тому, что в 3-недельном возрасте в них уже 76-79% общего азота входило в состав белков, в основном, структурных. В семенах сосны обыкновенной белковый азот составлял 87% от общего, а в 3-недельных проростках – 59%. В процессе прорастания семян у сосны росла общая сумма свободных аминокислот. Уже при проклевывании семян эта сумма увеличивалась примерно в 11 раз, а к 3-недельному сроку она воз-

растала еще в 5 раз. Одновременно с повышением общего уровня аминокислот изменялось соотношение отдельных кислот по мере развития проростков из семян. В сухих семенах преобладал аргинин (23% от суммы всех свободных аминокислот). Его можно рассматривать как богатое азотом вещество, удобное для запасаания элемента на длительное время в условиях обезвоживания. Замачивание семян подавало сигнал началу метаболических превращений аминокислот, в результате чего росла до 26% доля глутаминовой кислоты, занимающей центральное место в обмене аминокислот, а также концентрация гамма-аминомасляной кислоты (до 15%), являющейся продуктом декарбоксилирования глутаминовой кислоты и считающейся ее запасным фондом ввиду легкости их взаимопревращений. В проростках сосны 3-недельного возраста очень высока доля аспарагиновой кислоты (65% от суммы аминокислот). Она относится к транспортным органическим соединениям азота и обеспечивает им активно растущие ткани проростка. В семенах березы свободные аминокислоты определялись в очень незначительных количествах. Запас азота в них находился большей частью в форме белков. Начало прорастания семян (первая неделя) сопровождалось резким снижением уровня запасных белков и значительным возрастанием концентрации свободных аминокислот. В 1-недельных проростках березы пушистой определялось 23 различных аминокислоты в свободном состоянии, у б.повислой – 21 кислота. У обеих берез преобладали одни и те же аминокислоты в этот период развития: глутамин (31% и 39%, соответственно), аспарагин (26% и 18%) и аргинин (25% и 15%). В результате гидролитического распада запасных белков семени при прорастании выделяются глутаминовая и аспарагиновая кислоты, из которых затем образуются амиды глутамин и аспарагин, предохраняющие дикарбоновые аминокислоты от окисления. Амиды являются резервом указанных аминокислот, необходимых для синтеза и взаимного превращения всех аминокислот в растительном организме путем ферментативного переаминирования. Высокое содержание аргинина в прорастающих семенах говорит о значительном участии этой аминокислоты в построении запасных белков. В процессе дальнейшего развития проростков березы существенно изменялся состав свободных аминокислот. В 3-недельных проростках больше половины всех аминокислот составлял цитруллин. Эта непротеиногенная аминокислота является транспортным азотсодержащим веществом, характерным для березы.

Таким образом, и береза, и сосна относятся к растениям, у которых запас углерода в семенах находится в основном в форме липидов. Запасные липиды у них различаются по жирнокислотному составу: в семенах березы обоих видов абсолютное преимущество принадлежит линолевой кислоте, у сосны обыкновенной большую часть составляют ди- и триеновые кислоты, среди которых заметное место занимает линолевая кислота. В процессе прорастания семян у березы активно идет десатурация линолевой кислоты, в результате которой она превращается в линоленовую. У сосны такое преобразование тоже проходит, но в меньшей степени. И у березы, и у сосны кроме триеновых растет доля насыщенных жирных кислот, которые также входят, вероятно, в состав мембранных липидов, активно образующихся в растущих проростках. Запас азота в семенах берез находится в форме белков, а у сосны обыкновенной кроме этого часть азота запасается в форме свободного аргинина. У березы аргинин входит в состав запасных белков, о чем можно судить по значительному содержанию его в начинающих прорастать семенах, где аргинин образуется в результате распада запасных белков. У всех объектов исследования из запасных белков освобождается много глутаминовой кислоты и в меньшей степени аспарагиновой. У березы эти дикарбоновые аминокислоты превращаются в проростках в амиды – глутамин и аспарагин, которые защищают их от гидролитического распада и являются резервом этих аминокислот, необходимых для дальнейших превращений аминокислот в качестве источника аминокрупп. На следующей стадии развития проростков возрастает роль транспортных соединений азота для обеспечения этим необходимым элементом активно растущих тканей. У берез транспортную функцию выполняет в основном аминокислота цитруллин, а у сосны обыкновенной – аспарагиновая кислота. При сходстве механизмов запасаания и расходования в процессе прорастания семян основных элементов – азота и углерода – береза и сосна имеют свои особенности в составе аминокислот и жирных кислот, играющих ключевые роли на начальных этапах онтогенеза деревьев.

## Литература

Веретенников А.В. Основные физиологические процессы и условия внешней среды в онтогенезе древесных растений // Лесн. журн. 1992. № 5. С. 9-14.

Данович К.Н., Соболев А.М., Жданова Л.П. и др. Физиология семян. М.: Наука. 1982. 318с.

Обручева Н.В., Антипова О.В. Физиология инициации прорастания семян // Физиол. раст. 1997. Т. 44. № 2. С. 287-302.

Шибистова О.Б., Гурс Г.И. Особенности роста и питания сосны обыкновенной на ранних стадиях онтогенеза // Лесоведение. 1999. № 1. С. 54-59.

Ohlrogge J., Browse J. Lipid biosynthesis // Plant Cell. 1995. V. 7. № 7. P. 957-970.

## **CHALLENGES AND STRATEGIES FOR FOREST RELATED EDUCATION AND RESEARCH IN FINLAND**

**Paavo Pelkonen**

*University of Joensuu, Joensuu, Finland*

### **The tradition of sustainability for forests**

For centuries forests and forestry have been attractive fields of study and research in the European universities and research institutes. The field has connected the human needs to preserve and utilise forest resources. A requirement of the balanced attitude towards the needs of preservation and differentiating utilisation has caused increasing challenges in forestry education and research in the European context of forest sector development in Finland.

The concept of sustainable forest management has been applied in the European research and education since a German forester, Hanns Carl von Carlowitz, defined the concept in 1713 for the timber utilisation by the mining industry (Carlowitz 1713). The new concept of sustainability for the post-modern society was defined in the Bruntland Report in 1987 (Bruntland 1987) and has offered a great challenge for forestry, when the various needs of increasing individualism and market liberalism has to be taken into consideration in the cultural, economical, ecological and social dimension of sustainable forest management.

### **The competence of the EU in the forest sector**

#### *General aspects*

Forest sector development in the European Union is a typical example of difficulties to find a balanced attitude for local, national and global policy issues. Since the three heavily forested countries of Austria, Finland and Sweden joined the EU, their aim has been to keep forestry matters outside of the integration process. The national focus left forestry fully out of the political core process and it has only been defined as part of the environmental policy in the EU policy documents (Action Plan for the Northern...2000). The European dimension flavoured with the national nuances will form the basis especially for the academic forestry education and also for the research of this field in Europe.

According to the technology platform initiative of the EU (Forest Based...2005) the forest-based sector includes all stakeholders with major interests in forestry, forest-based materials, services and products for a sustainable society. Industrial wood processing companies, eco-tourism business, forest owners, entrepreneurs offering ecosystem services, environmentally oriented NGOs and many others are working together for the development of the sector. The global industrial companies, for instance, have committed to this kind of modern approach in their societal responsibility reports. In order to be competitive, the sector has to achieve further productivity improvements, while maintaining its sustainability record. New products and end markets, and smart applications resulting from society's needs, will contribute to cost reductions and increased eco-efficiency. Social and technological innovations together with technology and knowledge transfer will be the European forest-based sector's answer to its key challenges.

New challenges of the forest sector will be consequences of the environmental and energy policy of the EU. Due to the Kyoto protocol and due to the decreasing resources of non-renewable energy sources the European Union has strongly committed to increase utilization of wood in the energy conversion. The am-

bitious target will be covered with logging residues and short-rotation biomass production (Biomass Action ...2005, An EU Strategy...2006).

### **Education and the EU**

The community action of the EU will be aimed at: developing the European dimension in education, encouraging mobility of students and teachers, by encouraging inter alia, the academic recognition of diplomas and periods of study, promoting cooperation between educational establishments, and encouraging the development of distance education.

The competence of the European Union does not allow direct measures to influence on the national educational targets and policies. The lack of competence has been replaced by a cooperative initiative, called the Bologna process. The responsible ministers of almost every European country signed the Bologna declaration in 1999 and committed to the joint actions to develop the higher education area in Europe. The speed of changes has been fast. Forestry education in Finland has been in the first wave of development through efficient European wide networking. According to the aims of the Bologna process the universities in almost every country in Europe have introduced a new two cycle degree programme.

### **Research and the EU**

The Community shall carry out complementing activities with respect to actions carried out in the Member States such as implementation of research programmes and promotion of cooperation between the member states and with third countries and international organizations. The stimulation of the training and mobility of researchers in the Community is one of the main aims of the EU.

The multiannual framework programme for science and research has been an efficient tool to direct scientific research also in the Member States. Forestry related research has not been in the core of the framework programmes. The only references to forests in the sixth framework programme for 2002-2006 are related to environmental and energy policy. The challenge to study forests as reservoirs to fix the carbon dioxide emitted to the atmosphere and land management for the multipurpose uses and utilization of forestry resources is an emphasis towards forest research (The Priorities of the Sixth...2002).

### **National strategies in Finland**

#### **Education and research for the focused development**

The Ministry of Education and the Ministry of Trade and Industry are leading the science and technology policy in Finland. In the field of forest research the Ministry of Agriculture and Forestry has a key role. Research and education have been provided as a public good. Traditionally, when society has required changes it has to exert pressure on the government to redirect its public policy.

Nowadays the role of government should not be as strong since public policy is becoming less important. The competition inside the research and education sectors has increased and there is a great need to rapidly react to the changing requirements of different sectors. In addition to the government policy many other stakeholders have increased opportunities to directly influence through constituency pressure and direct purchases in the field of research and education. Even if universities still have autonomy they had to start carrying out open and direct dialogue with society (Policy perspectives 1993) by the mid 1990s according to the similar strategy development in Central Europe. The new funding and budgeting mechanism that was based on academic performance and society relevance was the driving force of this process.

During the last decade the Finnish science and technology sector has developed from an isolated and poorly cooperative academic research community to a vital networking system of various stakeholders of a post-modern society. Finland has had a clear policy to develop a new entity known as the national innovation system. The new approach is based on strong cooperation and partnership between the industries and research organisation and institutions of higher education. The component of Europeanisation and internationalisation is in the hard core of the national innovation system.

New knowledge is produced by universities and polytechnics, research institutes and business enterprises, among others. The foremost users of knowledge are enterprises, private citizens, and policy-makers and administration responsible for societal development. The prerequisites of knowledge-based development are created within different policy sectors.

The national science, technology and innovation policies are formulated by the Science and Technology Policy Council, which works under the Prime Minister (Science and ... 2006). The organisations with primary responsibility for science and technology policy are the Ministry of Education and the Ministry of

Trade and Industry. The Ministry of Education is in charge of matters relating to education and training, science policy, institutions of higher education, and the Academy of Finland. The Ministry of Trade and Industry deals with matters relating to industrial and technology policies, the National Technology Agency (Tekes) and the Technical Research Centre of Finland (VTT). Nearly 80% of the government research funding is channelled through these two Ministries.

The innovation system approach has also been gaining importance within regional development. The Finnish network of higher education institutions, technology centres, centres of expertise and other similar operational players have promoted innovation in the regions to the extent that we are speaking about regional innovation systems and their development.

The success of the national knowledge-based strategy entails (Knowledge, innovation ... 2003):

- 1) The capability for constantly generating new high-standard and relevant knowledge
- 2) Efficient and unimpeded diffusion of knowledge and know-how
- 3) Advanced capability for exploiting knowledge produced abroad
- 4) Effective horizontal partnerships in the domain of knowledge which permeates society, as a result of

which

- 5) Network-building across sectoral boundaries comes naturally.

Through the innovation system, Finland has identified the strength areas - the national competencies - and invested in their systematic development. Alongside technological innovation, the focus is increasingly on the promotion of social innovation. This will ensure that technological and economic development will not diverge from societal and social development.

Research and education in cooperation with Russia has been defined as one of the main goals of the Finnish strategies. Especially, in the forest sector, Russia related activities are seen as important since timber imports and industrial cooperation between Finland and Russia have a key role in the development of the European market for forest products and ecosystem services.

### **Technology and knowledge transfer - challenges for research and education**

The rapid development in every field of society has made it necessary to develop efficient methods of transferring knowledge. Collaboration between research/ educational institutions and industries and the public stakeholders of societies has developed in 90s but still people and their skills are under-utilised in this respect.

The role of expertise and experts in a university is a key factor for a successful performance. New management and leadership are about trying to find a good balance between the needs of individuals and the organisation. This target is especially important since financing of institutions, with respect to increasing work load, has been difficult during the last ten years. Future perspectives are predicted not to be any rosier. Everybody in the organisation has to be flexible in order to meet rapidly evolving challenges. Commitment to educational and research targets of a society and the relating needs and arrangements of funding are not only the responsibility of managers and leaders, but also increasingly the responsibility of every research scientist or teacher in an organisation. The commitment to the targets of a society is an elementary part of everyone's personal accountability.

### **Concepts of knowledge and technology transfer**

In her science and technology policy, Finland has adopted a modern concept to improve the knowledge and technology transfer process through strengthening and expanding the developmental periphery of the research organisations and the universities. The units of developmental periphery are expert offices which work on transfer matters, industrial contact, intellectual property development, continuing education and fundraising. Typically they can also be interdisciplinary, project oriented research and development centres which organise collaboration between different research units and enterprises (Clark 1998). In the new university law great emphasis has been placed on the responsibility to develop society in addition to high quality scientific research and academic education.

In order to improve a traditional transfer process from a master (professor, senior scientist) to a novice (students, junior scientists) and to society, a great number of business incubators have been developed in the university cities. Students who have gained expertise and skills during their studies can study business management, leadership and further develop business ideas in an innovative environment. Often young talented people are even financed by the public funds before they move to real business.

In the realisation of her innovation strategy, Finland has followed the networking concept of the European Business Innovation Centres that was introduced by the Round Table of the European Industrialists (ERT 1992). In order to make the innovative process more effective and in order to improve the capability of interactive teamwork among the various parties the Ministry for Internal Affairs started a programme for developing Centres of Expertise in 1994 (Centre of ... 2003). The Centres of Expertise were developed for increasing connections between companies and researchers of the universities and research institutes. Combining different sorts of skills and knowledge in a Centre of Expertise enables young people to solve practical problems critical to the economic and social development of changing societies (Clark 1998).

The aim is to support the development of specialisation and to strengthen expertise of strong areas of entrepreneurship, research and education in different regions of Finland. The programme launched two expertise centres related to the forest sector. The country-wide networking centre is working on mechanical wood processing and the Joensuu Expertise Centre is working on wood technology and forestry. The networks are connecting a great number of stakeholders in Finland and abroad for improving the competence in the pressure of the other strong industrial clusters.

The centres of expertise for the future will be selected by the Ministry of Internal Affairs in a couple of months. This selection will direct the basis of specialization of different regions in the country. Recently, in summer 2006 the science and technology council together with the industries made an initiative to establish a new concentration of science and technology institutions for supporting the innovative development of the forest sector.

### **Forest know-how will be strengthened NFP directs the actions**

For strengthening sustainable forest management in Finland the Ministry of Agriculture and Forestry started preparing a National Forest Programme (NFP) at the end of last decade. The Finnish government approved the programme in 1999 and placed a strong emphasis on a balanced development between the cultural, economical, ecological and social dimensions of sustainability. The aim of the National Forest Programme is to improve forest-related know-how through a stronger innovation based on research, education and expanding internationalisation and retaining its international position amongst the highest ranks (National Forest ... 1999, The Strategy of ... 2003). The revision of the National Forest Programme 2010 was started in autumn 2005 (Finland's National...2006).

According to the NFP the forest cluster based research and education has traditionally been and will be one of the cornerstones of the Finnish knowledge based society. The research and development activities of the forest industry have been quite constant during the last decade amounting to EUR 110 million in 2003 (3.3% of all business enterprise research and development expenditure in Finland). The proportion of money spent on research and development within the paper industry has been considerably larger than in the wood products industry.

Forest ownership and timber production in Finland is based on small-scale family properties. Family based ownership is not capable of providing finance for the forest research. The expenditure on forest research is to a great extent, based on public funding and amounts annually to approx. EUR 60 million. The increased research funding within the public sector has been channelled mainly through the Technology Development Centre (Tekes) and the Academy of Finland. The opportunities to finance traditional research in forestry fell in 1995 due to the restructuring of the Academy in Finland, including the fact that the Agriculture and Forestry Boards of the Academy were closed. The strong commitment to the research policy and cooperation in the European Union together with the growing importance of IT-sector has resulted in a new orientation and slightly diminished the opportunities of forest research in Finland.

The extension of knowledge and skills demand an effective and accessible system for various stakeholders who are interested in forests in society. As one outcome of the NFP and as part of the national innovation system a Future Forum on Forests started work in 2003. Its task is to define important development targets for the creation of innovations, to gather experts and customers within the field together and to forecast future demands. In order to discover new aspects, experts from the whole forest cluster, and even from the outside, are called upon to pool their input. The arrangements are co-ordinated by the University of Joensuu, appointed by the Ministry of Agriculture and Forestry (Future Forum ... 2004). The second phase of the forum for the next three years started in 2005.

### **The Finnish Forest Research Institute**

The Finnish Forest Research Institute (Metla) is the biggest concentration of research capacity in the field of forestry in Finland and is working under the control of the Ministry of Agriculture and Forestry. Metla's mission is to promote through research ecologically, economically and socially sustainable development of the forests and forestry. It conducts research and generates research information about the forest nature and environment, the different uses of forests, and about forestry and the forest cluster. Research is organised into problem-oriented projects and multi-disciplinary research programmes. Metla also carries out commissioned projects to meet the information requirements of its customers (Finnish Forest ... 2006).

In recent years, the research budget of the Metla has been about EUR 30 million, of which more than 90% has been direct government funding from the Ministry of Agriculture and Forestry. The above mentioned poor capability of forest owners to support forest research has resulted in the low share of research funding from the sources outside the governmental basic budget line. There are about 700 people working in the nine research units in different regions of the country.

According to the NFP (1999) which is guiding the research, especially in Metla, research will become more customer oriented. An approach, which could be called "from the markets to the forest" shall be adopted instead of the traditional target "from the stump to industry". According to the latest policy initiatives and committee reports the restructuring of the organisation will be a challenging task in the near future. The aim is to develop strong research concentrations through decreasing decentralisation and through improved cooperation with universities and other research organisation. This development challenge has been strongly connected to the technology platform initiative of the EU (Forest Based...2005).

### **Other forest research and development organisations**

The Finnish Forest industries related research organisations are Metsäteho and the TTS Institute. Metsäteho's research and development work is designed to complement R&D work done elsewhere in the forest industries cluster. Metsäteho also takes part in large customer-oriented research projects where wood production and wood procurement are seen as parts of the chain of production extending from the forest to the end user. In recent years environmental issues have become increasingly important (About Metsäteho 2004). The number of staff totals 12 (Metsäteho Oy:n...2006). The institute is located in Helsinki.

The TTS Institute (Work Efficiency Institute) is a research, development and training institute for agriculture, forestry, home economics and other related fields. It was established in 1924 and operates in four localities. Besides its research, development and training activities, the TTS Institute also provides information services. During the last years the department of forestry of the Institute has placed emphasis on wood energy research. There are about 15 staff members in the department, whilst the whole institute totals 160. The institute is located in different regions of southern Finland.

Pellervo Economic Research Institute (PTT) focuses on question relating to regional economic development and regional policy, the problems of co-operative and small and medium size enterprises and selected public sector themes. In forestry economics, research focuses on the functioning of roundwood markets and the behaviour of private forest owners, and selected aspects of the national and international forestry industry. There are about 5 forest researchers in the institute (Pellervo Economic...2006).

In addition to forest research organisations the development centre, Tapio, is responsible for the practical promotion of sustainable forest management. It forms an important link between the research organization and field organization of the forest sector. There are about 100 people working in Tapio, almost all in the headquarters in Helsinki (Tapio 2006).

### **The role of the university sector**

University based forest research is part of the Finnish Science Policy and is the responsibility of the Ministry of Education. The most important research financing organisation is the Academy of Finland. The key aims and priorities in Finnish science policy are (Finnish Science Policy ... 2006):

- To effect a substantial increase in research funding and maintain the GDP share of R&D at a world top level. The additional funding will be allocated to strengthen basic research, researcher training and research infrastructure, to promote research careers and to boost social innovation;
- To step up the development of centres of excellence;
- To promote national, European and international networking in research: to make use of EU research programmes, other international research schemes and bilateral arrangements;

- To support research especially in fields relevant to knowledge-intensive industries and services, such as biotechnology;
- To intensify cooperation between the users of the research system and research findings and the diffusion of research findings;
- To promote the commercialisation of research findings and the creation of new business and the utilisation of research findings and technology;
- To make input into impact analysis and the evaluation of the state and performance of the research system.

The Ministry of Education has nominated 42 Centres of Excellence among them there is one directed towards forestry. The Centre of Excellence on Forest Ecology and Management, led by Professor Seppo Kellomäki, in the University of Joensuu has gained high appreciation in the global scientific community and has efficient network connections on the basis of EU research programmes. Another group related to forests is led by Professor Palva in Helsinki and is working on plant molecular biology and forest biotechnology (Centres of Excellence... 2004). The only Ministry funded researcher training programme for PhD education in forest science is also led by professor Seppo Kellomäki. It provides study and funding opportunities for students from the two faculties (U. of Helsinki and U. of Joensuu) who offer education in forestry but also for students from other universities (Graduate School ... 2004). In addition to the national programme the faculties have their own programmes for the PhD studies.

The Faculties of Agriculture and Forestry are located in the capital city, Helsinki, and the Faculty of Forestry in Joensuu, 460 km to the north-east from Helsinki in the North-Karelia province. The strategic directions of the two faculties are similar. According to the value basis, the Faculty of Agriculture and Forestry in Helsinki is working for the promotion of the sustainable use of natural resources through scientific research and teaching based on it (Faculty of Agriculture ... 2004). The forestry departments of the faculty are placing great emphasis on the internationalisation of the degree programmes. There were about 120 persons working in the field of forestry in the Faculty according to personnel catalogue in August 2004.

According to the information package of the Faculty of Forestry of the University of Joensuu the Faculty conducts internationally high standard forest research and produces professionals with excellent cooperation and management skills for forest and environment related fields in Finland and abroad. The faculty is placing special emphasis on research of boreal forestry. The strategic direction in education is to actively participate in European networking. There were about 110 persons working in the faculty in August 2004 according to the personnel catalogue.

Forestry Education, number of students graduating annually in Finland (Helsinki and Joensuu), 1998-2002 (Statistical Yearbook...2005).

| Degree | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|--------|------|------|------|------|------|
| MSc    | 113  | 103  | 88   | 77   | 101  |
| PhD    | 21   | 15   | 21   | 20   | 16   |

The traditional Finnish four year MSc programme was replaced according to the European standards by the new five year MSc programme in 2005. The new programme will be more clearly structured, than previously, in two cycles (3 year BSc and 2 year MSc). The Ministry of Education is placing a strong emphasis on quality of university teaching. The Finnish Higher Education Evaluation Council has nominated the Faculty of Forestry to a National Quality Unit of Higher Education for the years 2004-2006 (Faculty of Forestry ... 2004).

Finland has put a great emphasis in the development of cooperation with the Russian universities. One of the latest outcomes is the Cross Border University (CBU) which aims to joint curriculum development and jointly organised degree programmes in different fields of the academic education. A new programme (Forestry and Environmental Engineering) will start in 2007. Two Russian universities (Petrozavodsk State University and St. Petersburg State Polytechnic University) and three Finnish universities (University of Helsinki, University of Joensuu and Lappeenranta University of Technology) are jointly organising the programme.

The professionally oriented higher education takes place in seven polytechnics. The degree is called in Finland Forestry Engineer or BSc (Polytechnic) and is recognised as an ordinary BSc in many European countries. The number of students who graduated from the seven polytechnics has been close to 300 in his

decade. In addition a great number of different educational units offer education for forestry workers, mechanics, machine operators and machine technicians. The total number of degrees from the upper secondary education has annually been a little bit higher than 600 in the last years.

### **Networking as a strategic challenge**

#### **From line organisations to flexible structures**

The national science, technology and innovation policies and strategies of the Finnish Science and Technology Council, Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of Education place a great emphasis on networking between domestic and international institutions in the European Union and in other countries. Networking is a programmatic and pragmatic concept of federalism and yielding. It is based on the voluntary alliance of universities or research institutes, who understand that their own autonomy and independence will be best served by working together (Policy Perspective 1993). The networking concept for the Finnish universities and research organisation was introduced according to the model of the EU by mid 90s. This development was further strengthened through the policy that led to the partnership programme of the UN Conference on Sustainable Development in Johannesburg in 2002.

The basic policy of the European Union is to provide networks with seed funding only. The partners of a network can show their commitment through self-funding either in cash or in kind. The aim is to combine resources from different organisations in order to increase strong partnership, collaboration and new innovations. The Finnish government has provided networking related to forestry with reasonable funding.

#### **EFI - networking for research**

EFI is an independent non-governmental organisation conducting European forestry research. It is a perfect example of a research institute using its full networking potential. It has already been a Finnish association for ten years, and the EFI has got a new international status in 2006 (Organisation 2006).

EFI's mission is to promote, conduct and co-operate in the research of forestry and forest products at the pan-European level. The institute is responsible for making the results of the research known to all interested parties, notably in the areas of policy formulation and implementation, in order to promote the conservation and sustainable management of forests in Europe (EFI 2004). During the last few years EFI has actively participated in the development the technology platform initiative of the EU.

EFI has 130 member organisations from 38 countries. The members cover such a broad range of interests that it makes the EFI the leading forestry research network in Europe. The benefits of membership include: voting rights in the decision making, access to data banks, publications free of charge, preference in EFI studentships and fellowships and priority participation in EFI events. Members enthusiastically utilise the network created by EFI "as a means of proposal development, exchanges of researchers and interaction within and between Regional Project Centres." (EFI Annual Report 2001)

The headquarters of EFI is located in Joensuu in Finland. EFI Regional Project Centres respond to the need to give expression to regional or topic research needs - without compromising the European dimension. Regional Project Centres (RPCs) are consortia between EFI members and other relevant partners. They carry out research within the scope of EFI's research strategy and under the EFI name and scientific umbrella. As of the end of 2001 EFI had 6 RPCs from St. Petersburg in Russia to Solsona in Spain.

#### **Networking in university education**

As an important part in the European integration process, the EU has strongly promoted cooperation and people-to-people exchanges between universities since the 1980s. The mobility of students and teachers, joint study modules and programmes are typical outcomes of the Socrates Erasmus programme within the European Union in the field of higher education. The Thematic Network Programme (Socrates Erasmus) is an efficient tool to cooperative actions for developing the academic education. The European Union has also opened channels of networking to non-EU countries throughout the World. Phare, Tacis, Intas and Interreg have provided funding for collaboration. Especially in the field of higher education and human capacity building special programmes have been developed for North America, Latin-America, Asia and non-EU Europe. The new Erasmus-Mundus will open an excellent funding mechanism for the students from countries outside the European Union.

### **SILVA - a network for higher education**

Seven European universities involved in forestry education founded the SILVA Network in 1989 under the EU ERASMUS programme as an Interuniversity Co-operation Programme (ICP). Today the SILVA Network is an academic network including most of the universities involved in Forestry education in the European Union and in other European countries (SILVA network 2004). It gathers together 46 member institutions from 27 European countries. The partners in the EU started by exchanging students and staff members under the Socrates Erasmus programme. In the future more and more emphasis will be given to discussions on academic forestry education, joint curriculum development and joint degree programmes, to distance education projects, and to teacher exchanges. The current home institution of the SILVA Network, since 1997, is the University of Joensuu (Finland). The Russian member institutions are Mari State Technical University, Moscow State Forest University, Petrozavodsk State University, Saint-Petersburg State Forest Technical Academy and Syktyvkar Forest Institute.

In May 1998 the SILVA network took an initiative to prepare the first proposal to the inter-continental EU-Canada co-operation programme. The mandate was renewed this year on the basis of the coordination from the University of Freiburg in Germany. The SILVA network is carrying out an Asia-Europe Forestry Exchange Programme (ASEFOREP), which started in September 2000. The Alfa exchange programme for the Latin-American countries approved this year the SILVA application (coordinator TUM in Munich, Germany). AFANet – Thematic Network for Agriculture, Forestry, Aquaculture and the Environment has provided Silva network with the cooperation opportunities to develop the European dimension to forestry education and to prepare the Pan-European teaching module "Forestry in Changing Societies in Europe". The new direction in the SILVA cooperation are auditing, quality assurance and ethical responsibility.

The MSc European Forestry provides an additional dimension to the already existing educational markets in forestry and nature management in Europe. It is jointly organised by six member universities of SILVA. The Erasmus/IP provides funding for the joint modules which are held in SLU in Sweden and BOKU in Austria.

The Ministry of Education in Finland has realised the strategic importance of networking in forestry education and provided basic funding for the SILVA network. The sense of responsibility of the Ministry has been significant in order to guarantee the quality and volume of the academic forestry education in the integration process of the European higher education area. The next network related challenge is to participate in the development of the global partnership called IPFE.

### **New directions for education and research**

#### **Changing contents**

A great majority of young people who have started their forestry studies in the Finnish universities have been understandably interested in forests as a natural environment. According to a stereotyped characterisation forestry students like hiking deep into the forest, far from metropolises and city life. The dimensions of the modern sustainability concept, as they are defined by the increasing population of city dwellers, may be in good agreement with that stereotyped characterisation and not so well with the content of traditional forestry education based on a more on utilitarian viewpoint.

Forestry has been affected by turbulent changes in Finland. Towards the end of the 20<sup>th</sup> century the number of stakeholders interested in forestry has increased due to internationalisation and globalisation of trade and environmental movements. In this context forests are widely seen as a common, global resource, producing environmental and ecosystem services through the basic ecological processes like carbon and water cycle and through maintaining biodiversity. A new challenging task is based on the latest development in the energy sector. Finland has been always strong in the utilising of bioenergy and the new policy documents of the EU are very demanding in this respect (Biomass Action ...2005, An EU Strategy...2006).

The key role of sustainable forest management as defined in the Bruntland Report (Bruntland 1987), has been widely accepted as the basic concept of forestry education and research in Finland. The relatively recently introduced social and cultural elements of sustainability offer a great challenge for curriculum development and for defining new areas of research projects. Traditionally great emphasis has been placed on the economic and ecological as well as technological aspects of forestry. The socio-economic dimension is seen as a strong development area according to the latest interviews and studies, whilst the socio-cultural aspects of forestry are still taking the first steps in the forestry education and research in Finland. In order to find a balance between the different dimensions of sustainable forest management, forestry as a professional and educational area has to place more emphasis on inter-disciplinary expertise.

Social responsibility is a core phrase of business management of today. The role of defining the values for the market is increasing and this trend will brand the first decades of this century. Forestry education and research should be able to provide tools to analyse sustainable forest management with respect to the basic values of humanity. Forestry education together with forest science has to be able to define the credible balance of rights and responsibilities of human thinking and actions along the long chain between the local people who are working in and for the forests and global stakeholders who are working for the forests.

### **Virtualisation – a new challenge**

Virtual education is an imperative outcome of the integrated European higher education area in Finland. Forestry education can learn from other disciplines and at the same time try to find the best possible practices for its own field in virtualisation. On the basis of first experiences in Finland there is no need to make any total change for virtualisation but better to combine step by step traditional contact teaching with the methods of internet based teaching and learning. The benchmarking of IT-applications for forestry will show the most suitable areas and the priorities of development between the field courses, laboratory courses or traditional lecturing. Even though careful piloting is important, in addition serious attempts for using ICT are needed towards real courses, rather than various demonstration events without any ambitions of degree teaching and learning. The new CBU initiative of Finland and Russia will apply this new educational challenge.

### **Concluding remarks**

- 1) It is unlikely that the weak, even nonexistent forest policy of the European Union will direct and offer good preconditions for the academic forestry education and research in Europe.
- 2) There will be strong influence on forestry education and research from agricultural, environment and energy policies.
- 3) The increasing competition and adoption of the consequences of the Bologna process and the requirements to create critical mass in research units will underline networking and partnership.
- 4) Forestry education and research as a relatively small player in the European higher education area and research sector need active cooperation with other forest and forestry related sciences.
- 5) Europeanisation means also Global challenges and responsibilities.
- 6) Forestry education and research has to be flexible, and proactive in the current high pressured environment.
- 7) The balanced approach to the different dimensions of sustainable forest management is a key factor for both education and research; from ecological, economical and technological aspect to social and cultural dimensions.
- 8) From a self-centred to an extrovert area of science.

### **References:**

- About Metsäteho 2004. <http://www.metsateho.fi/index.html>
- Action Plan for the Northern Dimension in the External and Cross-Border Policies of the European Union 2000-2003. 1.10.2003. [http://europa.eu.int/comm/external\\_relations/north\\_dim/ndap/06\\_00\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/external_relations/north_dim/ndap/06_00_en.pdf)
- An Eu Strategy for biofuels. 2006. Communication from the commission, COM(2006) 34.
- Biomass action plan. 2005. Communication from the commission, COM(2005) 628.
- Brundtland, G. (ed.) 1987. Our Common Future: The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. 398 pp.
- Carlowitz, C. H. von. 1713. Sylvicultura Oeconomica. Leipzig. 432 pp.
- Centres of Excellence in Research. 2004. <http://www.aka.fi/index.asp?id=6BE90AA2F89F43CBB4378FB3BBCCA778>
- Centre of Expertise Programme. 2003. [http://www.oske.net/in\\_english/](http://www.oske.net/in_english/) (30.08.04)
- Clark, R.C. (1998) Creating Entrepreneurial Universities: Organisational Pathways of Transformation. IAU Press/Pergamon
- Consolidated Version of the Treaty on European Union 2002, European Union (2002/C 325/01), [http://europa.eu.int/eur-lex/en/treaties/dat/EU\\_consol.html](http://europa.eu.int/eur-lex/en/treaties/dat/EU_consol.html) (30.08.04)

- Draft Treaty Establishing a Constitution for Europe. 2003. <http://europa.eu.int/eur-lex/en/treaties/dat/constit.html> (30.08.04)
- EFI Annual Report 2001. European Forest Institute.
- European Forest Institute. 2004. <http://www.efi.fi/> (30.08.04)
- ERT (1992) Rebuilding Confidence: An Action Plan for Europe proposed by the European Round table of Industrialists. ERT.
- Faculty of Agriculture and Forestry. 2004. <http://honeybee.helsinki.fi/ENGLISH/index.htm> (30.08.04)
- Faculty of Forestry. 2004. <http://www.joensuu.fi/forestry/index.html> (30.08.04)
- Finland's National Forest Programme. 2006. <http://www.mmm.fi/en/index/frontpage/forests/nfp2010.html> (27.9.2006)
- Finnish Forest Research Institute. 2006. <http://www.metla.fi/> (27.9.2006)
- Finnish Science Policy. 2006. <http://www.research.fi/en/sciencepolicy> (27.9.2006)
- Finnish Russian Cross Border University. 2006. <http://www.joensuu.fi/cbu/> (27.9.2006)
- Future Forum on Forests. 2004. <http://www.metsaforumi.fi/forum.htm> (30.08.2004)
- Graduate School in Forest Science. 2004. <http://gis.joensuu.fi/gsforest/> (30.08.2004)
- Knowledge, innovation and internationalisation. 2003. Science and Technology Policy Council of Finland. Helsinki, Metsäteho Oy:n henkilöstö. 2006. <http://www.metsateho.fi/asp/system/empty.asp?P=2421&VID=default&SID=956114429766043&S=0&C=27532> (27.9.2006).
- National Forest Programme. Ministry of Agriculture and Forestry. 1999. <http://www.mmm.fi/kmo/english/2010en.pdf> (30.08.04)
- Organisation. 2006. <http://www.efi.fi/organisation/> (27.9.2006)
- Pellervo Economic Research Institute. 2006. (27.9.2006)
- Policy Perspectives June 1993 Volume 5 Number 1 Section A. Policy Perspectives. The Pew Higher Education Roundtable Program.
- Realising the European Higher Education Area, Communiqué of the Conference of Ministers Responsible for Higher Education in Berlin on 19 September 2003. 1.10.2003. <http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/Communique1.pdf>
- The Priorities of the Sixth Framework Programme 2002-2006. <http://www.europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/en/special-fp6/index.html> (25.08.2004)
- SILVA network. 2004. <http://gis.joensuu.fi/silva/> (30.08.04)
- Statistical Yearbook of Forestry 2005, The Finnish Forest Research Institute, Helsinki
- The Strategy of the Department of Forestry of the Ministry of Agriculture and Forestry. 2003. Ministry of Agriculture and Forestry. Helsinki. (in Finnish)
- Tapio 2006) <http://www.tapio.net> (27.09.2006).
- TTS Institute 2004) <http://www.tts.fi/uk/index.html> (30.08.04)

## Секция: НАУКИ О ЗЕМЛЕ

### ПРОЦЕССЫ НАКОПЛЕНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ ФОСФОРА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОНЕЖСКОГО И ЛАДОЖСКОГО ОЗЕР

Н. А. Белкина

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Онежское и Ладожское озера – это уникальные крупнейшие глубоководные, холодноводные озера Европы. Фосфор донных отложений Ладожского и Онежского озер изучается на протяжении более чем 40 лет (Семенович, 1966; Васильева 1969, 1975, 1980, 1988, 1990, 1999; Игнатьева 1987, 1992, 1993, 1996, 1997, 1999, 2000, 2002; Белкина, 1999, 2003). Содержание и фракционный состав фосфора донных отложений может служить хорошим индикатором экологического состояния водоема. Фосфор поступает на дно водоема в составе автохтонного и аллохтонного детрита, коллоидных гидроокисей железа и терригенных минеральных частиц. В донных отложениях соединения фосфора подвергаются различным превращениям: минерализации фосфорсодержащего органического вещества, сорбции и десорбции, включению в состав аутигенных минералов, биологической утилизации различными бентическими сообществами.

Воды обоих озер насыщены кислородом, маломинерализованы: концентрация главных ионов составляет для Ладожского и Онежского озер соответственно 63 и 37 мг·л<sup>-1</sup>. По уровню трофности северная открытая часть Ладожского озера сопоставима с олиго-мезотрофными экосистемами, а район Сортавальских шхер - с эвтрофными. Большая часть водных масс Онежского озера сохранила олиготрофный характер, трофический статус Кондопожской губы характеризуется как мезотрофный.

Дно исследованных озер практически полностью покрыто чехлом четвертичных отложений. Основным поставщиком взвешенных веществ в Онежское озеро являются крупные реки Шуя, Суна и Водла, откуда в озеро попадает около 70 % от всего химического стока с бассейна. По данным Сабылиной (2004) с речным стоком в Онежское озеро поступает 705 т фосфора в год, со сточными водами – 203 т. Основная нагрузка приходится на Петрозаводскую губу. В донные отложения водоемов фосфор поступает с пелитовой фракцией (<0.01 мм). В результате чего распределение фосфора в поверхностном слое донных отложений крупного водоема определяется механическим (гидродинамическим) барьером. Многолетние наблюдения показывают, что в результате антропогенного воздействия закономерности пространственного распределения фосфора в донных отложениях Онежского озера нарушаются, повсеместно наблюдается устойчивый рост его содержания, особенно в северо-западных заливах.

Так же как и в Онежском озере, седиментогенез в открытой части Ладожского озера определяется динамическим фактором, в то время как его влияние для некоторых заливов сведено до минимума. Широкий размах варьирования темпа осадконакопления фосфора в зависимости от типа донных отложений, морфометрии и степени антропогенного воздействия в разных частях озера является типичным для больших озер (Игнатьева, 1997).

С целью выявления закономерностей трансформации фосфора в поверхностном слое донных отложений в зависимости от степени антропогенного воздействия был изучен фракционный состав неорганического фосфора: лабильный фосфор (сорбирован на твердой фазе осадка), алюминий-связанный фосфор, железо-связанный фосфор; кальций-связанный фосфор. По гранулометрической характеристике в основном изученные осадки представляют собой мелкоалевритовые, алевритово-пелитовые, на глубинах > 90 м - пелитовые илы, в заливах - крупноалевритовые илы.

Среднее содержание общего фосфора в поверхностном слое исследованных иловых донных отложений обоих озер выше кларка (0.07 %, здесь и далее расчет сделан на воздушно-сухую навеску).

Для Ладожского озера оно колеблется от 0.1 до 0.3 % и увеличивается с ростом глубины водоема и степени дисперсности осадка. Для Онежского озера изучение состава поверхностных взвесей (слой донных отложений 0-0.3 см) показало, что его содержание для осадков аккумуляционных зон разных районов водоема близки (около 0.2%).

Независимо от гранулометрической характеристики исследованных осадков фосфор в основном содержится в форме неорганических соединений. Доля органического фосфора в исследованных осадках составляет в среднем 30 %, хотя содержание органической фракции в поверхностном слое (0-1 см) иногда достигает 70 % от  $P_{\text{общ.}}$ . Например, фракционный состав фосфора донных отложений исследованных осадков Ладожского озера распределился следующим образом: средние значения Fe-связанного фосфора ( $P_{\text{Fe}}$ )-35.3 %, Ca-связанного ( $P_{\text{Ca}}$ ) – 28 %, Al-связанного ( $P_{\text{Al}}$ ) - 7.7 %, доля лабильной фракции ( $P_{\text{lab}}$ ) незначительна и составляет менее 0.1 %, органического фосфора ( $P_{\text{орг.}}$ ) – 29%. Фракционный состав донных отложений (0-15 см) пелагиальной зоны Ладожского озера однороден и отвечает формуле: 39.8 %  $P_{\text{Fe}}$ , 24.4 %  $P_{\text{Ca}}$ , 7.3 %  $P_{\text{Al}}$ , 0.1 %  $P_{\text{lab}}$ , 28.4 %  $P_{\text{орг.}}$ .

Для осадков, расположенных в зоне аккумуляции сточных вод городов Питкяранта и Сортавала, Кондопога характерно более низкое содержание  $P_{\text{Fe}}$  (до 0.03%), причиной которого может быть как характер поступающего седиментационного материала, так и сезонный кислородный дефицит в придонных слоях воды, вызывающий восстановление трехвалентного железа и поступление фосфатов из донных отложений в водную толщу в процессе диффузии. Доля  $P_{\text{Ca}}$  превалирует над другими фракциями.

Несмотря на существенные различия, стратификация природных донных отложений Ладожского и Онежского озер имеет определенные черты сходства, обусловленные положением геохимического барьера в поверхностном слое осадка: верхняя часть колонки (1-5 см) состоит из жидкого тонкого коричневого ила (окисленный слой), затем уплотненные участки в виде корочек - железисто-марганцевых конкреций (окислительно-восстановительная граница), далее идет плотный ил серых или серо-коричневых тонов (восстановленный слой), в основании - глина. Донные осадки, отобранные в районах, подверженных наибольшему антропогенному влиянию, по внешнему виду значительно отличаются от природных, поскольку положение окред-границы совпадает здесь с границей раздела фаз между кислородо-насыщенными водами придонного горизонта и восстановленными органогенными донными накоплениями.

Вид вертикального концентрационного профиля является результатом процессов трансформации фосфорсодержащих органических и неорганических соединений в толще отложений и зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются тип донных отложений, темп осадконакопления, морфометрия озерной котловины, состав аллохтонного материала, условия осадконакопления в предыдущие годы, активность бентических организмов. Полученные вертикальные концентрационные профили можно разделить на 4 группы.

1 группа – профиль близок по форме к экспоненциально убывающей по глубине осадка кривой. Убывание содержания  $P_{\text{общ.}}$  с глубиной в осадке происходит вследствие восходящей диффузии фосфат-ионов, образующихся в результате минерализации фосфорсодержащего органического вещества и десорбции фосфатов при восстановлении гидроокислов железа в восстановительной зоне отложений.

