

Российская Академия Наук

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

2/2011



- Естественные и технические науки
- Конференции, семинары
- Новые книги
- Юбилеи

2/2011(5)

издается с декабря 2009 года
ISBN 978-5-91137-142-5

Российская Академия Наук

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

Главный редактор - академик В.Т.Калинников

Заместители главного редактора
д.г.-м.н. В.П.Петров,
д.т.н. А.В.Горохов (руководитель редакции)

Редационный совет
академик Г.Г.Матишов, академик Н.Н.Мельников,
академик Ф.П.Митрофанов, чл.-корр. В.К.Жиров,
чл.-корр. А.И.Николаев, д.г.-м.н. Ю.Л.Войтеховский,
д.т.н. Б.В.Ефимов, д.э.н. Ф.Д.Ларичкин,
д.т.н. В.А.Маслобоев, д.т.н. В.А.Путилов,
д.ф.-м.н. Е.Д.Терещенко,
к.г.-м.н. А.Н.Виноградов (ответственный секретарь)

184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, д. 14.
Кольский научный центр, редакция журнала 'Вестник Кольского научного центра РАН'
Тел.(81555)79226. Факс (81555)76425

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.К. Жиров	Связь времен. К 80-летию Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина.....	4
Е.А. Святковская, Н.Н. Тростенюк, О.Б. Гонтарь	Декоративные экспозиции на территории Полярно-альпийского ботанического сада-института: прошлое и настоящее.....	15
Н.А. Константинова, О.А. Белкина, Е.А. Боровичев, Д.А. Давыдов, Т.П. Другова, В.А. Костина, Л.А. Конорева, Н.Е. Королева, А.В. Мелехин, А.Н. Савченко	Итоги научно-исследовательских работ лаборатории флоры и растительных ресурсов (ПАБСИ) за первое десятилетие XXI века.....	21
П.А. Кашулин, Н.В. Калачёва	Возрастные изменения функций фотосинтетического аппарата сосны европейской	33
А.А. Вильнет, Н.А. Константинова	Молекулярно-филогенетические исследования – новый подход к систематике печеночников.....	40
М.О. Иноземцева, В.К. Жиров	Морфологическая и физиологическая изменчивость берез в условиях техногенного загрязнения	46
Л.А. Казаков, Г.В. Вишняков, В.А. Чамин	Лесомелиорация Кузоменских песков.....	57
Н.А. Константинова, О.А. Белкина, Е.А. Боровичев, Д.А. Давыдов, В.А. Костина, А.Ю. Лихачев, А.В. Мелехин, С.С. Шалыгин	Обзор разнообразия растений, лишайников и цианопрокариот на особо охраняемых природных территориях Мурманской области.....	63
В.Н. Переверзев	Почвообразование в лесной зоне Кольского полуострова.....	73
Н.Ю. Шмакова, О.В. Ермолаева, Л.М. Лукьянова	К истории исследований фотосинтетической деятельности растений в Хибинах.....	82
С.А. Салтыкова	Накопление тяжелых металлов в рыбах Ладожского озера и их паразитах.....	87
	ХРОНИКА	93
	КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ	95
	НОВЫЕ КНИГИ	98
	НАГРАДЫ	100
	ЮБИЛЯРЫ	103
	ПОТЕРИ НАУКИ	105
	CONTENTS	106

Редколлегия:

д.т.н. Горохов А.В., д.б.н. Белишева Н.К., к.т.н. Громов П.Б., д.ф.-м.н. Иванов В.Е., д.б.н. Кашулин Н.А., д.т.н. Козырев А.А., д.б.н. Макаревич П.Р., д.т.н. Олейник А.Г., д.и.н. Разумова И.А., к.г.-м.н. Рундквист Т.В., д.э.н. Селин В.С., к.т.н. Усов А.Ф. (ответственный секретарь редколлегии)
 Редактор Менделева А.С., информационная поддержка Мартынова Е.Т.
 Зав. издательством, художественный редактор Строков М.С.
 Верстка, фото Жиганов В.Ю.