2 группа - выявлено наличие локальных максимумов, что свидетельствует об интенсивных диагенетических преобразованиях органического вещества в зоне геохимического барьера на Oх-Red – границе, где часто  $P_{\text{орг.}}$  отсутствует.

3 группа - отличается наличием рудной прослойки которая замедляет вертикальную миграцию соединений фосфора в осадке.

К 4 группе относятся концентрационные профили в колонках отложений, отобранных в эвтрофных заливах, подверженных наибольшему антропогенному влиянию. Верхний слой обогащен фосфором, в слое 1-2 см его содержание уменьшается вдвое и далее по глубине практически не изменяется, что говорит о более высоких скоростях минерализации органического вещества на поверхности донных отложений по сравнению с толщей. Содержание  $P_{\text{lab}}$  во всех пробах незначительно. Уменьшение содержания фракции органического фосфора происходит здесь с накоплением  $P_{\text{Fe}}$ . Накопление этой фракции фосфора потенциально может привести к залповому поступлению фосфат-ионов в водную толщу при дефиците кислорода в придонных водах. (Sandman *et al.*, 2000).

Изменение седиментогенеза фосфора в районах, подверженных антропогенному воздействию (Сортавальский и Питкярантский заливы Ладожского озера и Кондопожская губа Онежского озе-

ра), проявляется в высоких значениях внутренней фосфорной нагрузки в этих районах (до  $1.3 \text{ мг Р м}^2 \text{ сут.}^{-1}$ ) по сравнению с центральными ( $0.03 \text{ мг Р м}^2 \text{ сут.}^{-1}$ ). Удерживающая способность антропогенных накоплений 30-50%. Донные отложения в этих районах являются значимым источником вторичного поступления фосфора в водную массу озера, сравнимого с поступлением фосфора от внешних точечных источников. В донных отложениях центральных районов озер преобладают процессы его накопления.

## **КАРЕЛИЯ – НОВАЯ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНАЯ ПРОВИНЦИЯ РОССИИ: МИНЕРАГЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТИПЫ ОРУДЕНЕНИЯ**

**А. И. Голубев, В. И. Иващенко, Л. В. Кулешевич,  
М. М. Лавров, В. Д. Слюсарев, Н. Н. Трофимов**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Важнейшим результатом металлогенических исследований последних десятилетий на территории Карелии стало обоснование выделения в ее пределах новой благороднометальной провинции России, предопределявшееся выявлением ряда месторождений и рудопроявлений золота и платиноидов (Платина России 1994, 1995, 1999; Проблемы золотоносности ... 1997; Металлогения Карелии 1999; Минерально-сырьевая..., 2005 и др.).

В зависимости от геологической обстановки и возраста благороднометальные проявления и месторождения Карелии выделяются в пределах архейского Карельского кратона, палеопротерозойских зеленокаменных поясов, Беломорского мобильного пояса и Свекофеннского домена.

Геологические обстановки платиноидной и золоторудной минерализации определяются в первую очередь геодинамическими условиями выделенных тектоно-магматических циклов: лопийского (3,3-2,5 млрд.лет), карельского (2,5-1,95 млрд.лет), свекофеннского (1,95-1,65 млрд.лет) и рифейского (1,65-1,1 млрд.лет), каждому из которых присуща своя металлогеническая специфика, в том числе и на благороднометальное оруденение.

В Карелии известно более 200 проявлений и месторождений золота и платиноидов и только малая их часть относится к перспективным типам благороднометального оруденения (табл. 1, 2), наиболее широко проявленным в Онежском, Костомукшском и Северо-Ладожском рудных районах. С позиций возможного горнорудного освоения среди данных металлогенических таксонов наиболее предпочтительным представляется Онежский рудный район. Он является уникальным мировым объектом по масштабам и уровню концентраций восстановленных форм углерода (шунгита) в раннем протерозое, отражающим интенсивность и длительность эндогенного рудообразования в связи с трапповым магматизмом. С данным магматизмом связано комплексное благороднометальное оруденение нескольких рудно-формационных типов: полигенного черносланцевого Cu-U-Mo-V (падминский тип – 100 т МПГ, 70 т Au, т V и др.), титаномagnetитового Ti-V-Fe-Cu – субвулканические интрузивы в бортах структуры (пудожгорский тип – 370 т МПГ и 160 т Au). В нескрытой эрозией центральной части структуры прогнозируется сульфидный Cu-Ni с МПГ (печенгский) или малосульфидный (норильский) типы в связи с гипабиссальными дифференцированными базит-гипербазитовыми интрузивами. С расслоенным Бураковским массивом связано хромитовое оруденение с благороднометальной специализацией.

В строении Онежского рудного района участвуют структурно-вещественные ансамбли, являющиеся формационно-возрастными аналогами наиболее продуктивных на золото протерозойских комплексов Финляндии с самым крупным в настоящее время на Фенноскандинавском щите золоторудным месторождением Суурикуосикко (>100 т. Au, сод. 6,1 г/т).

Костомукшский и Северо-Ладожский рудные районы перспективны преимущественно на золотометальное оруденение, контролируемое зонами сдвиговых дислокаций и ассоциирующееся с кислыми вулканно-плутоническими комплексами.

Прогнозные ресурсы (C+P<sub>2</sub>) золота и платиноидов на территории Карелии оцениваются соответственно в 400-600 и 900-1000 т.

Таблица 1. Перспективные типы золоторудных проявлений докембрия Карелии

| Проявление (геологическая структура)  | Рудовмещающая толща, (возраст)   | Преобразование пород  | Контроль оруденения   | Формационный тип (минеральный состав руд)  | Содержание Au в г/т                            |
|---|--|---|---|--|--|
| <b>Проявления гидротермального генезиса, ассоциирующиеся с вулканогенным кислым порфировым комплексом, стратифицированные</b> |  |   |   |  |  |
| Койкары (Койкарская структура, Ведлозерско-Сегозерский з/п)   | Вулканогенно-осадочная толща, хемогенные осадки (AR)   | Березиты  | Стратифицированные  | Au-S-Q (золото, пирит, пирротин, халькопирит)  | до 30  |
| Заломаев Ручей (Шилосская структура Ю-Выгозерский з/п)  | Риодациты, дайки кварц-плагио-порфиров (AR)  | Березиты, кварцевые жилы  | Стратифицированные и СЗ зоны расщепления  | Au-S-Q (золото, пирит, пирротин, халькопирит, галенит, шеелит)   | до 4,7-24,2                                    |
| <b>Проявления, ассоциирующиеся с вулканогенным кислым порфировым комплексом, структурно-контролируемые</b>                    |  |   |   |  |  |
| Рыбозеро* (Рыбозерская структура, Южно-Выгозерский з/п)   | Метакоматиты, вулканогенно-осадочная толща, колчеданные руды, дайки плагиопорфиров (AR)                                | Листвениты, березиты, перекристаллизованные колчеданные руды  | Узел субмеридиональных и субширотных разломов, зона расщепления   | Au-S (золото, пирит, халькопирит, блеклые руды, арсенопирит, галенит, сфалерит, алтаит, теллуросвисмутит)  | до 28  |
| <b>Проявления, ассоциирующиеся с малыми гранитоидными интрузиями диоритов, гранит-порфиров и связанными с ними дайками</b>    |  |   |   |  |  |
| Таловейс* (1), Берендей* (2) (Костомукшская структура, Костомукша-Гимольский з/п)   | (1) Гранит-порфиры, диориты (санукитоиды), (2) дайки андези-дацитовые порфиритов, базальты, коматитовые базальты (AR)  | (1) Кварц-серцитовые, кварцевые жилы, (2) сканюиды, кварцевые прожилки  | Узлы ССВ и субширотных разломов, СВ (1), субмеридиональные и СВ трещины(2)  | Au-S, малосульфидный Au-S-Q (золото, пирит, халькопирит, галенит, арсенопирит, леллингит, шеелит, сфалерит, теллуросвисмутиды)   | (1) до 80 и более, ср. 7,9, (2) до 20          |
| Лобаш-1 * (Тунгудско-Воингозерская структура, Парандовско-Тикшезерский з/п)   | Кварцевые диориты и андези-дацитовые порфириты, измененные вулканогенно-осадочные толщи, габброиды, кварц-порфиры (AR) | Кварцевые жилы и прожилки, пропилитизация, биогитизация   | Узел СЗ, субмеридиональных СВ и субширотных нарушений, трещины субмеридионального и СВ простираний                    | Au-S-Q (золото, электрум, теллуросвисмутиды, пирротин, халькопирит, галенит, гессит, сфалерит, пирит)  | до 20 и более                                  |
| Ялонвара (з/п Иломантен - Ялонвара - Тулос)   | Гранит-порфиры, диориты, санукитоиды, агломератовые туфы (AR)  | Березиты, пропилиты, кварц-серцит и турмалин. метасоматиты, кварц. жилы   | Субмеридиональные сдвиговые зоны; системы трещин СЗ и СВ простираний кварцевого выполнения                            | Au-S-Q (золото, пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, галенит, сам. висмут, висмутин, верит, шеелит)   | до 100,0                                       |
| Фаддейн-Келья * (1), Алатту, Пижюля, Янис (2) (С. Приладжье; активная континентальная окраина)                                | (1) Гранитоиды (AR) (2) Тоналиты, габбро-диориты (PR)  | (1) Березиты, карбонат-кварцевые жилы, (2) кварц-серцитовые метасоматиты, березиты, кварц. жилы, турмалинизация | Узел субширотные сдвиговые дислокации, оперяющие трещины, (2) Сдвиговые зоны СВ и ССВ простирания, эруптивные брекчи. | (1) Au-S-Q (золото, пирит, борнит, халькопирит, галенит, сфалерит), (2) Au-S-Q (золото, арсенопирит, сурьма, сульфосоли Pb и Sb, галенит, пирит, халькопирит, сфалерит, молибденит.) | (1) 0,01-175,0, ср. 3,9, (2) до 33,0           |
| <b>Проявления зон расщепления и смятия, приуроченные к глубинным разломам (без явной связи с кислым магматизмом)</b>          |  |   |   |  |  |
| Южно-Костомукшское (Костомукшская, Костомукша-Гимольский з/п)   | Колчеданные руды, железисто-кремнистые толщи (AR)  | Окварцевание  | Зоны субмеридионального и субширотного расщепления  | Au-S (золото, арсенопирит, пирротин, халькопирит)  | до 20  |
| Педролампи * (Ведлозерско-Сегозерский з/п)  | Вулканогенно-осадочный кварц-плагиопорфиры (AR)  | Березиты, листвениты, окварцевание  | Субмеридиональные зоны расщепления по границе разновозрастных толщ  | Au-S, Au-S-Q (золото, пирит, шеелит)   | до 46,0  |
| Группа Няльмозеро-Ведлозеро* (1), Новые Пески * (2), Хорюльская группа* (3) (Ведлозерско-Сегозерский з/п)                     | Вулканогенно-осадочный комплекс (1, 2, 3) и контактовые зоны базит-гипербазитов интрузий (3) (AR)                      | Пропилиты, березиты, листвениты, кварцевые жилы   | Узел субмеридиональных, СЗ и СВ разломов, зона субмеридионального расщепления   | (1, 3) Au-S, Au-S-Q (золото, пирит, пирротин, сфалерит, халькопирит, (1) галенит, сульфосоли, флюшлеп), (2) Au-S (золото, арсенопирит, пирит)  | (1) до 2-7, (2) до 3,2-56,4, (3) до 6-8 и 20,3 |
| Золотые Пороги (Сумозерско-Кенозерский з/п) Шальский (Бураковская интрузия)   | Метакоматиты, вулканогенно-осадочный комплекс (AR) Ультрабазиты (PR)   | Листвениты, березиты<br>Листвениты, кварц-карбонатные жилы  | Узел СЗ, субширотных и СВ разломов, СЗ зона расщепления ССЗ зона расщепления, трещины отрыва                          | Au-S (пирит, халькопирит, арсенопирит, сульфосоли) Au-S (золото, сульфиды)   | до 1-20<br>0,5-17                              |

**Продолжение табл. 1**

|  |  |  |  |  |                             |
|--|--|--|--|--|-----------------------------|
| Майское(1) (Папа-Куолярвинская структура), Райконкоски (2) - Приладожье    | Базальты (PR), предположительная связь с гранитоидами (PR) | Пропилиты, кварцевые жилы; карбонатизация.                       | Пересечение СЗ и СВ зон сдвиговых дислокаций | Аи-Q (золото, электрум, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, цумонт, алтаит, тессит, верлит) | (1) ср. 3-7;<br>(2) до 15,8 |
| Ср. Падма, Весеннее, Царевское, Космозерское (Онежская структура)          | Вулканогенно-осадочные, шунгитсодержащие толщи (PR)        | Карбонатно-слоистые, роскаэлит-хромфенгитовые, кварц-карбонатные | СЗ зоны СРД и межпластовые расщепления       | Комплексное (U, V, Pt-Se, Pd-Bi, Au-S).  | до 20-70                    |
| <b>Проявления осадочного и вулканогенно-осадочного генезиса</b>            |  |  |  |  |                             |
| Риговаракское* Маймъярви* Ятулий-1*, Черный Наволок* (Центральная Карелия) | Кварцевые конгломераты (PR)                                | Серцитизация, хлоритизация                                       | Узлы СЗ и субмеридиональных зон              | Аи-конгломератовый (золото, пирит, гематит, халькопирит, арсенопирит)                          | ср. 2,5; 3,5;<br>4-8; 3-8   |
| Воронов Бор*(Кумская)  | Мелистые песчаники (PR)                                    | Березиты, пропилиты  | СЗ зоны СРД                                  | Аи-S (золото, пирит, борнит, халькозин, халькопирит, кобальтин, молибденит)                    | 0,03-3,26                   |

Примечание: \* - полигенные проявления, в формировании которых большую роль сыграли более поздние метасоматические процессы.

**Таблица 2. Перспективные типы платинометалльного оруденения в докембрии Карелии**

| Формационно-генетические типы оруденения  | Геохимическая специализация               | Содержание в г/т Сумма МПП Au      | Геологические структуры, объекты                                 |
|---|---|------------------------------------|--|
| <b>1. Габбро-перидотит-коматитовая ассоциация архейских зеленокаменных поясов</b> |   |                                    |  |
| Платиноидно-сульфидный в коматитах (1) и их туфах (2)                             | Pt, Pd, Rh, Au, Ni, Co(1), Pt, Pd, Au (2) | 0,07-0,13 (1), 0,045 (2)           | Каменные озера (1), Хаугтоваара (2)                              |
| Платиноидно-сульфидный в перидотитах  | Pt, Pd, Rh, Au, Ni, Co, Cu                | 0,66-5,5                           | Хаугтоваара  |
| Платиноидный в титаномаг.-ильмен. рудах габбро-анортоситов                        | Pt, Pd, Rh, Au, Fe, Ti                    | 0,1-0,6                            | Граваная губа  |
| Платиноидный в магнетитовых рудах габбро-пироксенитов                             | Pt, Pd, Rh, Au, Ni, Co, Fe, V             | 0,06-0,6                           | Рыбозеро   |
| <b>2. Расслоенные интрузии</b>  |   |                                    |  |
| Платиноидный малосульфидный   | Pt, Pd, Au                                | 0,5-17<br>2-6                      | Бураковская<br>Кивакка   |
| Платиноидно-сульфидный  | Pt, Pd, Cu, Ni                            | 1-6,6                              | Лукулайсваара  |
| Платиноидно-малосульфидный в хромитовых рудах                                     | Os, Ir, Ru, Pt, Pd, Cr                    | 1,07                               | Кивакка  |
| <b>3. Дифференцированные базитовые и ультрабоазитовые-габброшелочные интрузии</b> |   |                                    |  |
| Платиноидно-малосульфидный в титаномагнетитовых рудах                             | Pt, Pd, Au, Fe, Ti, V                     | 0, 1-1,5                           | Бураковская  |
| Платиноидно-сульфидный в клинопироксенит-габбро-диоритовых интрузиях              | Pt, Pd, Au, Co, Cu, Ni, Fe, Ti            | 0,3-0,5                            | Пудожгорская<br>Святнаволоцкая                                   |
| Платиноидно-сульфидно-окисный в ультраосновных габбро-шелочных интрузиях          | Pt, Pd, Au, Cu, Fe, Ti, P                 | 0,17-0,27<br>0,35-0,5<br>0,32-0,33 | Велимики<br>Кааламо, Суури-суо и др.<br>Елетьозеро<br>Тикшеозеро |
| <b>4. Черносланцевые формации</b>   |   |                                    |  |
| Стратиформный полиметалло-платиноидный в черных сланцах                           | Zn, Cu, Mo, Pt, Pd, Au                    | до 1,5                             | Онежская мульда  |
| Платиноидно-полиметалльный в метасоматитах  | Pt, Pd, Au, U, V                          | 0,3 (до 5-10)                      | Онежская мульда (Падма)  |

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА И ЗОЛОТОРУДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОКЕМБРИЯ КАРЕЛИИ

**В. И. Иващенко**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Фенноскандинавский щит по времени формирования и кратонизации отдельных его частей подразделяется на три домена (Gaal, Gorbatshev, 1987 и др.): архейский, свекофеннский (включая Трансскандинавский магматический пояс) и готский, в каждом из которых известны промышленно значимые золоторудные месторождения. Их геолого-генетическая типизация и характеристики приведены в ряде публикаций (Geological ..., 1993; 1998; Eilu, 1999; Проблемы..., 1997; Sundblad, 2003 и др.).

По геологической позиции золоторудные месторождения на территории Фенноскандинавского щита подразделяются на:

1. Месторождения в архейских зеленокаменных поясах.
2. Месторождения в палеопротерозойских зеленокаменных поясах.
3. Месторождения в свекофеннидах и Трансскандинавском магматическом поясе.
4. Месторождения в Готском домене (область свеконорвежской регенерации).
5. Месторождения в докембрии Западной Норвегии и докембрийских тектонических «окнах» в каледонидах.
6. Месторождения - палеороссыпи и современные россыпи.

Они относятся к нескольким генетическим типам (табл.), впервые в систематизированном виде выделенным для данного региона применительно к золоторудным объектам Финляндии (Eilu, 1999). Ведущими среди них, как и в других докембрийских регионах (Groves e. a., 2003 и др.) являются орогенический мезозональный в зонах сдвиговых дислокаций, порфиновый (intrusion-related) и эпитермальный. Главными металлогеническими эпохами золота Фенноскандинавского щита являлись – неоархейская (2,8-2,7 млрд. лет), проявившаяся в лопийских зеленокаменных поясах и протерозойская (1,9-1,8 млрд. лет) - в палеопротерозойских зеленокаменных поясах, свекофеннидах и Трансскандинавском магматическом поясе.

К настоящему времени из всего объема добытого на территории щита золота (~500 т), на долю архейских месторождений приходится ~ 2 т (Пампало). Свекофеннские (PR) месторождения Болиден (добыто 128 т Au, 411 т Ag) и Айттик (активные запасы: Au – 140 т; Ag – 2800 т) в Швеции - самые крупные золоторудные объекты Европы. Большинство открытых в конце прошлого века на Фенноскандинавском щите перспективных золоторудных проявлений и промышленных месторождений, в т.ч. самое крупное – Суурикуосикко (>100 т Au) в Финляндии, также являются протерозойскими. Примерно такое же соотношение для данного щита характерно и в распределении запасов золота между протерозойской и архейской эпохами. В этом главное отличие металлогении золота Фенноскандинавского щита от других докембрийских регионов, где резко и по запасам и по добыче доминируют архейские месторождения золота (Groves e. a., 2003 и др.). Это металлогеническое своеобразие рассматриваемого щита большинство геологов считает кажущимся и обусловленным лишь его слабой изученностью, в особенности на территории России (Карелия, Кольский полуостров), включающей около 90% площади распространенных в его пределах архейских комплексов (Проблемы ....., 1997; Geological development..., 1993; Sundblad, 2003; Минерально-сырьевая..., 2005 и др.). Существуют также и другие объяснения этому, основывающиеся на сравнительном анализе и выявлении отличий архейских зеленокаменных поясов Фенноскандии от аналогичных, но изобилующих крупными месторождениями золота, образований других древних щитов (Кожевников, 2000; Сафонов и др., 2005).

Таблица. Генетические типы золоторудной минерализации Фенноскандинавского щита

| Генетический тип               | Геологические структуры   | Возраст млрд. лет | Месторождения рудопроявления   |
|--------------------------------|---|-------------------|--|
| Орогенический мезозональный    | AR зеленокаменные пояса: Иломанси, Кухмо, Суомуссалми, Ялонвара Костомукша, Сумозеро, Хаутоваара, Колмозеро | AR 2,7            | Валкеасуо, Пампало, Куйттила, Ряемпоро, Хатуноя, Юованъйоки, Пролонвара, Рыбозеро, Хюрсюля, Берендей |
|                                | PR зеленокаменные пояса: Лапландский, Куусамо, Перяпохья, Карасъйоки, Каутокейно, Кируна, Печенга-Варзуга   | PR 1,9-1,85       | Пахтаваара, Сааттопора, Суурикуосикко, Биджовадгге Пахтохаваре, Майское                              |
|                                | Свекофеннский складчатый пояс: Шеллефте, Раахе-Хаапаярви, Саво, Тампере, Бергслаген, С. Приладожье          | PR 1,87-1,83      | Акерберг, Бьеркдал Осиконмяки, Лайвакангас, Пякюля, Алатту, Янис, Райконкоски                        |
|                                | Транскандинавский магматический пояс  | PR 1,8-1,7        | Адельфорс, Солстад   |
|                                | Готский домен   | PR 1,0            | Глава, Харнас, Блэка Эйдсволл, Векселмур   |
|                                | Докембрий Норвегии: Довре, Оппдал, Гаутелисфьелл, Ромбак, Рингвассова                                       | (?)               | Сордалшогда, Бириэн, Оппдал Гаутелисфьелл,   |
| Порфиновый (Intrusion-related) | AR зеленокаменные пояса: Авнеозеро-Парандовский, Ялонвара-Иломанси, Колмозеро                               | AR 2,8-2,7        | Лобаш-1, Ялонвара, Кадди-лампи, Заломаевское, Таловейс, Пеллапкх                                     |
|                                | Свекофеннский складчатый пояс: Гелливаре, Шеллефте, Центральная Остроботния                                 | PR 1,9-1,85       | Айтик, Бьеркдал, Копса, Юоухинева, Таллберг  |
| VMS (колчеданный)              | Свекофеннский складчатый пояс: Раахе-Ладожская, Шеллефте, Бергслаген, Фродерид                              | 1,92-1,87         | Оутокумпу, Виханти, Пюхясалми, Удден, Ренстром, Фалун  |
| Эпитермальный(+м етаморфизм)   | AR зеленокаменные пояса: Оярви  | AR 2,7            | Кюльмякангас   |
|                                | Свекофеннский складчатый пояс: Тампере, Шеллефте  | PR 1,9            | Кутемаярви, Болиден, Энасен, Исовеси, Йокисиву   |
| Скарновый и Au,Cu,Fe-рудный    | PR зеленокаменные пояса: Лапландский, Перяпохья   | PR 1,9-1,8        | Куэрвитикко, Вяхайоки  |
| Палеороссыпи                   | Центральная Лапландия, Тунгудская, Янгозерская, Нименьга  | 1,9-1,8           | Каарестунтури, Оутаряя Маймъярви, Ятулий-1 Нименьга  |
| Россыпи                        | Северная Лапландия  |                   | Ивалойоки, Лемменйоки  |

Примечание: таблица составлена с использованием данных (Eilu, 1999; Sundblad, 2003 и др.)

Причина низкой промышленной золотоносности архея Фенноскандинавского щита заключается, вероятно, в следующем (Иващенко, 2006).

Лопийский кратон после своего формирования испытывал преимущественно воздымание и подвергался существенной эрозии. Следовательно, широкое распространение в настоящее время в пределах архейских зеленокаменных поясов метасоматитов свекофеннского возраста с РТ параметрами, благоприятными для локализации золотого оруденения, свидетельствует о том, что изофациальные архейские метасоматиты в них полностью эродированы. При формировании свекофеннских метасоматитов по архейским породам растворы проходили через толщи, из которых еще в архей-

ское время были экстрагированы рудные элементы, в том числе и золото, и, следовательно, не обогащались им и соответственно в благоприятных физико-химических условиях не могли даже в теоретическом аспекте приводить к образованию его значительных концентраций. Более того, свекофенские эндогенные процессы, приводили, вероятно, в большинстве своем к «разубоживанию» ранее образованных архейских золоторудных концентраций. Этим, видимо, и объясняется наличие в архейских зеленокаменных поясах Фенноскандинавского щита большого числа рудопроявлений и пунктов минерализации при крайне ограниченном распространении мелких месторождений и полном отсутствии более крупных золоторудных объектов. Таким образом, учитывая изложенное и результаты изотопного датирования метасоматитов архейских зеленокаменных поясов Карельской гранит-зеленокаменной области, в большинстве своем показывающих их свекофенский возраст (Голубев, Кулешевич, 2001 и др.) перспективы ее на золото представляются невысокими. Потенциально золотоносными могут быть только архейские зеленокаменные структуры, не подвергшиеся существенной эрозии и свекофенским метаморфо-метасоматическим преобразованиям.

По аналогии с Финляндией и Швецией, где преобладающая часть запасов золота сосредоточена в протерозойских структурах с известными крупными золоторудными месторождениями – Болиден, Айттик, Суурикуосикко, более благоприятными представляются и перспективы Карелии на промышленное золото протерозойского возраста. Тем более, что ряд установленных на зарубежной части щита протерозойских золоторудоконтролирующих структур (Раахе-Ладожская, Лапландский зеленокаменный пояс и др.) прослеживается на ее территорию. По состоянию изученности прогнозные ресурсы ( $P_2$ ) золота на территории Карелии оцениваются в 600-1000 т.

## Литература

- Голубев А.И., Кулешевич Л.В., 2001. Перспективы золотоносности протерозойских образований Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск, КарНЦ РАН. С. 15-25.
- Иващенко В.И., 2006. Золото Фенноскандии – металлогения и перспективы золотоносности территории Карелии // Труды КарНЦ РАН. Вып. 9. С. 84-111.
- Кожевников В.Н., 2000. Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. Петрозаводск.. КарНЦ РАН. 223 с.
- Минерально-сырьевая база Республики Карелия. кн.1. 2005. Ред. В.П.Михайлов, В.Н.Аминов. Петрозаводск. Карелия.. 278 с.
- Проблемы золотоносности и алмазности севера европейской части России. 1997. Отв. ред. А.И.Голубев, С.И.Рыбаков. КарНЦ РАН. Петрозаводск.. 136 с.
- Сафонов Ю.Г., Попов В.В., Волков А.В. и др., 2005. Геодинамические факторы образования крупных и сверхкрупных докембрийских золоторудных концентраций // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. М.. С. 15-46.
- Eilu P., 1999. Fingold – a public database on gold deposits in Finland // Geological Survey of Finland. Report of Investigation 146. Espoo.. 224 p.
- Gaal G., Gorbatshev R., 1987. An outline of the Precambrian evolution of the Baltic Shield // Precambrian Research. V. 35. P. 15-52.
- Geological development, gold mineralization and exploration methods in the late Archean Hattu schist belt, Pomantsi, eastern Finland. 1993. Espoo. Spec. Paper. Geol. Surv. Finl. 17. 386 p.
- Geological setting and characteristics of the tonalite-hosted Paleoproterozoic gold deposit at Osikonmaki, Rantasalmi, southeastern Finland. 1998. Spec. Paper. Geol. Surv. Finl. 25. 119 p.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F. and Hart C.J.R., 2003. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance // Economic Geology. vol.98. pp.1-29.
- Sundblad K., 2003. Metallogeny of gold in the precambrian of Northern Europe // Economic geology. V. 98. P. 1271-1290.

## ЭНДОГЕННЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ СИСТЕМЫ ДОКЕМБРИЯ КАРЕЛИИ

**В. И. Иващенко, О. Б. Лавров, Н. И. Кондрашова**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

На территории Карелии выявлено более 100 рудопроявлений и несколько месторождений золота эндогенной природы (Минерально-сырьевая..., 2005; Иващенко, 2006 и др.), аналогичных по своей формационно-генетической принадлежности промышленным зарубежным (Eilu, 1999; Sundblad, 2003 и др.). Их формирование происходило в процессе эволюции эндогенных золоторудных систем двух генетических типов (табл.).

Эндогенная золоторудная система – это генерируемая глубинными процессами и единая общностью геологического пространства, энергии и времени закономерная совокупность магматических, метаморфо-метасоматических, флюидных и структурно-вещественных элементов, эволюционное взаимодействие которых при определенных геодинамических условиях обуславливает формирование золотометалльного оруденения.

Каждой золоторудной системе, как единой целостной с определенной устойчивостью полифункциональной структуре, присущи специфические составляющие элементы, типы их связей, пространственно-временные отношения и свои особенности развития, обуславливающие ее эмерджентность. Она характеризуется наличием градиентного теплового поля, благоприятной литологической среды и рудоносного флюида. Это главные факторы, приводящие к формированию месторождений. Золоторудные системы имеют определенный объем, морфологию, структуру и время существования от зарождения до затухания. Они обмениваются веществом и энергией с окружающей средой, оставляя следы в виде разноранговых деформационных и структурных преобразований, измененных пород (метасоматитов и гидротермалитов), геохимических ореолов, новообразованных минералов и руд. Источником флюидов и рудного вещества могут быть – магматический расплав, остывающий плутон, вмещающие вулканогенно-осадочные породы, метеорные воды, смешанный и др.

Эндогенные золоторудные системы докембрия Карелии относятся к мантийно-коровому классу и подразделяются на два генетических типа - плутоногенный гидротермально-метасоматический и метаморфогенный гидротермально-метасоматический (табл.). С позиций рудно-формационного анализа такое подразделение основывается на использовании при их типизации золоторудных формаций и исключении золотосодержащих.

В зависимости от геологической обстановки и возраста проявления золоторудные системы выделяются в пределах архейских и палеопротерозойских зеленокаменных поясов и Свекофеннского складчатого пояса.

По состоянию изученности золоторудные системы плутоногенного гидротермально-метасоматического типа характерны только для архея Карелии, хотя на территории Фенноскандинавского щита в целом, они широко распространены и в протерозое (м. Копса, Юоухинева в Финляндии; м. Айттик, Болиден(?), Бьеркдал и др. в Швеции).

Золоторудные системы метаморфогенного гидротермально-метасоматического типа с группой орогенических систем в зонах сдвиговых дислокаций, являются доминирующими на территориях Карелии и сопредельных фенноскандинавских стран (Eilu, 1999; Sundblad, 2003). Этот тип золотого оруденения является ведущим и для всего докембрия в целом (Groves et. al., 1998, 2003 и др.).

Однако долгое время он не имел четких общепринятых характеристических параметров и наиболее часто именовался «мезотермальным», что ввиду его сходства по вещественному составу и условиям образования с эпитермальными и связанными с интрузиями (intrusion-related) типами оруденения делало этот термин недостаточно определенным, обуславливая терминологическую путаницу. В настоящее время наметились новые принципы классификации этих месторождений, введен в обновленной редакции термин орогенических золоторудных месторождений гипозональной, мезозональной и эпизональной фаций глубинности (Groves et. al., 1998, 2003 и др.).

Таблица. Эндеогенные золоторудные системы докембрия Карелии

| Генетический тип                                | Группа Au-рудных систем  | Золоторудная система  | Минеральный тип   | Геохимическая специализация       | Геодинамический режим    | Месторождения, рудопроявления  |                                       |
|---|--|---|---|-----------------------------------|--------------------------|--|---------------------------------------|
| Архейские зеленокаменные пояса                  |  |   |   |                                   |                          |  |                                       |
| Плутоногенный гидротермально-метасоматический   | Порфировая в связи с санукитоидными ассоциациями (Intrusion-related) | Редкометаллоно-золоторудная                                   | Золото-висмут-пирит-молибденитовый                        | Mo, W, Cu, Au, Ag, Bi, Te         | Коллизионный             | М. Лобаш, Лобаш-1, Ялонвара; р. Кадилампи Хатуноя, Юованйоки                               |                                       |
|   |  | Золоторудная  | Золото-пирит-кварцевый                                    | Ag, Pb, Bi, W, Te, Cu             |                          |  |                                       |
| Метаморфогенный гидротермально-метасоматический | Орогеническая мезозональная  | Золото-сульфидно-кварцевая в метавулканитах                   | Золото-пиритовый  | Au, Ag, Cu, Zn, Pb, W, As, Sb, Co | Аккреционно-коллизионный | Р. Заломаевское, Таловейс, Центральн. М. Педролампи Р. Хагуноя, М. Рыбозерское Р. Берендей |                                       |
|   |  | Золото-колчеданная  | Золото-пирит-полиметаллический                            | Ag, Pb, Zn, Cu                    |                          |  |                                       |
| Палеопротерозойские пояса                       |  |   |   |                                   |                          |  |                                       |
| Метаморфогенный гидротермально-метасоматический | Орогеническая мезозональная  | Золото-сульфидно-кварцевая в метавулканитах и -осадках        | Теллуридно-галенитовый                                    | Ag, Pb, Zn, Cu                    | Коллизионный             | М. Майское, Р. Нигалма, Вильям-лампи   |                                       |
|   |  | Золото-сульфидная в метавулканитах                            | Золото-пиритовый  | Ag, Pb, Zn, Cu? Mo                |                          |  |                                       |
| Свекофеннский складчатый пояс                   |  |   |   |                                   |                          |  |                                       |
| Метаморфогенный гидротермально-метасоматический | Орогеническая мезозональная  | Золото-сульфидная черносланцевая                              | Золото-пиритовый  | Ag, Pt, Pd, Cu                    | Аккреционно-коллизионный | Р. М. Янисъярви, Лепясъярвя, Ковадъярви  |                                       |
|   |  | Золото-арсенидная в тоналитах, габродиоритах и метатурбидитах | Золото-арсенопиритовый                                    | Au, As, Sb, Pb, Zn, Cu            |                          |  | Коллизионный; континентальная окраина |
|   |  |   | Золото-сульфидно-кварцевая в гранитоидах и метавулканитах | Золото-пирит-халькопиритовый      |                          |  |                                       |
|   |  | Золото-халькопирит-теллуридный                                | Золото-халькопирит-теллуридный                            | Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Te, Se        |                          |  | Р. Фаддейнкелья                       |
| Р. Райконкоски, Койтонъярви, Вуохенлампи        |  |   |   |                                   |                          |  |                                       |

Определяющим в формировании орогенических месторождений золота, кроме факторов, отмеченных в приведенном определении эндогенной золоторудной системы, является связь с соответствующей геодинамической обстановкой и наличие базовых золоторудных формаций, характеризующихся повышенными, но не достигающими промышленных параметров, содержаниями золота, форма нахождения которого предопределяет возможность его последующего концентрирования в экономически значимых масштабах. То есть, *базовая золоторудная формация* и *золотосодержащая* - не являются синонимами. В геодинамическом аспекте зарождение и развитие золоторудных орогенических систем обусловлены эндогенными процессами коллизионной стадии конвергентного взаимодействия океанических и континентальных плит. В ходе эволюции орогенической золоторудной системы происходит ремобилизация, перераспределение и концентрирование золота базовой формации. Главными базовыми золоторудными формациями на территории Карелии являются черносланцевая, колчеданная, джеспилитовая и порфировая. В зависимости от вещественного состава базовой золоторудной формации выделяется несколько видов золоторудных орогенических систем (табл.), характеризующихся гомологичностью для архея и протерозоя. Ведущими среди них для архейских зеленокаменных поясов является *золото-сульфидно-кварцевая в метавулканитах* рудная система (м. Педроламппи, р. Хатуноя, м. Рыбозерское и др.), для палеопротерозойских зеленокаменных поясов - *золото-сульфидно-кварцевая в мета- вулканитах и -осадках* (м. Майское, р. Нигалма и др.), для Свектофеннского складчатого пояса - *золото-арсенидная в тоналитах и метатурбидитах* (р. Алатту, Пякюля, Янис и др.).

## Литература

- Иващенко В.И., 2006. Золото Фенноскандии – металлогения и перспективы золотоносности территории Карелии // Труды КарНЦ РАН. Вып. 9. С. 84-111.
- Минерально-сырьевая база Республики Карелия. кн.1. 2005. Ред. В.П.Михайлов, В.Н.Аминов. Петрозаводск. Карелия. 278 с.
- Eilu P., 1999. Fingold – a public database on gold deposits in Finland. Geological Survey of Finland / Report of Investigation 146. Espoo. 18 p.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F., 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // Ore Geology Reviews. v. 13. P. 7-27.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F. and Hart C.J.R., 2003. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance // Economic Geology. v. 98. P.1-29.
- Sundblad K., 2003. Metallogeny of gold in the precambrian of Northern Europe // Economic geology. V. 98. P. 1271-1290.

## ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНВАЗИОННОГО ВИДА *GMELENOIDES FASCIATUS* (STEBBING) В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Н. М. Калинкина<sup>1</sup>, М. Т. Сярки<sup>1</sup>, А. С. Федорова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

В последние годы особое внимание уделяется изучению биологических инвазий различных организмов – проникновению чужеродных видов и трансформации природных экосистем после их вселения. В результате антропогенного распространения чужеродных видов происходят сильнейшие структурные изменения в экосистемах: нарушается биологическое разнообразие за счет вытеснения исходных видов новыми более конкурентоспособными организмами, утрачивается устойчи-

вость экосистем, появляются новые виды паразитов, для которых виды-вселенцы являются хозяевами и т.д. (Биологические инвазии..., 2004). В Онежском озере также появился новый вид-вселенец – амфипода *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing). Сообщение о нахождении *G. fasciatus* на литорали всего западного побережья Онежского озера появилось в работе Н.А. Березиной и В.Е. Панова (2003). Около 40 лет назад эта амфипода байкальского происхождения была интродуцирована в водоемы северо-запада России для повышения их рыбопродуктивности. В конце 1980-ых годов этот вид был обнаружен в оз. Ладожском, затем, по-видимому, через р. Свирь и Волго-Балтийский канал вселенец проник в Онежское озеро. До настоящего времени отсутствовали данные о динамике популяционных показателей инвазионного вида *G. fasciatus* в Онежском озере. Целью настоящей работы стало изучение динамики численности, поло-возрастного состава и плодовитости популяции *G. fasciatus* в Петрозаводской губе Онежского озера. Исследования проводили на каменистой литорали Петрозаводской губы в районе расположения водозабора питьевой воды в июне-июле 2005 г. Через каждые 10 дней на станции отбирали по 10 количественных проб бентоса. За этот период отобрано 70 проб и обработано 889 особей. Проводилось определение пола, у самок подсчитывалось число яиц в марзупиальной камере. В июне-июле 2005 г. популяция *G. fasciatus* была представлена особями двух генераций – перезимовавшим и летним поколением. Наблюдения показали, что общая численность амфипод на протяжении двух месяцев все время нарастала, в основном, за счет нарождающейся молодежи (табл. 1). Увеличение численности взрослых особей произошло, возможно, вследствие их миграции из более глубоководных зон.

Таблица 1. Динамика численности (экз./м<sup>2</sup>) различных представителей популяции *G. fasciatus* летом 2005 г. в Петрозаводской губе Онежского озера

| Дата отбора проб | Численность самцов |    | Численность самок |    | Численность молодежи |    | Общая численность |    |
|------------------|--------------------|----|-------------------|----|----------------------|----|-------------------|----|
|                  | М                  | m  | М                 | m  | М                    | m  | М                 | m  |
| 17.06            | 46                 | 6  | 39                | 7  | 46                   | 14 | 132               | 28 |
| 23.06            | 57                 | 9  | 59                | 6  | 62                   | 7  | 178               | 22 |
| 1.07             | 80                 | 6  | 83                | 11 | 173                  | 14 | 335               | 32 |
| 8.07             | 82                 | 11 | 82                | 11 | 150                  | 23 | 314               | 45 |
| 15.07            | 95                 | 8  | 101               | 8  | 245                  | 25 | 441               | 41 |
| 22.07            | 93                 | 8  | 98                | 7  | 206                  | 7  | 397               | 22 |
| 28.07            | 101                | 10 | 103               | 9  | 258                  | 15 | 462               | 34 |

Примечания: М – средняя численность по 10 пробам, m – стандартная ошибка.

Сравнение полученных нами данных с литературными (Березина, Панов, 2003) указывает на невысокую численность *G. fasciatus* в районе водозабора. Так, в июне-июле 2005 г. общая численность этого вида изменялась в пределах 132-462 экз./м<sup>2</sup>, в то время как для различных участков Онежского озера в августе 2001 г. другие исследователи обнаружили численность *G. fasciatus* на уровне 2280-2680 экз./м<sup>2</sup>. Возможно, наблюдаемая нами низкая численность вида была связана с отсутствием на изучаемом биотопе высшей водной растительности, к зарослям которой и приурочены максимальные показатели развития этого вида.

Доля самок в популяции на протяжении наблюдения варьировала в пределах 22-33%, самцов – 22-35%, молодежи - 35-56%. Соотношение самцов и самок в популяции было равным и достоверно ( $p < 0.05$ ) не отличалось от соотношения 1:1 (см. табл. 1).

Из половозрелых самок доля самок с яйцами составляла 13-71%. Максимальная плодовитость достигала 15 яиц на 1 самку. Средняя плодовитость на протяжении наблюдения варьировала в пределах 6.0-10.3 яиц на 1 самку (табл. 2).

По литературным данным (Березина, Панов, 2003), на различных станциях, расположенных на литорали западного побережья Онежского озера, у самок *G. fasciatus* наблюдалась сходная средняя плодовитость – 5-11 яиц на 1 самку при максимальных показателях 8-18 яиц на 1 самку.

Таблица 2. Динамика средней плодовитости (яиц/самку) *G. Fasciatus* летом 2005 г. в Петрозаводской губе Онежского озера

| Дата отбора проб | Средняя плодовитость | Стандартная ошибка |
|------------------|----------------------|--------------------|
| 17.06            | 6,0                  | 1,0                |
| 23.06            | 10,3                 | 1,0                |
| 1.07             | 8,8                  | 0,6                |
| 8.07             | 6,7                  | 0,5                |
| 15.07            | 8,7                  | 0,8                |
| 22.07            | 8,8                  | 0,7                |
| 28.07            | 7,6                  | 0,6                |

Полученные нами данные о динамике изменения численности популяции амфиподы *G. fasciatus* в общем свидетельствуют об активной акклиматизации этого вида в новых для него условиях обитания. Быстрое нарастание численности за счет нарождающейся молодежи указывают на активно протекающие процессы размножения, что является основным показателем высокой степени пригодности биотопа для этого вида. Высокая устойчивость *G. fasciatus* к различным факторам среды, способствующая его быстрому распространению, обеспечивает успешное освоение этим видом все новых водных экосистем, в том числе Онежского озера. В настоящее время продолжается изучение популяции *G. fasciatus*, в экспериментах исследуются процессы размножения и роста этого вида, что позволит в будущем перейти к построению имитационной модели сезонной динамики численности *G. fasciatus* на литорали Петрозаводской губы Онежского озера

## Литература

- Березина Н.А., Панов В.Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежское озеро // Зоологический журнал, 2003., т. 82. № 6. С. 731-734.
- Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2004. 436 с.

## ШУНГИТОВЫЕ ПОРОДЫ КАРЕЛИИ – СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**В. В. Ковалевский**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Шунгитовые породы Карелии имеют более чем 2-вековую историю исследований, в том числе, фактически с возникновением Карельского научного центра РАН, в рамках Института геологии (Борисов, 1956). Фундаментальные и прикладные работы, проведенные в созданной для этой цели лаборатории шунгитов, показали, что шунгитовые породы являются уникальным полезным ископаемым и могут быть использованы как комплексное минеральное сырье широкого спектра применения. В частности, было установлено, что высокоуглеродистые шунгитовые породы являются эффективными адсорбентами для процессов водоподготовки, способными сорбировать фенолы, гумины и нефтепродукты. Показано, что материалы на их основе проявляют высокую каталитическую активность в процессах оргсинтеза циклических углеводородов, разложения перекиси водорода и др., что особенно важно для создания экологически чистых химических производств. С использованием шунгитовых пород могут быть получены различные конструкционные радиозащитные материалы, не искажающие естественное магнитное поле Земли и обеспечивающие защиту человека от техногенных электромагнитных излучений. Важное значение имеют направления, свя-

занные с их использованием в качестве активного наполнителя широкого класса композиционных материалов на основе органических и неорганических связующих, которые придают композитам целый комплекс новых свойств: износостойкость, химстойкость, электропроводность и др. (Шунгиты - новое углеродистое сырье, 1984; Калинин, 1990).

К настоящему времени не вызывает сомнения, что именно суммарный эффект присутствия углерода и минеральных компонент обуславливает уникальное сочетание физико-химических свойств пород в целом, что определяет перспективы их практического использования (Шунгиты - новое углеродистое сырье, 1984; Kovalevski and Melezhik, 2000). В целом, данные направления базируются, в основном, на использовании структурных особенностей и свойств пород, сформировавшихся в ходе природных процессов. К ним можно отнести следующие:

- Шунгитовый углерод представляет собой неграфитируемый фуллереноподобный углерод;
- Минеральные компоненты характеризуются мелкодисперсным распределением в виде кристаллов, слоевых внедрений и нанокластеров в шунгитовом углероде;
- Шунгитовая порода является результатом сложного углерод-минерального структурообразования, что непосредственно отражается в характерном соотношении углеродной, кремнистой и алюмосиликатной составляющих, а также в наличии переходных областей на границах раздела углерод – минералы;
- Шунгитовый углерод и порода в целом являются метастабильными, сформировавшимися при относительно мягких природных условиях (зеленосланцевая фация метаморфизма), и способны изменяться под влиянием внешних факторов.

На предыдущем этапе исследований и практического использования шунгитовых пород сложился ряд стереотипов, которые обусловлены объективными свойствами пород в определенных физико-химических и технологических процессах, но в то же время не учитывают тонкие особенности природного кристаллогенезиса. Данные стереотипы предполагают неоправданные в ряде случаев дорогостоящие процессы, разрушающие природный углерод-минеральный комплекс, что не позволяет использовать эти шунгитовые породы для получения уникальных продуктов. Среди них, в частности следующие: основная активная компонента пород – шунгитовый углерод и чем больше углерода в породе – тем лучше, что предполагает обогащение шунгитовых пород; чем более мелкое дробление пород – тем более активный углерод, что определяет необходимость тонкого помола. При этом минеральные составляющие шунгитовых пород делятся на полезные и балластные, например: углерод - полезен во всех процессах, кварц - полезен в некоторых процессах, слоистые алюмосиликаты - балластные минералы в большинстве процессов, сульфиды, в том числе пирит, как сернистые соединения - вредные компоненты.

На современном этапе разработки шунгитовой проблемы наиболее актуальным становится определение схем рационального использования шунгитовых пород и выявление наукоемких технологий, дающих наибольший экономический эффект при наименьших затратах этого уникального сырья. Именно поэтому, наиболее эффективным представляется направление, связанное с изучением и использованием продуктов глубокой модификации шунгитовых пород, которые приводят к направленному изменению их структуры и свойств.

Среди способов, приводящих к изменению структуры и свойств углерода и пород можно выделить температурную обработку, изменение окислительно-восстановительного потенциала среды, иницирование каталитических процессов преобразования углерода и роста минеральных форм и пр. Заметное изменение структуры шунгита начинается при 1500°C и имеет прогрессивных характер по мере увеличения температуры. Преобразование углерода заключается в слиянии глобул, которое вызывает объединение наноразмерных пор и графеновых слоев с образованием к полых наночастиц большего размера, подобных технологически синтезированным гиперфуллереновым структурам (Ковалевский, 1994). Повышение температуры до 2700°C и более не приводит к графитации шунгита, что свидетельствует о его принадлежности к "жестким" или неграфитируемым природным углеродам.

Более сложным является изменение шунгитовых пород вследствие преобразования углерода, кристаллов минеральной основы и параллельного взаимодействия в системе углерод-минеральные компоненты под влиянием каталитических процессов. В частности, мелкодисперсный характер распределения и большая площадь контакта углеродной и минеральных компонент определяет возможность их взаимного кристаллогенезиса, в том числе, образования при повышенных температурах востребованных в промышленности карбидов и силицидов. Различие шунгитовых пород по

типу породообразующих минералов и микроэлементному составу может вызывать образование различных по морфологии и структурному состоянию автоморфоз. И здесь уместно вспомнить, что именно слюда при повышенной температуре распадается и "запускает" целую серию химических реакций, а пирит является источником железа, которое инициирует активные каталитические процессы. Соблюдение определенных условий позволяет получить карбиды кремния, имеющие микрокристаллическое строение и хорошо выраженную огранку. Однако, наиболее интересными и многообещающими в технологическом аспекте являются микро- и нановолокнистые карбиды кремния. В шунгитовых породах с одинаковыми породообразующими минералами, но различным микроэлементным составом возможен синтез моно- или поликристаллических, а также аморфных нановолокнистых карбидов кремния, имеющих различную морфоструктуру, длину и диаметр. Многообразие автоморфоз карбида кремния свидетельствует о различных механизмах их роста, которые могут определяться изменением кинетических процессов кристаллогенезиса под влиянием микропримесей. В целом, возможно, установить такие условия обработки, при которых шунгитовая порода трансформируется в совокупность гиперфуллереновых структур и нановолокнистых карбидов кремния, которые по определению являются наносистемами и могут быть востребованы в современных наукоемких нанотехнологиях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Республики Карелия (грант 05-05-97520С).

## Литература

- Борисов П.А. Карельские шунгиты. Петрозаводск, 1956. 92 с.
- Калинин Ю.К. Шунгитовые породы: структура, свойства и области практического использования // Записки ВМО. 1990. Ч. 119, Вып. 5. С. 1-8.
- Ковалевский В.В. Структурное состояние шунгитового углерода // Журн. неорг. химии, 1994. Т. 39, № 1. С. 31-35.
- Kovalevski V.V., Melezhik V.A. The Karelian shungite: unique geological occurrence, unusual structure and properties, new practical applications. In Rammlmair D., Mederer J., Oberther Th., Heimann R.B. & Pentinghaus H., Eds., Applied Mineralogy in Research, Economy, Technology, Ecology and Culture, 2000, V. 1, A.A. Balkema / Rotterdam /Brookfield, the Netherlands. P. 363-366.
- Шунгиты - новое углеродистое сырье // Под ред. В.А.Соколова, Ю.К.Калинина, Е.Ф.Дюккиева. Петрозаводск, "Карелия", 1984. 182 с.

## РАННЕДОКЕМБРИЙСКАЯ ГЕОЛОГИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ СТАРЫХ ПРОБЛЕМ

**В. Н. Кожевников**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Со времени издания обобщающей работы «Геология Карелии», в которой были изложены сформированные на тот период представления, связанные с геологической историей раннего докембрия Юго-Восточной (Карельской) части Фенноскандинавского щита прошло почти два десятилетия. Наиболее общей и вечной проблемой геологии раннедокембрийских регионов является реконструкция событий, связанных с созданием и последующим преобразованием континентальной коры. Об этом свидетельствуют расчеты, показывающие, что 44–46 % коры континентов было создано к концу архея (2.5млрд.лет) и 77-79 % - к рубежу 1.8 млрд.лет раннего протерозоя. В результате последующих исследований трех крупных единиц, обозначавшихся ранее в терминах блоковой тектоники как Карельский, Беломорский и Ладожский геоблоки, удалось показать, что они представляют разделенные пологими тектоническими границами Карельский кратон, Беломорский подвижный (коллизийный) пояс и Ладожскую зону свекофеннид- юго-восточное окончание Свеко-

феннской области, большая часть которой расположена на территории Финляндии. Появились убедительные свидетельства того, что в пределах Беломорского пояса возраст саамия, рассматриваемого в региональной стратиграфической шкале как древнейшее подразделение, не превышает 2.9 млрд. лет. Саамский комплекс представляет собой вещественный и возрастной аналог не самой древней генерации зеленокаменных поясов (ЗКП) в пределах кратона, подвергшийся двукратному метаморфизму высоких давлений, связанному с позднеархейской и палеопротерозойской коллизией. Показано, что выведенные на дневную поверхность в Вокнаволокском и Тулосском блоках антиклинориях породы «диоритового слоя» представляют сложный, сходный с гранит-зеленокаменными ассоциациями комплекс, который в процессе подъема, сопровождавшегося спадом давления, подвергся гранулитовому метаморфизму. Корректные доказательства древнейшего возраста этого комплекса начали появляться на сходных объектах в Финляндии в районе Пудосъярви. Изучение изотопии, тонкой геохимии и изотопных возрастов гранитоидов и гранито-гнейсовых ареалов предоставило убедительные доказательства того, что в формировании «гранит-ультраметаморфического» слоя высока роль магматизма, связанного с выплавлением гранитоидов из мантийного клина, из погруженной при субдукции океанической плиты, нередко с участием субцирированных осадков, а также с более поздними коллизионными процессами.

Таким образом, представления о блоковом строении региона, основанные на четырехслойном строении разреза земной коры и господстве вертикальных движений уступили место тектоническим реконструкциям, основанным на положениях плитной тектоники, в частности, террейнового строения, плюмового магматизма, рифтогенеза и др. Особую роль в развитии этих представлений сыграло комплексное изучение ЗКП, палеопротерозойских бассейнов и рифтогенов с использованием как традиционных, так и новейших научных технологий, включающих методы тонкой геохимии, изотопной геологии и хронометрии. Изучение супракрустальных пород - наиболее полных носителей информации о древних географических, тектонических, геодинамических, климатических обстановках и условиях, позволило реконструировать последние и сопоставить их с современными. Наиболее сложный и насыщенный событиями сценарий геологического развития характерен для архея.

Архейские образования в регионе представлены несколькими разновозрастными ассоциациями осадочно-вулканогенных пород и гранитоидов. Ранняя (>3 млрд.лет) ассоциация - водлозерский комплекс, является аналогом «древних гнейсовых комплексов», слагающих ядра многих раннедокембрийских кратонов Земли. Первичные текстуры супракрустальных пород в нем утрачены из-за интенсивной структурно-метаморфической переработки. В четырех более молодых (<3.0 млрд. лет) гранит-зеленокаменных ассоциациях первичная природа лопийских пород, слагающих ЗКП, реконструируется достаточно надежно. Изучение геологии ЗКП показало, что латеральные вариации лопийских разрезов не только на территории кратона, но и в отдельных ЗКП и структурах столь существенны, что создать единую их стратиграфическую схему для всей территории невозможно. Три ранее выделенные типа разрезов поясов: костомукшский, хаутаваарский и пибозерский лишь в самых общих чертах выступали в качестве типоморфных при объединении отдельных структур в ЗКП и не исчерпывали всего многообразия их разрезов. Поэтому на смену традиционным представлениям, основанным на признании доминирования какой-то единой (интракратонный рифтинг, геосинклинальный режим) обстановки формирования поясов, должны были придти новые концепции.

Мультидисциплинарное изучение ЗКП последних 10-15 лет показало, что многие разновозрастные ЗКП представляет собой тектонические коллажи, возникшие в три (инициальную, латерально-аккреционную и завершающую коллизионную) стадии. На инициальной стадии в разных палеогеографических и геодинамических обстановках субсинхронно (например, Костомукшский ЗКП) или последовательно формировались типоморфные комплексы пород, характерные для активных зон перехода «океан-континент», интраокеанических и реже интраконтинентальных условий. Таким образом, в разрезах ЗКП выделяются две главные компоненты - континентальная (палеократонная) и океаническая со своими собственными типоморфными признаками. Поскольку все эти признаки составляют доказательную базу большинства положений развиваемой концепции происхождения и эволюции ЗКП как важнейших единиц в составе архейской коры в регионе, ниже дается их сжатая характеристика.

Признаками существования древних кратонов - континентальной компоненты архейских геодинамических систем, являются: 1- находка на территории Финляндии в гранулитовом поясе Пудосъярви тронджемитовых гнейсов с возрастом 3.5 млрд.лет; 2 - более древние, чем супракрустальные

породы ЗКП, возрасты цирконов из гранитоидов Вост. Карелии и Вост. и Сев. Финляндии; 3 - находки в разрезах ЗКП Сев. и Вост. Карелии терригенных кварцитов-продуктов переотложения кор глубокого химического выветривания кислого корового материала, содержащих до четырех, в том числе очень древних (3.34 и 3.15 млрд.лет), популяций циркона; 4 - наличие в разрезах поясов кварц-полевошпатовых граувакк и аркозов – продуктов быстрого разрушения и отложения полнокристаллических сиалических пород, также содержащих древние (3.26-3.17 млрд.лет) цирконы; 5 - находки древних (>3 млрд.лет) ксеногенных цирконов в кислых дайках пояса Хатту в Вост. Финляндии, время формирования которого, а также обрамляющих гранитоидов, оценивается не древнее 2.8 млрд.лет; 6 - находки древних (3.3-3.45 млрд.лет) детритовых цирконов в протерозойских осадках из поясов Тампере в Финляндии и Вестервик в Швеции; 7 - геохимические и изотопно-геохимические признаки контаминации части базальтов и коматиитов ранним сиалическим веществом; 8 - геохимия известково-щелочных андезитов, характерная для вулканических дуг активных континентальных окраин; 9 - древние (3.6-3.1 млрд.лет) Nd - возрасты (модельные) сиалического источника гранитоидов и кисло-средних вулканитов Водлозерского и Западно-Карельского террейнов.

В качестве признаков океанической компоненты архейских геодинамических систем выступают: 1 - мощные толщи подушечных базальтов и коматиитов с маломощными горизонтами глубоководных осадков - сульфидистых аргиллитов, пород BIF, хемогенных алюмо-железо-кремнистых и кремнистых (белые черты) пород, не содержащих примеси продуктов разрушения гранитоидов; 2 - геохимические и изотопно-геохимические характеристики этих мафических пород, свидетельствующие об их неконтаминированности сиалической корой и инвариантно (Th-Nb-La - систематика) отвечающие обстановкам мафических плато, связанных с океаническими плюмами; 3 - находки зрелых осадков с бугристой слоистостью- индикатором осадконакопления на мелком шельфе при взаимодействии стационарных контурных течений и сезонных штормов; 4 - Th-Nb-La- и REE-систематики толеитовых андезитов, характерные для энсиматических островных дуг; 5 - изотопия Nd в гранитоидах Ц.Карелии, указывающая на отсутствие сиалической коры древнее 2.8 млрд.лет.

Наконец, признаками конвергенции как доминирующего режима при формировании и отдельных компонентов разрезов поясов и ЗКП в целом являются: 1 - сложнодеформированные с переходом от надвиговых к сдвиговым и купольным структуры поясов, обусловленные влиянием компрессионной, транспрессионной и радиальной тектоники; 2 - асимметричное строение большинства поясов, связанное с их коллажированной природой, с совмещением разных по строению, происхождению и внутренней геологической истории стратотектонических ассоциаций (террейнов); 3 - присутствие в разрезах поясов офиолитоидов или офиолитов, сохранившихся после обдукции аллохтонов мафической коры; 4 - наличие кор химического выветривания на толщах подушечных базальтов и на коматиитах, свидетельствующих о выведении океанических пород в область эрозии при обдукции - наиболее эффективном механизме подъема океанических пород; 5 - наличие в осадочных разрезах ЗКП полимодальных граувакк, состоящих из смеси продуктов разрушения офиолитовых аллохтонов, гранитоидов континентальной окраины и кисло-средних вулканитов. Эти граувакки отлагались по типу синорогенного флиша, а залегающие на них офиолитовые аллохтоны "наползали" на собственные продукты разрушения; 6 - эволюция составов и геохимии андезитов в единой толще от натровых малоглубинных членов толеитовой серии до более глубоких калинатровых известково-щелочных андезитов, отражающая переход от энсиматических к энсиалическим условиям генерации андезитовых расплавов в ходе единого импульса вулканической активности; 7 - наличие в разрезах мафических аллохтонов пород бонинитовой серии, свидетельствующее о супрасубдукционных обстановках формирования этих аллохтонов; 8 - находки санукитоидов - плутонических пород бонинитовой серии, формирование которых связывается с плавлением мантийного клина в зонах пологой субдукции; 9- выделение среди гранитоидов пород адакитовой серии, связанной с плавлением полого субдуцировавшей горячей океанической плиты.

На стадии латеральной аккреции, когда происходили интенсивное коровое укорочение и утолщение, накапливались полимодальные граувакки – смеси продуктов разрушения вулканических дуг, мафических аллохтонов и континентальных гранитоидов. В некоторых ЗКП, например, в финском поясе Хатту проявлена завершающая коллизонная стадия, рассматриваемая как тип взаимодействия "дуга-кратон". С этой стадией связаны сдвиговые деформации, контролировавшие развитие узких, выполненных грубообломочными породами структур - пулл-апарт бассейнов. К завершению архея ЗКП представляли сутуры, сложенные литотектоническими единицами, сформиро-

ванными в разных обстановках на разных стадиях архейской эволюции, имеющие тектонические границы и представляющие собой стратотектонические ассоциации, представляющие собой выделенные ранее в разрезах поясов стратиграфические единицы-серии и свиты.

Особая роль в понимании строения и эволюции архейской континентальной коры и раннедокембрийских процессов, полное значение которой еще предстоит оценить, принадлежит изучению геохимии палеопротерозойских терригенных кварцитов и детритовых цирконов из них. Уже первые данные, в частности, по системе Co-Ni-Cr и по датированию единичных гетерогенных зерен циркона из этих пород свидетельствуют о региональной геохимической гетерогенности позднеархейской коры как области питания, в которой значительная роль принадлежит породам с необычными соотношениями Co:Ni>1, наблюдаемым в продуктах, источником которых является метасоматизированная мантия, о значительном площадном развитии древней (3.35-3.15 млрд.лет) континентальной коры в архее региона, и о ее важной роли как одного из главных факторов, определявших заложение, последующее развитие и металлогенический потенциал архейских зеленокаменных поясов.

## НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАРЕЛО-КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

**В. А. Костин, Н. А. Костина**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Карело-Кольский регион (ККР) в тектоническом плане представляет восточную часть Балтийского кристаллического щита. В пределах ККР традиционно выделялось три крупных геоблока (домена), отличающихся геологическим строением и металлогенией - Кольский (КоД), Карельский (КаД) и Беломорский (БД). ККР сложен на 98% кристаллическими породами раннего докембрия, из которых доминируют (85%) вещественные комплексы верхнего архея (3,2–2,6 млрд. лет). Последние составляют основной структурно-геологический фон территории ККР и являются основным вещественным содержанием геологических карт.

Представления о геологическом развитии ККР длительное время строились на основе классической теории геосинклиналей. Со временем эти представления вошли в противоречие с новыми данными по геологии, геохронологии и глубинному строению. Назрела явная необходимость в создании для региона новой геодинамической концепции с учетом современных представлений о геодинамической эволюции литосферы, способной разрешить эти противоречия.

В последние десятилетия получила признание теория тектоники плит (плейт-тектоника), раскрывшая неизвестные ранее проявления геотектоники литосферы. По существу произошла революция в геологическом мировоззрении. Началось активное использование идей плейт-тектоники и связанных с ней эндогенных режимов в палеорекострукции геодинамики и ревизии прежних представлений о геологическом развитии, но лишь для отдельных фрагментов территории ККР. По-прежнему не находила удовлетворительного решения главнейшая проблема геологии ККР, объясняющего развитие в сопряженный период времени совершенно различных по составу, строению и металлогении отдельных доменов ККР – КоД, КаД и БД.

Изучение нами геобстановок развития главнейших раннедокембрийских структурно-вещественных комплексов на всей территории ККР показало, что они формировались под влиянием различных эндогенных режимов. Наряду с эндогенными режимами плейт-тектоники выявилась огромная, на ранних стадиях геологического развития определяющая роль эндогенных режимов мантийных плюмов (плюм-тектоники). На основе пространственной совмещенности проявления главнейших, реперных для всех континентов, раннедокембрийских геологических событий (проявление позднеархейского «калиевого взрыва» в «горячих точках» мантийных плюмов, палеопротерозойского базит-гипербазитового магматизма с формированием крупных расслоенных платиноносных плутонов, формирование раннепротерозойских мультимасштабных структур, сложенных осадочно-

вулканогенными образованиями), мы пришли к новому для раннего развития Земли выводу о существовании фиксированных мантийных энергопульсаров (энергоочагов древнего заложения), дискретно, на протяжении длительного времени, независимо от геотектонического стиля развития, генерирующих мантийное вещество – флюидно-магматические потоки адвективного характера. В геодинамике отчетливо обозначилась ведущая роль эндогенных режимов, связанных с литосферной тектоникой и независимой от нее динамикой мантийных плюмов, зарождающихся под воздействием фиксированных подлитосферных мантийных энергопульсаров. Особенности проявления этих эндогенных режимов определили геотектонический стиль и специфику геологического развития ККР в различной тектонической позиции – в окраинно-континентальной (КоД), внутриконтинентальной (КаД) обстановках и разделяющей их Беломорской зоне (БД). Такое понимание геологических событий явилось основой для создания принципиально новой геодинамической концепции и представлений о геологическом развитии ККР и его доменов в раннем докембрии.

Предположительно к рубежу 3,2 млрд. лет на территории ККР была сформирована серогнейсовая протоко́ра с тремя центрами нуклеаров, фиксируемых Мурманским, Водлозерским и Северо-Карельским гранитоидными батолитами (термальными палеодиапирами) как проекциями в земной коре фиксированных мантийных энергопульсаров.

С 3,2 млрд. лет наиболее полно прослеживается геологически документируемая история развития ККР. Она началась с ареального преобразования серогнейсовой протоко́ры на всей территории ККР под воздействием обширных мантийных флюидно-магматических потоков (плюмов), генерированных фиксированными мантийными энергопульсарами. В контурах активного взаимодействия плюмов с серогнейсовой протоко́рой, в Кольском и Карельском доменах, доминировал режим растяжения, а в разделяющей их Беломорской зоне (БД) – режим компенсационного сжатия. В этот период произошло геотектоническое разделение ККР на Карельский, Кольский и Беломорский домены. В областях растяжения проявилась ареальная (Si-K) гранитизация серогнейсового протолита, а в рассеянной системе рифтогенеза формировались зеленокаменные структуры. В области сжатия доминировали динамометаморфические преобразования.

С 2,9 млрд лет на фоне ареальных плюм-тектонических преобразований стала развиваться со структурным несогласием система линейных субдукционных продольных (рифтогенных) и поперечных (трансформных) зон и сопутствующий этому режиму аллохтонный и шоловый тектогенез. С развитием субдукционной геотектоники в геологических преобразованиях, наряду с сохранением в геодинамике до 2,6 млрд лет энергосубстративного потенциала мантийных плюмов, подключились очаги генерации магм в зонах литосферного скольжения и вещество слэба.

Перестройка геотектонического стиля более активно началась на окраине континента (КоД) в области субдукции океанической плиты под Кольский континент, и с рубежа 2,9 млрд лет субдукционный геотектонический стиль стал доминировать в развитии этой территории. Поэтому здесь на фоне редуцированного развития гранит-зеленокаменных образований в позднем архее сформировался характерный для субдукционной геотектоники протяженный (450 км) Норвежско-Кейвский окраинно-континентальный пояс в совокупности с Йоканьгской трансформной зоной. Внутри континента (КаД) в этот же период в геодинамике доминировал плюм-тектонический эндогенный режим и здесь сформировалась типичная гранит-зеленокаменная область.

В такой специфической и сложной обстановке смены инициального плюм-тектонического стиля развития плейт-тектоническим при совместном интегрированном участии в геодинамике плюм- и плейт-тектонических эндогенных режимов, их различном соотношении в окраинно- и внутриконтинентальной обстановках происходило геологическое развитие ККР и сформировался совершенно различный по составу, строению и металлогении архейский структурный этаж КаД, КоД и БД.

В постархейском геологическом развитии ККР субдукционный геотектонический стиль с локализацией эндогенной активности в системе линейных северо-западных рифтогенных и северо-восточных трансформных зон полностью доминировал уже на всей территории ККР, но по-прежнему самая высокая эндогенная активность сохранялась в областях воздействия фиксированных мантийных энергопульсаров. В этих областях сформировались центры самой высокой и продолжительной эндогенной активности и крупные рудные узлы с разновозрастной и разноплановой металлогенией. Внутри континента – Онежский и Северо-Карельский центры и рудные узлы. На окраине континента, в связи с перемещением в палеопротерозое Кольской плиты на север-северо-восток, центр эндогенной активности (проекция энергопульсара в земной коре) и рудогенеза сместился в центр Кольского полуострова.

## ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ БАССЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

**Н. В. Крутских**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В настоящее время актуальными остаются вопросы эколого-геологического картографирования. До сих пор отсутствуют единые принципы составления эколого-геологических карт. Концептуальные положения эколого-геологического картографирования изложены В.Т. Трофимовым, Д.Г. Зилингом в ряде публикаций [2, 4]. Согласно теории В.Т. Трофимова, Д.Г. Зилинга эколого-геологические карты относятся к категории тематических геологических карт и представляют собой новый их тип. По содержанию выделяется 4 типа эколого-геологических карт: карты эколого-геологической обстановки (условий); карты эколого-геологического районирования; карты эколого-геологические прогнозные; карты эколого-геологические рекомендательные.

Карты эколого-геологической обстановки (условий) представляют комплекс параметров литосферы, которые характеризуют возможность воздействия компонентов литосферы на биоту и человека. Значительное внимание уделяется геологической основе эколого-геологической карты, которая позволяет вычленивать литосферные блоки с однородным строением и близкой реакцией на техногенное воздействие и его экологические последствия.

Для территории бассейна Онежского озера составлена карта эколого-геологических условий. Данная карта отражает территориальные единицы однородные по интенсивности природных и техногенных процессов, а также по экологическим воздействиям на экосистемы.

Процесс создания картографической модели эколого-геологических условий бассейна Онежского озера состоит из формирования нескольких слоев информации. Первый слой отражает уровень техногенной нагрузки на основе анализа функциональной организации территории. На следующем слое показаны природные условия формирования эколого-геологической ситуации. Создание данного слоя проводится по принципу типизации природной среды.

В пределах изучаемой территории выделены различные виды техногенного воздействия на окружающую среду: селитебный (жилой), промышленный, транспортный, горнодобывающий, водохозяйственный, агропромышленный, лесохозяйственный. Наиболее высокий уровень плотности техногенной нагрузки характерен для крупных городов и прилегающих территорий. К ним относятся г. Кондопога, г. Петрозаводск, г. Медвежьегорск. Высокая плотность техногенной нагрузки формируется здесь за счет промышленного и транспортного типов эколого-геологических систем (ЭГС). Отдельные участки, характеризующиеся средним уровнем техногенной нагрузки, выделены в пределах пос. Деревянное, пос. Шокша, пос. Рыбрека, г. Вытегра, г. Пудож и связаны с большим количеством горнодобывающих предприятий. На значительной части изучаемой территории фиксируется низкая плотностью техногенной нагрузки, ведущим типом ЭГС здесь является лесохозяйственный.

В связи с тем, что ведущая роль в формировании экогеологической обстановки принадлежит геохимической экологической функции литосферы, при анализе природных факторов основное внимание уделяется морфологическим характеристикам исследуемого района, рельефу, составу коренных пород и четвертичных отложений, которые определяют условия стока, миграции и накопления химических элементов.

В геоморфологическом отношении изучаемая территория представляет собой сочетание форм доледникового денудационно-тектонического и форм ледникового и послеледникового эрозионного и аккумулятивного рельефов. В пределах исследуемой территории выделено три яруса рельефа: верхний, средний и нижний. Верхний ярус имеет абсолютные отметки вершинных поверхностей междуречий от 200 до 300 м, вертикальная расчлененность 80-150 м. На фоне менее расчлененного рельефа в пределах верхнего яруса выделяются крупные приподнятые массивы, кряжи, гряды. Средний ярус рельефа характеризуется абсолютными отметками от 100 до 200 м и вертикальной расчлененностью 30-60 м, в его пределах выделяются отдельные приподнятые массивы и гряды и участки мелкогрядового и слабоувалистого рельефа. Абсолютные отметки нижнего яруса 30-100 м, вертикальная расчлененность до 20 м, ярус делится на отдельные возвышенные холмы и низины.

К наиболее возвышенным участкам в пределах бассейна Онежского озера относятся южная часть Западно-Карельской возвышенности, северо-западная часть Ветреного пояса, Олонецкая, Андомская и Вепсовская возвышенности, а также отдельные приподнятые массивы встречаются в пределах Онежской мульды, Шокшинской гряды. Низменные участки расположены вдоль восточного берега Повенецкой губы, в долине р. Водла, в южной части Онежского озера, в долине р. Свирь, также в устьях рек Шуя и Суна. Участки мелкогрядового и субувалистого рельефа занимают пространство между верхним и нижним ярусами рельефа. Наиболее крупные возвышенные участки расположены на водоразделе рек Суна и Шуя, в пределах Онежской мульды, к северу от Повенецкого залива.

Значительное влияние на характер и мощность покрова рыхлых отложений оказывает ярусность и расчлененность рельефа. На верхних ярусах и участках с высокой расчлененностью поверхности наблюдаются малая мощность и разомкнутость покрова рыхлых отложений. Среди аккумулятивных равнин встречаются выступы форм денудационно-тектонического рельефа. Средний и нижний ярусы характеризуются преимущественно сомкнутым покровом четвертичных отложений [1].

Анализ состава слагающих пород позволяет выявить комплексы с однотипными характеристиками водонепроницаемости и сорбционной способности. Так, по составу коренные породы объединены в три крупные группы: I - кислые, II - основные и ультраосновные, III - карбонатные. Преобладающее развитие в пределах изучаемой территории получили кислые породы. Основные породы встречаются преимущественно в Заонежье, а также юго-западнее оз. Водлозера и на западном побережье Онежского озера. Карбонатные породы распространены на юге исследуемого участка, точнее, северо-восточнее Повенецкого залива, а также частично на Заонежском полуострове и в северо-западном Прионежье.

Четвертичные отложения по литологическому составу выделены в следующие комплексы:

1. Песчаные отложения. Имеют флювиогляциальный, озерно-ледниковый, озерный и аллювиальный генезис, развиты повсеместно.
2. Глинистые отложения. Характеризуются озерным и озерно-ледниковым генезисом, широко представлены в долинах р. Шуя, р. Водла, нижнем течении р. Суна
3. Моренные отложения пользуются преимущественным распространением на изучаемой территории и сложены несортированным материалом: валунными песками, супесями, суглинками, а в южной части иногда глинами.

Отдельно выделены ледниковые и водно-ледниковые отложения в пределах холмистых морен, представленные валунными песками, супесями и суглинками. Комплекс распространен в пределах ледникового холмисто-котловинного рельефа, характеризующегося ограниченным поверхностным стоком.

При изучении приповерхностной части литосферы в пределах бассейна Онежского озера выявлены однослойный (I) и двухслойный (II) типы разреза. Однослойный тип выделен на территориях с мощностью четвертичных отложений более 10 м. Дальнейшая дифференциация разреза проводилась на основе изучения состава слагающих пород. В пределах I-го типа выявлены следующие подтипы: I<sub>1</sub> представлен глинистыми отложениями, I<sub>2</sub> – песками и I<sub>3</sub> – моренными отложениями. Разрезы II типа сложены коренными породами и перекрывающимися их четвертичными отложениями. Всего в двухслойном типе выделено 9 подтипов:

|                | <i>1-й слой</i> | <i>2-й слой</i>    |
|----------------|-----------------|--------------------|
| П <sub>1</sub> | Глины           | Кислые породы      |
| П <sub>2</sub> | Глины           | Основные породы    |
| П <sub>3</sub> | Глины           | Карбонатные породы |
| П <sub>4</sub> | Пески           | Кислые породы      |
| П <sub>5</sub> | Пески           | Основные породы    |
| П <sub>6</sub> | Пески           | Карбонатные породы |
| П <sub>7</sub> | Морены          | Кислые породы      |
| П <sub>8</sub> | Морены          | Основные породы    |
| П <sub>9</sub> | Морены          | Карбонатные породы |

При соответствующей техногенной нагрузке максимальная концентрация загрязняющих элементов будет наблюдаться в районах с преимущественным развитием подтипа П<sub>2</sub> (глинистые и основные породы). Например, в районе г. Кондопога, а также в низовьях р. Шуи, где широко развиты озерно-ледниковые глины, перекрывающие основные породы. В песчаных отложениях и кислых породах, напротив, будет происходить вымывание этих веществ и их поступление в акваторию Онежского озера. Остальные комплексы пород характеризуются средней степенью сорбции и фильтрации, т.е. загрязняющие вещества частично накапливаются, частично вымываются. Направление стока химических веществ определяется геоморфологическими особенностями территории.

Таким образом, широкий спектр техногенной нагрузки и ее значительная плотность становится ведущим внешним фактором, определяющим условия формирования эколого-геологической обстановки территории бассейна Онежского озера, основными внутренними факторами являются рельеф местности и геологическое строение территории. Анализ ведущих факторов ЭГС позволяет выявить ключевые участки для дальнейшей оценки эколого-геологической ситуации исследуемой территории.

## Литература

1. Елина Г.А., Лукашов А.Д., Токарев П.Н. Картографирование растительности и ландшафтов на временных срезах голоцена таежной зоны Восточной Фенноскандии. СПб.: Наука, 2005. -112 с.
2. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Систематика эколого-геологических карт // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология, 2001. №1. С. 66-73
3. Учет и оценка природных ресурсов и экологического состояния территорий различного функционального использования. Методические рекомендации. - М., 1996. - 98 с.
4. Экологические функции литосферы / Под. Ред. В.Т. Трофимова. М., 2000. 432 с

## КОМАТИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ В КАРЕЛИИ: ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ

В. С. Куликов<sup>1</sup>, В. В. Куликова<sup>2</sup>, Я. В. Бычкова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>3</sup>МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Одним из крупнейших достижений в области магматической петрологии во второй половине XX в. является открытие коматиитов – ультраосновных вулканитов<sup>1</sup>, сформировавшихся, несомненно, из высокотемпературных (более 1420° С) высокомагнезиальных мантийных расплавов. В Австралии, ЮАР и Канаде они сопровождаются месторождениями никеля, платиноидов, золота и др. полезных ископаемых. Эти породы не встречаются в современных вулканах, поэтому их «запоздалое» обнаружение на фоне длительного исследования магматизма на разных континентах явилось началом своеобразного «бума». Сложившееся ситуация на тот период была обусловлена в основном другими подходами к петрографии вулканитов (возможно, более упрощенными), отсутствием четких текстурных и структурных признаков, а также неопределенность петрохимических параметров. В то же время присутствие ультраосновных пород среди докембрийских образований было установлено еще в XIX в. (Левинсон-Лессинг, 1888 и др.), а также в середине XX в. (В.М.Чернов), но тогда не было достаточно аргументов и обоснования их происхождения из ультраосновных расплавов.

Существенный вклад в изучение высокомагнезиальных вулканитов на территории СССР и, в частности, на Фенноскандинавском щите внесли сотрудники Института геологии Карельского НЦ

<sup>1</sup> Свое название эти породы получили по р. Комати притока р. Лимпопо в ЮАР (Viljoen, Viljoen., 1969)

РАН В.С. Куликов, В.В. Куликова, В.Я. Горьковец, М.Б. Раевская, С.И. Рыбаков, С.А. Светов и др., а также Е.М. Крестин (МГРИ); А.Б. Вревский (ИГГД РАН), А.В. Гирнис, И.Д. Рябчиков, И.С. Пухтель (ИГЕМ РАН), В.Ф. Смолькин (ГИ Кол НЦРАН) и др.; геологи Финляндии Х. Пупанен, Т. Мутанен, М. Северикко, Е. Хански и др.; Швеции – Л. Клаэссон и др.; Норвегии – А. Крилл, Х. Хенриксен и др.

Внимание к данным породам основано на специфике их химизма, близкого наиболее древним метеоритам – углистым хондритам; особенностях структур (спинифекс) и широком проявлении на поверхности Земли на начальных стадиях ее развития. Это позволяет «заглянуть» в раннюю историю планеты; представить вещество древней мантии, оценить ее эволюцию и энергетические параметры. Одним из важнейших признаков кристаллизации породы из ультраосновного расплава является наличие особенных структур, получивших название «спинифекс» по сходству с австралийской остролистной травой *Triodia spinifex* (Nesbitt, 1971). Подобные структуры можно наблюдать, например, зимой на стеклах в окнах строений или на поверхности воды, а также в некоторых продуктах металлургических производств, когда происходит быстрая кристаллизация воды или расплавов в условиях переохлаждения. Вероятность сохранности таких «хрупких» структур при метаморфизме, охватывающем все докембрийские образования, не велика.

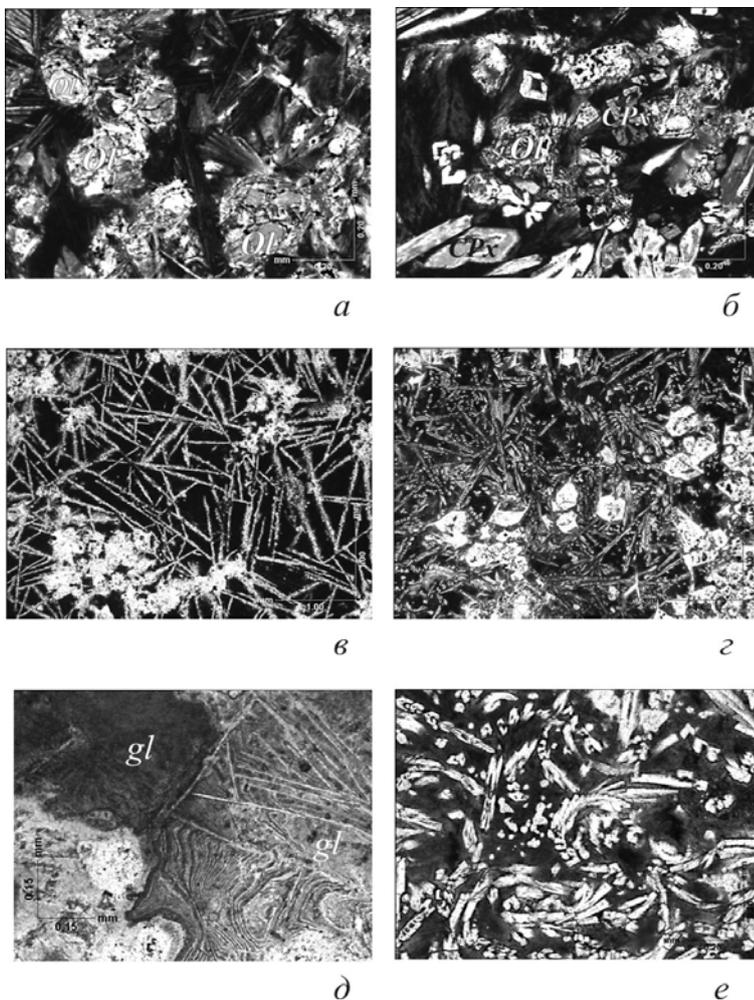


Рис. 1. Микрофотографии представительных типов коматиитовых базальтов палеорифта Ветреный Пояс. Высокомagneзиальные (MgO – 14-24%): а – порфировой структуры с оливинным микро-спинифексом мезостазиса; б – с изометричными кристаллами оливина и скелетными клинопироксена; низкомagneзиальные (MgO – 9-14%): в – с гломеропорфировой структурой и оливинным микро-спинифексом мезостазиса; г – с гломеропорфировой структурой и пироксеновым спинифексом мезостазиса; д – с волнистой структурой в стекловатом мезостазисе; е – со структурой пироксеновый спинифекс.

Для распознавания коматиитов необходимы были определенные навыки и опыт полевых работ. Пионерные работы в этом направлении были начаты В.С. Куликовым в 1963 г., когда им были впервые на территории СССР обнаружены необычные структуры спинифекс (рис. 1), которые тогда были названы «псевдоинтерсертальными», в палеопротерозойских высокомагнезиальных стекловатых вулканитах кряжа Ветреный Пояс (г. Голец). В дальнейшем им совместно с Ю.К. Калининым впервые в Мире эти структуры экспериментально воспроизведены в лабораторных условиях при  $P=1$  атм и  $T=1400 - 1100^{\circ}C$  (Куликов, Калинин, 1971).

Важным событием в изучении коматиитов стала находка в 1978 г. В.В. Куликовой ультрамафитовых коматиитов верхнего архея в Сумозерско-Кенозерском зеленокаменном поясе (Золотые Пороги на р. Кумбукса) с типичными структурами оливинного спинифекса. Опубликование в печати (ДАН СССР) этой информации стало возможным только благодаря усилиям председателя Петрокомитета СССР академика О.А. Богатикова и одного из наиболее авторитетных петрологов в СССР академика В.С. Соболева (Куликова, Куликов, 1981).

В дальнейшем коматииты и коматиитовые базальты как важная составная часть разрезов были обнаружены сотрудниками ИГ Кар НЦ РАН практически во всех лопийских структурах зеленокаменных поясов Карелии. Карельская ПСЭ на основе присутствия коматиитов в пределах Каменноозерской структуры (Сегежский и Медвежьегорский р-ны РК) провела комплексные работы на поиски медно-никелевых месторождений по аналогии с австралийскими, но масштабы оказались более чем скромные.

В 1988г. большим авторским коллективом (В.С. Куликов, А.В. Гирнис, В.Я. Горьковец, В.В. Куликова, М.Б. Раевская, И.Д. Рябчиов, А.И. Светова) была опубликована первая в СССР монография по высокомагнезиальным вулканитам Балтийского щита (отв. ред. О.А. Богатиков), получившая высокую оценку в России и за рубежом. По инициативе Х. Папунена в Финляндии переведена на английский язык.

Я.В. Бычковой и В.В. Куликовой при участии С.А. Вяхирева в районе оз. Волоцкого (Плесецкий р-н Архангельской обл.) были обнаружены (1987 г.) интенсивно метаморфизованные коматииты и коматиитовые базальты в палеоархейских образованиях Водлозерского блока и представлены для публикации в Докладах РАН академиком Н.Л. Добрецовым (Куликов и др., 1989). 80-е гг. XX в. к последнему были временем повышенного интереса многих геологов: ИГТД РАН (С.Б. Лобач-Жученко с коллегами), ИГЕМ РАН (А.К.Симон, А.В.Гирнис, А.В.Самсонов и др.) и др. Эти вулканические породы авторами были объединены в древнейшую (более 3.4 млрд. лет) волоцкую свиту Фенноскандинавского щита (Куликова, 1993) на основании последующих изотопных работ (Сергеев, 1989 и др.; Левченков и др., 1989 и др.; Пухтель и др., 1991 и др.).

Дальнейшее развитие исследований коматиитового магматизма нашло отражение в монографии С.А. Светова «Коматиит - толеитовые ассоциации Водлозерско - Сегозерского зеленокаменного пояса Центральной Карелии» (1997), коллектива авторов «Петрохимические серии ...» (2001) и др. публикациях. Многочисленные публикации по петрологии и изотопии этих вулканитов на Фенноскандинавском (Балтийском) щите, объединенных в единую коматиитовую серию, позволили авторам проследить историю их проявления на планете (История Земли..., 2005). Была разработана новая петрохимическая классификация пород коматиитовой серии с выделением по содержанию MgO (в пересчете химического состава на безводный остаток) двух видов, отвечающих принятым в мировой практике: коматиит (MgO > 24%) и коматиитовый базальт (MgO = 9–24%). Авторы показали также наличие следующих главных разновидностей пород (MgO, в %): дунитовый коматиит (> 34%), коматиит (24-34%), высокомагнезиальный коматиитовый базальт (14-24%), низкомагнезиальный коматиитовый базальт (9-14%).

В то же время, несмотря на имеющийся большой фактический материал, дискуссия по наименованию, границам между видами и разновидностями этих пород и возможностями их классификации на основе традиционной для вулканитов диаграммы TAS (щелочи – кремнезем) еще не завершена (Шарпенюк, 2006 и др.).

Важными задачами изучения остаются также установление глубины зарождения материнских расплавов; степени плавления исходного мантийного материала и его состава; рудогенеза в коматиитовых вулканитах разных тектонических структур.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 05-05-64788.

## ДОКЕМБРИЙСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ»

**В. В. Куликова<sup>1</sup>, В. С. Куликов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup> Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия

Территория заповедника Кивач приурочена к западной части палеопротерозойской Онежской структуры (синклиналь, мульда, астроблема). До последнего времени она оставалась слабо изученным объектом. Авторами получены новые оригинальные материалы по стратиграфии, магматизму и тектонике.

**Стратиграфия.** Стратифицированные образования представлены терригенно-хемогенными, частично, углеродистыми осадками и залегающими на них лавовыми покровами и туфами с обломками нижележащих углеродсодержащих пород. Выделено три толщи: существенно карбонатная; вулканогенно-осадочная и туфогенная, взаимоотношения которых до настоящего времени дискуссионны.

Карбонатные породы – доломиты разного состава обнажены на СЗ и С заповедника по берегам и островам оз. Сундозера. На архипелаге о-вов «Рудный» выделено несколько текстурно различных пачек (с севера на юг): желтые слабослоистые; розовые тонкослоистые с многочисленными микропостройками строматолитов, образующих кольцевые поднятия диаметром до 3 – 5 м; розовые доломиты со строматолитами мощностью > 3 м; белые массивные и слоистые доломиты с кавернами за счет длительного выветривания мощностью несколько десятков м; тонкослоистые розовые мощностью > 3 м. В музей заповедника авторами переданы образцы некоторых представителей строматолитов, которые могли образоваться в разных условиях: а) светлые розового, серого иногда красного цвета с четкими «столбиками» разного размера, возможно, термофильные (железновосстанавливающие бактерии, образованные вблизи термальных источников – гейзеров в вулканических долинах или на склонах вулканов в присутствии и при избытке углекислого газа  $\text{CO}_2$ ), из которых в дальнейшем могли образовываться высокоуглеродистые соединения – шунгиты, а также гематит и магнетит; б) пестрого облика с красными прослоями галофильные - ? (красноцветные цианобактерии, которые образуются в засоленных лагунах); в) желтые доломиты с остатками, возможно, алкалофильных бактерий, создающих маты в содовых озерах (предполагается, что они развиты в районе оз. Мунозера).

Толща вулканогенно-осадочных пород является доминирующей и представлена глинистыми, шунгитовыми, кремнистыми, карбонатными осадочными породами и базальтами. Однако из-за слабой обнаженности полный разрез пород не установлен. Отдельные их выходы авторы наблюдали на южном побережье и о-вах оз. Сундозера, на северном побережье оз. Мунозера, южном берегу оз. Лаголампя, на правом берегу р. Суны в 1 км севернее пос. Кивач, а также на перекатах р. Суны в 3 км ниже водопада Кивач. В шунгитах на территории заповедника установлены акритархи, которые представляют собой один из важнейших компонентов биот органостенных микрофоссилий. Размеры докембрийских акритарх варьируют от первых микрон до 1 мм (реже 3—5 мм), а на правом берегу р. Суны они достигают 3 мм. Предполагаемая мощность осадков не менее 200 м. Лавовые покровы базальтов на рассматриваемой территории ранее не отмечались. Широко распространенные основные породы ранее без достаточного обоснования интерпретировались исключительно как силлы, однако на отдельных участках имеют миндалекаменные, шаровые, вариолитовые текстуры, характерные для лав. Это позволило среди «однородного» поля «интрузивных габбро - диабазов», показанного на геологической карте м - ба 1:200 000 В.В. Яковлевой (1958), выделить эффузивы. Одним из наиболее выразительных является покров Водопадный, центральная часть которого сложена средне-, а подошвенная мелкозернистыми долеритами. Кровельная зона представлена базальтами с отчетливыми подушечными текстурами, осложненными на ряде участков канатными лавами и хорошо видимыми на смотровой площадке водопада. Покров мощностью > 50 м падает на ВЮВ под углами 50-60°. По химизму может быть отнесен к высокотитанистым ( $\text{TiO}_2$  до 2.5%) ферробазальтам ( $\text{Fe}'$  около 17%) – гавайитам -? Покров разбит серией субмеридиональных разломов на пластины с субвертикальными зонками брекчий, милонитов и зеркалами скольжения, ориентированными субпараллельно руслу р. Суны. Современной тектоникой здесь создан водопад Кивач.

Базальтовые туфы и туфоконгломераты обнажаются на левом берегу р. Суны у поселка Кивач на 3-ей террасе и прослеживаются на север с перерывами до водомерного пункта (висячий мост на р. Суне). В 250 м выше по реке породы толщи переходят на правый берег и тянутся вдоль негоне менее, чем на 1 км. Непосредственные контакты с подстилающим покровом Водопадным не обнаружены. Породы по химизму близки составам покрова и силлов, но с меньшим содержанием  $\text{Fe}'$ . Туфоконгломераты содержат остроугольные обломки базальтов, слабо окатанные гальки шунгитов и кремнистых пород. Вверх по разрезу установлен обломочный материал афанитовых базальтов с цементом того же состава. Общая мощность толщи не менее 60 м.

Брекчии прослежены вдоль левого берега р. Суны и приурочены к пачке туфоконгломератов. Обломки разного размера и состава, как правило, остроугольные. Здесь же в цементе отмечено присутствие слюды (флогопит). Породы по внешнему виду соответствуют кимберлитам Кимозера (Занежье).

**Интрузивный магматизм** представлен силлами мафит-ультрамафитов субщелочного состава. Они занимают значительную площадь заповедника, вместе с вмещающими вулканогенно-осадочными породами собраны в пологие складки и разбиты разломами. Авторами впервые закартированы и выделены под собственными именами несколько тел (с запада на восток): Лаголампи; Рагуйлампи, Правобережный и Левобережный, а за пределами заповедника - Корбалампи.

*Силл (?) Лаголампи* находится в западной части заповедника и прослеживается от оз. Лаголампи на севере до г. Орел на юго-западе. Нижний контакт с вмещающими породами установлен на оз. Лаголампи и к востоку от оз. Мунозеро. Подошвенная зона представлена пикритами, переходная пироксенитами, верхняя долеритами. По химическим параметрам он относится к долеритам с пограничным составом от коматиитовой к пикритовой петрохимической серии и близок к известным телам суйсарского комплекса: Кончезерскому и Тернаволоксскому с возрастом 1.98 млрд. лет (Суйсарский..., 1999). Мощность тела до 120 м. *Силл Рагуйлампи*, представленный ферродолеритами - гавайитами, обнажается на западном берегу одноименного озера и к северу от него. Породы средне- и крупнозернистого сложения с содержанием  $TiO_2$  больше 3% и  $FeO^2 = 14-20\%$ . Непосредственных контактов с вмещающими породами не установлено, но стратиграфически он залегает ниже силла Лаголампи. *Силл Правобережный Силл Левобережный* находится на левом берегу р. Суны и прослеживается от пос. Кивач до оз. Пандозеро. Он сложен средне- и крупнозернистыми долеритами.

*Новое пироксенит-долеритовое субмеридиональное тело* длиной около 1 км при ширине до 50 м и относительной высоте 20 - 50 м В.С. Куликовым установлено между озерами Гимойлампи и Рагуйлампи. Возможно, это один из подводных каналов.

**Тектоника.** В тектоническом строении территории заповедника выделено несколько чередующихся синклинальных и антиклинальных структур СЗ простирания. Характерна ундуляция шарниров этих складок. Авторами впервые выделена главная структура Гимойлампинская антиклиналь, осложненная СЗ, меридиональными и СВ разломами. Осевая часть структуры протягивается в СЗ направлении от оз. Пертозеро к оз. Гимойлампи и о-ву Рудному (оз. Сундозеро) на расстояние более 20 км. СВ крыло прослежено в долине р. Суна на участке от оз. Пандозеро до устья р. Сандалка. Оно падает на СЗ под углами от  $10^\circ$  на С до  $60^\circ$  на Ю и переходит к В в Сандальскую синклиналь. ЮЗ крыло фиксируется вдоль СВ берега оз. Мунозера и падает на ЮЗ под углами  $10 - 40^\circ$ , переходя к западу в Мунозерскую синклиналь. Гимойлампинская антиклиналь в СЗ направлении сменяется Сундозерской, а в ЮВ – Кончезерской. Дизъюнктивная тектоника находит свое отражение в характере расчлененного рельефа с наличием многочисленных ущелий, резкими перепадами высот, а также на отдельных обнаженных участках наличием тектонических брекчий, глинок трения, зеркал скольжения и др.

**Неотектоника.** Геологическая история территории заповедника прослеживается от палеопротерозоя (около 2 млрд. лет) до четвертичного времени (квартера). Она отчетливо отражена в современном облике (Попова и др., 2006): преобладают сложные геологические комплексы денудационно-тектонического холмисто-грядового генезиса (преимущественно на западе заповедника), а также отчетлив водно-ледниковый рельеф с грядовыми и дельтовыми формами (в северо-восточной и северной части). Тектонические разломы разных направлений и возраста обусловили рисунок гидрографической сети и расположение ряда озер на разных гипсометрических уровнях. Генеральным является СЗ направление больших форм: р. Суна и ее притоки, оз. Сундозеро и др. Но существенное влияние на ландшафты оказала сеть разломов – «клавишей» СВ направления, возникшая в венде – палеозое и обновленная в квартере в период отступления ледника. На левом берегу реки на тропе у водопада хорошо сохранилась ледниковая штриховка, а в русле реки – «исполиновы котлы»: наиболее крупный глубиной более 1 м и диаметром несколько десятков см установлен у левого берега на втором каскаде водопада. Существенное значение в разнообразии ландшафтов имеют сейсмодислокации: сеймотектонические (водопад Кивач), гравитационно-сеймотектонические деформации встряхивания, сейсмогидродинамические. Современные разломы превратили всю территорию в структуру «битой тарелки», прекрасно видны в «теле» Водопадного покрова на верхней ступени водопада, на о-ве Рудном. Они в наибольшей степени осложняют картирование и создание единой геологической картины. Однако современные методы космической топографии уже теперь позволяют провести некоторые общие перспективные построения.

**Палеореконструкция геологической обстановки** на период образования всего докембрийского комплекса пород может иметь несколько сюжетов. По одному из них территория представляла собой стратовулкан высотой до 1,5 км с кальдерой – кратером диаметром около 7 км, остатком кото-

рого является ложе оз. Мунозеро. Развитие в его пределах шунгитов, сульфидной минерализации и т. д. было возможно только в результате активной гидротермальной деятельности. Разрушение и смещение верхней части на 3 вскрыло среднюю часть вулканической постройки и обнажило подводящий канал, а также гидротермальные узлы с минерализацией и рудными залежами меди и др. элементов (район оз. Пертозеро). Возможно, силл Левобережный (на продолжении - Шушкинский) является приповерхностной магматической камерой всей структуры. Покров Водопадный мог иметь автономное относительно вулканического конуса происхождение и излился непосредственно из этой камеры. Поля доломитов вокруг вулкана формировались в прибрежной зоне в условиях постоянно поступающего вулканического тепла по аналогии, напр., с условиями на Галапагосском архипелаге.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 05-05-64788.

## ИЗУЧЕННОСТЬ ПЛАНКТОННОЙ ФАУНЫ ОЗЕРНО-РЕЧНЫХ СИСТЕМ БАССЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

**Т. П. Куликова**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Согласно карте биолимнологического районирования Карелии, бассейн Онежского озера относится к Онежской подобласти Карело-Кольской лимнологической области (Герд, 1956). Большинство ее озер гидрографически связано с бассейнами наиболее крупных притоков – Шуей, Водлой, Суной, Кумсой, Лижмой, Пяльмой. В свое время одним из направлений в изучении водоемов Республики была обозначена полная их инвентаризация, составление биологического озерного кадастра, создание на его основе банка данных, доступного для практического использования (Герд, 1948).

К настоящему времени усилиями научных коллективов Олонецкой экспедиции, Бородинской биологической станции, Государственного гидрологического института, СевНИОРХ (первоначально КНИРС), Карельского филиала Академии наук СССР (КарНЦ РАН), Петрозаводского государственного университета, Карельского педуниверситета, Лаборатории озероведения Академии наук СССР (Институт озероведения РАН) составлен довольно обширный список видов зоопланктона водоемов республики Карелия. В соответствии с современной таксономией он включает 652 таксона: Rotatoria – 441, Calanoida – 15, Cyclopoida – 41, Harpacticoida – 18, Cladocera – 101, Ostracoda – 36 (Куликова, 2001).

Перечень видов зоопланктона водоемов и водотоков бассейна Онежского озера в соответствии с первоисточниками, по нашим данным, включает 532 таксона (в современной таксономии 464), в том числе Rotatoria – 309 (300), Calanoida – 6 (6), Cyclopoida – 51 (41), Harpacticoida – 8 (7), Cladocera – 138 (90), Ostracoda – 20.

К настоящему времени обстоятельно изучена планктонная фауна Онежского озера – крупнейшего в Европе. Список насчитывает 392 таксона рангом ниже рода: Protozoa – 138, Rotatoria – 123, Calanoida – 5, Cyclopoida – 29, Harpacticoida – 4, Cladocera – 82, Ostracoda – 11 (Куликова и др., 1997; Кутикова, Николаева, 2002). В большой степени это относится и к основным его притокам, прежде всего ко второму по величине площади водосбора – р. Шуе и озерам ее бассейна (Куликова, 2004). Всего в отношении зоопланктона в бассейне Онежского озера исследовано 426 озер и 49 водотоков (табл. 1). Однако сравнительно небольшое количество проб и кратковременность проведенных наблюдений на ряде водоемов не дают основания считать указанные списки исчерпывающими. До сих пор не все группы зоопланктона в обследованных водоемах изучены равномерно.

Таблица 1. Изученность водоемов бассейна Онежского озера

| Бассейн                         | Реки | Озера |
|---------------------------------|------|-------|
| Шуя                             | 10   | 255   |
| Суна                            | 1    | 32    |
| Водла                           | 5    | 50    |
| Северо-западное побережье       | 9    | 23    |
| Северное побережье              | 5    | 41    |
| Северо-восточное побережье      | 8    | 18    |
| Южное и юго-восточное побережье | 4    | 6     |
| Юго-западное побережье          | 7    | 1     |

Долгое время оставались малоизученными притоки озера вследствие слабого знания более всего коловраток, которые в соответствии с условиями обитания в определенные периоды являются преобладающей группой зоопланктона. Интерес к изучению потамопланктона проявился в связи с рыбохозяйственным использованием рек (особенно лососевых), исследованием качества воды в результате влияния различного рода загрязнений. Результатом явилось пополнение списка коловраток представителями фауны рядом локальных видов и форм (*Eothinia lamellata macra*, *Dicranophorus esox*, *Aspelta angusta*, *Lecane mira*, *Notommata telmata*, *Resticula nyssa* и др.), которые ранее для Карелии, а в отдельных случаях и для всей страны, не указывались (Филимонова, Круглова, 1994). Значительным разнообразием коловраток характеризуются реки Суна, Шуя, Кумса, Немина, Лососинка, Неглинка. В целом эти притоки озера, а также озера в их бассейнах, особенно р. Шуи, имеют к настоящему времени самые большие списки видов зоопланктона (табл. 2).

Таблица 2. Видовой состав зоопланктона (число таксонов) притоков Онежского озера

| Река                       | Calanoida | Cyclopoida | Har-pacticoida | Cladocera | Rotatoria | Итого |
|----------------------------|-----------|------------|----------------|-----------|-----------|-------|
| Шуя                        | 5         | 16         | 4              | 57        | 101       | 183   |
| Суна                       | 5         | 17         | 3              | 62        | 179       | 266   |
| Водла                      | 4         | 10         | 2              | 32        | 39        | 87    |
| Северо-западное побережье  |           |            |                |           |           |       |
| Лижма                      | 4         | 12         | –              | 42        | 44        | 102   |
| Северное побережье         |           |            |                |           |           |       |
| Кумса                      | 5         | 12         | 4              | 42        | 86        | 149   |
| Вичка                      | 2         | 8          | –              | 18        | 42        | 70    |
| Сапеница                   | –         | 7          | 4              | 29        | 31        | 71    |
| Остер                      | 5         | 6          | –              | 17        | 41        | 69    |
| Северо-восточное побережье |           |            |                |           |           |       |
| Немина                     | 1         | 12         | 1              | 35        | 76        | 125   |
| Филиппа                    | 3         | 9          | 1              | 31        | 43        | 87    |
| Туба                       | 1         | 9          | –              | 34        | 39        | 83    |
| Пяльма                     | 1         | 7          | 1              | 33        | 35        | 77    |
| Тамбица                    | 2         | 7          | 1              | 26        | 28        | 64    |
| Юго-восточное побережье    |           |            |                |           |           |       |
| Андома                     | 4         | 9          | 1              | 25        | 23        | 62    |
| Юго-западное побережье     |           |            |                |           |           |       |
| Лососинка                  | 4         | 26         | 1              | 58        | 95        | 184   |
| Неглинка                   | 2         | 23         | 1              | 37        | 93        | 156   |

Одной из наиболее слабо исследованных групп водных животных из ракообразных являются гарпактициды (*Harpacticoida*). Первые сведения о распространении гарпактицид в водоемах Карелии (6 видов) были приведены (Герд, 1946) для Онежского озера, Пертозера в бассейне р. Шуи и двух озер в бассейне р. Водлы – Хабозера и Харагозера (данные Олонецкой научной экспедиции).

К настоящему времени определено 8 видов из 18-ти известных для карельских озер. При этом для некоторых водоемов представители данной группы планктона до вида не идентифицированы.

До сих пор планомерно не изучается фауна остракод (Ostracoda), составляющих заметную часть фауны илистого дна водоемов и представляющих интерес с точки зрения питания рыб. Единичные и наиболее ранние примеры относятся, в частности, к Онежскому озеру (единственный вид был найден К. Ф. Кесслером). К настоящему времени этот список расширен до 20 видов за счет более поздних находок в 70-е годы прошлого века (Н. А. Акатова, А. А. Ярвекюльг, З. И. Филимонова) в Онежском озере (10 видов), некоторых реках (Суна, Шуя, Лососинка, Туба) и в ряде малых водоемов (Куликова, 2001).

Определенный интерес представляют реликтовые виды. В озерах Карелии это в первую очередь *Limnocalanus macrurus* Sars – ледниковый реликт морского происхождения, стенотермно - холодно-водный вид, характерная форма пелагиали многих озер северо - западного региона. В больших озерах, в частности в Онежском, *Limnocalanus* присутствует в планктоне круглый год (зимой составляет до 90% общей биомассы). Рачок зафиксирован в реках Шуе, Суне, Лижме, Кумсе, имеющих в составе бассейнов крупные озера. Однако он обитает далеко не во всех водоемах бассейна, ареал довольно ограничен. Наличие лимнокалянуса в некоторых озерах бассейна р. Волы (Великозеро, Волозеро Малое), отмеченное в литературе, следует уточнить.

Водоемы на территории бассейна Онежского озера отличаются разнообразием биомических типов, значительно различающихся между собой по ряду морфометрических, гидрологических, гидрохимических характеристик, которые определяют разнообразие фауны планктона и его количественные показатели: от олиготрофных водоемов (более редких) до эвтрофированных (мезо - и эвтрофных), а также в связи с повышенной гумификацией – дистрофированных. В то же время в таксономическом составе, облике планктических комплексов и уровне развития зоопланктона имеется в целом много общих черт, которые характеризуют специфику озер южной Карелии. В большинстве своем виды, создающие основной фон зоопланктона в водоемах бассейна (обычно 5–6, реже 1–2) являются типичными для озер Европейского Севера, отличаются широкой эвритопностью. В целом водоемы Онежской подобласти характеризуются заметно более высокой продуктивностью зоопланктона (и бентоса) в сравнении с расположенными в северных районах Карелии.

В общем можно отметить, что Онежское озеро и водоемы его бассейна (более 420), в том числе крупные притоки, в отношении зоопланктона относятся к наиболее исследованным в Карелии. Недостаточно внимания было уделено водоемам восточного и юго-восточного побережий озера.

Инвентаризация и систематизация полученных за многолетний период (более 100 лет) натуральных материалов по водоемам онежского бассейна является частью полного озерного кадастра карельского региона, служит созданию на его основе банка данных для целей широкого практического использования в дальнейшем.

## Литература

- Герд С. В. Обзор гидробиологических исследований озер Карелии // Тр. Карело-Финского отд. ВНИОРХ. Т. 11. Ленинград-Петрозаводск, 1946. С. 27–139.
- Герд С. В. Биологический кадастр озер Карелии // Изв. Карело-Финск. науч.-исслед. базы АН СССР, вып. 4. Петрозаводск, 1948. С. 80–83.
- Герд С. В. Опыт биологического районирования озер Карелии // Тр. Карел. филиала АН СССР, вып. 5. Петрозаводск, 1956. С. 47–75.
- Куликова Т. П. Видовой состав зоопланктона внутренних водоемов Карелии // Тр. Карельского науч. центра РАН. Биогеография Карелии. Серия Б. Биология. Вып. 2. Петрозаводск, 2001. С. 133–151.
- Куликова Т. П. Зоопланктон водоемов бассейна реки Шуи (Карелия). Петрозаводск, 2004. 124 с.
- Куликова Т.П., Кустовлянкина Н.Б., Сярки М.Т. Зоопланктон как компонент экосистемы Онежского озера. Петрозаводск, 1997. 112 с.
- Кутикова Л. А., Николаева И. П. Каталог видов коловраток (Rotifera) пресных вод Северо-Запада России. [Электрон. ресурс]. СПб. 2002. <http://www.zin.ru/books/rotocatalog/default.asp>
- Филимонова З.И., Круглова А.Н. О коловратках рек Карелии // Использование и охрана водных ресурсов бассейна Белого моря. Петрозаводск, 1994. С. 161-192.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАРЕЛИИ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ

Н. Б. Лаврова

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

В позднеледниковье закладывались основы современных ландшафтов как в отношении формирования рельефа, так и развития растительного покрова. Анализ донных осадков озер, расположенных в областях развития образований разновозрастных стадий деградации последнего оледенения, позволил проследить начальные этапы ее колонизации растительностью в разнообразных климатических и геолого-геоморфологических обстановках от начала дегляциации (14 000–15 000 л.н.) до начала голоцена (10 000 л.н.).

Новые методики отбора ненарушенного керн донных озерных отложений, корреляция палинологических данных с результатами радиоуглеродного, варвометрического датирования и с новыми представлениями по особенностям деградации оледенения позволяют внести существенные коррективы в ранее имевшиеся представления о времени формирования растительного покрова. Установлено, что освобождение южной и юго-восточной Карелии от материкового льда произошло 13 000 – 14 000 л.н., а распространение растительности началось не ранее среднего дриаса – начала аллереда (около 12 000 – 11 800 л.н.), то есть существенно позднее, чем предполагалось ранее. Лимитирующее воздействие на распространение растительности оказывали длительное сохранение массивов мертвого льда и многолетней мерзлоты. Видовая диагностика пыльцы и спор растений, имеющих определенную эколого-ценотическую приуроченность способствует более детальной и объективной реконструкции палеосообществ (ПС). Эколого-ценотический характер ископаемой флоры показал, что растительный покров Карелии имел сложный мозаичный характер и представлял собой сочетание самых разнообразных по экологии сообществ. Сложная структура растительного покрова была обусловлена специфическими природно-климатическими условиями позднеледниковья, многообразием форм рельефа и покровных четвертичных отложений, что в совокупности создавало весьма пеструю гамму для существования растений. Благодаря близости ледникового покрова и крупных приледниковых водоемов, а также вследствие незакрепленности грунтов растительностью, процессы ветровой эрозии и аккумуляции были намного интенсивней, чем в наши дни. Таяние массивов мертвого льда и вечной мерзлоты сопровождалось процессами солифлюкции – скольжения и оползания грунтовых масс по вечной мерзлоте, протаивание мерзлых грунтов и захороненных блоков мертвого льда приводило к формированию гляцио- и термокарстового рельефа – сложного сочетания воронок, провалов, холмов и гряд. То есть на обширных участках земная поверхность была нестабильна и быстро изменялась под воздействием ветра, солнца и гравитации. Отметим также, что уровень приледниковых водоемов довольно быстро менялся при общей тенденции к понижению. В результате быстро осушались обширные участки мелководий, как песчаных, так валунных и каменистых.

Как явствует из анализа спорово-пыльцевых спектров, растительный покров на территории исследования имел комплексное, мозаичное строение. Судя по низкой концентрации пыльцы, находкам *Cepococcut geophillum* (индикатора оголенных субстратов) и пыльцы растений гелиофитов, растительность была несомкнутой – травяно-кустарничковые палеосообщества сочетались с оголенными и переувлажненными субстратами. Спорово-пыльцевые спектры содержат довольно большое количество древесных пород и, как кажется на первый взгляд (и зачастую трактовалось в предыдущих исследованиях) на территории Карелии были широко распространены древесные породы и даже леса. Но данные по концентрации пыльцы утверждают обратное – большая часть пыльцы древесных была результатом заноса или переотложения. Но вполне вероятно, что некоторые экологически пластичные породы находили для себя приемлемые условия существования.

Отложения **среднего дриаса (12 000 - 11 800 л.н.)** вскрыты лишь в центральной части Онежского озера, спорово-пыльцевые спектры отложений которого отражают региональный состав растительности. По палеогеографическим реконструкциям, основанным на строении поверхностных отложений и слагаемых ими форм рельефа, в южной и восточной Карелии в бёллинге и древнем

дриасе были чрезвычайно широко распространены поля мертвых льдов, перекрывавших большую часть Андомской, Водлозерской, Вепсовской, Волозерской и Олонецкой возвышенностей (Демидов, 2005). На свободной от блоков мертвого льда территориях основной фон ландшафта представлен оголенными минеральными субстратами, наряду с сообществами на несформированных и нарушенных почвах, щебнистых и каменистых грунтах, тундровыми дриадовыми, ерниковыми, ерnikово-зеленомошными, реже ивовыми и ерnikово-сфагновыми ПС, перигляциальными полынно-маревыми ПС со злаками и набором арктоальпийских ксерофитов, площади распространения которых были ограничены. Учитывая широчайшее развитие полей мертвого льда на водоразделах, а также непосредственную близость ледника, перекрывавшего всю северную половину Онежского озера, вопрос о существовании древесных сообществ на побережьях озера очень проблематичен и без дальнейших исследований по выявлению макроостатков – неразрешим.

В аллерёде (11 800 - 10 800 л.н.) в юго-восточной Карелии преобладали тундровые (ерниковые и ерnikово-зеленомошные) ПС, тогда как на Олонецкой возвышенности – полынно-маревые, ксерофильные травянистые ПС. Такая дифференциация определена рядом причин – преобладанием суглинистых субстратов в юго-восточной Карелии, наиболее благоприятных для произрастания тундровых ценозов. Кроме того, таяние массивов мертвого льда, активизировавшееся в условиях относительно теплого климата аллерёда, обеспечивало повышенное увлажнение грунтов. Преобладание на Олонецкой возвышенности песчаной и супесчаной разновидностей морены, обладающей значительной дренирующей способностью, определило преимущественное развитие ксерофильных ПС. Повышенное содержание пыльцы *Betula sect. Albae* в разрезах Олонецкого плато, а следовательно и распространение березовых редкостойных ценозов, было связано, вероятно, со смягчающим влиянием на климат Онежского и Шуйского приледниковых озер, особенно в береговой зоне постоянно мелевших водоемов, способствующих таянию погребенного льда. Возможности для распространения березовых редколесий обусловил и преобладающий здесь вещественный, гранулярный состав морены. Поскольку определяющим фактором для произрастания деревьев является глубина оттаивания вечномерзлотных грунтов, то способность песков оттаивать быстрее и на большую глубину также способствовало распространению березовых ПС.

Новое и значительное похолодание в позднем дриасе (10 800 - 10 200 лет назад) вызывает очередное наступление ледникового края, известное как стадия сальпаусселькя. Глобальное изменение климата в сторону понижения тепло- и влагообеспеченности привело к деградации редкостойных березовых ПС и сдвигу границ древесной растительности к югу, юго-востоку от Карелии, что нашло отражение в спорово-пыльцевых спектрах. В юго-восточной Карелии сократились площади, занятые тундровыми ПС в пользу травянистых ксерофильных полынно-маревых ценозов, тем не менее, тундровые ПС превалировали. На Олонецком плато доминирующие позиции по-прежнему занимали ксерофильные травянистые ПС. Таким образом, изменение природных условий не вызвало коренных изменений растительности, а привело к перераспределению площадей, занимаемых палеосообществами.

Хотелось бы отметить, что лишь в позднем дриасе началось зарождение озер к востоку от Поенецкого залива и на Сумозерской возвышенности, где главенствовали полынно-маревые ПС.

Процессы солифлюкции, эрозии и выветривания незакрепленных грунтов, усилившиеся в условиях холодных малоснежных зим позднего дриаса, приводили к обновлению субстрата и распространению растений – обитателей мест с нарушенным или несформированным почвенным покровом. Впрочем, эрозионные процессы были весьма значимы и в более теплое время аллерёда, когда усиление таяние массивов мертвого льда приводило к перемыванию и сносу незакрепленных растительностью грунтов.

Положение разреза у края отступающего ледника оказывало существенное влияние на характер растительности. Озера, образовавшиеся после отступления ледника в стадию сальпаусселькя 1, в отличие от водоемов, расположенных в областях развития образований ранних стадий оледенения, формировались почти синхронно времени отступления ледника. Это связано с изменением типа дегляциации, протекавшего без образования массивов погребенного льда. Данные палинологического анализа дают возможность оценить становление растительности у края ледника. Выяснилось, что положение относительно края ледника неоднозначно сказывалась на формировании растительного покрова. Огромное значение имели гипсометрическое положение, влияние крупных водных бассейнов, смягчающих континентальность климата, мощность четвертичных отложений.

Начало **пребореального времени** было важным рубежом в изменении всей физико-географической обстановки и ознаменовалось нарастанием влаго- и теплообеспеченности, вызвав необратимые последствия в растительном покрове, выразившиеся в распространении древесных ценозов и, как следствие, смене накопления в малых озерах минеральных глин и алевроитов органическими сапропелями. Тем не менее, связь с предыдущей эпохой продолжала существовать и отразилась она в сохранении перигляциальных и тундровых ерниково-зеленомошных ПС, существовавших вплоть до бореального времени, что во многом объясняется длительной консервацией погребенного льда и вечной мерзлоты.

Таким образом, характер растительного покрова был весьма схож на всей исследуемой территории. Тем не менее можно отметить дифференциацию в распространение ведущих сообществ: в аллереде в юго-восточной Карелии преобладали тундровые ерниковые и ерниково-зеленомошные сообщества, на Олонецкой возвышенности (южная Карелия) – травянистые ксерофильные ПС, на что в значительной степени повлиял состав покровных четвертичных отложений. Данные по концентрации пыльцы неоспоримо показали, что растительность позднеледниковья была несомкнутой: палеосообщества чередовались с пятнами оголенных грунтов. Низкая концентрация пыльцы древесных пород указывает на полное отсутствие лесов и крайне ограниченное распространение деревьев.

## **НОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИ ЗАКИСЛЕНИИ, ЕВТРОФИРОВАНИИ, ТОКСИЧЕСКОМ И МИНЕРАЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ**

**П. А. Лозовик**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Устойчивость водных объектов к антропогенному воздействию зависит от многих абиотических и биотических факторов. В определенной степени она связана и с уровнем антропогенной нагрузки. В данном случае под устойчивостью (стабильностью) понимается отсутствие или незначительное изменение качества водной среды, а также степени загрязнения и трофического состояния водного объекта в результате антропогенного влияния. Предел его устойчивости определяется исходными химическими параметрами воды и гидрологическими факторами, на основании которых и может быть установлен экологически допустимый сброс антропогенных продуктов. Определение последнего представляет большой научный и практический интерес.

Антропогенные нагрузки на водные объекты целесообразно определять по основным классам соединений, характеризующих качество воды: минеральным, органическим, включая и лабильное ОВ, взвешенным, биогенным элементам и загрязняющим веществам. Для оценки совокупной токсикологической нагрузки на водные объекты необходимы данные биотестирования сточных вод – определение недействующей кратности их разбавления (НКР).

Устойчивость водных объектов к закислению определяется двумя факторами – гидрологическим (удельным водосбором) и геохимическим (буферной емкостью) (Лозовик, 2006). Получено уравнение, связывающее поступление сильных кислот ( $b$ ) в водные объекты с их концентрацией в атмосферных осадках ( $C_{\text{сильн. к.}}$ ) и удельным водосбором ( $\Delta F_{\text{уд}}$ ):

$$b = C_{\text{сильн. к.}} (0.0124 \Delta F_{\text{уд}}^{1.34} + 2 \Delta F_{\text{уд}}^{-1}),$$

в котором первый член отражает закисляющее действие вод весеннего половодья, а второй – атмосферных осадков, выпадающих на поверхность озера в течение года. Анализ указанной зависимости от удельного водосбора показал, что в наибольшей степени закисляются озера с малым удельным водосбором ( $\Delta F_{\text{уд}} < 3$ ) за счет осадков, выпадающих на поверхность озера, а также высокопроточные озера ( $\Delta F_{\text{уд}} > 15$ ) и реки в период весеннего половодья. Для промежуточной группы

озер ( $3 < \Delta F_{\text{уд}} < 15$ ) эффект закисления в гидрологическом отношении выражен меньше. Исходя из теоретических представлений, наибольшему закислению подвергаются озера, находящиеся на водоразделе рек, и водотоки в период весеннего половодья, что подтверждается многочисленными натурными данными (Моисеенко, 2003).

В качестве геохимического фактора устойчивости следует рассматривать буферную емкость воды, определяемую как дифференциальное отношение  $\beta = \frac{db}{dpH}$ .

Критическое поступление сильных кислот в водный объект оценивается по буферной емкости воды и  $\Delta pH_{\text{limit}}$ :  $b_{\text{крит.}} = \beta_0 \cdot \Delta pH_{\text{limit}}$ . В качестве  $\Delta pH_{\text{limit}}$  принята величина 0.3 ед., которая отвечает межсезонным колебаниям рН, существующим в природе. На основе последней формулы рассчитывается  $C_{\text{крит}}$  в атмосферных осадках:  $C_{\text{крит.}} = b_{\text{крит.}} \cdot \rho^{-1}$ , где  $\rho$  – доля вод весеннего половодья и осадков, выпадающих на поверхность озера. Критические кислотные нагрузки вычисляются по формуле:  $CL = q \cdot C_{\text{крит.}}$ , где  $q$  – количество осадков, выпадающих на данной водосборной территории.

Влияние ионного состава на устойчивость к калийной нагрузке. Одним из факторов антропогенного воздействия может быть увеличение минерализации и изменение соотношения ионов. В природных поверхностных водах гумидной зоны отмечается весьма широкая вариабельность  $\Sigma_{\text{и}}$ , соотношения катионов и анионов. Однако, как и в водах других природных зон, эквивалентная доля  $K^+$  всегда ниже, чем остальных катионов, а сумма щелочноземельных металлов превосходит сумму щелочных. В Карелии имеется вид минерального загрязнения, когда калий становится преобладающим катионом. Такой антропогенно нарушенной системой является р. Кенти с многочисленными озерами. Изменения в реке связаны с поступлением техногенных вод Костомукшского ГОК'а, избыточное содержание калия в которых (до 140 мг/л) связано с его выщелачиванием при магнитной сепарации руды из биотита – очень распространенного пороодообразующего минерала.

На основании химико-токсикологического моделирования удалось установить эмпирическое уравнение, связывающее соотношение ионов в растворе, при котором в среде отсутствует токсическое действие ионов калия:

$$\ln \frac{[Na^+]}{[K^+]} = 0.13 - 2.9 \frac{[Ca^{2+} + Mg^{2+}]}{[Na^+] + [K^+]} \quad (\text{Лозовик, Дубровина, 1998}).$$

Полученная зависимость может быть использована для определения экологически допустимой концентрации  $K^+$  от содержания ионов  $Na^+$  и жесткости воды, что позволяет исключить неопределенность, связанную с ПДК по  $K^+$ .

Оценка степени загрязнения водоемов по химическим показателям. Для этих целей может быть использован показатель кратности разбавления сточных вод (КРС), определяемый по приоритетному консервативному компоненту:

$$KPC = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\text{фон}}}{C_{\text{набл}} - C_{\text{фон}}},$$

где  $C_{\text{ст}}$  – концентрация приоритетного консервативного вещества в сточной воде,  $C_{\text{фон}}$  и  $C_{\text{набл}}$  – его фоновая и наблюдаемая концентрация в водном объекте, соответственно.

Для хозяйственно-бытовых сточных вод приоритетными показателями являются  $Na^+$  и  $Cl^-$ , превышающие в 30–50 раз среднерегиональные значения, для сточных вод ЦБК с сульфатным способом варки целлюлозы –  $Na^+$  и  $SO_4^{2-}$  (более чем в 60 раз превышающие фоновые показатели), для техногенных вод Костомукшского ГОКа –  $K^+$  и  $SO_4^{2-}$  (калий в 300 раз превышает фон,  $SO_4^{2-}$  – в 50 раз). Для сульфитного способа варки целлюлозы более информативным является содержание лигносульфонатов (150 мг/л в сточных водах против “нулевого” фонового). Параметр КРС при сопоставлении его с безвредной кратностью разбавления сточных вод, получаемой в токсикологическом опыте, позволяет установить, возможно ли токсическое действие загрязненных вод без проведения достаточно трудоемких опытов по биотестированию самих загрязненных вод (Лозовик и др., 1996). Степень загрязнения водного объекта по отдельным веществам оценивали также с использованием критерия ПДК и ОБУВ для рыбохозяйственных водоемов (Обобщенный перечень..., 1990), а также фоновых региональных концентраций веществ ксенобиотиков, исходя из которых определяются региональные ПДК (Лозовик, Платонов, 2005). На основе последних может быть рассчитан суммарный индекс загрязненности (ИЗВ) и определен класс качества воды.

В качестве региональной величины ПДК для веществ, у которых  $\text{ПДК} \gg C_{\text{фон}}$  ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , Cd, Pb,  $\text{K}^+$  и др.), предложено использовать их среднее геометрическое значение:

$$\text{ПДК}_{\text{пер}} = \sqrt{\text{ПДК} \times C_{\text{фон}}}.$$

Для веществ, у которых фоновые концентрации близки к ПДК (нефтепродукты, Zn, Cu и др.), в качестве региональной величины ПДК можно принять сумму фоновой концентрации и ПДК:

$$\text{ПДК}_{\text{пер}} = C_{\text{фон}} + \text{ПДК}.$$

Особый случай представляют элементы, для которых фоновые концентрации выше ПДК. К ним относятся, прежде всего, Fe, Mn, фенолы, содержание которых отражает специфику поверхностных вод гумидной зоны. По этим веществам недопустимы расчеты индексов загрязнения.

Нормирование биогенного и органического загрязнения осуществляется по замыкающему створу водоприемника с учетом его ассимиляционной способности, определяемой по скорости трансформации ОВ, БЭ (Лозовик, 2003), но не более 1.5-кратного превышения их природного содержания для обеспечения сохранения геохимического класса вод. В связи с длительностью периода зимней стагнации очень сложно обеспечить оптимальный кислородный режим (более 4 мг $\text{O}_2$ /л) в водоеме при поступлении в него сточных вод, содержащих легкоокисляемые органические вещества. Их очистка и сброс должны быть организованы таким образом, чтобы не создавались локальные бескислородные зоны, а в большей части водной массы содержание  $\text{O}_2$  не опускалось ниже 4 мг/л.

## Литература

- Обобщенный перечень* предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. 1990. М.
- Лозовик П.А., Дубровина Л.В., Регеранд Т.И. Аномальное соотношение главных катионов – как фактор токсичности среды для водных организмов. //Тезисы VII съезда Гидробиологического общества РАН. Казань, 1996. т. 3. С. 23–24.
- Лозовик П.А., Дубровина Л.В. Влияние соотношения катионов и минерализации воды на токсичность ионов калия // Экологическая химия. 1998. № 4. С. 15–22.
- Лозовик П.А., Платонов А.В. Определение региональных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ на примере Карельского гидрографического района // Геоэкология. 2005. № 6. С. 527–532.
- Лозовик П. А. Устойчивость водных объектов к закислению в зависимости от их удельного водосбора на примере озер и рек бассейна р. Шуи (Онежской) // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 2. С. 188–195.
- Lozovik P. Transformation of organic matter and nutrients in lakes Ladoga and Onego // Proseeding of the Fourth International Lake Ladoga Symposium 2002. Joensuu, 2003. P. 68–73.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАРЕЛИИ И ИХ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

П. А. Лозовик, А. В. Сабылина, Н. Н. Мартынова, А. В. Рыжаков

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Поверхностные воды Карельского гидрографического района отличаются высокой изменчивостью содержания минеральных и органических веществ, биогенных элементов, микроэлементов, газового состава и рН воды. В общей сложности концентрации химических веществ в поверхностных водах Карелии отражают всю специфику вод гумидной зоны и могут использоваться для их надежной характеристики. Важно, что низкая освоенность территории Карелии и незначительное хозяйственное использование ее водных ресурсов позволяют характеризовать именно природные особенности вод гумидной зоны. Формирование химического состава поверхностных вод Карелии осуществляется в условиях Балтийского кристаллического щита, где мощность хорошо промытых четвертичных отложений не превышает 10 м, а коренные породы (граниты, базальты и др.) отлича-

ются слабой растворимостью. В почвенном покрове водосборов господствуют подзолистые почвы с железо-гумусовым горизонтом, что обуславливает высокое содержание гумусовых веществ и железа во многих водных объектах. Для анализа гидрохимической информации по Карельскому гидрографическому району использованы данные по более чем 800 объектам, равномерно распределенным по всей территории Республики.

**Минерализация и ионный состав воды.** По минерализации (сумме ионов) поверхностные воды Карелии относятся к ультрапресным. Большинство водных объектов (85%) имеют сумму неорганических ионов < 50 мг/л, в редких случаях она > 100 мг/л.

Анализируя в целом распределение вод Карельского региона по классам и группам, следует отметить, что ионы становятся доминирующими, если их эквивалентная доля составляет не менее 30–40%. Подразделение вод по преобладающим катионам и анионам выглядит так, что половина объектов (49.6%) относится к гидрокарбонатному классу группе  $\text{Ca}^{2+}$  или смешанной группе  $\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$ . К карбоксилатному классу групп  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  причислено 26.8% водных объектов, а к смешанным гидрокарбонатно-карбоксилатному и карбоксилатно-гидрокарбонатному классам аналогичных групп – 8.7%, что в общей сложности составляет 85%. С учетом вод групп ( $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$ ) общее число водных объектов гидрокарбонатного, карбоксилатного и смешанных их классов достигает 89%. Преобладание последних вполне логично, поскольку основным процессом формирования ионного состава воды является выщелачивание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из карбонатных и силикатных пород под действием углекислого газа и гумусовых кислот, растворенных в воде.

**Органическое вещество.** Вторым основным компонентом поверхностных вод гумидной зоны является органическое вещество (ОВ), которое не только в значительной степени определяет их специфику по своему содержанию, но сказывается на количестве и миграции других компонентов (биогенные элементы, Fe, Mn), а также влияет на газовый режим и pH воды. На примере поверхностных вод Карелии рассмотрены основные закономерности содержания и распределения ОВ в водах гумидной зоны. Для ОВ характерна очень высокая вариабельность как косвенных характеристик: перманганатной окисляемости (ПО), химического потребления кислорода (ХПК), цветности (ЦВ), так и концентрации  $\text{C}_{\text{орг}}$  при незначительной изменчивости  $\text{N}_{\text{орг}}$  (табл.).

Таблица. Показатели содержания ОВ в поверхностных водах Карелии

| Статистические показатели | ПО, мгО/л | ЦВ, град | Гумусность | ХПК, мгО/л | БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л | $\text{C}_{\text{орг}}$ , мг/л | $\text{N}_{\text{орг}}$ , мг/л |
|---------------------------|-----------|----------|------------|------------|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Мин                       | 1.7       | 3        | 3          | 3.6        | 0.02                                   | 1.5                            | 0.12                           |
| Макс                      | 82        | 460      | 155        | 70         | 4.4                                    | 33                             | 1.77                           |
| Медиана                   | 12.0      | 66       | 28         | 23.6       | 1.0                                    | 9.3                            | 0.44                           |
| n                         | 751       | 747      | 745        | 288        | 236                                    | 432                            | 761                            |

Поскольку все без исключения косвенные характеристики отражают содержание ОВ в воде, наблюдается высокая степень корреляции между ними и содержанием  $\text{C}_{\text{орг}}$ .

Анализ зависимости концентраций  $\text{N}_{\text{орг}}$  и показателей ОВ показал, что практически отсутствует какая-либо корреляция между этими характеристиками. Уравнение линейной регрессии выглядит так, что постоянный член близок к среднему значению концентрации  $\text{N}_{\text{орг}}$  для всей выборки данных ( $\text{N}_{\text{орг}} = 0.006\text{C}_{\text{орг}} + 0.49$ ,  $n = 432$ ,  $r = 0.10$ ). Наблюдается своего рода постоянство содержания  $\text{N}_{\text{орг}}$  в природных водах независимо от содержания ОВ. В общей сложности внутриводоемные процессы способствуют созданию условий сбалансированного содержания  $\text{N}_{\text{орг}}$ .

Исходя из соотношения ПО, ХПК и цветности, органическое вещество поверхностных вод Карелии представлено в наибольшей степени аллохтонным биохимически трудноокисляемым ОВ гумусовой природы, имеющим высокие атомные отношения C : N (20–30). Незначительная доля лабильного ОВ подтверждается низкими величинами БПК<sub>5</sub>/ПО и БПК<sub>20</sub>/ХПК (9 и 15%, соответственно).

**Биогенные элементы.** Содержание  $\text{P}_{\text{общ}}$  колеблется в очень широких пределах от 2 до 200 мкг/л, причем верхний предел не связан с антропогенным влиянием, а соответствует природным объек-

там. В целом распределение  $P_{\text{общ}}$  показывает, что в большинстве объектов (75%) его содержание < 26 мкг/л (у половины объектов оно в пределах 10–26 мкг/л, у четверти < 10 мкг/л).

В озерных системах на содержании  $P_{\text{общ}}$  существенно сказываются внутриводоемные процессы и прежде всего седиментация. По этой причине среднее содержание  $P_{\text{общ}}$  в речных водах ( $P_{\text{общ}} = 22$  мкг/л,  $n = 256$ ) почти в 1.5 раза больше, чем в озерных ( $P_{\text{общ}} = 16$  мкг/л,  $n = 543$ ).

При анализе распределения основных форм азота ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $N_{\text{орг}}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) в поверхностных водах Карелии обращает на себя внимание, прежде всего, весьма низкое содержание  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$ , почти полное отсутствие  $\text{NO}_2^-$  и более-менее постоянное содержание  $N_{\text{орг}}$ . Так, в 80% объектов из числа обследованных ( $n = 734$ ) концентрация  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$  составляет < 0.1 мг N/л, а нитритов < 0.005 мг N/л, тогда как содержание  $N_{\text{орг}}$  изменяется в пределах 0.25–1.0 мг/л, составляя в среднем 0.44 мг/л. Это дает основание утверждать, что в природных водах гумидной зоны наблюдается весьма низкое содержание минеральных форм азота и достаточно стабильное –  $N_{\text{орг}}$ .

Анализ распределения  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  и  $\text{Mn}_{\text{общ}}$  по региону показывает, что их концентрация в незагрязненных водах колеблется в весьма широких пределах от “аналитического” нуля до 4.7 мг/л (Fe) и до 2.2 мг/л (Mn). В 80% объектов их содержание изменяется до 1.0 мг/л и 0.1 мг/л соответственно.

Кремний относится к одному из самых распространенных элементов в земной коре. В 80% объектов содержание  $\text{SiO}_2$  (анализировалась только растворенная форма) изменяется от менее 0.1 до 2.2 мг Si/л. Минимальное количество Si обнаруживается в озерах с преобладанием атмосферного питания. В речных водах его среднеарифметическое содержание составляет 2.3 мг/л, в озерных – 1.6 мг/л. Уменьшение количества Si в озерных водах по сравнению с речными обусловлено потреблением кремния фитопланктоном и его седиментацией в составе последнего и захоронением в донных отложениях.

Растворенные газы и рН воды. Анализ данных по региону показывает, что насыщение воды кислородом в целом по водным объектам изменяется от 3 до 116%. В 90% объектов относительное содержание кислорода находится в пределах 60–100%. Из этого следует, что одна из особенностей природных поверхностных вод северной гумидной зоны – “ненасыщенность” воды кислородом. Причиной этого является длительность периода ледостава (почти полгода), а также высокое содержание ОВ (как в воде, так и в донных отложениях), на деструкцию которого затрачивается кислород, а гидродинамические процессы не обеспечивают установления его равновесного распределения. Речные воды зачастую являются более обедненными кислородом, чем озерные.

Содержание углекислого газа в поверхностных водах Карелии колеблется в очень широких пределах: от “аналитического” нуля до 46 мг/л. Летом, особенно в евтрофных озерах, может наблюдаться полное отсутствие  $\text{CO}_2$  в поверхностном слое воды в связи с его потреблением фитопланктоном. В то же время в придонных слоях в результате разложения органических остатков накапливается большое количество  $\text{CO}_2$ .

По величине рН поверхностные воды гумидной зоны характеризуются весьма значительной изменчивостью – от 4 до 8 и более ед. рН. И в этом плане они являются наиболее яркими представителями природных вод с высокой вариабельностью рН. Из числа обследованных объектов в 1.7% случаев изменение рН составляло от 4 до 5, в 12.5% – от 5 до 6, в 61% – от 6 до 7 и в 25% – от 7 до 8, и в большинстве водных объектов (86%) величина рН изменяется в циркумнейтральной области от 6 до 8 ед. рН. Более высокие значения рН (до 10) отмечаются в евтрофных озерах в период цветения воды. Наиболее низкие величины рН (< 5.5) характерны для высокогумусных речных систем с сильнозаболоченным водосбором. Низкие величины рН (4.8–5.5) отмечены также в светловодных озерах, находящихся на водоразделе рек, поскольку для этих озер высока доля атмосферного питания. Наиболее высокие значения рН чаще всего наблюдаются в низкоцветных, но нередко и в высокогумусных водах и общей закономерностью для поверхностных вод гумидной зоны является увеличение рН с ростом щелочности воды.

На основании материалов многолетнего мониторинга (1992–2005 гг.) установлены последствия антропогенного влияния на ряд водных объектов Карелии и предложены водоохраные мероприятия.

На северную часть Ладожского озера, особенно шхерный район, оказывают влияние промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды промцентров – городов Питкяранты, Сортавалы, Лахденпохьи, а также речной и склоновый сток с северного и северо-восточного побережий. Учитывая высокую активность динамических процессов в Ладожском озере, отметим, что на режиме его северной акватории отражается влияние всей совокупности антропогенных факторов, дейст-

вующих на остальной части озера и водосборе. В целом следует отметить, что показатели качества воды северной части Ладоги соответствуют достаточно чистым водам, за исключением Сортавальского залива.

Для Онежского озера одним из последствий антропогенного влияния является повышение его трофности. Содержание  $P_{\text{общ}}$  достигло критической величины (9 мкг/л), определенной с учетом его низкого природного уровня (6 мкг/л). Наиболее сильное евтрофирующее воздействие на воды Центрального Онега оказывает Петрозаводский промузел, тогда как сточные воды Кондопоги больше локализованы в самой губе. Для предотвращения дальнейшего евтрофирования Онежского озера необходимо рассмотреть вопрос о доочистке сточных вод г. Петрозаводска от фосфора. Для улучшения экологической ситуации в Кондопожской губе требуется, прежде всего, повышение эффективности очистки сточных вод Кондопожского ЦБК, а в дальнейшем – и снижение сбросов фосфора.

На Северное Выгозеро наибольшее влияние оказывают сточные воды Сегежского промцентра, поступающие в Мозог-губу и Лайкоручей, а также склоновый и ливневый стоки с территории города и аэротехногенные выбросы Сегежско-Надвоицкого промузла. Анализируя данные по Северному Выгозеру, следует отметить, что в последние годы (1992–2003) в период открытой воды экологическая ситуация в водоеме удовлетворительная и сброс сточных вод не приводит к изменению его режима. В период ледостава накопление загрязненных вод в придонных слоях, создание анаэробных зон крайне неблагоприятны для обитания гидробионтов, и для Сегежского промцентра требуется реорганизация выпуска сточных вод.

На озерно-речную систему р. Кенти оказывают влияние техногенные воды ОАО «Карельский окатыш», которое отражается в первую очередь на ионном составе воды, содержании нитратов, азота органического и лития по сравнению с их фоновыми значениями. Наиболее часто наблюдаемые концентрации тяжелых металлов в системе р. Кенти значительно ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Индексы загрязнения реки, рассчитанные по региональным ПДК, изменяются от 1 до 7, что соответствует “умеренно-загрязненным” – “очень грязным” классам качества. В связи с невозможностью очистки такого типа техногенных вод, их сброс должен осуществляться в высокопроточные системы для обеспечения высокой кратности их разбавления или же сопровождаться повышением биокондиции – добавления солей жесткости. В последнем случае, как возможный вариант, могут быть использованы отходы сероочистки.

Озера Суоярви и Исо-Пюхярви. Основными факторами антропогенного воздействия на оз. Суоярви являются сброс сточных вод города и промпредприятий, поверхностный сток с городской территории и сельхозугодий, а на оз. Исо-Пюхярви – поступление дренажных вод с мелиорированных земель. Оз. Суоярви в последние годы характеризуется слабым загрязнением южной части вблизи города.

На составе воды оз. Исо-Пюхярви существенно отразилось влияние дренажного стока, что привело к увеличению многих показателей в 1.5–2 раза. Озеро из олигомезогумусного перешло в мезополигумусное, из олиготрофного – в мезотрофное. В связи с этим питьевые качества воды ухудшились, и в настоящее время требуется ее очистка от органических веществ, железа, взвеси и фитопланктона.

## ОПЫТ СОЗДАНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ ВОДОЕМОВ КАРЕЛИИ

**М. С. Потахин**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Классификация водоемов всегда была одной из наиболее сложных теоретических проблем в лимнологии. Применение различных методов и подходов привело к появлению большого количества классификационных схем, в основу которых положены отдельные признаки озер. Множество классификаций объясняется комплексностью науки, изучением которой занимаются специалисты

различных областей знания, а также тем, что водоемы, как объект исследования, представляют интерес с разносторонних научных и прикладных точек зрения.

Разработка классификаций водоемов позволяет решить ряд лимнологических задач (Теоретические вопросы..., 1993). Во-первых, обобщить данные о природе озер изучаемого района в виде баз данных, картосхем и т.п. Во-вторых, вскрыть информационные пробелы и планировать дальнейшие исследования. В-третьих, восстановить информацию об озерах, т.е. по имеющимся немногочисленным данным отнести классифицируемый водоем к тому или иному классу и приписать характерные для него свойства. В-четвертых, создать научную основу для разработки типовых мероприятий по освоению и охране озер, т.к. типологически сходные водоемы будут обладать одинаковыми свойствами с точки зрения их практического использования, однотипно реагировать на антропогенные воздействия и т.д.

Отметим, что большинство существующих лимнологических классификаций, как правило, являются одномерными (т.к. они выполнены в пространстве исходных признаков по одному из наиболее характерных признаков) и частными (т.к. они предложены для решения конкретных задач). По своей сути они представляют субъективные квалиметрические шкалы, позволяющие оценить меру проявления определенного свойства или качества (Мякишева, 2001). Поэтому, начиная с 70-х гг. XX века, в лимнологии стали широко разрабатываться многокритериальные классификации озер, что, в первую очередь, связано с развитием инструментов математико-статистического анализа и компьютерных технологий. Использование методов статистического анализа позволило проводить классификацию объектов по множеству признаков и уменьшить долю субъективности экспертов.

В рамках проекта Института водных проблем Севера КарНЦ РАН «Эколого-географическая типизация и классификация водоемов северо-запада России в условиях антропогенного воздействия и климатических изменений: экспертная система оценки озерных экосистем» была создана экспериментальная база данных, включающая морфометрические, гидрологические гидрохимические, гидробиологические и др. характеристики более одной сотни озер Карелии. Нами была проведена обработка исходных данных с использованием различных методов математико-статистического анализа. Непосредственно для целей классификации использовался факторный и кластерный анализ. Факторный анализ применялся для определения структуры взаимосвязей между переменными, т.е. для классификации исходных характеристик водоемов. Кластерный анализ (метод *k*-средних и иерархический кластерный анализ) использовался для выделения однородных групп исследуемых водоемов.

К примеру, морфологическая классификация водоемов Карелии проводилась методом *k*-средних с использованием 16 морфометрических показателей: площадь акватории, показатель удлиненности и изрезанности береговой линии, средняя и максимальная глубина и т.д. Выделенные группы водоемов показали ярко выраженную связь с основными генетическими типами озерных котловин (ледниковыми, ледниково-тектоническими и тектоническими), что объясняется геологической молодостью современного рельефа и озерно-речной сети. При классификации по гидрохимическим и продукционно-биологическим показателям использовалось 13 характеристик водной среды. Классификация проводилась по методу Варда и использованием Евклидовой метрики. Данная работа показала высокую корреляцию получившихся групп с выделенными ранее классами (напр., Китаев, 1984). Классификация водоемов на основании общности и различия их рыбного населения проводилась по методу Варда с использованием манхэттенской метрики (Георгиев, Потахин, 2006). В результате кластер-анализа были выявлены две крупные группы: водоемы, принадлежащие к бассейну Белого моря — озера северной и центральной Карелии и водоемы, принадлежащие к бассейну Балтийского моря — озера южной Карелии. Каждая группа разделилась на подгруппы, сформировавшиеся по бассейновому принципу, и состоящие, за редким исключением, из водоемов, входящих в одну озерно-речную систему.

В настоящее время проводится работа над расширением существующей базы данных. Основой для ее составления послужил список из 1 562 озер, вошедших в «Каталог озер и рек Карелии» (2001). База данных дополняется основными морфометрическими и гидрологическими характеристиками озер и их водосборов, а на их основе рассчитывается ряд лимнологических показателей (напр., удельный водосбор, условный водообмен, сумма температур воды (градусо-дни) выше 10 °С и т.д.). Также идет пополнение существующей информационной базы гидрохимическими и гидро-

биологическими показателями и проводится математико-статистический анализ всех собранных данных.

Продельваемая работа по обобщению материалов в виде баз данных, схем типизации и классификации должна послужить основой для создания экспертной системы оценки состояния озерных экосистем. Экспертная система позволит осуществить оценку современного состояния водоемов Карелии, определить границы внешнего воздействия, за пределами которых начинается качественная перестройка экосистем озер. Информация, представленная в виде баз данных и картосхем, может оперативно использоваться лицами, принимающими управленческие решения, для разработки практических рекомендаций по рациональному использованию и охране ресурсов озер.

## Литература

- Георгиев А.П., Потахин М.С. Характеристика видового состава рыб некоторых водоемов Карелии в сравнительном аспекте // Водная среда Карелии: исследование, использование, охрана: Материалы II Республиканской школы-конференции молодых ученых. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 105-107.
- Каталог озер и рек Карелии / Под. ред. Н. Н. Филатова и А. В. Литвиненко. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 290 с.
- Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
- Мякишева Н.В. Закономерности формирования внешнего водообмена и уровня режима озер зоны избыточного и достаточного увлажнения. Авт. дис... д-ра геогр. наук. СПб: РГГМУ, 2001. 48 с.
- Теоретические вопросы классификации озёр / отв. ред. Н. П. Смирнова. СПб: Наука, 1993. 192 с.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПОВЕДНИКА КОСТОМУКШСКИЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ (ПАРК ДРУЖБА)

**М. Б. Раевская, В. Я. Горьковец**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Геологические особенности кристаллического фундамента, состав слагающих его пород отражаются не только на характере рельефа определенной местности, но и влияют на условия почвообразования. Территория парка Дружба, и в частности заповедник Костомукшский, могут служить наглядным примером этому.

Парк Дружба расположен по обе стороны от государственной границы между Россией и Финляндией. Он состоит из нескольких охраняемых территорий, из которых заповедник Костомукшский (Республика Карелия, Россия) является самым обширным. На площади заповедника преобладают раннеархейские кристаллические породы, которые являются фундаментом для позднеархейских вулканогенно-осадочных отложений. Наиболее древними породами являются гнейсо-диориты. Они прослеживаются у северо-западной границы заповедника вдоль северо-западного и западного берегов оз. Каменного (Kiitehenjärvi). Эти породы претерпели воздействие интенсивных тектонических процессов, что предопределило характерную для них катакластическую структуру.

Архейские гнейсо-диориты и гранито-гнейсы покрывают около 95% территории заповедника Костомукшского. В центральной части оз. Каменного (Kiitehenjärvi) встречаются многочисленные будинированные дайки долеритов, которые можно рассматривать как реликты подводных каналов для позднеархейских толеитовых базальтов зеленокаменных поясов Кухмо и Костомукшского.

Структурные особенности архейского кристаллического фундамента показывают его сложную структурную эволюцию и проявление неоднократных фаз складчатости. Наиболее ярко выраженной структурной особенностью геологического строения является обилие взаимопересекающихся разломных зон, отражающее высокую напряженность тектонических дислокаций. Дислокации топо-

графически отчетливо выражены. Они обуславливают наличие корытообразных понижений шириной от нескольких до первых сотен метров ограниченных вертикальными бортами. Именно тектонические дислокации в первую очередь определяют направление вытянутых контуров озер, изменчивость рисунка русел рек и живописные очертания заливов оз. Каменного (Kiitihenjarvi).

Большая часть тектонических зон имеет древнее заложение, однако они продолжали быть активными в течении всего времени их существования. Об этом свидетельствует присутствие даек и жильных пород – долеритов различного возраста, пегматитов и кварцевых жил. Часть разломных зон сохранила легкую проницаемость и служит каналами для миграции глубинных газов и ювенильных вод.

Почвообразование и химический состав подстилающих пород тесно связаны. Для химического состава гнейсов и гранито-гнейсов характерно достаточно большое количество кремнезема и глинозема при незначительном содержании фосфора, магния и микроэлементов. Содержание последних выше в вулканогенных породах, но на территории заповедника Костомукшского они развиты на ограниченной площади.

Исследования почв и почвенного покрова заповедника, проведенные Н.Г. Федорец, Р.М. Морозовой, Г.М. Еруковым, выявили достаточную их сложность и мозаичность (Fedorets, Morozova, 2003). Результаты геологического изучения площади заповедника Костомукшский позволяют особенности почвенного покрова увязывать с прямым влиянием характеристик кристаллического фундамента. На условия почвообразования непосредственно влияет не только химический состав кристаллических пород фундамента, но и степень напряженности наложенных тектонических процессов. Многочисленные разломные зоны являются не только рельефообразующим фактором. Они чрезвычайно важны как почвообразующий фактор. Более богатые почвы формируются на кристаллических породах обогащенных полезными для растений компонентами. Однако поверхностные воды насыщенные минеральными компонентами более интенсивно могут циркулировать именно в раздробленных кристаллических породах разломных зон.

Особенности рельефа и минерализованные воды разломных зон благоприятствуют как процессам почвообразования, так и биоразнообразию в целом. Эти взаимоотношения тесно взаимосвязаны и требуют дальнейшего исследования. На площади приграничной полосы между Республикой Карелия и Финляндией можно найти участки с контрастными характеристиками геологического строения, которые позволят проследить не только влияние последних на процессы почвообразования и биоразнообразия, но и различную степень воздействия антропогенного фактора.

## МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕР КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

**А. В. Рябинкин**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Озера Кенозеро (66.3 км<sup>2</sup>) и Лекшмозеро (54.4 км<sup>2</sup>) являются наиболее крупными водоемами Кенозерского НП, имеют большое значение как объекты хозяйственной деятельности и вследствие этого подвержены существенному антропогенному влиянию. В задачу наших исследований входило оценить современное состояние сообществ макрозообентоса и изменения, произошедшие в них за последние 30 лет.

**Кенозеро.** Первая информация о донной фауне оз. Кенозера была получена экспедицией Карельского отделения ГосНИОРХ в 1968 г. в связи с оценкой его рыбохозяйственного потенциала (Грицевская, Новосельцев, 1971, Гордеева, Новосельцев, 1971, Новосельцев, 1970, 1973, 1974). В целом по озеру средняя биомасса донной фауны колебалась от 0.5 до 1.6 г/м<sup>2</sup>. По качественному составу и степени количественного развития макробентоса оз. Кенозеро в конце 60-х годов относилось к олиготрофному типу.

Исследования проведенные в нами августе 2004 гг. показали, что биологическое разнообразие макробентосных беспозвоночных оз. Кенозере по-прежнему невелико, индекс видового разнообра-

зия Шеннона варьировался по станциям от 0.81 до 2.42 и в целом для водоема для летнего периода составил 2.91.

Таблица 1. Основные количественные характеристики макрозообентоса оз. Кенозера в летний период

| Таксоны               | N             | EN           | N%           | B            | EB           | B%            | f%           | IM          |
|-----------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| <b>Август 2001 г.</b> |               |              |              |              |              |               |              |             |
| Oligochaeta           | 57.02         | 22.45        | 23.64        | 0.118        | 0.061        | 21.29         | 73.7         | 2.06        |
| Crustacea             | 22.81         | 14.49        | 9.45         | 0.009        | 0.053        | 15.33         | 21.1         | 3.71        |
| Bivalvia              | 70.18         | 19.10        | 29.09        | 0.193        | 0.055        | 34.90         | 94.7         | 2.75        |
| Trichoptera           | 0.88          | 0.88         | 0.36         | 0.004        | 0.004        | 0.76          | 5.3          | 4.80        |
| Chaoboridae           | 5.26          | 2.57         | 2.18         | 0.008        | 0.006        | 1.49          | 21.1         | 1.57        |
| Chironomidae          | 85.09         | 27.77        | 35.27        | 0.145        | 0.033        | 26.22         | 89.5         | 1.70        |
| Сумма                 | <b>241.23</b> | <b>57.03</b> | <b>100.0</b> | <b>0.552</b> | <b>0.128</b> | <b>100.00</b> | <b>100.0</b> | <b>2.29</b> |
| <b>Август 2004 г.</b> |               |              |              |              |              |               |              |             |
| Nematoda              | 7.41          | 4.90         | 1.74         | 0.001        | 0.001        | 0.13          | 22.2         | 0.10        |
| Oligochaeta           | 70.37         | 20.37        | 16.52        | 0.048        | 0.018        | 8.63          | 88.9         | 0.68        |
| Bivalvia              | 200.00        | 91.79        | 46.96        | 0.276        | 0.167        | 49.77         | 77.8         | 1.38        |
| Diptera               | 33.33         | 16.67        | 7.83         | 0.118        | 0.065        | 21.34         | 44.4         | 3.54        |
| Chironomidae          | 114.81        | 27.28        | 26.96        | 0.112        | 0.035        | 20.13         | 88.9         | 0.97        |
| Сумма                 | <b>425.93</b> | <b>84.21</b> | <b>100.0</b> | <b>0.554</b> | <b>0.177</b> | <b>100.00</b> | <b>100.0</b> | <b>1.30</b> |

Примечание: N - средняя численность (экз./м<sup>2</sup>), EN - ее ошибка (экз./м<sup>2</sup>), N% - относительная численность, B - средняя биомасса (г/м<sup>2</sup>), EB - ее ошибка (г/м<sup>2</sup>), B% - относительная биомасса, f% - встречаемость, IM - средняя индивидуальная биомасса.

Всего нами отмечено 18 таксонов, принадлежащих 7 систематическим группам: Nematoda, Oligochaeta, Bivalvia, Amphipoda, Trichoptera, Chironomidae, Chaoboridae. Численность организмов варьировалась по станциям от 67 до 917 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – от 0.035 до 1.922 г/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Как по численности так и по биомассе доминировали личинки хирономид (около 50%) и двустворчатые моллюски семейства Sphaeriidae (около 25%). На глубинах от 4.5 до 9.0 м в сообществах преобладали виды родов *Tanytarsus* и *Procladius*. На серо-зеленых илах профундальной зоны (20.0-55.0 м) основу донной фауны составляли *Prodiamesa bathyphila*, *Sergentia coracina*, *Stictochironomus crassiforceps*, *Procladius sp.*, Bivalvia, Oligochaeta и личинки *Chaoborus sp.*. Из представителей ледниковой реликтовой фауны нами была встречена только *Monoporeia affinis*, причем ее доля по численности не превышала 10%, а по биомассе 15%, тогда как по данным исследований 1968 г., она составляла основную массу зообентоса профундали - до 60% (Новосельцев, 1974).

В настоящее время макрозообентос оз. Кенозера сравнительно беден по таксономическому составу, а по структуре и степени количественного развития характерен для олиготрофных северных озер подобного гидрологического типа (Китаев, 1984), что в значительной степени определяет низкую кормовую базу для бентосоядных видов рыб и низкую рыбопродуктивность водоема.

**Лекшмозеро.** Подробное исследование донной макрофауны озера Лекшмозера в рыбохозяйственном аспекте было впервые проведено комплексной экспедицией Карельского отделения ГосНИОРХ в 1968 г. Было получено представление о видовом составе макрозообентоса, его структуре, распределении и степени количественного развития (Новосельцев, 1974). Главную роль в донных биоценозах играли хирономиды, в основном личинки *Chironomus sp.* – 51.5 % и олигохеты – 15%. Остальные группы занимали подчиненное положение. Средняя величина биомассы в летний период в целом по озеру равнялась 3.5 г/м<sup>2</sup>, при численности 1500 экз./м<sup>2</sup>.

В 1991-1992 гг. были проведены комплексные исследования ЗИН АН СССР. Было показано, что Лекшмозеро, подвергалось сильному антропогенному воздействию, что привело к изменению его трофического статуса. Озеро из олиготрофного состояния перешло в мезотрофное с признаками эвтрофии, в них наблюдалась депрессия рыб-бентофагов, проявившаяся в снижении численности сиговых рыб и замене их на окуня, плотву, уклейку и ерша, т.е. произошло не только ухудшение качества воды, но и снижение рыбохозяйственной ценности водоема (Балушкина и др., 1997).

По результатам наших исследований 1997 и 2004 гг. показано, что видовое разнообразие макрозообентоса невелико, индекс Шеннона по станциям варьировался от 0.29 (28 м) до 2.68 (5 м). В со-

став сообществ входят Oligochaeta, моллюски Bivalvia, Chironomidae (*Chironomus plumosus*, *Procladius choreus*, *P. ferrugineus*, *Polypedilum bicaudatum*, *P. scalaenum*, *Tanytarsus sp.*).

Бентос иловой зоны по прежнему характеризуется стабильно высокими средними показателями биомассы (табл. 2). Численность организмов по станциям – от 500 экз./м<sup>2</sup> до 8600 экз./м<sup>2</sup>, биомасса 0.4-21.8 г/м<sup>2</sup>. По численности на глубинах свыше 20.0 м преобладали Oligochaeta, на глубинах 10.0-15.0 м – Chironomidae (*Chironomus plumosus*). Необходимо отметить ряд структурных изменений и в первую очередь значительное увеличение доли малощетинковых червей, особенно по численности, в сравнении с материалами 1968 г. с 7.7 % до 61.5-78.5%, что свидетельствует о усилении тенденции к эвтрофированию водоема.

Таблица 2. Средние количественные показатели макробентоса профундали оз. Лекшмозеро в летний период

| Таксоны               | Численность         |            | Биомасса         |            |
|-----------------------|---------------------|------------|------------------|------------|
|                       | экз./м <sup>2</sup> | %          | г/м <sup>2</sup> | %          |
| <b>Август 1968 г.</b> |                     |            |                  |            |
| OLIGOCHAETA           | 72                  | 7.7        | 0.1              | 1.3        |
| Mollusca              | 55                  | 7.4        | 0.3              | 4.0        |
| Chironomidae          | 723                 | 75.9       | 7.0              | 93.4       |
| Прочие                | 84                  | 9.0        | 0.1              | 1.3        |
| <b>Сумма</b>          | <b>934</b>          | <b>100</b> | <b>7.5</b>       | <b>100</b> |
| <b>Август 1997 г.</b> |                     |            |                  |            |
| OLIGOCHAETA           | 1188                | 61.5       | 0.6              | 10.5       |
| Mollusca              | 22                  | 1.2        | 0.1              | 0.6        |
| Chironomidae          | 722                 | 37.3       | 5.2              | 89.1       |
| <b>Сумма</b>          | <b>1933</b>         | <b>100</b> | <b>5.9</b>       | <b>100</b> |
| <b>Август 2004 г.</b> |                     |            |                  |            |
| OLIGOCHAETA           | 2621                | 78.5       | 1.3              | 22.3       |
| Mollusca              | 188                 | 5.6        | 0.2              | 2.6        |
| Chironomidae          | 525                 | 15.7       | 4.5              | 75.1       |
| <b>Сумма</b>          | <b>3336</b>         | <b>100</b> | <b>6.0</b>       | <b>100</b> |

По показателям донной фауны озеро Лекшмозеро в настоящее время можно отнести к переходному от мезотрофного к эвтрофному типу озер, с хорошими условиями для развития донной фауны и как следствие отличной кормовой базой для рыб-бентофагов.

## ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ПЕТЕРГОФА МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ЕЕ ОЧИСТКА ШУНГИТ-ДОЛОМИТОВЫМ ОЧИСТИТЕЛЕМ

Г. А. Скоробогатов, А. В. Бахтиаров, А. И. Калинин, Л. М. Савилова

С.-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Последние десятилетия в Старый Петергоф поставляется водопроводная вода, изготавливаемая из мягкой невской воды. Эта вода вредна для здоровья, поскольку по сумме загрязнений алюминия, железом и хлорорганическими примесями неизменно в 4–6 раз [4] превышает предел, установленный ГОСТом [2]. Однако в силу своей мягкости такая вода не приводит к образованию накипи и выходу из строя бытовой техники.

В период с 1 сентября 2004 г. по 31 августа 2005 г. ГУП «Водоканал СПб» в качестве эксперимента перевел Старый Петергоф на снабжение очень жесткой водопроводной водой из подземных источников. Жесткость воды была так велика, что невооруженным глазом на ее поверхности была

видна белесая пленка то ли карбонатов, то ли талька (что само по себе нарушает требования Сан-ПиНа [2]). Уже через полгода все нагревательные приборы были покрыты толстым слоем накипи, а дорогостоящие автоматические стиральные машины вышли из строя. Руководство «Водоканала» объясняло недовольство населения его психологической «неподготовленностью», утверждая, что новая вода при всей ее жесткости совершенно безвредна для здоровья.

Для проверки этого утверждения в течение всего «эксперимента» Водоканала над населением Петергофа мы ежедневно отбирали по 3 литра водопроводной воды, доводили ее до кипения в эмалированной посуде, после чего оставляли в стеклянной посуде для охлаждения до 25°C и осаждения твердых частиц. Отстоявшуюся воду удаляли декантацией, а осадки суммировали в течение 60 дней (за исключением мая и июня 2005 г., когда суммирование проводилось по 30 дней). Так были собраны пробы твердых осадков каждая из 180 литров прокипяченной водопроводной воды (в мае и июне 2005 г. – из 90 л). Всего – восемь проб:  $j=1, j=2, \dots, j=8$ .

Влажные осадки были высушены при 100°C, взвешены, после чего был найден их элементный состав методом рентгено-флуоресцентного анализа на полупроводниковом спектрометре TRACOR. Погрешность измерений  $\pm 30\%$ . Полученные значения абсолютного содержания каждого элемента в 1 г осадка были переведены в его содержание во всем осадке, собранном за 60 дней, после чего находили содержание элемента в 1 л водопроводной воды.

В первые 10 месяцев (пробы от  $j=1$  до  $j=6$ ) из каждого литра воды после кипячения осаждалось в среднем по 134,3 мг осадка карбонатов, что в 50 раз превосходит растворимость карбоната кальция. Следовательно, до кипячения минеральные примеси находились в форме гидрокарбонатов, и надо было проверить полноту превращения гидрокарбонатов в карбонаты под действием кипячения. Для этого в июле–августе 2005 г. в каждые 3 л вскипевшей водопроводной воды вливали 10 мл водного раствора гидрофосфата натрия (0,15 г/мл), в результате чего выход осадков повысился до 238,0 мг/л (по кальцию 92,1 мг/л). А перед этим в мае–июне 2005 г. выход осадков составлял 159,5 мг/л (по кальцию 63,8 мг/л), т.е. полнота выделения кальция при спонтанном выделении осадков составляла 69,3%. Этот коэффициент был принят и для остальных металлов, и эта поправка была внесена в данные рентгено-флуоресцентного анализа. Получившиеся значения концентраций минеральных примесей в водопроводной воде представлены в таблице.

*Таблица.* Результаты количественного определения неорганических примесей в водопроводной воде Старого Петергофа, поставлявшейся ГУП «Водоканал СПб» в период с 1 сент. 2004 г. по 30 сент. 2005 г.

| i   | элемент                       | С <sub>ПДК,i</sub><br>мг/л <sup>a</sup> | Концентрация элемента (C <sub>i,j</sub> , мг/л) в пробе № j <sup>b</sup> |             |             |             |             |             |             |             |
|---|-------------------------------|---|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   |                               |   | j=1  | j=2         | j=3         | j=4         | j=5         | j=6         | j=7         | J=8         |
| 1   | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 500                                     | 0,3  | 0,3         | 0,2         | 0,3         | 0,5         | 0,4         | 0,3         | 0,1         |
| 2   | Ca                            | 280-x                                   | 76   | 69          | 71          | 60          | 102         | 78          | 90          | 28          |
| 3   | Mg                            | 0,6-x                                   | 11   | 10          | >3          | >3          | >3          | 11          | 13          | >1          |
| 4   | SiO <sub>2</sub>              | 10                                      | 0,57   | 0,34        | 0,53        | 0,75        | 0,25        | 0,19        | 0,3         | 0,29        |
| 5   | Sr                            | 7                                       | 0,12   | 0,10        | 0,12        | 0,10        | 0,14        | 0,11        | 0,08        | 0,05        |
| 6   | Zn                            | 5                                       | 0,07   | 0,06        | 0,08        | 0,07        | 0,04        | 0,04        | 0,04        | 0,05        |
| 7   | Cu                            | 1                                       | 0,002  | 0,004       | 0,004       | 0,005       | 0,004       | 0,002       | 0,002       | 0,001       |
| 8   | Al                            | 0,5                                     | <b>0,69</b>  | 0,35        | <b>0,64</b> | 0,48        | <b>0,75</b> | <b>0,60</b> | <b>0,67</b> | 0,12        |
| 9   | Fe                            | 0,3                                     | <b>0,63</b>  | <b>0,48</b> | <b>0,37</b> | <b>0,35</b> | <b>0,34</b> | 0,28        | <b>0,34</b> | <b>0,38</b> |
| 10  | Ni                            | 0,1                                     | 0,002  | 0,003       | 0,002       | 0,003       | 0,002       | 0,003       | 0,005       | 0,001       |
| 11  | Mn                            | 0,1                                     | 0,01   | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        |
| 12  | Ti                            | 0,1                                     | <b>0,11</b>  | 0,07        | <b>0,19</b> | <b>0,27</b> | <b>0,13</b> | <b>0,10</b> | 0,04        | 0,04        |
| 13  | Ba                            | 0,1                                     | 0,043  | 0,056       | 0,040       | 0,050       | 0,056       | 0,024       | 0,051       | 0,026       |
| 14  | Pb                            | 0,03                                    | 0,001  | 0,002       | 0,001       | 0,009       | 0,003       | 0,004       | 0,001       | 0,001       |
| $S_j = \sum_{i=1}^{14} (C_{i,j} / C_{ПДК,i})$ |                               |   | 5,59   | 4,13        | 5,33        | 6,10        | 5,15        | 4,03        | 4,02        | 2,46        |

*Примечания.* (<sup>a</sup>) Предельно допустимые концентрации (ПДК) даны в соответствие с официальным изданием [2]. (<sup>b</sup>) Проба  $j=1$  собрана в сентябре/октябре 2004;  $j=2$  – в ноябре/декабре 2004;  $j=3$  – в январе/феврале 2005;  $j=4$  – в марте/апреле 2005;  $j=5$  – в мае 2005;  $j=6$  – в июне 2005;  $j=7$  – в июле/августе 2005;  $j=8$  – в сентябре 2005.

Из данных таблицы видно, что сумма минеральных примесей в водопроводной воде Ст. Петергофа неизменно превышала ПДК в 4–6 раз. А концентрации алюминия, железа и титана (каждого в отдельности!) превышали уровень ПДК [2] в полтора–два раза. Начиная с 1 сентября 2005 г., когда ГУП «Водоканал СПб» перевел Ст. Петергоф со снабжения подземными водами на снабжение невиской водой, уровень загрязненности водопроводной воды минеральными веществами понизился в 2 раза и приблизился к тому, что было до 1 сентября 2004 г. [3, 5].

Ранее нами была показана высокая эффективность мелкодисперсного шунгита-3 в процессах окисления органических примесей в жидкой воде [3, 4]. Более того, для очистки и кондиционирования (по кальцию и магнию) водопроводной воды одним из авторов [1] был разработан тип шунгит–доломитовых очистителей. Последние эффективно очищают воду от минеральных и органических загрязнений в мягкой воде и повышают концентрацию кальция и магния до физиологически оптимального уровня. Но было неясно, будет ли шунгит–доломитовый очиститель удалять из жесткой воды минеральные примеси и, тем более, кондиционировать ее в сторону уменьшения концентрации кальция и магния. Для проверки этого ежедневно порцию жесткой водопроводной воды Петергофа (с 1.09.04 по 31.08.05) пропускали через шунгит–доломитовый очиститель, после чего доводили до кипения и охлаждали до 25°C. В такой воде образования осадков визуальнo не наблюдалось.

## Литература

1. Калинин А. И., Калинин Ю. К., и др. Устройство для очистки и кондиционирования воды. – ПАТЕНТ РФ № 2056358 от 20 марта 1996 г.
2. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. // СанПиН 2.1.4.559–96. – Госкомсанэпиднадзор РФ, М., 1996.
3. Мейлахс А. Г., Скоробогатов Г. А., Новикайте Н. В. // Экологическая химия, 2001. Т. 10, №3. С. 198–208.
4. Скоробогатов Г. А., Калинин А. И., Калинин Ю. К. // ЖОХ, 1995. Т. 31, №6. С. 947–951.
5. Скоробогатов Г. А., Калинин А. И. Осторожно! Водопроводная вода! – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003, 156 с.

## БЕЛОМОРСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС: ГЕОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И СТАДИЙНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКЕМБРИЙСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ

**А. И. Слабунов, О. И. Володичев, Е. В. Бибилова, В. С. Степанов,  
А. В. Степанова, О. С. Сибелев, Н. Е. Король, В. В. Травин**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В Северной Европы на территории России и Финляндии в составе Фенноскандинавского щита располагается *Беломорский подвижный пояс* (БПП), обрадающий рядом уникальных особенностей для геологических структур этого класса. Многие из этих особенностей имеют принципиально важное значение для понимания ранней истории формирования нашей планеты. БПП располагается между Карельским кратоном и Кольской провинцией и сложен неоднократно метаморфизованными в условиях фаций повышенных и высоких давлений и интенсивно деформированными структурно-вещественными комплексами. Это принципиально отличает БПП от смежных структур Фенноскандинавского щита, а находки в его составе нескольких генераций экологитов, в том числе древнейших в мире, усиливает эти отличия.

Среди архейских образований в составе БПП выделяются такие важные комплексы-индикаторы геодинамических обстановок, как офиолиты (Бибилова и др. 1999а; Кожевников, 1992; Слабунов и др., 2006а; Степанов, Слабунов, 1989; Степанов и др., 2003; Лобач-Жученко и др., 1998; Ци-

панский и др., 2001; Slabunov, Stepanov, 1998), островодужные вулканыты (Бибикина и др., 1999а, 2003; Кожевников, 1992, 2000), осадки преддуговых бассейнов (Мыскова и др., 2003), эклогитсодержащие микститы (Володичев и др., 2004), коллизионные граниты (Слабунов, 2005), вулканогенно-грубообломочные образования (Воче-Ламбинский..., 1991). Такие структурно-вещественные комплексы характерны для фанерозойских орогенических поясов. На основании этого сходства можно достаточно уверенно проводить геодинамические реконструкции в архее восточной части Фенноскандинавского щита, руководствуясь принципами актуализма.

Среди пород, слагающих БПП, не установлены структурно-вещественные комплексы с возрастом превышающим 2,9 млрд лет. Только в парагнейсах Чупинского пояса (Бибикина и др., 2004; Мыскова и др., 2003), Суомярвинского комплекса (Evins et al., 2002) и кварцитах Хизоваарской структуры (Кожевников и др., 2006) обнаружены зерна детритового циркона с возрастом древнее 3,0 млрд лет, что указывает на наличие в их протолита относительно древнего компонента. В то же время структурно-вещественные комплексы, сформировавшиеся до 2,9 млрд лет, широко развиты в ряде террейнов Карельского кратона (Лобач-Жученко и др., 2000).

Ранняя стадия (2,88–2,83 млрд лет) развития БПП маркируется вулканогенными и осадочными образованиями, входящими в состав зеленокаменных и парагнейсовых комплексов. Средне-кислые вулканыты Керетского зеленокаменного пояса, метаграувакки Чупинского парагнейсового пояса и фрагменты океанической коры Центрально-Беломорского зеленокаменного пояса (Слабунов, 2005) с возрастом 2,88–2,83 млрд лет составляют латеральный ряд, маркирующий различные зоны субдукционной системы – керетьозерской конвергентной границы плит западнотихоокеанского типа. Зеленокаменный комплекс пояса Тулппио, в составе которого отмечены вулканыты, сопоставимые с островодужными, маркирует еще одну располагающуюся к ССВ от керетьозерской (в современной системе координат) конвергентную границу.

Развитие древних островодужных систем завершается примерно 2,83–2,8 млрд лет назад, когда происходит аккреция островодужных, троговых, океанических комплексов, формирование ранней генерации гранитоидов ТТГ ассоциации, метаморфические преобразования в условиях гранулитовой фации. Кроме того, на завершающей стадии развития северной конвергентной границы (зеленокаменный пояс Тулппио) образуются массивы сиенитов (Juorperi, Vaasjoki, 2001) которые служат индикатором существования здесь развитой континентальной коры.

Таким образом, в период 2,88–2,83 млрд лет, примерно за 50–80 млн лет в результате субдукционных и аккреционных процессов на конвергентных границах океанических литосферных плит образовались первые в данной системе фрагменты новой континентальной (или субконтинентальной) земной коры: микроконтиненты «керетьозерский» и «тулппио».

В период 2,8–2,74 млрд лет формируется несколько субдукционно-аккреционных систем. Супракрустальные образования этого периода известны в Северо-Карельской системе зеленокаменных поясов (хизоваарский зеленокаменный комплекс), Енском и Пибозерском зеленокаменных поясах.

Выделяется, по крайней мере, три островодужные системы, сформировавшиеся в этот период. Супрасубдукционный офиолитовый комплекс, фрагменты которого установлены в Ириногорской и Хизоваарской структурах (Щипанский и др., 2001), сформировался в основании юной островной дуги или в задуговом бассейне. Позднее образуется зрелая вулканическая островная дуга с известко-щелочными и адакитовыми вулканытами среднего и кислого составов (Бибикина и др., 2003).

Предколлизионная стадия (2,73–2,71 млрд лет) развития литосферы БПП фиксируется проявлениями гранулитового метаморфизма умеренных давлений и (габбро)-эндербит-чарнокитового магматизма (нотозерский комплекс) (Король, 2005; Лобач-Жученко, 1995) в западной части системы и формированием эклогитов (Володичев и др., 2004) – в восточной. Метаморфические и магматические события в Западно-Беломорском гранулитовом поясе являются отражением процессов субдукции в надсубдукционной плите (Slabunov et al., 2006). Неоархейский (2,7–2,72 млрд лет) эклогитсодержащий гридинский меланж является показателем зоны субдукции, вдоль которой породы океанической коры погружались на глубины около 60–65 км, а позднее ее небольшие фрагменты были эксгумированы.

В это же время (2724 млн лет) в тыловой части системы образуется крупный диорит-плагиогранитный (санукитоидный) батолит (Бибикина и др., 1999б; Слабунов, 2005).

Начиная примерно с 2,72–2,71 млрд лет Беломорская система вступает в коллизионную стадию развития, которая маркируется проявлениями покровно-складчатой тектоники (Миллер, Милькевич, 1995; 2005, Сибелев и др., 2002), высокобарического метаморфизма (2717–2707 млн лет), гра-

нитообразованием (образуются поля мигматитов и массивы лейкогранитов с геохимическими характеристиками коллизионных S-гранитов), в западной части структуры в это же время формируются гранитогнейсовые купола.

Следствием коллизии является увеличение мощности коры и как результат – ее гравитационная неустойчивость и коллапс орогена. На этой же стадии образуются вулканиты, грубообломочные осадки (Воче-Ламбинский..., 1991) и лейкогаббро (Слабунов и др., 2006б), разнообразные гранитоиды, в том числе субщелочные.

Таким образом, к 2,65 млрд лет завершается 250 млрд -летний (2,9-2,65 млрд лет) цикл формирования континентальной литосферы БПП, весьма сходный по стадийности и продолжительности с эволюцией фанерозойских коллизионных орогенов.

Новый цикл развития литосферы БПП начинается примерно 2,5 млрд лет назад с растяжения и внедрения в нее большого количества базитовых интрузий. Они представлены друзитами, важнейшая петрографическая особенность которых - наличие коронарных (друзитовых) структур нескольких генераций, свидетельствующих о становлении массивов в условиях средней коры (Степанов, 1981). Среди друзитов выделяется, по крайней мере, три разновозрастных комплекса: габбро-анортозитов, лерцолитов-габброноритов и коронитовых габбро (Степанов, 1981).

Наиболее древние друзиты представлены комплексом габбро-анортозитов (Степанов, 1981; Stepanov, Stepanova, 2000). Их относительно древний геологический возраст определяется тем, что они секутся интрузиями лерцолитами-габброноритами. Магматические цирконы из габбро-анортозитов имеют палеопротерозойский возраст (ок. 2,44 млрд лет, Alexeev et al., 2000; Mitrofanov et al., 1995).

Комплекс лерцолитов-габброноритов имеет наибольшее среди друзитов распространение в пределах БПП. Петрология комплекса рассмотрена в ряде работ (Степанов, 1981; Степанов, Слабунов, 1989; Lobach-Zhuchenko et al, 1998). В районе с. Гридино (на о. Высокий) установлены эклогиты с возрастом  $2416 \pm 1,3$  млн лет (Слабунов и др., 2003), образовавшиеся, вероятно, по габброидам этого комплекса. В эклогитизированных габброноритах выделены генерации эклогитов, образовавшиеся на переходной субсолидусной – метаморфической стадии:  $Grt_{48-49} - Omp_{30-41}$ ,  $Grt_{48-51} - Omp_{38-48}$  – корунд; при  $T = 930-765$  °C,  $P = 15-19$  кбар и собственно метаморфической стадии:  $Grt_{44-48} - Omp_{19-24}$  - Орх, при  $T = 785-715$  °C,  $P = 12.5-14.0$  кбар (Володичев и др., 2005а).

Синхронно с комплексом лерцолитов-габброноритов в БПП образуются гранитоиды – чарнокиты топозерского типа, а в пределах Карельского кратона основные расслоенные интрузии (Олангская группа, Бураковская), калиевые граниты (нуоруненского типа), а также базиты и кислые вулканиты сумия.

Наиболее молодые друзиты представлены комплексом коронитовых габбро (гранатовые габбро по В.С.Степанову, 1981) и относятся к Fe-толеитовой серии. Магматическая стадия формирования интрузий комплекса оценивается в  $2115 \pm 25$  млн лет (Степанова и др., 2003), что хорошо согласуется с геологическими данными, согласно которым эти интрузии имеют секущие контакты с массивами лерцолитов-габброноритов (Степанов, 1981).

Данный комплекс объединяет многочисленные метаморфизованные дайки и малые интрузивные тела. Характерной их особенностью является повсеместное развитие коронарных структур, представляющих собой реакционные каймы на границе зерен плагиоклаза и клинопироксена. Внешняя часть кайм сложена ксеноморфным гранатом, внутренняя – тонкозернистым кварц-роговообманковым агрегатом гранобластовой структуры. В породах отмечаются реликты габбровой и офитовой структур. Вместе с тем, и в друзитах сходных с данными установлены эклогитовые парагенезы (Володичев и др., 2005б; Травин и др., 2006а), происхождение которых пока не получило однозначного объяснения (Володичев и др., 2005а; Травин и др., 2006а,б; Dodukina et al., 2006).

Коронитовые габбро являются интрузивными аналогами ятулийских платобазальтов и роев мафических даек Карельского кратона (Степанова и др., 2000).

В палеопротерозойское время (2,5–2,1 млрд лет) литосфера БПП находилась в условиях растяжения и воздействия мантийных плюмов. В этой обстановке на ранней стадии формировались рифтогенные структуры в обрамлении БПП и бимодальные магматические (базит-гранитоидные) ассоциации в БПП и Карельском кратоне. Позднее – в ятулии под воздействием плюма формируется крупная магматическая провинция (Голубев и др., 2000), в составе которой выделяются платобазальты и роев мафических даек Карельского кратона, а также гранатовых габбро БПП.

В период ~2,0–1,75 млрд лет в БПП проявлены метаморфические процессы (Володичев, 1990; Сибелев, 1998), формируются пегматитовые поля (Гродницкий, 1982), происходит выведение на

поверхность глубинных пород (Бибикова и др., 1999б). Данная стадия развития литосферы БПП связана с коллизионными, поздне- и постколлизионными процессами формирования Лапландско-Кольского (Балаганский, 2002; Daly et al., 2001) и орогенов Свекофеннского пояса (Lahtinen et al., 2005).

Таким образом, континентальная литосфера Беломорского неoarхейского коллизионного орогена, сформировавшаяся в мезо- и неoarхее (2,9-2,65 млрд лет) в ходе субдукционных, аккреционных и коллизионных процессов, в палеопротерозойское время (2,5-1,75 млрд лет) последовательно испытала воздействие рифтогенных и орогенических событий, которые существенно усложнили ее строение и в меньшей степени состав.

## СРЕДНЕМНОГОЛЕТНЯЯ СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПЕЛАГИЧЕСКОГО ПЛАНКТОНА В ОНЕЖСКОМ ОЗЕРЕ

**М. Т. Сярки**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Особенностью водоемов северных широт является резко выраженные сезонные изменения в экосистеме и составляющих ее сообществах, которые проявляются в динамике количественных величин, состава и структуры, изменении функциональных показателей. Без учета сезонных процессов оценить состояние экосистемы и понять основы ее функционирования невозможно. Данные гидробиологических съемок отражают не только закономерные процессы, но также подвержены случайным отклонениям, причинами которых являются как межгодовые колебания факторов среды, так и собственная гетерогенность планктона (пятнистость различных масштабов, миграции, спорадические вспышки численности отдельных видов) и т.д. Возникает вопрос: в какой степени те или иные результаты конкретной съемки являются характерными для исследуемого периода времени и насколько они зависят от случайности различных обстоятельств? Чтобы ответить на этот вопрос необходимо оценить степень информативности данных и, по возможности, количественно определить в них роль закономерности и случая.

В основу работы положены данные комплексных гидробиологических съемок в пелагическом районе Онежского озера за последние 20 лет. Величины, характеризующие основные систематические группы фито- и зоопланктона (общие численности и биомассы, показатели основных таксономических групп и некоторых массовых видов), а также скорости первичного продуцирования и температуры воды, были организованы в Базу Данных. Все величины были нормированы и ранжированы по суткам с начала года. Ряды данных имели существенные пробелы и имели нерегулярный характер, так как невозможно организовать частые сезонные съемки в пелагическом районе озера. Возникла настоятельная необходимость поиска новых подходов к анализу имеющейся информации. Был предложен вариант динамического анализа планктона как системы, находящейся в равновесии с циклически изменяющейся средой. В отличие от традиционного, оперирующего скалярными величинами, динамический подход исследует процессы и их особенности, изменения во времени, скорости, траектории и их особые точки. Предполагается, что наиболее общие среднемноголетние закономерности сезонной динамики величин можно описать определенной функцией. Аналитическая обработка данных включала предварительный экспертный анализ формы сезонного распределения и поиск функции аппроксимации, форма которой наилучшим образом соответствует описываемым процессам. Для аппроксимации каждого ряда данных был применен модифицированный метод Ньютона с минимизацией остатков (расстояния от точки до кривой или длины перпендикуляра к касательной в точке проекции) (Сярки, Шаров, 2005; Сярки, 2005). Затем производился поиск параметров функции и отрисовка кривых, расчет статистик для остатков, интегральных и динамических величин. Параллельно производилась оценка межгодовой изменчивости процессов, дисперсии данных, анализ отскакивающих точек и возможные причины их появления. В течение

всей работы производилась биологическая интерпретация полученных результатов и сравнение их с экспертными оценками.

В результате этой работы были получены функции, которые отражают среднесезонную динамику величин, нивелируя особенности конкретных лет. На их основе были определены среднесезонные величины на каждые сутки вегетационного периода и даты основных событий в жизни планктона (сроки основных сезонов, максимумов и других важных точек траектории). На периоды, не обеспеченные информацией, была проведена интерполяция и экстраполяция данных (рис.1). Доверительный интервал для среднесуточных вычисленных величин варьировал от 1 до 5 % от максимума функции, а корреляция рядов реальных величин с расчетными была высокой и колебалась от 0,7 до 0,99.

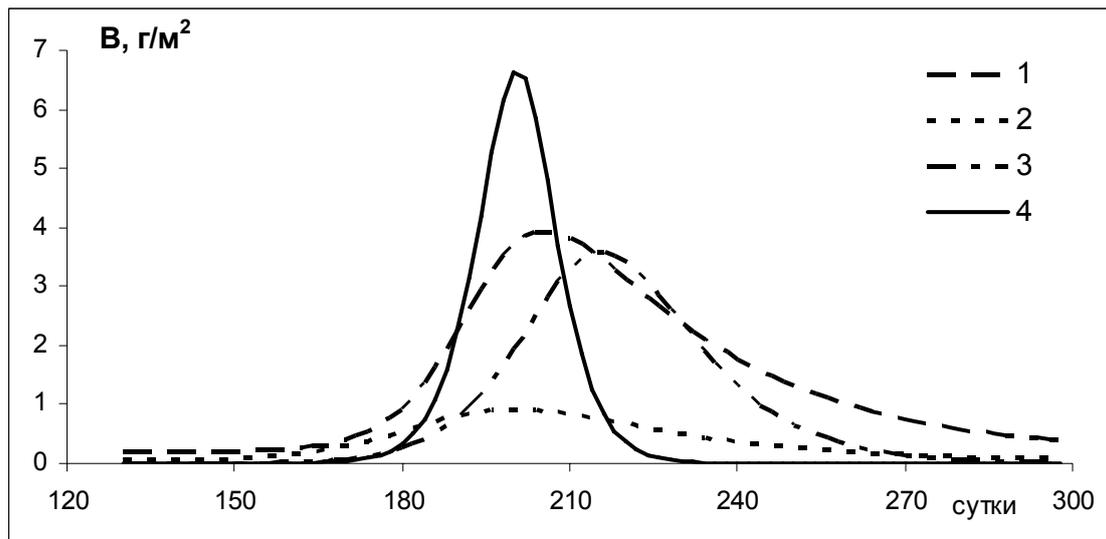


Рис. 1. Среднесезонная сезонная динамика биомасс основных групп зоопланктона в глубоководном районе Онежского озера.

1 – *Calanoida*; 2 – *Cyclopoida*; 3 – *Cladocera*; 4 – *Rotatoria*

Интересным оказался анализ межгодовых колебаний сезонной динамики различных величин пелагиали озера. Для их оценки одним и тем же методом были рассчитаны дисперсии и величины стандартного отклонения остатков для различных процессов: динамики температуры воды в слое 0,5 м на станции в глубоководном заливе Большое Онего, температуры воздуха в г. Петрозаводске, количественных характеристик сообщества зоопланктона и скорости первичного продуцирования. Величины оценки разброса данных показали, что для температуры воздуха они в 1,5–2 раза выше, чем для температуры воды. Дисперсия гидробиологических величин ( $\sigma = 6,0-8,4$ ) оказалась сопоставима с таковой для температуры воды (слой 0,5 м  $\sigma = 9,3$ ) и первичной продукции ( $\sigma = 6,3$ ). Самым устойчивым процессом (с минимальными величинами  $\sigma$ ) оказалась сезонная динамика биомассы клadoцер и коловраток ( $\sigma = 4,0-5,2$ ). Примерно в 2 раза менее устойчивым процессом ( $\sigma = 13,0-16,2$ ) оказалась динамика численности и биомассы рачков *Copepoda* (*Calanoida* и *Cyclopoida*), что может быть объяснено особенностями их биологии, а именно склонностью к активным миграциям и образованию скоплений.

Несмотря на короткие и нерегулярные ряды ( $n \approx 20-30$ ) можно сделать определенные выводы о ширине вероятностного коридора вокруг кривой, в котором находится 95% данных ( $\pm 1,98\sigma$ ). Большая часть точек лежит в коридоре  $\pm 7-14$  суток по ординате и 6–20 % от максимума функции по абсциссе. Обычно 2–3 точки (5–7% массива) выходят за пределы коридора и являются отскакивающими. Чаще всего это данные съемок, проходивших в необычных условиях, например, отклонений в температурном режиме или после сильного штормового перемешивания вод. Возможно также действие антропогенных факторов. Анализ отскакивающих точек крайне интересен, т.к. именно они отражают реакцию планктонной системы на экстремальные воздействия различных факторов, как естественных, так и антропогенных (Куликова, Сярки, 2004).

Непрерывность функции и ее кривой дают хорошую возможность рассчитать абсолютные и относительные скорости различных процессов. Известно, что относительные (удельные) скорости

динамики численности и биомассы гидробионтов являются их важнейшими экологическими характеристиками, часто используемыми в моделировании и продукционных расчетах. Интересно, что величины суточных P/B-коэффициентов для зоопланктона, рассчитанных с помощью физиологического метода (Куликова и др. 1997; Куликова, Сярки 1999), оказались очень близки к расчетным величинам максимального суточного прироста биомасс по выявленным кривым. Величины удельного роста численности рачка-доминанта *Daphnia cristata* оказались сопоставимыми с таковым из других водоемов (Иванова, 1985). По-видимому, максимальные удельные скорости изменения величин, являются характерными видоспецифичными параметрами и отражают биологический потенциал вида в данных условиях.

Динамический подход к изучению планктонных систем открывает новые возможности для исследования функционирования экосистем и ее компонентов. Его применение позволило дать прогноз и оценку наиболее и наименее вероятных состояний системы на каждые сутки вегетационного периода. Степень рассеяния данных отражает стабильность процессов сезонной динамики всего планктона и отдельных его элементов. Выявление экстремальных отклонений данных от средне-многолетних позволит изучить реакцию системы на неординарное воздействие естественных и антропогенных факторов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06-05-64403

## Литература

- Иванова М.Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. Л., 1985. 222 с.
- Куликова и др., Зоопланктон как компонент экосистемы Онежского озера. Петрозаводск. 1997. 111 с.
- Куликова Т. П., Сярки М. Т. Особенности структуры и функционирования биологических сообществ под влиянием природных и антропогенных факторов. Структура и количественные показатели зоопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Отв. ред. Филатов Н. Н. Петрозаводск, 1999. С.191–211
- Куликова Т. П., Сярки М. Т. Влияние антропогенного евтрофирования на распределение зоопланктона в Кондопожской губе Онежского озера // Водные ресурсы, 2004. Том 31, № 1. С.91–97
- Сярки М.Т., Шаров А.Н. Сезонная динамика планктонных сообществ Онежского озера // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Сб. матер. IV междунар. конф. 5-10 декабря 2005 г. Часть 2. Вологда, 2005. С. 177-180
- Сярки М.Т. Средне-многолетний сценарий сезонной динамики планктона Онежского озера // Структурно-функциональные особенности биосистем Севера (особи, популяции, сообщества). Матер. междунар. конф. Петрозаводск, 2005. С. 160-163

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРИТОКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Т. М. Тимакова, Т. Янkelович

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Интенсивное освоение бассейна Онежского озера, на территории которого проживает основная часть населения Республики Карелия, сопряжено с высоким уровнем антропогенной нагрузки на воды рек, протекающих в пределах населенных пунктов. Экосистемы малых рек являются одним из наиболее уязвимых компонентов окружающей среды, способны быстро изменяться под влиянием хозяйственной деятельности человека и климатических условий. В черте г. Петрозаводска протекает две реки – Лососинка и Неглинка, которые в недалеком прошлом являлись нерестовыми реками, но в настоящее время утратили свою нерестовую ценность. Они хорошо вписываются в окружающий ландшафт, служат местом отдыха населения. Вместе с тем, реки являются приемниками ливневого стока города и отдельных предприятий, что приводит к изменению качественных характе-

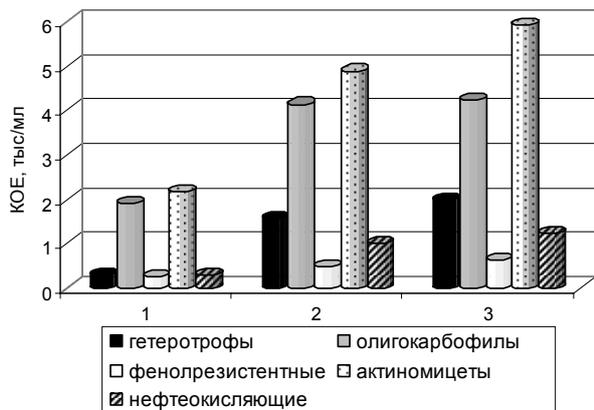
ристик их воды, и как следствие – нарушению функционирования биологической составляющей их экосистем. В данной работе особое внимание уделялось состоянию бактериальных сообществ нижнего течения рек.

Обе реки относятся к категории среднетекущих, характеризуются сильно заболоченным водосбором, большим содержанием в воде органического вещества гумусной природы, небольшим расходом воды. Средний годовой сток р. Лососинки составляет 3,54, р. Неглинки – 0,5 м<sup>3</sup>/сек. Цветность воды меняется в пределах – 128-208 град. Pt – Со шкалы цветности, перманганатная окисляемость – 19,0-37,0 мг О/л, БПК<sub>5</sub> – свыше 3,0 в Лососинке и 2,5 мг О/л в Неглинке, содержание железа – 150,0–390,0 мкг/л, рН – 6,0–6,35. Бактериоценозы рек находятся под постоянным прессом быстро меняющейся гидродинамической ситуации, температурных перепадов и изменяющихся гидрохимических характеристик воды, обусловленных дождевыми и паводковыми водами. В результате бактериальные сообщества отличаются высокой вариабельностью количественных и качественных показателей. Высокая цветность воды в обоих водотоках и невысокое содержание биогенных элементов обуславливает слабую интенсивность фотосинтеза. В р. Лососинке за вегетационный период его величины изменяются от 1,6 до 130 мкг С л<sup>-1</sup>сут<sup>-1</sup>. В пределах города фотосинтетическая активность водорослей угнетается поступающими с водосбора загрязнениями. Так, в наиболее показательный для развития фотосинтетических процессов весенний период интенсивность фотосинтеза на 30 – 70% ниже, чем на участке выше городской черты, который ориентировочно принимался как фоновый. Деструкция органического вещества, наоборот, за счет сильного обогащения воды биохимически нестойким органическим веществом заметно возрастает и варьирует в пределах от 0,02 до 0,586 мг С л<sup>-1</sup>сут<sup>-1</sup>. Средневегетационные значения деструкции достигают: за пределами города 0,158±0,022, в районе поступления ливневого стока (ДЮСШ) – 0,283±0,039 и в предустьевой части реки – 0,275±0,018 мг С л<sup>-1</sup>сут<sup>-1</sup>. Увеличение скорости деструкции при дренировании реками городской территории имеет достоверный характер (n=11, p≥0,05) и свидетельствует о сильном влиянии городского стока на развитие бактериальных процессов. Биотический баланс в реках резко отрицательный, так как постоянным является заметное превышение средневегетационных величин деструкции над первичной продукцией. Если за пределами города это превышение составляет 4,2 раза, то на городской территории достоверно возрастает в 2 раза.

Количественное обилие бактериоценозов и их качественный состав определяются как природными свойствами воды, так и характером привносимых с городского водосбора загрязнений. Наличие в воде большого содержания гуминовых веществ сопровождается высокой численностью олигокарбофильных бактерий и актиномицет, участвующих в разрушении этих сложных органических соединений. Их численность в р. Лососинке изменяется в широких пределах – от 0,1 до 18,7 и от 0,2 до 17,5 тыс. КОЕ в мл соответственно. Экстремально высокие величины обнаруживаются лишь в устьевом участке и только в единичных случаях, а средневегетационные значения численности олигокарбофильных бактерий на городском участке реки варьируют в пределах от 1,93±0,53 до 4,24±0,65, актиномицет – от 2,18±0,48 до 5,92±1,1 тыс. КОЕ в мл (рис. 1).

В р. Неглинке, характеризующейся более высокой цветностью воды, их численность значительно выше на всей акватории реки, и в среднем достигает 7,2-10,8 тыс. КОЕ в мл.

Сильная загрязненность воды рек биохимически нестойким органическим веществом обуславливает высокий уровень развития сапрофитных бактерий, численность которых указывает на β-α - мезосапробный характер вод обеих рек. Однако количественное представительство сапрофитных бактерий в бактериоценозах р. Неглинки (макс. - 11,7, среднее - 3,0±0,54 тыс. КОЕ в мл) заметно выше, чем в р. Лососинке (макс. – 8,6, среднее – 1,9±0,41), что свидетельствует о более масштабном загрязнении ее воды органическим веществом.



1- район вне города 2- район ДЮСШ 3- устье реки

Рис. 1. Распределение функциональных групп бактерий в р. Лососинке

Особо следует отметить присутствие в воде рек производных нефтепродуктов и фенольных соединений, которые определяют интенсивное развитие углеводородокисляющих и фенолрезистентных микроорганизмов. Численность последних достигает чрезвычайно высоких, редко встречающихся в природных водных экосистемах значений. Её величины на городском участке р. Лососинки среднем за сезон достигают пределов  $2,55 \pm 0,56$  -  $6,35 \pm 0,78$  тыс., в р. Неглинке их численность значительно выше и составляет  $9,53 \pm 1,74$  -  $11,34 \pm 2,07$  тыс. КОЕ /мл. Такое представительство данной группы в бактериоценозах обусловлено не только загрязнением воды фенолами, поступающими с городской территории, но и природным качеством их вод. Известно, что вода с большим содержанием гумуса в органическом веществе характеризуется повышенным содержанием фенольных соединений. По-видимому, этот фактор в большей степени определяет высокую численность фенолрезистентных бактерий в воде обеих рек, особенно р. Неглинке, которая отличается наибольшей цветностью воды.

Присутствие углеводородокисляющих бактерий в реках главным образом определяется загрязнением воды нефтепродуктами. Их количество достигает минимальных - 0,1 и максимальных значений - 11,4 тыс. кл. в мл. Усредненные за сезон показатели численности этих бактерий на исследованном участке р. Лососинки варьируют в пределах от  $0,29 \pm 0,06$  до  $1,24 \pm 0,22$  тыс. кл. в мл. Их количество особенно возрастает на участке реки после впадения ливневого стока города (ДЮСШ). В р. Неглинке плотность бактерий, участвующих в разрушении углеводов значительно больше ( $1,306 \pm 0,238$  тыс. кл. в мл), вследствие очень сильного влияния на экосистему поступающих от Петрозаводского депо нефтепроизводных продуктов.

В функционировании бактериальных сообществ важное место занимает группа нитрифицирующих бактерий, участвующая в трансформации аммонийных соединений. Последние, как считается, неблагоприятно воздействуют на водные организмы. Их превращение в безопасные нитратные форм напрямую связано с бактериальным окислением. Максимальная численность бактерий в реках, участвующих в этом процессе, не превышает нескольких тысяч в 1 мл, а средние за сезон значения составляют сотни клеток в 1 мл. То есть, данная группа бактерий, несмотря на их важную роль в превращении азотистых соединений, имеет невысокое представительство в бактериоценозах. Столь же невелико содержание облигатных целлюлозоразрушающих бактерий, концентрация которых не превышает нескольких сотен клеток в 1 мл.

При транзите речных вод через городскую территорию (около 4 км) происходит заметное обогащение бактериоценозов гетеротрофной бактериофлорой. Независимо от времени отбора проб для всех изученных функциональных групп бактерий характерны достоверные различия в численности на фоновом участке и в устьевом районе реки. Основная роль в этом процессе принадлежит антропогенному фактору, однако немаловажное значение имеют паводковые воды. В период снеготаяния или дождливой погоды концентрация в воде бактерий заметно увеличивается, хотя различия в их численности в сухой и паводковый периоды не являются достоверными.

Санитарное состояние рек определяется уровнем обсемененности воды бактериофлорой из группы кишечной палочки. Показателем этого является Coli-ind. В черте города он характеризуется высокими значениями, достигающими в р. Лососинке – 1500–17478, в р. Неглинке – 9700–16306. Это создает крайне неблагоприятную эпидемиологическую ситуацию, особенно при использовании рек для рекреационных целей. Резкое увеличение Coli-ind отмечается в теплое время года, когда

вода сильно обсеменяется условно патогенными бактериями в пределах городской территории. Устьевая часть р. Лососинки и фоновый участок реки по санитарным показателям «Микробное число и Coli-ind» имеют достоверные отличия. Основным источником загрязнения воды условно патогенными бактериями является ливневая канализация и сток ОТЗ.

Анализ содержания сапрофитных бактерий в воде устьевых участков рек за период с 1986 г. свидетельствует об увеличении ее загрязнения органофильной бактериофлорой и об усилении насыщения воды биохимически нестойким органическим веществом. Загрязнение воды р. Неглинки за этот период происходило более интенсивно по сравнению с р. Лососинкой (рис. 2).

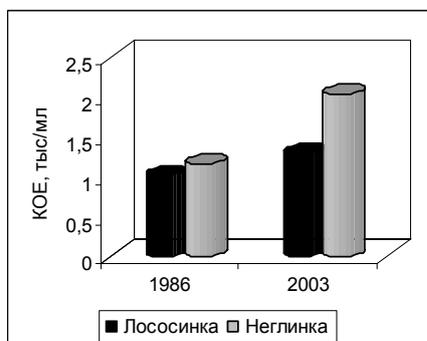


Рис. 2. Содержание сапрофитной микрофлоры в воде рек в разные годы исследований

Таким образом, по состоянию бактериальных сообществ, малые реки г. Петрозаводска можно отнести к умеренно загрязненным. Антропогенное эвтрофирование в реках проявляется не столь заметно. Одним из основных видов антропогенного воздействия на экосистемы рек является бактериальное и органическое загрязнение. Это сопровождается преобладанием роли бактерий в развитии трофических взаимоотношений в экосистеме и снижением роли первичных консументов, к преобладанию детритных пищевых цепей.

## **ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАРЕЛИИ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**Н. Н. Филатов, М. А. Богачев, Г. С. Бородулина, А. В. Литвиненко, Т. И. Регеранд**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Водные ресурсы играют важнейшую роль в обеспечении устойчивого социально-экономического развития России. Состояние здоровья населения, становление экономики страны в значительной степени зависят от наличия и качества водных ресурсов, их комплексного рационального использования и охраны. Россия является одной из наиболее обеспеченных водными ресурсами стран, располагая более чем 20% мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод.

Но в последние 20-30 лет заметно обострились проблемы, связанные с противоречиями между растущими потребностями человечества и природными ресурсами. К числу таких проблем относится проблема загрязнения вод человеком и обеспечение населения питьевой водой полноценного качества. Глобальные масштабы этой проблемы в полной мере обозначились еще в 1977 г. на Конференции ООН по водным ресурсам, а в 2003 г. на Всемирном водном форуме. Анализ ситуации, сложившейся во многих странах мира и характеризующейся количественным и качественным дефицитом питьевой воды, ростом и масштабами заболеваемости населения, связанными с негативным влиянием водного фактора, явился причиной провозглашения 80-х годов "Десятилетием питьевой воды и санитарии", а в нынешнем веке – Международного десятилетия действий «Вода для жизни».

Несмотря на обилие водных ресурсов в Карелии, как и в России, имеются серьезные проблемы с водоснабжением и состоянием здоровья населения из-за некачественной питьевой воды. В республике имеется более 60 тыс. озер и 27 тыс. рек. Обеспеченность Карелии поверхностными водными ресурсами очень высока и значительно превосходит среднероссийские показатели. Количественные параметры водных ресурсов не являются фактором, лимитирующим развитие экономики республики, которая во многом основана на использовании вод. Однако вместе с вышеупомянутыми благополучными фактами в ежегодном Государственном докладе о состоянии окружающей среде по РК отмечается, что для большинства населенных пунктов Карелии вода постоянно или периодически не соответствует нормативам российского ГОСТа "Вода питьевая". Наблюдается высокий уровень химического и микробиологического загрязнения водоемов – источников водоснабжения. В среднем около 70 % проб воды, поступающей в разводящие сети в населенных пунктах Карелии, не отвечает гигиеническим требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Ее качество за последние 5 лет не имеет тенденции к улучшению. Многие жители республики используют децентрализованные источники, такие как колодцы, скважины, родники, однако ситуация и с этими источниками водоснабжения не благополучна, так как плохо выполняется положения о водоохранных зонах, недостаточно хорошо обустроены сами источники.

При этом надо отметить, что поверхностные воды Карелии недостаточно высокого качества для использования для питьевого водоснабжения. Они характеризуются очень низкой минерализацией (менее 100 мг/л и только в отдельных водоемах – до 200 мг/л), вода очень мягкая. И хотя по этим показателям вода соответствует принятым нормативам для водоснабжения, оптимальными для здоровья человека являются более высокие их значения (до 300-400). Проблемный в Карелии и, в том

числе, в Петрозаводске показатель цветности воды, обусловленный повышенным содержанием гумуса. Кроме того, воды бедны фтором, недостаток которого вызывает кариес. Для Карелии характерно загрязнение водоемов органическими веществами в зоне действия предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, минеральными, в первую очередь калием, в районе Костомукши. А из более чем 700 населенных пунктов водопроводные сети имеют только около 100. Во многих населенных пунктах вода подается населению без очистки (Лоухи, Кестеньга, Муезерский и др.). Тяжелое положение с водоснабжением отмечается в городах Суоярви, Олонец. В сетях используются, в основном, чугунные и стальные трубы. По оценкам районных администраций доля изношенных участков сетей колеблется по населенным пунктам от 10 до 80%.

Большинство поверхностных источников централизованного водоснабжения в Карелии из-за высокой цветности, содержания гумуса требует проведения реагентной очистки после подщелачивания, фильтрования и последующего обеззараживания. Сейчас реагентная обработка воды из-за несовершенства имеющихся установок коагуляции и отсутствия реагентов производится только на отдельных водоочистных сооружениях (ВОС) в Петрозаводске, Костомукше. На остальных ВОС выполняется только механическая очистка воды.

Неблагополучная санитарная обстановка на большинстве источников питьевого водоснабжения обуславливает необходимость применения для обеззараживания питьевой воды повышенных доз хлора (хлорирование – единственный метод обеззараживания, используемый в Карелии). Снизить уровень хлорирования в Карелии в настоящее время без риска для здоровья, по-видимому, пока невозможно. К сожалению, хлорирование воды с высоким содержанием органики при ее длительном (годы) употреблении может стать причиной возникновения риска для здоровья населения. А при использовании поверхностных вод, загрязненных сточными водами целлюлозно-бумажной промышленности, в качестве питьевой воды подверженность населения воздействию мутагенных компонентов значительно выше, чем в случае использования воды, содержащей высокие концентрации гумуса после хлорирования. В некоторых эпидемиологических исследованиях, проведенных в Финляндии и других странах, было показано, что вещества, синтезируемые в процессе хлорирования, способствуют увеличению вероятности возникновения раковых заболеваний внутренних органов и, особенно, мочевыводящих путей. После проведения специальных исследований в 70-80-х годах и принятия необходимых мер по уменьшению мутагенных компонентов в питьевой воде, в Финляндии уровень мутагенности снизился на 30 %. Улучшение положения здесь было достигнуто либо переходом на использование исходной воды более высокого качества (в основном из подземных источников), либо значительным усовершенствованием процессов водоподготовки и, прежде всего, сокращением первичного хлорирования. Для питьевых целей в Финляндии в настоящее время используется более 50 % вод из подземных источников, а в Карелии только 4-5%.

Улучшения состояния питьевого водоснабжения можно добиться, как в Финляндии, большим объемом потребления подземных вод. Более широкое их использование как источника питьевого водоснабжения или значительные изменения, как методов водоподготовки питьевой воды, так и очистки сточных вод, могут привести к снижению риска отрицательных последствий для здоровья. В большинстве случаев затраты на изыскания и строительство водоводов компенсируются значительно более низкими эксплуатационными затратами, чем при использовании поверхностных вод, требующих дорогостоящей водоподготовки, или при бурении глубоких скважин из коренных пород. Приоритет использования чистой питьевой воды в Финляндии не препятствует строительству водоводов длиной в десятки километров, если месторождения подземных вод в песчаных отложениях расположены вдали от потребителей. Этот, на первый взгляд, недостаток становится экологическим преимуществом, т.к. удаленность водозаборов от источников загрязнения позволяет сохранить природное качество подземных вод, что особенно важно для практически незащищенных грунтовых вод.

В период 1992-2004 гг. Институт водных проблем Севера совместно с Центром по охране окружающей среды Северная Саво (Финляндия) в рамках Программы обеспечения населения РК чистой питьевой водой проводил работы по поиску и оценке месторождений подземных вод в песчаных отложениях для населенных пунктов Суоярви, Калевала, Поросозеро, Лоухи, Чупа, Деревянка, Кестеньга, Пряжа и Челмужи и др. Была проведена не только оценка запасов, но и подготовлены проекты водозаборов, что может ускорить опытно-эксплуатационные работы. Следует отметить весьма неравномерное распределение запасов подземных вод в Карелии по площади. Доля использования подземных вод по районам колеблется от почти нулевой в Костомукше, Беломорском,

Кемском и Калевальском районах до 66,25% в Олонецком районе. Город Петрозаводск располагает определенными эксплуатационными запасами подземных в количестве 10,7 тыс. м<sup>3</sup>/сут., найдены новые подземные источники для Суоярви, Лоухи и других населенных пунктов.

Использование опыта финских коллег позволило в достаточно короткий срок провести поиск почти по всей территории РК при значительно меньших затратах, чем при традиционных методах с применением геофизических методов и установок тяжелого бурения. В рамках данного проекта был подготовлен общий план водоснабжения РК и Суоярвского района. Последний в настоящее время находится на стадии практической реализации, как и проект водоснабжения о. Кижы. Для 10 городов республики по проекту ТАСИС охарактеризовано современное состояние организации водоснабжения, оценена перспективная потребность в воде, выявлены основные проблемы и дан их анализ, предложены возможные пути их решения. Реализуются практические мероприятия по обеспечению населения питьевой водой.

Результаты многолетних совместных работ изложены в монографии «Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества» (Петрозаводск-Куопио, 2006). В книге изложены цели, задачи и содержание разработанной Программы по обеспечению населения Карелии питьевой водой. Показано, что же сделано и намечены перспективы улучшения питьевого водоснабжения. В связи с возможными непреднамеренными, аварийными ситуациями, а также возможными направленными (террористическими, военными действиями) предложены пути улучшения требований экологической безопасности, в соответствии с которыми каждый город РФ с населением более 250000 человек должен иметь альтернативные источники водоснабжения. В связи с этим рассматриваются действия по поиску альтернативных источников водоснабжения столицы Карелии – г. Петрозаводска. Например, кроме подземных вод из четвертичных отложений, можно использовать родники, колодцы, которые пока не могут в полной мере удовлетворить потребности города, как по качеству, так и количеству. Кроме предпринимаемых Петрозаводским муниципальным унитарным предприятием «Водоканал» мер по совершенствованию очистки воды можно улучшить качество питьевой воды путем переноса городского водозабора к противоположному берегу Петрозаводской губы, Ивановским островам или мысу Варвинскому.

Меры, которые должны быть предприняты администрацией, наукой, местными органами для снижения риска для здоровья путем улучшения качества питьевой воды весьма оправдывают себя, и будут иметь большой положительный эффект для населения Карелии, сделают ее еще более привлекательной для туристов, предпринимателей.

## **ДИАПИРОВАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ШУНГИТОВ (ДЕСЯТЬ ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ)**

**М. М. Филиппов, А. Е. Ромашкин**

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

В 1996 г. была предложена, а в последующие годы обоснована гипотеза, согласно которой месторождения высокоуглеродистых пород (максовитов и шунгитов) формируются в течение нескольких этапов. Сначала накапливаются сапропелевые илы, в диагенезе идет взаимодействие органического вещества со свободным кремнеземом и с глинистыми минералами - образуются органоглины. Свободное органическое вещество и органоглины в условиях гравитационной неустойчивости «всплывают» сквозь перекрывающие породы и формируют диапировые структуры. Диапировый процесс хорошо исследован на примере соляно-купольных тел. Развитие диапиров может приостанавливаться либо на стадии формирования куполов или штоков, либо идти до завершения, когда образуется диапировая шляпа - субсогласное тело со сложной системой складок.

При разработке диапировой модели были сформулированы и решались следующие основные задачи: 1) выявление признаков развития диапировых структур купольного и субпластового типов; 2) реконструкция состава и реологических свойств питающих горизонтов; 3) определение времени образования структур относительно этапов катагенеза пород; 4) доказательство существования процесса распада органо-минеральных соединений и его совпадения по времени с основным этапом формирования диапировых тел; 5) роль аномально-высоких пластовых давлений, возникающих при катагенезе органического вещества за счет генерации жидких и газообразных углеводородов, а также при дегидратации глинистых минералов, в развитии диапировых складок; 6) роль свободных углеводородов в формировании пород и месторождений; 7) явления контактового метаморфизма в передлах тел максовитов; 8) разработка основ моделирования диапирового процесса; 9) разработка комплекса геофизических методов для выявления купольных структур под четвертичными отложениями или признаков их развития при исследовании структур, перекрытых коренными породами (наддиапировая тектоника); 10) экспериментальное и теоретическое определение основных параметров систем купольных структур; 11) поисковые признаки крупных залежей шунгитов.

Отличительной особенностью развития складок нагнетания по питающему слою, представленному органоглинами, является то, что в благоприятных условиях вещество дифференцируется по плотности, идет обособление легкого материала и обогащение локальных объемов купольных структур миграционным органическим веществом, то есть образуются породы с характерными текстурными и структурными особенностями: максовиты и шунгиты. Углеводороды, образованные при катагенезе сапропелевого вещества не всегда покидают материнский слой, если их полимеризация протекает быстро, и по этой причине они теряют способность к дальней, за пределы первичного слоя, миграции и вовлекаются в Диапировый процесс.

Осознание реальности этого явления потребовало пересмотра всех известных подходов к систематизации шунгитоносных пород. В итоге породы разделены на 4 генетические группы: с первично-осадочным (сингенетичным) органическим веществом – *сапропелитовые породы*; со смешанным органическим веществом (первично-осадочным, и миграционным) – *сапробитумолитовые породы* (максовиты и шунгиты), с миграционным органическим веществом – *битумолитовые породы*, с *переотложенным* органическим веществом. Группы характеризуют условия накопления и перераспределения органического вещества в первичном слое и за его пределами: 1) накопление в осадке; 2) перераспределение в пределах слоя, в основном в составе органо-минерального вещества, дифференциация по плотности и вязкости, создающая вертикальную зональность пород в пределах крупных купольных структур как по составу минерального компонента, так и по содержанию шунгитового вещества; 3) дальняя (за пределы материнского пласта) миграция углеводородов и их накопление в породах-коллекторах; 4) размыв пород с органическим веществом и его переотложение. Содержание шунгитового вещества в породах второй группы определяется степенью дифференцирования органо-минеральных соединений при формировании диапировых построек и степенью обогащения дифференциатов миграционным органическим веществом.

Естественные обнажения максовитов в Онежской мульде встречены во многих районах. Наиболее изученным примером диапирового тела является Максовское месторождение. Это антиклинальная бескорневая складка четвертого порядка, сформированная по шестому горизонту второй пачки шунгитоносных пород верхней подсвиты заонежской свиты. Она слегка вытянута по простиранию Толвуйской структуры, частично срезана эрозией. Перекрывающие осадочные породы обрамляют ее и представлены туфоалевролитами, туфосланцами, реже туфопесчаниками и карбонатными породами. В строении месторождения принимают участие силлы и дайка габбро-долеритов. В теле залежи преобладают разновидности брекчированных максовитов, причем степень брекчированности увеличивается к верхним и периферийным частям купола. Широко развиты скрытые (шунгит-шунгитовые) брекчии, верхняя часть залежи состоит преимущественно из кварц-шунгитовых брекчий. «Краевые» брекчии встречены вдоль верхних границ залежи. Границы между массивными, скрыто брекчированными и трещиноватыми породами достаточно четкие. Кварц-шунгитовые брекчии имеют размытые границы. В теле залежи встречаются линзообразные будины карбонатных пород, слоистых алевролитов, туфоалевролитов; их основная масса сосредоточена в донной части. Сложная зональность тела проявляется в распределении шунгитового вещества, свободного кремнезема и серицита. Все отмеченные особенности месторождения указывают на массовое перемещение пластичного протошунгитового вещества при формировании тела. Разнообразие брекчиевидных разновидностей максовитов является результатом смешения органо-минеральных

комплексов разного состава и захвата ими фрагментов вмещающих пород при развитии диапировой постройки. Кварц-шунгитовые брекчии указывают на существование аномально высоких пластовых давлений во время формирования купола. На месторождении также четко картируются основные структурные признаки диапирового тела: краевая синклиналь, внутренние (дополнительные) купола – элементы полидиапировой структуры («купол в куполе»), соответствующие им гребни.

Главные макропризнаки шунгитов – параллелепипедальная отдельность и графитоидный блеск, внешняя схожесть с антрацитами. Они изучены при разведке Шунгского месторождения. Месторождение представляет собой синклиналичную структуру, обращенную в сторону оз. Путкозеро, замкнутую на северо-западе. Характерной особенностью месторождения – мелкая складчатость с амплитудой 4–5 м и шириной складок до 25–30 м. Складки ориентированы в разном направлении, они создают прихотливую, гофрированную форму пластов шунгитов. Еще в 1933 г. Н. И. Рябов обращал внимание на локальное утолщение и пережимы, ветвление, непараллельное залегание верхнего и нижнего пластов; на будины доломитизированных известняков, на наличие мелкой складчатости, создающей волнисто-гофрированную поверхность пласта; на отсутствие в ряде мест какой-либо закономерности в переходах от высокоуглеродистых пород к менее углеродистым; на следы течения вещества; на резкие границы между шунгитами, доломитами и лидитами. Характерные особенности строения Шунгского месторождения легко объясняются при использовании диапировой модели. Оно образовано за счет поступления органического вещества из купольной структуры, сформированной по законам диапировой тектоники, в штокообразное тело, а на заключительной стадии – в диапировую шляпу. Разведанный участок месторождения и является частью диапировой шляпы. Вещество поступало под давлением, поэтому образовывались локальные складки мелкого порядка и шло будинирование доломитов. В основе формирования шунгитов, таким образом, лежит процесс длительной дифференциации органического вещества. В их составе часть органического вещества представлена бывшими миграционными углеводородами, поступающими из первичной купольной структуры, а также из вмещающих пород разных горизонтов.

В диапировой модели находит свое объяснение близкое к равномерному расположение известных в пределах Толвуйской синклинали тел максовитов. Они образуются в условиях «тиражирования» гравитационной неустойчивости в питающем горизонте. Это система (семейство) залежей, сформированная на антиклиналях третьего порядка с определенным расстоянием между соседними куполами. Таким образом, в отличие от других гипотез диапировая модель позволяет предсказать местонахождение новых месторождений.

Диапировая модель не требует жесткой пространственной связи тел шунгитов с тектоническими разломами, особых локальных активных источников органического вещества, высокой биопродуктивности в докембрии на ограниченном временном отрезке. По нашим представлениям, это самодостаточный, синергетический процесс. Модель дает возможность логически увязать и непротиворечиво объяснить разнообразие форм локализации высокоуглеродистых пород, особенности и вариации состава пород, их текстурное и структурное разнообразие. Появилась прочная генетическая основа для классификации пород с глубоко метаморфизованным органическим веществом, что, в свою очередь, позволило определить место максовитов и шунгитов в известных классификациях каустобиолитов. Динамическая модель развития структур по пластичному веществу объясняет природу специфических образований – «шунгит-базитовых» и «туфо-шунгитовых» брекчий, как результат деформаций типа «пластичное в пластичном» при внедрении силлов габбро-долеритов в купольные постройки. Они отнесены к пеперит-структурам, которые ранее не были выявлены в докембрийских образованиях Карелии. Изучение шунгитоносных структур диапирового типа дает материал для разработки комплекса поисковых признаков (литологических, литохимических, геохимических, геофизических и геоморфологических), использование которых на практике существенно упростит и повысит достоверность поисковых и разведочных работ.

Органо-глиняные диапировые структуры изучены еще недостаточно, теория этого вида диапиризма к настоящему времени в полной мере еще не создана. Пока единственным примером таких структур являются месторождения и залежи максовитов и шунгитов Онежского синклинория. Поэтому их исследование приобретает особое значение для фундаментальной геологической науки, и они могут служить полигоном для наблюдений этого уникального природного явления. Именно по этой причине исследования купольных и субпластовых диапировых структур Карелии неоднократно поддерживались РФФИ, в настоящее время они включены в программу № 18 Президиума РАН и в программу международного бурового проекта ICDP FAR-DEEP на 2007 г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КЕРАМИКИ НЕОЛИТА-ЭНЕОЛИТА (ПО МАТЕРИАЛАМ ПАМЯТНИКА ВИГАЙНАВОЛОК I)

Т. А. Хорошун, В. П. Ильина

*Институт языка, литературы и истории КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Поселение Вигайнаволок I расположено на западном побережье Онежского озера в 9 км юго-восточнее Петрозаводска, в 120 м от современного берега озера; занимает площадь более 10000 м<sup>2</sup>. Памятник исследовался Г.А. Панкрушевым в 1964-1966 гг. Общая площадь раскопок составила 2588 м<sup>2</sup>. Наиболее многочисленным, массовым и содержательным материалом является керамика. На памятнике обнаружено более 25000 фрагментов глиняной посуды.

Целью исследования является выявление различия/сходства в традициях изготовления глиняной посуды на протяжении неолита – энеолита по материалам памятника Вигайнаволок I. Проведено изучение химического и минерального составов 8 фрагментов керамики. Исследование выполнено в Институте геологии КарНЦ РАН. В работе использовались следующие методы: для определения химического состава – полный силикатный (ГОСТ 26318 - 84), спектральный (ИСП-28 – кварцевый спектрограф, PYS-2 – спектрограф с плоской дифракционной решеткой – по методикам ВИМС) анализы, электронно-зондовая микроскопия (электронно-зондовый микроанализатор Oxford. INCA); для выяснения минералогического состава – метод оптической микроскопии (петрографический; МИН-8) и рентгенофазовый анализ (диффрактометр ДРОН-3М (медное излучение, никелевый фильтр). Выбранные фрагменты относятся к культурам с ямочно-гребенчатым и ромбоямочным типами керамики и, таким образом, охватывают начало IV – рубеж III-II тыс. до н.э. Их отбор производился по визуальным морфологическим различиям. Данное исследование проведено впервые.

### **Описание фрагментов.**

Фрагмент 1 венчик сосуда ромбоямочного типа керамики диаметром 30 см, толщиной 1 см, орнаментирован, утолщен до 0,5 см и скошен внутрь. Горизонтально-зональный орнамент состоит из чередования конических ямок подовальной формы и оттисков гребенчатого штампа. Внутренняя стенка фрагмента заглажена. Обе поверхности имеют красно-коричневый цвет, на срезе – черный.

Фрагмент 2 венчик сосуда ромбоямочного типа керамики диаметром более 30 см, толщиной 1,1 см, орнаментирован, утолщен до 0,5 см и скошен внутрь. Горизонтально-зональный орнамент состоит из чередования оттисков гребенчатого штампа и ямок. Обе поверхности темно-серого цвета.

Фрагмент 3 сосуда ромбоямочного типа керамики, толщиной 1 см. Горизонтально-зональный орнамент состоит из чередования оттисков гребенчатого штампа и конических ямок. Обе поверхности ярко-оранжевого цвета, тесто рыхлое с большим содержанием кварца.

Фрагмент 4 сосуда ромбоямочного типа керамики, толщиной 1 см. Орнамент ямочный. Внешняя поверхность покрыта слоем песка оранжевого цвета, внутренняя – гладкая.

Фрагмент 5 сосуда ямочно-гребенчатого типа керамики (ранний период), толщиной 0,4 см, орнаментирован геометрическим узором из небольших ямок диаметром 0,15-0,2 см. Обе поверхности гладкие, светло-коричневого цвета, на срезе – черного.

Фрагмент 6 сосуда ромбоямочного типа керамики, толщиной 0,7 см. Орнамент ямочный. Тесто рыхлое с большим содержанием крупных фракций кварца. Обе поверхности серо-оранжевого цвета.

Фрагмент 7 сосуда ромбоямочного типа керамики, толщиной 1 см. Орнамент ямочный в виде ромбов. Тесто рыхлое с крупными включениями фракций кварца. Обе поверхности оранжевого цвета, на срезе – серого.

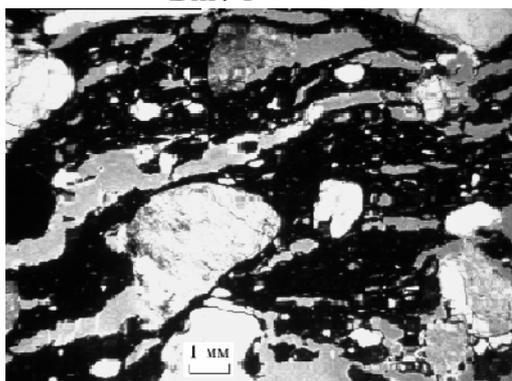
Фрагмент 8 сосуда ямочно-гребенчатого типа керамики (поздний этап), толщиной 1 см. Горизонтально-зональный орнамент состоит из чередования оттисков гребенчатого штампа и ямок. Обе поверхности серо-коричневого цвета.

Таблица. Химический состав керамики неолита-энеолита  
(по материалам памятника Вигайнаволок I)

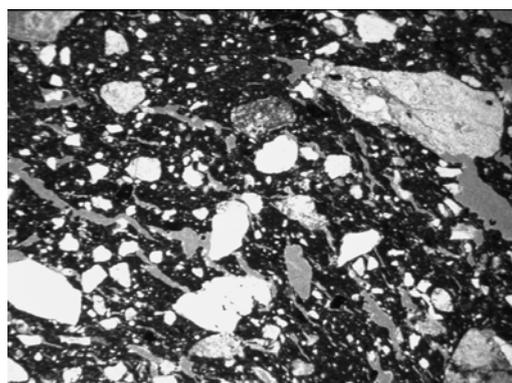
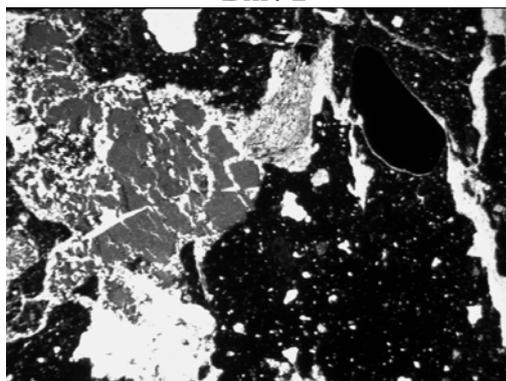
| Оксиды                         | Содержание, масс. % |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                | 1                   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| SiO <sub>2</sub>               | 60,82               | 57,23  | 63,90  | 58,16  | 59,44  | 59,39  | 60,77  | 64,21  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,73                | 0,91   | 0,72   | 0,70   | 0,82   | 0,85   | 0,78   | 0,60   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15,18               | 16,60  | 15,20  | 14,70  | 15,61  | 15,51  | 15,50  | 13,03  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,28                | 5,24   | 5,28   | 8,00   | 5,16   | 1,13   | 3,80   | 5,35   |
| FeO                            | 1,38                | 3,65   | 1,69   | 1,85   | 2,00   | 5,93   | 2,59   | 1,29   |
| MnO                            | 0,063               | 0,07   | 0,09   | 0,04   | 0,052  | 0,086  | 0,077  | 0,035  |
| MgO                            | 2,30                | 3,40   | 2,36   | 2,01   | 2,17   | 2,52   | 2,75   | 1,10   |
| CaO                            | 0,92                | 1,60   | 1,56   | 1,17   | 1,10   | 1,06   | 1,55   | 1,09   |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,58                | 1,72   | 2,28   | 2,00   | 1,50   | 1,90   | 2,21   | 1,41   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,49                | 2,41   | 2,55   | 2,64   | 2,65   | 2,35   | 2,61   | 2,67   |
| H <sub>2</sub> O               | (3,07)              | (2,57) | (1,51) | (3,67) | (3,92) | (3,32) | (3,40) | (3,24) |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,53                | 2,25   | 1,21   | 2,53   | 2,03   | 2,23   | 1,78   | 2,02   |
| П.п.п.                         | 7,73                | 4,80   | 2,97   | 6,25   | 7,45   | 6,93   | 5,45   | 6,99   |
| Сумма                          | 100,0               | 99,88  | 99,81  | 100,05 | 99,98  | 99,88  | 99,87  | 99,79  |

Анализ выполнен в Институте геологии, аналитиками – А.И. Полищук, В.Л. Утицкой.  
Пробы пересчитаны на абсолютно сухую навеску.

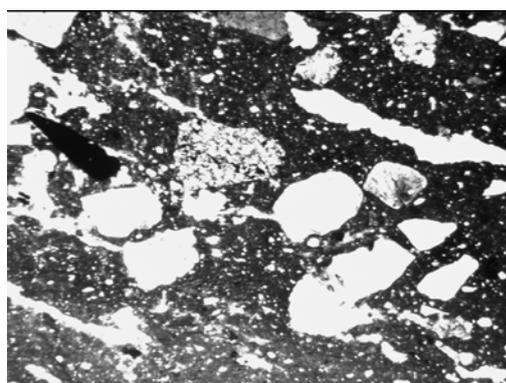
Виг.-1



Виг.-2



Виг.-3



Виг.-4

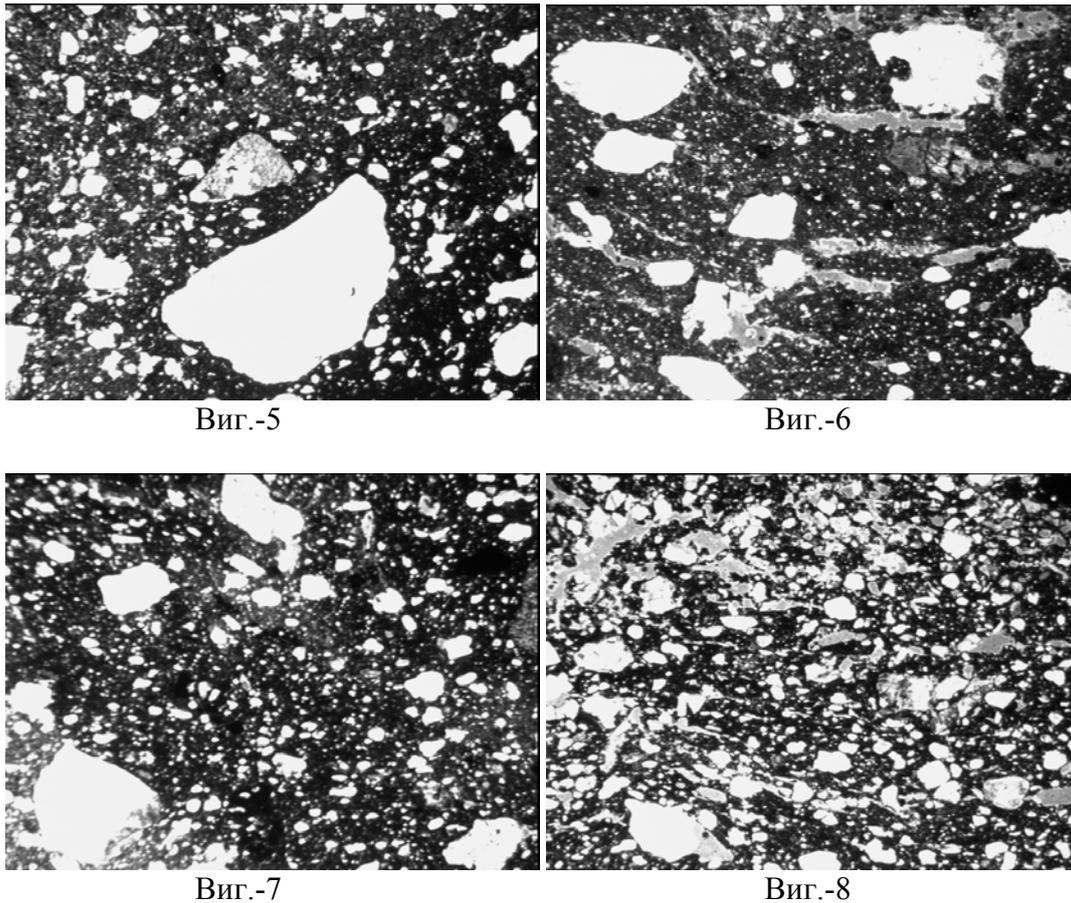


Рис. Микроструктура фрагментов керамики

**Определение химического состава глиняных масс.** От каждого фрагмента были взяты пробы и измельчены до фракции 0071 мм. Результаты полного силикатного анализа приведены в таблице. Этот анализ позволяет установить состав химических элементов в процентном соотношении в глиняных массах. Во всех образцах присутствует фосфор, что свидетельствует о введении в массу в качестве добавки обожженных костей животных (по рентгенофазовому анализу наличие фосфорных соединений не обнаружено, что подтверждает наличие костей). Минимальное содержание фосфора наблюдается в образцах 1 и 3 (0,53 и 1,78% соответственно), самое большое – во 2 (2,25%) и 4 (2,53%). Таким образом, кости животных добавляли в глиняные массы, как в неолите, так и в энеолите не случайно: изделие становится более прочным. Кроме того, химический состав глиняных масс позволил определить, что в качестве отощающей добавки использовался кварцевый песок либо тонкие фракции измельченных силикатных пород (на шлифах наблюдаются остроугольные и частично окатанные зерна). Основную массу керамики составляет глина. Отощители массы снижают усадку и сроки сушки, предотвращают растрескивание и деформацию изделия при обжиге. Наибольшее содержание кремния наблюдается во фрагментах 3 и 8, более низкое в составе фрагмента 2. Но в целом составы массы незначительно отличаются по количеству вводимого отощителя. По результатам пересчета химического анализа содержание глинистого компонента примерно варьирует от 85 до 90%, отощителя – от 8 до 12% и кости – от 2 до 3%. Полуколичественный спектральный анализ определяет состав редких химических элементов (бария, хрома, титана, марганца) в процентном соотношении. В данном случае они содержатся во всех образцах и являются компонентами глиняных масс. Элементы с содержанием >1% относятся к породообразующим минералам и входят в состав глины (натрий, алюминий, железо). С помощью метода электронно-зондовой микроскопии определен элементный состав в разных точках шлифа на примере фрагмента 4. Установлены составляющие компоненты керамики: полиминеральная глина, плагиоклаз, уголь, наличие которых подтверждается результатами оптической микроскопии.

**Определение минералогического состава.** Шлифы изготовлены по общепринятой методике. По данным оптической микроскопии (петрографический анализ) основными минералами являются микроклин, плагиоклаз, кварц. Единичными зернами в шлифах представлены серицит, эпидот, мусковит, биотит, амфибол, хлорит. По шлифам (рис. Виг.1 – Виг.8) видны зерна отошителя различной формы. Для фрагмента 8 характерно наличие мелких зерен в большом количестве, для остальных фрагментов – более крупных зерен. На фрагменте 5 наблюдается крупное зерно кварца и полевого шпата. Данные оптической микроскопии подтверждаются данными рентгенофазового анализа. Основными элементами глиняных масс являются кварц, слюда, калиевый и натриевый полевой шпат. На шлифах минимальные размеры зерен равны 0,01-0,1 мм, крупные зерна составляют 0,15-3,5 мм согласно наиболее выразительным образцам по фрагментам 4 и 8.

По результатам изучения химического и минералогического составов фрагментов, можно предположить, что для изготовления керамики использовались местные месторождения глин или их проявления, в частности, ближайшее к памятнику Ивинское месторождение (в 5 км к юго-востоку от пос. Ладва), глины которого относятся к котлинской свите. Сопоставляя химический состав глин нижней части 2 слоя месторождения с химическим составом глиняных масс (по результатам спектрального анализа), выявлено одинаковое содержание элементов, в том числе и редких, таких как барий, хром.

По химическому составу керамики неолита-энеолита наблюдаются незначительные изменения, в основном по содержанию фосфора и кремния. Минералогический состав фрагментов представлен зернами кварца, полевого шпата и слюды. По материалам анализа 8 фрагментов керамики неолита-энеолита не прослеживается изменений в рецептах приготовления глиняных масс. Так 85-90% глиняных масс состоят из компонента местного происхождения. В качестве отошителя использовался измельченный кварцевый песок, а также обожженная кость, их количество варьирует в пределах 3-5%. По результатам анализов следует, что традиция изготовления глиняной посуды сохраняется на данном памятнике в течение неолита – раннего энеолита. Так как для исследования были отобраны образцы, большая часть которых относится к сосудам, датируемым поздним неолитом – ранним энеолитом, разницу между которыми установить пока не представляется возможным, а также из-за небольшого количества образцов, необходимо более основательное изучение на значительно большем материале памятников начала IV – рубежа III-II тыс. до н.э. и использование новых методов для сравнительной характеристики керамики.

## **СТРУКТУРА ПЛАНКТОННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА СУОЯРВИ (КАРЕЛИЯ)**

**Т. А. Чекрыжева**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

Планктонные микроводоросли, обладающие высокой чувствительностью к изменению условий окружающей водной среды, успешно используются при оценке экологического состояния водных экосистем и качества их вод. Альгоиндикацию, как правило, осуществляют на основе анализа таксономической структуры, наличия индикаторных организмов, а также изменений количественных параметров (численности и биомассы) природных водорослевых ценозов.

На территории бассейна р. Шуи, являющегося пятым по величине среди основных водосборов озерно-речных систем Карелии, расположено озеро Суоярви (площадь водной поверхности 58,5 км<sup>2</sup>, средняя глубина 4,7 м), имеющее низкую минерализацию (18 мг/л) и высокую цветность воды (100°Pt-Co шкалы). Согласно шкалам трофности (Китаев, 1984; Трифонова, 1990) по концентрации фосфора, биомассе и хлорофиллу фитопланктона (Лозовик, 1991; Чекрыжева, 1991) озеро Суоярви относится к мезотрофным водоемам.

По степени антропогенного воздействия водоем характеризуется районами, различающимися уровнем загрязнения: северо-западный (1) - условно чистый, южный (2) - загрязненный промышленными и коммунальными стоками города и центральный (3), представленный смесью озерных, речных и загрязненных вод. Биоиндикацию загрязнения различных участков озера Суоярви проводили на биоценологическом уровне, учитывая видовой состав, разнообразие, численность и биомассу фитопланктона, а также виды-индикаторы сапробных условий. Выделение зон загрязнения по индикаторным организмам осуществляли при помощи методов (факторный и дискриминантный) многомерного статистического анализа (рис. 1).

Видовой состав летнего фитопланктона озера богат (160 таксонов) представителями всех систематических отделов при наибольшем разнообразии диатомовых (40 %), зеленых (30 %) и золотистых (12 %) водорослей (Чекрыжева, 1991).

С применением методов многомерного статистического анализа выявлено, что выделенные по степени загрязненности районы озера существенно отличались видовой структурой и количественными показателями развития альгоценозов. Обнаружено возрастание по градиенту загрязнения численности всех групп водорослей, за исключением золотистых (табл. 1).

Таблица 1. Численность (млн. кл/л) фитопланктона различных по степени загрязнения районов озера Суоярви

| Отдел           | Чистый район | Загрязненный район |
|-----------------|--------------|--------------------|
| Cyanophyta      | 48.0         | 176.0              |
| Chrysophyta     | 43.0         | 0.7                |
| Bacillariophyta | 1224.0       | 2214.0             |
| Cryptophyta     | 64.0         | 699.0              |
| Chlorophyta     | 55.0         | 91.0               |
| Всего           | 1343.0       | 3181.0             |

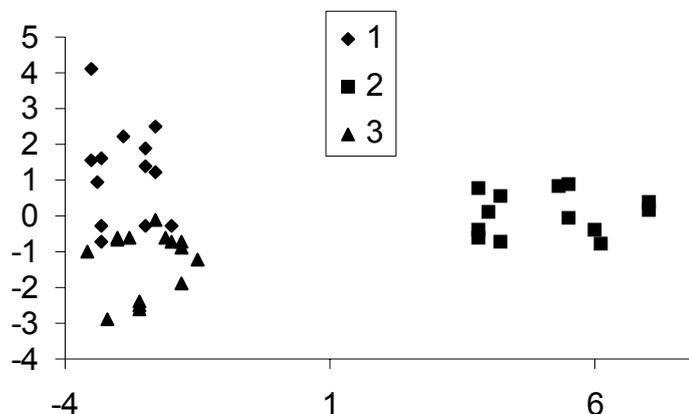


Рис. 1. Группировка проб по биомассе индикаторных видов фитопланктона. 1 - условно чистый район, 2 - загрязненный район, 3 - промежуточный по степени загрязненности район озера Суоярви.

Общее число обнаруженных таксонов планктонных водорослей сокращалось по мере загрязнения (93, 65 и 32), причем в различных участках доминировали представители из разных систематических отделов фитопланктона. В условно чистом районе преобладали  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробные организмы. Из всех обнаруженных в этом районе водорослей 40% видов отмечены только для этой зоны озера. В основном это  $\chi$ -о-сапробы,  $\alpha$ -сапробы и  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробы (*Frustulia rhomboides* (Ehr.) D.T., *Dinobryon bavaricum* Imh., *D. suecicum* Lemm, *Achnanthes minutissima* Kütz., *Frustulia construens* (Ehr.), *Eunotia lunaris* (Ehr.) Grun, *E. bidentula* W. Sm., *E. gracilis* (Ehr.) Rabenh.), отсутствующие в южной части водоема, загрязненной промышленными и коммунальными стоками города. В загряз-

ненной зоне доминировали представители криптофитовых водорослей (*Cryptomonas ovata* Ehr., *C. obovata* Skuja, *C. marssonii* Skuja, *C. reflexa* (Marssonii) Skuja, *C. rostrata* Troitzs. emend. Kiss., *Chroomonas acuta* Uterm. - β-мезосапробы), которые интенсивно вегетируют в водах, содержащих много органических веществ и поэтому являются индикатором этого вида загрязнений. Численность видов-индикаторов органического загрязнения существенно возростала в водах, подверженных воздействию промышленных и коммунальных стоков города (рис. 2). О различной степени загрязненности изученных участков озера свидетельствуют и значения индекса сапробности, которые варьировали от 1.6 в чистом районе (о-сапробная зона) до 2.1 - в загрязненном (β-мезосапробная зона).

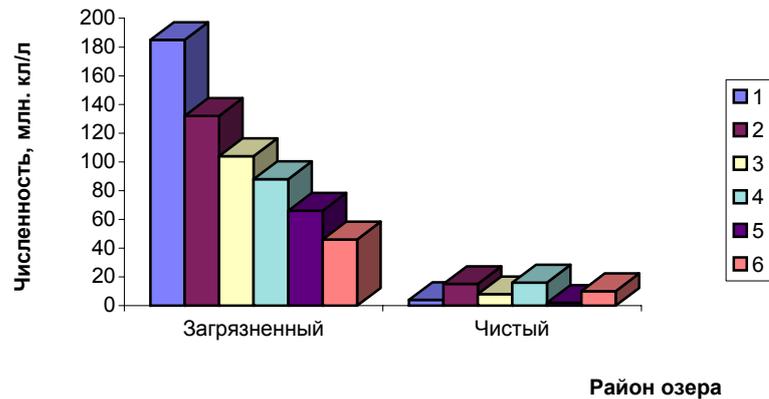


Рис. 2. Численность индикаторных видов фитопланктона в различных по степени загрязненности районах озера Суоярви: 1 - *Cryptomonas ovata*, 2 - *C. marssonii*, 3 - *C. obovata*, 4 - *C. breviciliata*, 5 - *C. reflexa*, 6 - *Croomonas acuta*.

## Литература

- Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 208 с.
- Лозовик П.А. Изменение гидрохимического режима озера Суоярви // Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропог. воздействия. Петрозаводск, 1991. С. 104-118.
- Трифонов И. С., 1990. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л., 184 с.
- Чекрыжева Т.А. Фитопланктон оз. Суоярви // Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск, 1991. С. 122-126.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Т. А. Чекрыжева, А. Н. Шаров

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

За более чем 40-летний период наблюдений за фитопланктоном Онежского озера (Петрова, 1971; Вислянская, 1990, 1998, 1999; Чекрыжева, 1993, 2002) набор доминирующих в планктоне видов постоянно расширялся за счет диатомовых (*Diatoma elongatum* var. *elongatum*), синезеленых (*Oscillatoria tenuis*, *Oscillatoria limosa*, *Oscillatoria planctonica*, *Anabaena lemmermanii*, *Anabaena hasalii*, *Anabaena circinalis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis pulvereae*), хлорококковых (*Sphaerocystis Schroeteri*, *Ankistrodesmus pseudomirabilis*, *Scenedesmus quadricauda*,

*Dictyosphaerium pulchellum*, *Coelastrum microporum*, *Pandorina morum*, *Eudorina elegans*, *Pediastrum duplex*, *Botriococcus braunii*) и желтозеленых (*Tribonema affine*) водорослей, активно развивающихся в озерах, подверженных процессам эвтрофирования и часто оказывающихся там доминантами планктонных комплексов, как, например, в планктоне Ладожского озера (Петрова, 1990).

Представители рода *Dinobryon* (*D. divergens*, *D. bavaricum*, *D. cylindricum* var. *palustre*) из золотистых, на исчезновение которых из планктона больших олиготрофных озер в период их эвтрофирования указывают многие авторы, в Онежском озере, в частности, в районе Кижских шхер и Великой губы, продолжают интенсивно вегетировать в период поздней весны и раннего лета.

В последнее десятилетие в фитопланктоне озера, особенно в заливах подверженных антропогенному эвтрофированию, как например, в Кондопожской губе, отмечаются высокие концентрации криптофитовых водорослей (р.р. *Croomonas* и *Cryptomonas*), некоторых зеленых (*Chlamydomonas monadina*, *Planctococcus sphaerocystiformis*) и диатомовой водоросли - *Nitzschia acicularis*), являющихся индикаторами органического загрязнения (сапробности) природных вод.

В фитопланктоне озера в настоящее время насчитывается 780 таксонов водорослей, существенная доля которых приходится на бореальные (40%) и арктоальпийские (13%) формы. Распределение числа видов фитопланктона разной систематической принадлежности (в процентном отношении) оказалось следующим: *Cyanophyta* - 8 %, *Cryptophyta* - 2 %, *Dinophyta* - 2 %, *Chrysophyta* - 10 %, *Bacillariophyta* - 50 %, *Euglenophyta* - 1 %, *Xanthophyta* - 1 %, *Chlorophyta* - 26 %.

В целом за последние десятилетия в процессе эвтрофирования фитопланктон Онежского озера не претерпел существенных структурных изменений и, при круглогодичном доминировании диатомовых водорослей, по-прежнему сохраняет флористическое богатство, свойственное олиготрофным водоемам.

Сопоставление современных данных по фитопланктону глубоководного района озера (Центральный плес, заливы Повенецкий и Большое Онего) с наблюдаемыми ранее свидетельствует о сходстве флористического состава доминирующего комплекса, состоящего из диатомовых, золотистых и зеленых, и сходстве в соотношении систематических отделов водорослей. Уровень биомассы фитопланктона в этом районе озера, как в прежние годы, так и в настоящее время (табл. 1) остается невысоким (Вислянская, 1992, 1998; Петрова, 1969, 1971, 1973, 1990) и соответствует статусу олиготрофных вод.

Анализ величин биомассы фитопланктона Петрозаводской и Кондопожской губ за длительный период наблюдений (Вислянская, 1980, 1986, 1990, 1998, 1999) выявил сезонную и межгодовую их изменчивость (табл. 1). В настоящее время уровень обилия планктонной флоры и отмеченная структурная перестройка в видовом составе, выразившаяся в увеличении количества видов показателей эвтрофирования вод из числа хлорококковых (*Sphaerocystis schroeteri*, виды родов *Monoraphidium*, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Elakatotrix*), синезеленых (*Oscillatoria tenuis*, *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*), криптофитовых (виды родов *Croomonas*, *Rhodomonas*, *Cryptomonas*) и диатомовых (*Fragilaria crotonensis*, *Diatoma elongatum*, *Melosira varians*, *Aulacoseira granulata*) водорослей, свидетельствуют о продолжающемся влиянии антропогенного стока на фитопланктон этих заливов озера, особенно их вершинных участков.

В Южном Онего в последние годы наблюдений (табл. 1.) биомасса весеннего и летнего фитопланктона соответствовала значениям, полученным в 1980-е годы исследований (Вислянская, 1998) и не превышало лимиты для олиготрофных озер. Как и в прежние годы исследований в планктоне этого района озера доминировали диатомовые водоросли (*Aulacoseira islandica* subsp. *helvetica*, *Aulacoseira italica* var. *italica*, *Aulacoseira italica* var. *tenuissima*, *Tabellaria fenestrata*, *Asterionella formosa*).

Таким образом, несмотря на наблюдаемые некоторые структурные перестройки в видовом составе, соотношении систематических отделов водорослей, сезонные и межгодовые колебания биомассы фитопланктона, произошедшие в процессе эвтрофирования в течение 40-летнего периода исследований, средневегетационные концентрации биомассы фитопланктона глубоководного района озера в настоящее время остаются в пределах величин, определяемых для олиготрофных водоемов. Процесс загрязнения и эвтрофирования по-прежнему наблюдается в Петрозаводской и Кондопожской губах, в наибольшей степени подверженных антропогенному воздействию.

Таблица 1. Сравнительная характеристика биомассы фитопланктона (г/м<sup>3</sup>) в разных районах Онежского озера за период с 1966 по 2005 г.г.

| Район озера         | Период наблюдений | Сезон наблюдений |       |       |
|---------------------|-------------------|------------------|-------|-------|
|                     |                   | Весна            | Лето  | Осень |
| Повенецкий залив    | 1960-е годы *     | 0.030            | 0.030 | 0.048 |
|                     | 1980-е годы **    | 0.220            | 0.144 | 0.102 |
|                     | 1990-е годы ***   | 0.455            | 0.270 | -     |
|                     | 2000-е годы ****  | 1.547            | 0.274 | -     |
| Петрозаводская губа | 1960-е годы *     | 0.640            | 0.130 | -     |
|                     | 1970-е годы **    | 0.960            | 1.057 | 0.200 |
|                     | 1980-е годы **    | 1.650            | 1.310 | 0.570 |
|                     | 1990-е годы ***   | 2.347            | 1.028 | 0.850 |
|                     | 2000-е годы ****  | 1.248            | 1.241 | 0.161 |
| Большое Онего       | 1960-е годы *     | 0.500            | 0.100 | -     |
|                     | 1970-е годы **    | 0.537            | 0.361 | 0.301 |
|                     | 1980-е годы **    | 0.835            | 0.654 | 0.443 |
|                     | 1990-е годы ***   | 0.674            | 0.468 | 0.361 |
|                     | 2000-е годы ****  | 1.450            | 0.242 | 0.219 |
| Центральный плес    | 1960-е годы *     | -                | 0.060 | -     |
|                     | 1970-е годы **    | -                | 0.250 | -     |
|                     | 1980-е годы **    | 0.608            | 0.798 | -     |
|                     | 1990-е годы ***   | 0.351            | 0.602 | -     |
|                     | 2000-е годы ****  | 0.481            | 0.238 | -     |
| Кондопожская губа   | 1960-е годы *     | 0.270            | 0.165 | -     |
|                     | 1970-е годы **    | 0.068            | 0.100 | -     |
|                     | 1980-е годы **    | 7.770            | 0.680 | 1.100 |
|                     | 1990-е годы ***   | 12.973           | 0.858 | 0.352 |
|                     | 2000-е годы ****  | 3.920            | 1.906 | 0.220 |
| Южное Онего         | 1980-е годы **    | 1.211            | 0.582 | -     |
|                     | 2000-е годы ****  | 0.805            | 0.691 | -     |

Примечание: \* - по: Петрова, 1990; \*\* - по: Вислянская, 1986, 1990, 1999; \*\*\* - по: Вислянская, 1986, 1990, 1999, а также наши данные; \*\*\*\* - наши данные.

## Литература

- Вислянская И.Г., Калугин А.И. Фитопланктон Петрозаводской губы Онежского озера // Гидробиология Петрозаводской губы Онежского озера. Петрозаводск; Карельский филиал АН СССР, 1980. С. 10-30.
- Вислянская И.Г. Фитопланктон // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего. Л., 1982. С. 70-81.
- Вислянская И.Г. Современное состояние фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера // Лимнология Кондопожской губы Онежского озера. Петрозаводск; Карельский филиал АН СССР. 1986. С. 98-113.
- Вислянская И.Г. Фитопланктон // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 183-192.
- Вислянская И.Г. Фитопланктон Большой губы Повенецкого залива // Большая губа Повенецкого залива Онежского озера. Петрозаводск. 1992. С. 52-62.
- Вислянская И.Г. Фитопланктон // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По материалам мониторинга 1992-1997 гг. Петрозаводск. 1998. С. 57-60.
- Вислянская И.Г. Структура и динамика биомассы фитопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск. 1999. С. 146-158.
- Петрова Н.А. Фитопланктон Повенецкого залива // Предварит. рез. работ компл. экспед. по исслед. Онежского озера, вып. 1, Петрозаводск. 1969. Вып. 3. С. 119-121.
- Петрова Н.А. Фитопланктон Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л., 1971. С. 88-127.

- Петрова Н.А. Биомасса фитопланктона Онежского озера по данным 1964-1965 гг. // Микробиология и первичная продукция Онежского озера. Л. Наука, 1973. С. 84-91.
- Петрова Н.А. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. Л.; Наука, 1990. 199 с.
- Чекрыжева Т.А. Оценка качества вод Кондопожской губы Онежского озера по фитопланктону // Мат. III Вс. конф. по водной растительности внутр. водоемов и качество их вод. Сент. 1992 г. Петрозаводск. 1993. С. 18-19.
- Чекрыжева Т.А., Сластина Ю.Л. Индикация по фитопланктону зон загрязнения Кондопожской губы Онежского озера // Современные проблемы водной токсикологии. Тез. Всеросс. конф. 19-21 ноября 2002. Борок. С. 181.

## ИСКОПАЕМАЯ ДИАТОМОВАЯ ФЛОРА ГОЛОЦЕНОВЫХ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАОНЕЖЬЯ

Т. С. Шелехова

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

Ископаемая диатомовая флора была изучена по четырем разрезам донных озерно-болотных отложений озер Руоколампи, Турастомозеро, Хашозеро и болота Вожмариха, расположенным на разных абсолютных отметках от 34,5 до 60 м и ранее входивших в состав Онежского озера. Результаты диатомового анализа позволили проследить последовательную изоляцию данных водоемов от Онеги вследствие снижения его уровня с бореала по субатлантическое время включительно. По изменениям в составе диатомовых комплексов четко выделяются осадки палеоклиматических периодов голоцена. В отдельных случаях принадлежность их к определенному палеоклиматическому периоду подтверждается радиоуглеродными датировками и данными спорово-пыльцевого анализа (Руоколампи, Вожмариха).

Отделение озера Руоколампи произошло в пребореале (Филимонова, Шелехова, 2005). В бореале это был залив нынешнего Сундозера, в котором накапливались глинистые сапропели, в то время как в водоемах, входящих в состав Онежского озера Турастомозеро, Хашозеро и Вожмариха - алевроиты светло-серых и светло-коричневых оттенков. Диатомовые комплексы **бореального времени**, выявленные в осадках данных разрезов, довольно схожи и представлены главным образом планктонными *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Aulacoseira italica* (Ehr.) Kütz., а также литоральными эпифитами рода *Fragilaria* Lungb. и донными *Navicula* Bory. Однако, в осадках разрезов, принадлежащих Онежскому озеру, наблюдается значительно больше общих черт, характеризующих диатомовые комплексы. Если среди планктонного сообщества изменяется лишь процентное соотношение видов *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Aulacoseira italica* (Ehr.) Kütz., *Aulacoseira islandica* O. Müll., зависящее от глубины, то в литоральной и донной флоре обнаружено много одинаковых видов свидетельствующих о сходстве условий, в которых они развивались. Это виды рода *Fragilaria* Lungb., с преобладанием *Fragilaria construens* (Ehr.) Grün., а также *Achnanthes oestrupii* (A. Cl.) Hust., *Achnanthes calcar* Cl., *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grün., *Cocconeis* spp. (Ehr.), *Navicula cocconeiformis* Greg., *Navicula farta* Hust. и др.

В атлантическое время отложения и диатомовые комплексы во всех разрезах заметно изменились. В Руоколампи накапливались диатомовые сапропели и диатомиты, в которых доминировал род *Aulacoseira italica* (Ehr.) Kütz. характерный для малых водоемов. В это время и в Турастомозере и в Хашозере также отлагались диатомовые сапропели, но состав диатомовых комплексов данных разрезов другой. В Турастомозере доминировал планктонный вид *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz., (70%), больше характерный для небольших водоемов, что может свидетельствовать в пользу отделения Турастомозера от Онеги. А в Хашозере планктонные формы практически исчезли, и господствовали только литоральные и донные диатомеи, обитающие на мелководье. Вероятнее всего, Турастомозеро и Хашозеро в это время стали развиваться самостоятельно. Только залив Вожмариха

оставался в акватории Онежского озера, что подтверждается накоплением здесь коричневых алевритов с растительными остатками и массовым развитием типичных для Онеги планктонных *Aulacoseira islandica* O. Müll., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., Среди эпифитов многие виды родов *Achnanthes* Bory, *Fragilaria* Lyngb., *Navicula* Bory являются «сквозными», а некоторые *Cymbella* Ag., *Nitzschia* Hass., *Cocconeis* Ehr., характерны только для разрезов Турастомозера и Вожмариха. Таким образом, сопоставляя ряд данных можно предполагать, что в атлантическое время только залив Вожмариха оставался в акватории Онежского озера, а Турастомозера и Хашозера отделились от него.

**В суббореальное время** осушается и начинает заболачиваться залив Вожмариха, о чем свидетельствуют накопление торфа, результаты спорово-пыльцевого анализа и подтверждает состав диатомового комплекса. В остальных водоемах накапливаются сапропелевые диатомиты, сапропели с растительными остатками и торф. Диатомовые комплексы отличаются господством литоральной и донной флоры родов *Fragilaria* Lyngb., *Achnanthes* Bory, *Navicula* Bory, характерной для малых водоемов.

**Отложения субатлантического времени** в изученных разрезах Заонежья представлены сапропелями или торфами, диатомовая флора их довольно богата и разнообразна, имеет ряд общих черт и различий. В водоемах продолжают доминировать эпифиты и донные, в обводненных торфах появляются типичные болотные формы родов *Eunotia* Ehr. и *Pinnularia* Ehr.

Таким образом, данные диатомового анализа с имеющимися результатами спорово-пыльцевого и радиоуглеродного датирования позволяют проследить этапы развития водоемов, их изоляцию от Онеги: отделение Руоколампи произошло в пребореале, Хашозера и Турастомозера – в атлантическое время, Вожмарихи – в суббореале.

Обнаруженные в диатомовой флоре голоценовых отложений изученных разрезов Заонежья «сквозные» формы *Achnanthes oestrupii* (A.Cl.) Hust., *Achnanthes calcar* Cl., *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grün., *Cocconeis placentula* Ehr., *Navicula cocconeiformis* Greg., *Navicula farta* Hust., *Navicula scutelloides* W.Sm., характерные для литорали Онежского озера могут указывать на принадлежность к одной экосистеме.

## Литература

Филимонова Л.В., Т.С. Шелехова. Динамика уровня режима, зарастания и заторфовывания озера Руоколампи (заповедник «Кивач») в голоцене // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Вып.8. Труды Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, 2005, с.121-132.

## ICDP FAR – DEEP (FENNOSCANDIAN ARCTIC RUSSIA – DRILLING EARLY EARTH PROJECT): EMERGENCE OF THE AEROBIC BIOSPHERE DURING THE ARCHAEOAN-PROTEROZOIC TRANSITION; RECENT ACHIEVEMENTS AND FUTURE CHALLENGES

V. A. Melezhik<sup>1</sup>, M. M. Filippov<sup>2</sup>, P. V. Medvedev<sup>2</sup>, N. B. Philippov<sup>3</sup>,  
A. E. Romashkin<sup>2</sup>, D. V. Rychanchik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway

<sup>2</sup>Geological Institute, Karelian Science Centre, Petrozavodsk, Russia

<sup>3</sup>State Company 'Mineral', St. Petersburg, Russia

### 1. Introduction

The development of new analytical techniques, and improved models for planetary evolution, has intensified research into the evolution of the Earth System and targeted several critical intervals in Earth history when the biosphere was experiencing global-scale changes. The Archaean Earth (3800-2500 Ma) sys-

tem functioned under an oxygen-poor atmosphere, and, although oxygen-rich habitats undoubtedly existed once cyanobacteria evolved and began producing oxygen (>2700 Ma), these were restricted to microbial mats or perhaps ephemeral oxygen oases in the surface ocean or in lakes. During the initial 500 Myr of the Proterozoic, the aerobic Earth system began to emerge, with biogeochemical cycles, in the oceans and on land, using the highly energetic aerobic pathway. The environmental upheavals and their causal relationships and conditions during which early life evolved through the Archaean-Proterozoic transition (APT) remain to be studied. Here we present a synthesis of the hallmark features of the APT which provides up-to-day important insights into the biogeochemical evolution of the Earth System and conditions of life and highlights questions for future research which forms the forthcoming FAR – DEEP.

## 2. Early Palaeoproterozoic environmental upheavals

### *Huronian Glaciation*

The global Huronian glaciation at 2450 – 2220 Ma with rapid onset from otherwise climatically invariant conditions is the first significant biospheric event which have occurred during the Early Palaeoproterozoic. Some of the best age constraints come from South Africa where 2316 ±7 Ma glacial diamictites rest unconformably on a variety of sedimentary and banded iron formations. Some scientists linked the event to the collapse of an Archaean methane-supported greenhouse effect driven by the rise of atmospheric oxygen, whereas others argued for multiple causes.

### *The Great Oxidation Event (GOE)*

S isotope data showing the disappearance of mass independent signatures in sedimentary sulphides provide compelling evidence for a substantial increase in atmospheric oxygen sometime after 2450 Ma but before 2320 Ma and about the time of the glaciation. Anomalously high  $C_{org}$  productivity and burial driving high  $O_2$  production, reflected in the Lomagundi-Jatuli.  $\delta^{13}C$  positive isotope excursion (2330–2060 Ma), was originally considered to be the cause for the GOE, but now is known to significantly postdate the initial accumulation of atmospheric  $O_2$  as indicated by the mass-independent sulphur isotope data. Given the antiquity of oxygenic photosynthesisers (> 2700 Ma), the GOE may instead be related to a decline in the  $O_2$  sink associated with the oxidation of reduced volcanic and metamorphic fluids rather than an increase in the  $O_2$  source. Alternatively a change in the oxidation state of the continental crust created the necessary reduction in  $O_2$  sink. This would thus suggest that igneous processes might have been directly responsible for the post-Huronian rise in atmospheric oxygen content.

### *Abundant marine calcium sulphates and changes in seawater composition*

Additional evidence for the GOE includes c. 2100 Ma rocks containing relatively abundant syngenetic barite and pseudomorphs after Ca-sulphates. These evaporites imply that surface waters were oxidized and that sulphate had started to accumulate in the marine surface realm, a suggestion consistent with the sparse  $\delta^{34}S$  data that exist for this interval. Oceanic sulphate abundance remains unknown, but a sizeable sulphate reservoir as early as 2100 Ma would contrast with the view that, prior to the Mesoproterozoic,  $CaSO_4$  precipitation was inhibited by a small marine sulphate reservoir and higher marine carbonate saturation.

### *Global perturbation of the carbon reservoir: the Lomagundi – Jatuli Paradox*

Unusually  $^{13}C$ -rich Palaeoproterozoic sedimentary carbonates represents one of the earliest and major perturbations of the global carbon cycle in Earth's history, namely the Lomagundi – Jatuli Paradox. The isotopic excursion is unique in terms of both duration (>300 Ma) and  $^{13}C$  enrichment and associated with a series of other fundamental changes of Earth's surface.

### *$C_{org}$ -rich rocks and earliest significant oil deposits – the Shunga Event*

Although Archaean oil occurs elsewhere, the most remarkable accumulation of organic matter (OM) and inferred generation of giant volume of petroleum took place in the aftermath of the c. 2330-2060 Ma Lomagundi – Jatuli Event. Deposits of 2000 Ma matured OM significantly depleted in  $^{13}C$  have been found in North America, Greenland, West Africa and NW Russia and represent the worldwide Shunga Event. The integrated data suggest that the OM was most likely derived from planktonic microorganisms.

### *Fundamental changes in the early diagenesis of organic matter*

With the exception of banded iron formations,  $\delta^{13}\text{C}$  values of primary and diagenetic carbonates of pre-Palaeoproterozoic rocks cluster near  $0 \pm 3\text{‰}$ . The end of the Lomagundi – Jatuli Event is marked by the first known appearance, and then worldwide development, of diagenetic carbonate concretions with negative  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  values. These are varied and abundant in the 2000 Ma sedimentary successions and represent an important hallmark in biospheric evolution linked to the emergence of 'modern-style' recycling of OM.

Bacterial sulphur metabolism has an early origin (~3470 Ma) and, although multiple lines of evidence of biogenicity are lacking, microbial sulphate reduction with minimal isotopic fractionation due to either higher temperature and/or extremely low oceanic sulphate concentration has been suggested since the Archaean. The 2000 Ma successions differ markedly from older rocks by having a high abundance of various diagenetic generations of iron sulphides with  $\delta^{34}\text{S}$  values ranging between  $-22\text{‰}$  and  $+31\text{‰}$ . Such values represent evidence for bacterial sulphate reduction and imply a profound change in the operational mode of the global sulphur cycle into a mode quite similar to the modern world in which oxidative weathering, riverine delivery of sulphate to the ocean, and biological sulphur cycling dominate over volcanic/hydrothermal S cycling.

The oldest known phosphorites are commonly associated with sulphides and OM in the 2000 Ma successions. The most common pathway for concentrating dissolved phosphate in bottom sediments includes OM that carries phosphate concentrated by biological activity. 2000 Ma sediments record a major change in the diagenetic mineralisation of OM, perhaps reflecting the onset of, or increased rates in dissimilatory sulphate reduction that in turn elevated the concentration of interstitial phosphate.

### **3. Major goals for future research**

The APT was a major step in the eventual establishment of the modern Earth System. A relative chronology of the APT has been determined, but fundamental questions remain unanswered: (i) Why did global glaciations only occur after the Archaean (evidence for glaciation at 2900 Ma is restricted to South Africa)? (ii) Why did an oxygen-rich atmosphere only appear in the Proterozoic (around 2400 Ma)? Oxygen-rich habitats existed since at least 2700 Ma. (iii) What drove the Lomagundi – Jatuli Paradox, the oldest known positive global carbon isotope excursion? (iv) What caused radical change in biogeochemical recycling of OM at around 2060 Ma? (v) What controlled large accumulations of OM and petroleum during the Shunga Event? and (vi) how, out of this suite of biogeochemical global-scale perturbations, did the modern Earth System emerge?. None have been answered completely. Whether or not any such answers can help us better predict future changes of Earth's surface environment remains untested, but it is intriguing to think that the past is a key for the future. Additional information is available on <http://www.icdp-online.de/sites/far-deep/news/news.html>.

### **4. Areas of future studies and principle sections for scientific drilling**

Rocks from many regions of the world record important aspects of the biogeochemical evolution of the Earth System during the APT, including the Western Australian Pilbara Craton, the Canadian Superior Craton, the Kaapvaal Craton of South Africa, the Wyoming Craton of the Western United States and Fennoscandia. In general, any of these areas can be used to address the fundamental questions of Earth evolution. However, Fennoscandia can offer the best opportunity. It represents a composite craton where the Palaeoproterozoic successions reach a cumulative thickness of over 20,000 m and represent a rich record of nearly 700 million years of Earth history. Ten out of twelve global events are best recorded in Fennoscandia. Two areas are particularly noteworthy, the Pechenga-Imandra/Varzuga Greenstone Belt (PB) and the Onega Basin (OB); both are the best-explored and best-mapped areas of Fennoscandia with exceptional records of the major processes responsible for shaping the Palaeoproterozoic Earth System. The PB contains a superbly developed and preserved volcano- sedimentary succession that spans c. 2500-1970 Ma. It records global rifting followed by global Huronian glaciation (Fig. 1A). The 2060 Ma volcanic rocks have high  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  ratios (Fig. 1B), signifying a possible change in the redox-state of volcanic gases which might caused irreversible oxidation of Earth's atmosphere. The global C-cycle perturbation is marked by extreme positive shifts in  $\delta^{13}\text{C}$  of sedimentary carbonates. Subaerial alkaline volcanism and associated hot-water spring travertines (Fig. 1C) suggest that sizable, post-volcanic, subaerial, hydrothermal, carbonate- and silica-precipitating systems were apparently active for the first time. The section contains some of the first known abundant, biologically formed diagenetic sulphide nodules, phosphorites, and  $^{12}\text{C}$ -rich carbonate concretions (Figs. 1D-F).

The OB similarly contains an exceptionally well developed and preserved Palaeoproterozoic volcano-sedimentary succession with several hallmark features, including widespread terrestrial 'red beds' and high abundance and diversity of stromatolites. Carbonate rocks represent the Lomagundi-Jatuli Paradox and display a broad stratigraphic range of  $\delta^{13}\text{C}$  values. The succession contains abundant bedded and other types of Ca-sulphates (Figs. 1G-H), which are apparently the oldest known on Earth and signify establishment of a significant seawater sulphate reservoir. The Onega Basin is well-known for its vast volume of  $\text{C}_{\text{org}}$ -rich sediments (up to 99% C) that represent a giant, petrified oil-field, including petroleum source rock, joint-trapped metamorphosed oil (Fig. 1G), veins of migrated petroleum (Fig. 1H), redeposited subaerial oil spills, and organo-siliceous substances forming diapirs. OM occurs in the form of shungite showing a considerable depletion in  $^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  down to -45‰). Abundant diagenetic  $^{12}\text{C}$ -rich carbonates and sulphide concretions ( $\delta^{34}\text{S} = -30$  to +20‰) associated with the shungite rocks suggest the emergence of a 'modern-style' recycling of OM.

#### **4. Rationale for scientific drilling**

The PB and the OB provide an excellent geological record of most of the global processes and events which have occurred during APT. However, in addition to the scientific problems, enhanced understanding of Earth System behavior and evolution during the APT is seriously limited by three major shortcomings: (i) lack of exposures of key intervals; (ii) modern-day contamination; and (iii) recent oxidation and weathering. In addition, existing drill cores from eastern Fennoscandia are either not available, or contaminated, or remain classified and inaccessible. The scientific objectives can be achieved by drilling fourteen drill-holes totalling 4,000 m through key stratigraphic sections to address fundamental issues and determine the genesis, duration, precise time constraints and modelling of several global events. All information will be used for creating a self-consistent model explaining the genesis and timing of the abrupt establishment of the modern Earth System.

#### **4. Costs involved and funding agencies**

The cost of the drilling operations is USD 950.000. The ICDP has already granted USD 500.000. The remaining necessary fund is equally split between Germany, Norway and the USA and will be applied from the European Science Foundation, the Norwegian Research Council, the USA National Science Foundation and Astrobiology Institutes. The costs involved in the forthcoming research projects have been estimated around USD 10 millions and will be provided by the participating scientists from 25 countries.

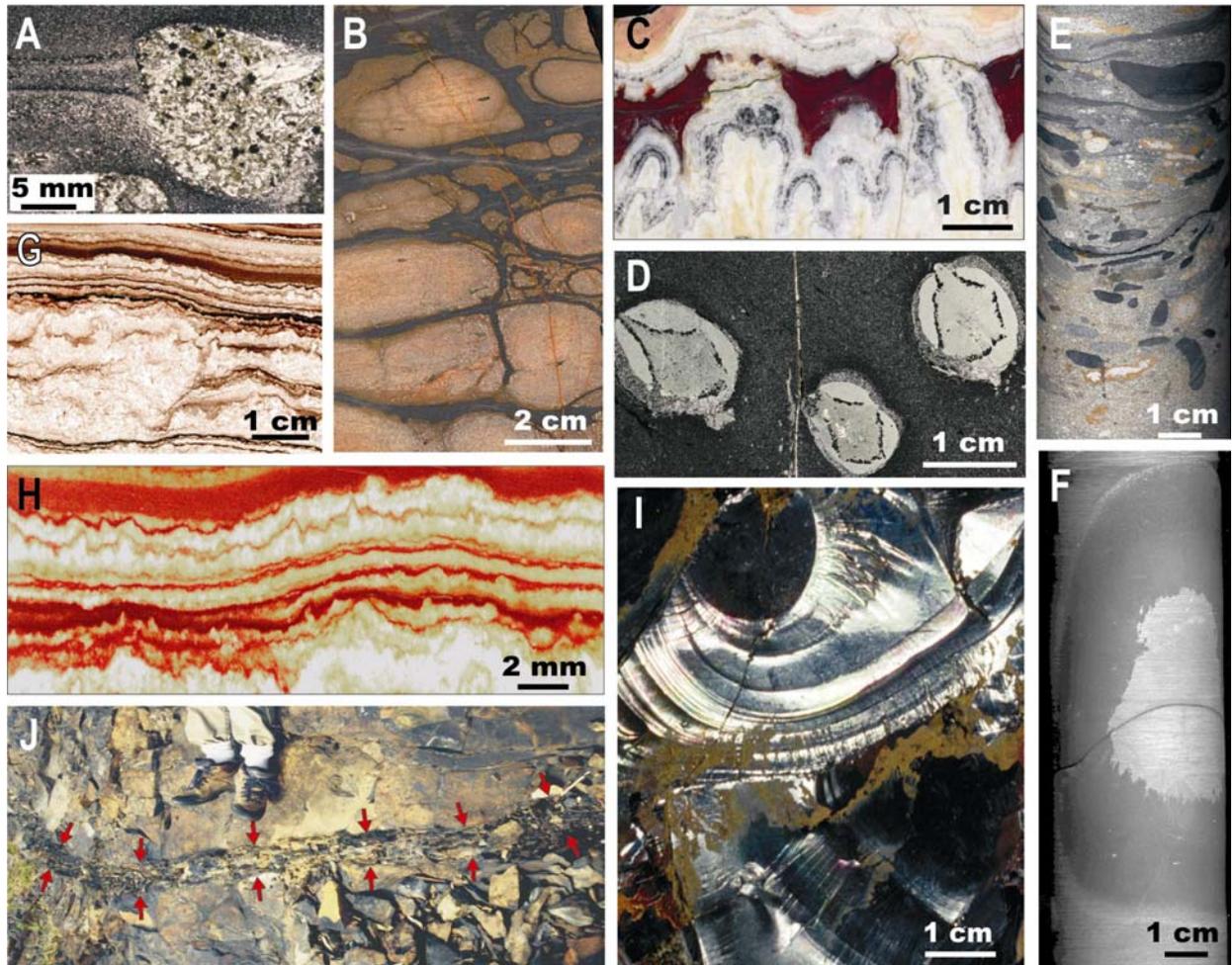


Fig. 1. Rocks from PB and OB recording some major environmental events. *Glacial deposits*: **A** - 'dropstone'. *Oxidised rocks*: **B** - magmatically oxidised dacite. *Chemical sedimentary rocks*: **C** - hot-spring travertine. *Concretions and phosphorates*: **D** - zoned sulphide concretions; **E** -phosphorate clasts (black) in greywacke; **F**- zoned, low-<sup>13</sup>C calcite concretion. *Evaporites*: **G** - dolomite-pseudomorphed sulphate nodule in former bedded evaporite; **H** - dolomite-pseudomorphed, bedded evaporite with enterolithic structure. *Petrified oil deposits*: **I** -lustrous shungite (originally interbed-trapped oil); **J** - pyrobitumen-filled vein (petrified oil).

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>А. Ф. Титов.</b> О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ..   | 3  |
| <b>Е. П. Иешко, Н. В. Михайлова, И. Н. Шевчук.</b> ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ<br>МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫХ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНЫХ<br>ПРОЕКТОВ КАРНЦ РАН .....    | 4  |
| <b>В. И. Крутов.</b> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ<br>ЛЕСОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАРЕЛИИ .....   | 7  |
| <b>А. М. Крышень, О. Н. Обрезков, А. Ф. Титов.</b> РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС РФФИ В<br>РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ .....   | 9  |
| <b>Л. А. Кудерский.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ НА БЕЛОМ МОРЕ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ<br>ИСТОРИИ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН .....                               | 13 |
| <b>Е. Ф. Марковская.</b> ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ В КАРЕЛИИ: ИСТОРИЯ И<br>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ .....   | 16 |
| <b>Н. Н. Немова.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И<br>БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ И<br>ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ..... | 21 |
| <b>Н. Н. Филатов.</b> ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ: ИТОГИ И<br>ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....   | 28 |
| <b>Н. Г. Федорец.</b> ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ В КАРЕЛЬСКОМ<br>НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ .....   | 31 |
| <b>В. В. Щипцов.</b> КОМПЛЕКСНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ РК .....  | 33 |

### Секция: БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

|   |    |
|---|----|
| <b>В. С. Амелина.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ КИСЛОЙ<br>ДНКАЗЫ МИДИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СОЛЕННОСТИ .....  | 36 |
| <b>В. А. Ананьев, Т. Leinonen, С. И. Грабовик.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ<br>СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НЕСПЛОШНЫХ РУБОК В ЛЕСАХ<br>КАРЕЛИИ .....  | 37 |
| <b>В. С. Аниканова.</b> ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ<br>ГЕЛЬМИНТОВ БУРОЗУБОК (SORICIDAE:INSECTIVORA) КАРЕЛИИ .....  | 39 |
| <b>Л. В. Аникиева, О. П. Стерлигова.</b> ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА<br>ЧИСЛЕННОСТИ ЦЕСТОДЫ PROTEOSERPHALUS LONGICOLLIS (ZEDER,<br>1800), (CESTODA: PROTEOSERPHALIDAE) В ОЗЕРЕ СЯМОЗЕРЕ ..... | 42 |
| <b>Ю. Ю. Барская, Е. П. Иешко.</b> ПАРАЗИТОФАУНА МОЛОДИ ЛОСОСЯ <i>SALMO SALAR</i><br>L. И КУМЖИ <i>SALMO TRUTTA</i> L. СИСТЕМЫ РЕКИ ТОРНИО<br>(БАЛТИЙСКИЙ БАССЕЙН) .....                  | 43 |
| <b>О. Н. Бахмет.</b> КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНОПРОФИЛЕЙ ЛЕСНЫХ ПОЧВ КАРЕЛИИ ..  | 47 |
| <b>Л. А. Беспятова.</b> ПАРАЗИТИФОРМНЫЕ КЛЕЩИ (ACARINA:PARASITIFORMES)<br>МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ КАРЕЛИИ .....  | 50 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>М. А. Бойчук, А. И. Максимов, Т. А. Максимова.</b> ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ<br>ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАРЕЛИИ .....   | <b>51</b> |
| <b>В. К. Болондинский, Г. И. Софронова, Э. Л. Кайбияйнен, Е. Е. Ялынская, И. Н. Софронова, Л. М. Виликайнен.</b> УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС ВЕТВЕЙ СОСНЫ<br>ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА .....   | <b>53</b> |
| <b>С. В. Бугмырин, А. В. Коросов, Е. П. Иешко, В. С. Аниканова, Л. А. Беспятова, Ю. М. Матросова, И. В. Телегин.</b> ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ<br>ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАЗИТОВ МЕЛКИХ<br>МЛЕКОПИТАЮЩИХ .....                    | <b>55</b> |
| <b>Н. П. Будыкина, Т. Ф. Алексеева, Н. И. Хилков.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ<br>НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В<br>РАСТЕНИЕВОДСТВЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА .....   | <b>58</b> |
| <b>Ю. В. Венжик, А. Ф. Титов.</b> ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ КОРНЕЙ НА<br>УСТОЙЧИВОСТЬ И УЛЬТРАСТРУКТУРУ КЛЕТОК ЛИСТА ПШЕНИЦЫ ...  | <b>60</b> |
| <b>Ю. В. Венжик, С. А. Фролова, А. Ф. Титов.</b> НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ<br>ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ХОЛОДОСТОЙКИХ РАСТЕНИЙ К<br>НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ .....  | <b>62</b> |
| <b>А. Е. Веселов, В. В. Красовский, А. В. Зубченко, С. М. Калюжин.</b> ПРОБЛЕМА<br>СОХРАНЕНИЯ РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА АТЛАН-<br>ТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ УМБА (КОЛЬСКИЙ П-ОВ) .....                                   | <b>64</b> |
| <b>Л. В. Ветчинникова.</b> КАРЕЛЬСКАЯ БЕРЕЗА В КАРЕЛИИ: ИСТОРИЯ И<br>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ .....  | <b>67</b> |
| <b>Л. В. Ветчинникова, Л. В. Топчиева, Т. Ю. Ветчинникова, И. Е. Малышева, Н. Л. Рендаков.</b> МОЛЕКУЛЯРНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ГЕНОМА<br>ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>BETULA</i> L. ....   | <b>70</b> |
| <b>Т. Ю. Ветчинникова, А. Ф. Титов, Л. В. Ветчинникова.</b> ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА<br>НЕКОТОРЫЕ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ<br>РОДА <i>BETULA</i> L. ....   | <b>73</b> |
| <b>Р. У. Высоцкая, С. А. Такшеев, Н. Н. Немова, В. С. Амелина, Д. Н. Морозов.</b> О<br>ВИДОСПЕЦИФИЧНОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ РЫБ НА<br>РАЗНЫЕ ТИПЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....  | <b>75</b> |
| <b>Н. А. Галибина, Л. Л. Новицкая, Г. К. Канючкова, С. М. Шредерс.</b> НЕКОТОРЫЕ<br>МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ <i>BETULA PENDULA</i> VAR. <i>PENDULA</i> В<br>ПЕРИОД ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ В<br>КАМБИАЛЬНОЙ ЗОНЕ ..... | <b>78</b> |
| <b>Н. И. Германова, В. И. Саковец, В. А. Матюшкин.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ<br>ПОСЛЕДСТВИЯ ЛЕСООСУШЕНИЯ В КАРЕЛИИ .....   | <b>80</b> |
| <b>А. С. Горюнов, С. П. Рожков, А. Г. Борисова, Г. А. Суханова.</b> ВОЗДЕЙСТВИЕ<br>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРНО-<br>ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕМБРАН И МЕМБРАННЫХ БЕЛКОВ ....   | <b>83</b> |
| <b>С. И. Грабовик.</b> БИОЛОГИЯ СФАГНОВЫХ МХОВ .....   | <b>85</b> |
| <b>А. Н. Громцев.</b> ОСНОВЫ ЛАНДШАФТНОЙ ЭКОЛОГИИ ЕВРОПЕЙСКИХ ТАЕЖНЫХ<br>ЛЕСОВ РОССИИ .....  | <b>87</b> |
| <b>Л. И. Груздева, Т. J. Нокканен, Е. М. Матвеева, Т. К. Коваленко.</b> СООБЩЕСТВА<br>ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ<br>ТРАНСФОРМИРОВАННОСТИ БИОЦЕНОЗОВ ФЕННОСКАНДИИ .....   | <b>90</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>С. Н. Дроздов, В. К. Курец, А. Ф. Титов.</b> НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРМОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ АКТИВНО ВЕГЕТИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ .....                                   | <b>93</b>  |
| <b>И. А. Дубровина, Е. А. Соломатова.</b> ДИАГНОСТИКА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ КОРЗИНСКОЙ НИЗИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАССИФИКАЦИИ 2004 ГОДА .....  | <b>96</b>  |
| <b>Т. Ю. Дьячкова, Е. А. Шуйская, С. Н. Милевская.</b> МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ <i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS L.</i> В ЗАПОВЕДНИКЕ «КИВАЧ» .....   | <b>98</b>  |
| <b>Г. А. Елина, П. Н. Токарев, С. А. Кутенков.</b> ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ И АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА В ГОЛОЦЕНЕ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ (С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ) ..... | <b>100</b> |
| <b>С. Р. Знаменский.</b> ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КАРЕЛИИ ПОЛВЕКА СПУСТЯ .....  | <b>102</b> |
| <b>А. В. Зубченко, А. Е. Веселов, В. В. Красовский, И. В. Самохвалов.</b> ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИЗНАКИ ДЕГРАДАЦИИ СТАДА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ .....                       | <b>104</b> |
| <b>Э. В. Ивантер.</b> ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ ПОПУЛЯЦИИ ПОЛИТИПИЧЕСКОГО ВИДА – К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ .....  | <b>108</b> |
| <b>Е. П. Иешко, Д. И. Лебедева.</b> ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕРНОЙ ДИНАМИКИ МЕТАЦЕРКАРИЙ <i>DIPLOSTOMUM HURONENSE</i> (LA RUE, 1927) HUGHES, 1929 В ПЛОТВЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА .....                              | <b>110</b> |
| <b>А. А. Ильинов, Д. В. Политов, Б. В. Раевский.</b> ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ АНТРОПОГЕННУМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ .....  | <b>112</b> |
| <b>Н. М. Казнина, Г. Ф. Лайдинен, А. Ф. Титов, Ю. В. Венжик.</b> ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ЩЕТИННИКА ЗЕЛЕНОГО К ПОВЫШЕННОМУ СОДЕРЖАНИЮ КАДМИЯ И ЦИНКА В ПОЧВЕ .....                              | <b>115</b> |
| <b>В. А. Козлов, М. В. Кистерная.</b> ДЕРЕВЯННОЕ НАСЛЕДИЕ СЕВЕРА. ПРОБЛЕМЫ ЕГО СОХРАНЕНИЯ .....   | <b>116</b> |
| <b>А. В. Кравченко, О. Л. Кузнецов.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ОХРАНЫ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ КАРЕЛИИ .....  | <b>118</b> |
| <b>П. В. Красильников, В. А. Сидорова.</b> ПОЧВЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ПОЧВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАРЕЛИИ .....   | <b>122</b> |
| <b>В. И. Крутов, О. О. Предтеченская, А. В. Руоколайнен.</b> ГРИБЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ .....   | <b>124</b> |
| <b>А. М. Крышень, А. В. Полевой.</b> БАЗА ДАННЫХ «МЕСТООБИТАНИЯ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ» .....   | <b>128</b> |
| <b>А. М. Крышень, Е. П. Гнатюк, Ю. В. Преснухин, Ю. Н. Ткаченко.</b> К ВОПРОСУ О РАЗНООБРАЗИИ ПРОИЗВОДНЫХ ЛЕСОВ КАРЕЛИИ .....   | <b>130</b> |
| <b>О. Л. Кузнецов.</b> ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ КАРЕЛИИ, ИХ РАЗНООБРАЗИЕ И ОХРАНА .....   | <b>132</b> |
| <b>Г. Ф. Лайдинен, Н. М. Казнина, Ю. В. Батова, А. Ф. Титов.</b> ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У РАСТЕНИЙ <i>DACTYLIS GLOMERATA L.</i> В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННУГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....           | <b>135</b> |

|  |     |
|--|-----|
| <b>О. Н. Лебедева, Т. С. Николаевская, А. Ф. Титов.</b> ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ <i>FESTUCA PRATENSIS</i> (РОАСЕАЕ) С СУПРЕССИРОВАННОЙ ХЛОРОФИЛЛДЕФЕКТНОСТЬЮ ....  | 137 |
| <b>О. Н. Лебедева, Е. Б. Стафеева, Т. С. Николаевская, А. Ф. Титов.</b> ОСОБЕННОСТИ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА У РАСТЕНИЙ <i>FESTUCA PRATENSIS</i> (РОАСЕАЕ) С РАЗЛИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПИГМЕНТАЦИИ ПРИ РЕСУПРЕССИИ .....  | 137 |
| <b>А. И. Максимов.</b> ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ КАРЕЛИИ .....   | 140 |
| <b>Е. Ф. Марковская, М. И. Сысоева, Е. Г. Шерудило.</b> РАСТЕНИЯ В НЕСТАБИЛЬНОМ СУТОЧНОМ КЛИМАТЕ .....   | 142 |
| <b>Е. М. Матвеева, Е. П. Иешко.</b> ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПАРАЗИТА И ХОЗЯИНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАРАЖЕНИЯ .....  | 145 |
| <b>М. В. Медведева, О. Н. Бахмет, А. С. Яковлев.</b> МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ....   | 147 |
| <b>О. В. Мещерякова, А. И. Груздев, Н. Н. Немова, А. Е. Веселов, А. И. Лупандин, Д. С. Павлов.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЦЕНКЕ ВНУТРИВИДОВОЙ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ, ОБИТАЮЩЕЙ В Р. ВАРЗУГЕ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ) ..... | 149 |
| <b>Д. Н. Морозов, Р. У. Высоцкая, И. В. Рячки.</b> ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОКСИЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ЦИТОХРОМА P-450 У РЯПУШКИ <i>COREGONUS ALBULA</i> L. ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА .....  | 151 |
| <b>З. А. Нефедова, Т. Р. Руоколайнен, О. Б. Васильева, Н. Н. Немова, Д. С. Павлов.</b> ЛИПИДНЫЙ СТАТУС ПЕЧЕНИ ПЕСТРЯТОК-СЕРЕБРЯНОК ПРОХОДНОЙ МИКИЖИ <i>PARASALMO MYKISS</i> (КАМЧАТКА) В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ К СКАТУ .....   | 153 |
| <b>Н. Н. Николаева, Д. С. Запевалова, Т. В. Карелина.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА <i>BETULA PENDULA</i> VAR. <i>PENDULA</i> И <i>BETULA PENDULA</i> VAR. <i>CARELICA</i> .....   | 154 |
| <b>Т. С. Николаевская.</b> ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СОЦВЕТИЯ <i>FESTUCA PRATENSIS</i> С СУПРЕССИРОВАННОЙ ХЛОРОФИЛЛДЕФЕКТНОСТЬЮ .....  | 156 |
| <b>Л. Л. Новицкая.</b> ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АНОМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТКАНЕЙ СТВОЛА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ .....   | 158 |
| <b>Л. Л. Новицкая, Т. В. Карелина, Д. С. Запевалова, Н. Н. Николаева, Л. Л. Веселкова.</b> МОНО- И ДИСАХАРА КАК РЕГУЛЯТОРЫ КСИЛОГЕНЕЗА КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ .....   | 161 |
| <b>Л. Л. Новицкая, Т. А. Шуляковская, Г. К. Канючкова.</b> ОСОБЕННОСТИ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЙ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ( <i>BETULA PENDULA</i> ROTH) И БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ ( <i>B. PUBESCENCE</i> ENRH) И ВИДОВАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ .....    | 163 |
| <b>О. В. Новохацкая.</b> РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЦЕСТОД РОДА <i>TRIAENOPHORUS</i> В СЯМОЗЕРЕ .....   | 165 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Н. В. Петров, А. В. Туюнен.</b> СПЕЦИФИКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕТАЁЖНОЙ ПОДЗОНЫ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ) .....  | 167 |
| <b>Е. А. Платонова, А. С. Лантратова.</b> ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ ПЕТРОЗАВОДСКА .....   | 170 |
| <b>А. В. Полевой, А. Э. Хумала.</b> ФАУНА НАСЕКОМЫХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА "ВОДЛОЗЕРСКИЙ" .....   | 172 |
| <b>Б. В. Раевский, А. А. Мордась.</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЙ И РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ ХВОЙНЫХ В КАРЕЛИИ .....   | 173 |
| <b>А. Л. Рабинович.</b> МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЦЕПЕЙ ЛИПИДНЫХ МОЛЕКУЛ .....  | 176 |
| <b>О. А. Рудковская.</b> ЛАНДШАФТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА .....   | 178 |
| <b>О. А. Рудковская, А. М. Крышень.</b> РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ВИДОВ В ЛАНДШАФТАХ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА .....   | 181 |
| <b>Л. П. Рыжков, И. М. Крупень.</b> ПРОБЛЕМЫ САДКОВОГО РЫБОВОДСТВА НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ .....   | 184 |
| <b>В. И. Саковец, В. Н. Гаврилов.</b> ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАРЕЛИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ .....  | 186 |
| <b>Л. А. Сергиенко.</b> ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИМОРСКИХ МАРШЕЙ ПОМОРСКОГО БЕРЕГА ОНЕЖСКОЙ ГУБЫ БЕЛОГО МОРЯ .....  | 188 |
| <b>Л. А. Сергиенко.</b> ПРИМОРСКАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЮЖНОГО БЕРЕГА ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ .....   | 190 |
| <b>Л. А. Сергиенко, О. Н. Савченко.</b> ПРИМОРСКАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ СУМА, ПОМОРСКИЙ БЕРЕГ ОНЕЖСКОЙ ГУБЫ БЕЛОГО МОРЯ .....  | 193 |
| <b>Г. Г. Серпунин, О. А. Шныптева.</b> ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕЩА ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ОСЕНЬЮ 2004 Г. ....  | 195 |
| <b>С. М. Синькевич.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА .....  | 197 |
| <b>А. И. Соколов.</b> ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....  | 199 |
| <b>А. Н. Солодовников.</b> ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И СВОЙСТВ ПОЧВ В БЕРЕЗОВЫХ И ОСИНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ .....  | 201 |
| <b>А. В. Сони́на.</b> ПРИБРЕЖНЫЕ ЭПИЛИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛИИ: ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ .....  | 203 |
| <b>Г. И. Софронова, Е. Е. Ялынская, В. К. Болондинский, И. Н. Софронова, Л. М. Вилкайнен.</b> ВОЗРАСТНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЭТАПЕ СТАРЕНИЯ ..... | 206 |
| <b>И. В. Суховская, Л. П. Смирнов.</b> К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ТКАНЕВЫХ ПЕПТИДОВ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА СОСТОЯНИЯ РЫБ .....   | 209 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>А. В. Таланов, З. П. Котова, Л. А. Обшатко, Э. Г. Попов.</b> ИЗУЧЕНИЕ ДЫХАНИЯ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ АДАПТАЦИИ К ТЕМПЕРАТУРЕ .....  | 211 |
| <b>В. В. Таланова, А. Ф. Титов.</b> О РОЛИ АУКСИНОВ В МЕХАНИЗМАХ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К ДЕЙСТВИЮ НИЗКИХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР .....   | 212 |
| <b>В. Н. Тарасова, И. В. Евсева.</b> МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ .....  | 214 |
| <b>В. В. Тимофеева.</b> СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТРАНСФОРМАЦИИ ФЛОРЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ) .....                                 | 217 |
| <b>Н. П. Ткач.</b> ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИТОРАЛЬНЫХ АМФИПОД БЕЛОГО МОРЯ .....   | 219 |
| <b>Ю. Н. Ткаченко.</b> ВЛИЯНИЕ РУБКИ ЛЕСА НА СВОЙСТВА ПОЧВ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ .....   | 222 |
| <b>О. М. Федоренко, М. В. Грицких.</b> ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ АРАБИДОПСИСА В КАРЕЛИИ: RAPD-АНАЛИЗ .....   | 224 |
| <b>Л. В. Филимонова.</b> ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ КАРЕЛИИ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ .....   | 226 |
| <b>Н. Н. Фокина, З. А. Нефедова, Н. Н. Немова.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ЛИПИДНОГО СОСТАВА МИДИЙ <i>MYTILUS EDULIS</i> L. ПРИ КРАТКОСРОЧНОЙ ГИПОКСИИ .....   | 229 |
| <b>В. А. Харитонов, С. В. Стафеев.</b> ОЦЕНКА КАМЕНИСТОСТИ ПОЧВ ВЫРУБОК В ЦЕЛЯХ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ .....   | 231 |
| <b>Е. С. Холопцева, А. В. Таланов, С. Н. Дроздов, Э. Г. Попов.</b> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЯДА ВИДОВ БОБОВЫХ .....   | 233 |
| <b>Н. П. Чернобровка, С. А. Иготти, Е. С. Ялынская, Е. В. Робонен.</b> ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БОРОМ НА РОСТ И СООТНОШЕНИЕ МАСС ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ .....                                    | 235 |
| <b>Н. П. Чернобровка, Е. В. Робонен, С. А. Иготти.</b> ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТАМИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ КАРЕЛИИ .....  | 237 |
| <b>Е. Г. Шерудило, Е. Ф. Марковская, М. И. Сысоева.</b> ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ НА ИХ РОСТ, РАЗВИТИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ .....                 | 239 |
| <b>Г. В. Шильцова, В. Г. Ласточкина.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ВОД В ЗАПОВЕДНЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ .....   | 241 |
| <b>В. И. Шубин.</b> СТРАТЕГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСОВ ЛЕСНЫХ СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ .....  | 243 |
| <b>Т. А. Шуляковская, М. К. Ильинова, Г. К. Канючкова, С. М. Шредерс, А. В. Репин.</b> ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАННИХ ЭТАПОВ ОНТОГЕНЕЗА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ (на примере березы и сосны) ..... | 246 |
| <b>Raavo Pelkonen.</b> CHALLENGES AND STRATEGIES FOR FOREST RELATED EDUCATION AND RESEARCH IN FINLAND .....  | 249 |

## Секция: НАУКИ О ЗЕМЛЕ

|   |     |
|---|-----|
| <b>Н. А. Белкина.</b> ПРОЦЕССЫ НАКОПЛЕНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ ФОСФОРА В<br>ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОНЕЖСКОГО И ЛАДОЖСКОГО ОЗЕР .....  | 259 |
| <b>А. И. Голубев, В. И. Иващенко, Л. В. Кулешевич, М. М. Лавров, В. Д. Слюсарев,<br/>Н. Н. Трофимов.</b> КАРЕЛИЯ – НОВАЯ БЛАГОРОДНО-МЕТАЛЬНАЯ<br>ПРОВИНЦИЯ РОССИИ: МИНЕРАГЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТИПЫ<br>ОРУДЕНЕНИЯ ..... | 261 |
| <b>В. И. Иващенко.</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ<br>ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА И ЗОЛОТОРУДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ<br>ДОКЕМБРИЯ КАРЕЛИИ .....  | 264 |
| <b>В. И. Иващенко, О. Б. Лавров, Н. И. Кондрашова.</b> ЭНДОГЕННЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ<br>СИСТЕМЫ ДОКЕМБРИЯ КАРЕЛИИ .....   | 267 |
| <b>Н. М. Калинкина, М. Т. Сярки, А. С. Федорова.</b> ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННЫХ<br>ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНВАЗИОННОГО ВИДА <i>GMELINOIDES FASCIATUS</i><br>(STEBBING) В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА .....                     | 269 |
| <b>В. В. Ковалевский.</b> ШУНГИТОВЫЕ ПОРОДЫ КАРЕЛИИ – СОВРЕМЕННЫЕ<br>ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ<br>В НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ .....  | 271 |
| <b>В. Н. Кожевников.</b> РАННЕДОКЕМБРИЙСКАЯ ГЕОЛОГИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ<br>ЧАСТИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ<br>СТАРЫХ ПРОБЛЕМ .....   | 273 |
| <b>В. А. Костин, Н. А. Костина.</b> НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ<br>КАРЕЛО-КОЛЬСКОГО РЕГИОНА .....   | 276 |
| <b>Н. В. Крутских.</b> ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ БАССЕЙНА<br>ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА .....   | 278 |
| <b>В. С. Куликов, В. В. Куликова, Я. В. Бычкова.</b> КОМАТИИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ В<br>КАРЕЛИИ: ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ,<br>ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ .....   | 280 |
| <b>В. В. Куликова, В. С. Куликов.</b> ДОКЕМБРИЙСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАПОВЕДНИКА<br>«КИВАЧ» .....  | 282 |
| <b>Т. П. Куликова.</b> ИЗУЧЕННОСТЬ ПЛАНКТОННОЙ ФАУНЫ ОЗЕРНО-РЕЧНЫХ<br>СИСТЕМ БАССЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА .....   | 285 |
| <b>Н. Б. Лаврова.</b> ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАРЕЛИИ В<br>ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ .....   | 288 |
| <b>П. А. Лозовик.</b> НОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ<br>ОБЪЕКТЫ ПРИ ЗАКИСЛЕНИИ, ЕВТРОФИРОВАНИИ, ТОКСИЧЕСКОМ И<br>МИНЕРАЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ .....   | 290 |
| <b>П. А. Лозовик, А. В. Сабылина, Н. Н. Мартынова, А. В. Рыжаков.</b> ГЕОХИМИЧЕ-<br>СКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАРЕЛИИ И ИХ<br>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ .....  | 292 |
| <b>М. С. Потахин.</b> ОПЫТ СОЗДАНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ<br>ВОДОЕМОВ КАРЕЛИИ .....  | 295 |

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>М. Б. Раевская, В. Я. Горьковец.</b> ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПОВЕДНИКА КОСТОМУКШСКИЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ (ПАРК ДРУЖБА) .....   | 297 |
| <b>А. В. Рябинкин.</b> МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕР КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ) .....  | 298 |
| <b>Г. А. Скоробогатов, А. В. Бахтиаров, А. И. Калинин, Л. М. Савилова.</b> ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ПЕТЕРГОФА МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ И ЕЕ ОЧИСТКА ШУНГИТ-ДОЛОМИТОВЫМ ОЧИСТИТЕЛЕМ .....   | 300 |
| <b>А. И. Слабунов, О. И. Володичев, Е. В. Бибилова, В. С. Степанов, А. В. Степанова, О. С. Сибелев, Н. Е. Король, В. В. Травин.</b> БЕЛОМОРСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС: ГЕОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И СТАДИЙНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКЕМБРИЙСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ .....  | 302 |
| <b>М. Т. Сярки.</b> СРЕДНЕМНОГОЛЕТНЯЯ СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПЕЛАГИЧЕСКОГО ПЛАНКТОНА В ОНЕЖСКОМ ОЗЕРЕ .....   | 305 |
| <b>Т. М. Тимакова, Т. Янкелович.</b> МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРИТОКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА .....   | 307 |
| <b>Н. Н. Филатов, М. А. Богачев, Г. С. Бородулина, А. В. Литвиненко, Т. И. Регеранд.</b> ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАРЕЛИИ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....  | 310 |
| <b>М. М. Филиппов, А. Е. Ромашкин.</b> ДИАПИРОВАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ШУНГИТОВ (ДЕСЯТЬ ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ) .....   | 312 |
| <b>Т. А. Хорошун, В. П. Ильина.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КЕРАМИКИ НЕОЛИТА-ЭНЕОЛИТА (ПО МАТЕРИАЛАМ ПАМЯТНИКА ВИГАЙНАВОЛОК I) .....  | 315 |
| <b>Т. А. Чекрыжева.</b> СТРУКТУРА ПЛАНКТОННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА СУОЯРВИ (КАРЕЛИЯ) .....  | 318 |
| <b>Т. А. Чекрыжева, А. Н. Шаров.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА .....   | 320 |
| <b>Т. С. Шелехова.</b> ИСКОПАЕМАЯ ДИАТОМОВАЯ ФЛОРА ГОЛОЦЕНОВЫХ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАОНЕЖЬЯ .....  | 323 |
| <b>V. A. Melezhik, M. M. Filippov, P. V. Medvedev, N. B. Philippov, A. E. Romashkin, D. V. Rychanchik.</b> ICDP FAR – DEEP (FENNOSCANDIAN ARCTIC RUSSIA – DRILLING EARLY EARTH PROJECT): EMERGENCE OF THE AEROBIC BIOSPHERE DURING THE ARCHAEOAN-PROTEROZOIC TRANSITION; RECENT ACHIEVEMENTS AND FUTURE CHALLENGES ..... | 324 |
| <b>СОДЕРЖАНИЕ</b> .....  | 329 |

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**«Северная Европа в XXI веке:  
природа, культура, экономика»**

Секция «Биологические науки»  
Секция «Науки о Земле»

Материалы Международной конференции,  
посвященной 60-летию КарНЦ РАН

Печатается по решению Президиума  
Карельского научного центра РАН

Оригинал макет подготовлен в  
Институте биологии Карельского научного центра РАН  
Изготовление оригинал-макета *М. И. Сысоева*

Серия ИД. Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99 г. Сдано в печать 02.10.06 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Бумага офсетная UNION PRINT S. Печать офсетная. Уч.-изд. л.  
Уч.-изд. л. 40,0. Усл. печ. л. 39,5. Тираж 300 экз. Изд. № 65. Заказ № 606.

Карельский научный центр РАН  
Редакционно-издательский отдел  
Петрозаводск, пр. А. Невского 50