СВЯЗЬ ВРЕМЕН. К 80-ЛЕТИЮ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА им. Н.А. АВРОРИНА

В.К. Жиров

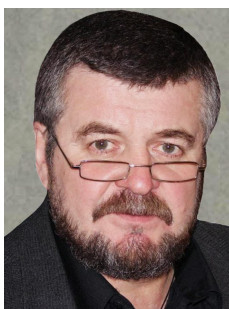
Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

На Кольском п-ове, почти в самом центре Хибин, располагается Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра РАН – самый северный в России и первый из трех ботанических садов в мире за Полярным кругом. В 2011 году ПАБСИ исполняется 80 лет.

Ключевые слова:

ботанический сад, история развития, научные направления, коллекционные фонды.



Летом 1931 г. в Мурманскую область из Ленинграда приехал молодой ботаник и географ Николай Александрович Аврорин для продолжения исследований профессора Сергея Сергеевича Ганешина, трагически погибшего в Хибинах во время полевых работ. Аврорин планировал пробыть здесь только один летний сезон, однако задержался в этих краях на целых 29 лет.

Уже в августе 1931 г. Н.А. Аврорин представил совещанию руководителей научных отрядов Горной станции АН СССР, администрации города Хибингорска и Президиуму АН СССР проект создания Полярно-альпийского ботанического сада. Этот проект был поддержан видными учеными – академиками Александром Евгеньевичем Ферсманом и Владимиром

Леонтьевичем Комаровым и одобрен местными властями. Примечательно, что в своем проекте Н.А. Аврорин предусмотрел все направления деятельности Сада, по которым и сейчас, спустя 80 лет, продолжается работа. В октябре 1931 г. соответствующее решение было принято Президиумом АН СССР¹, а первым директором Сада был назначен сам Николай Александрович.

Первоначально Саду отвели территорию около 500 га вблизи горной станции АН СССР «Тиэтта» на берегу оз. Малый Вудъявр, однако затем была выбрана более удобная и для Хибин более презентативная площадь в долине Умптэк и на склонах гор Вудъяврчорр (рис. 1) и Тахтарвумчорр. Сегодня она выросла до 1670 га, из которых 80 представлены парковой частью с питомниками, оранжереями и другими экспозициями (рис. 2). Вместе с Н.А. Аврориным с 1932 г. начали работать такие же, как и он, молодые выпускники Ленинградского университета: Лариса Боброва (Качурина), Михаил Качурин и Авенир Коровкин.

Лето 1932 г. стало началом формирования уникальных коллекций живых растений ПАБСИ. Первыми образцами стали подаренные Ботаническим институтом АН СССР представители 26 видов кустарников и более 50



Рис. 1. Общий вид на растительность г. Вудъяврчорр

¹ Многие трагические события, происходившие в нашей стране в 30-х гг. минувшего века, предоставляют широкие возможности для критики порядков того времени. Однако поражает скорость, с которой решались тогда административные вопросы. Можно ли представить себе такую динамику при нынешней демократии? Даже перечисленные согласования (а сейчас их потребовалось бы намного больше), наверняка, заняли бы не один год.

видов трав. Первоначально они были высажены на небольшие участки, с трудом отвоеванные у леса. В 1934–1936 гг. в результате первых экспедиций на Алтай и в Саяны были получены семена, луковицы, черенки – всего более 400 видов самых разных растений. Кропотливым трудом первых немногочисленных сотрудников были созданы питомники и проложена тропиноподобная сеть, в том числе действующая и сейчас экологическая тропа, пролегающая по склону горы через все растительные пояса – северо-таежный редкостойный елово-березовый лес (300–350 м н.у.м.), березовое криволесье, горные кустарничковые и лишайниковые тундры (450–650 м н.у.м.) до каменистых осыпей.

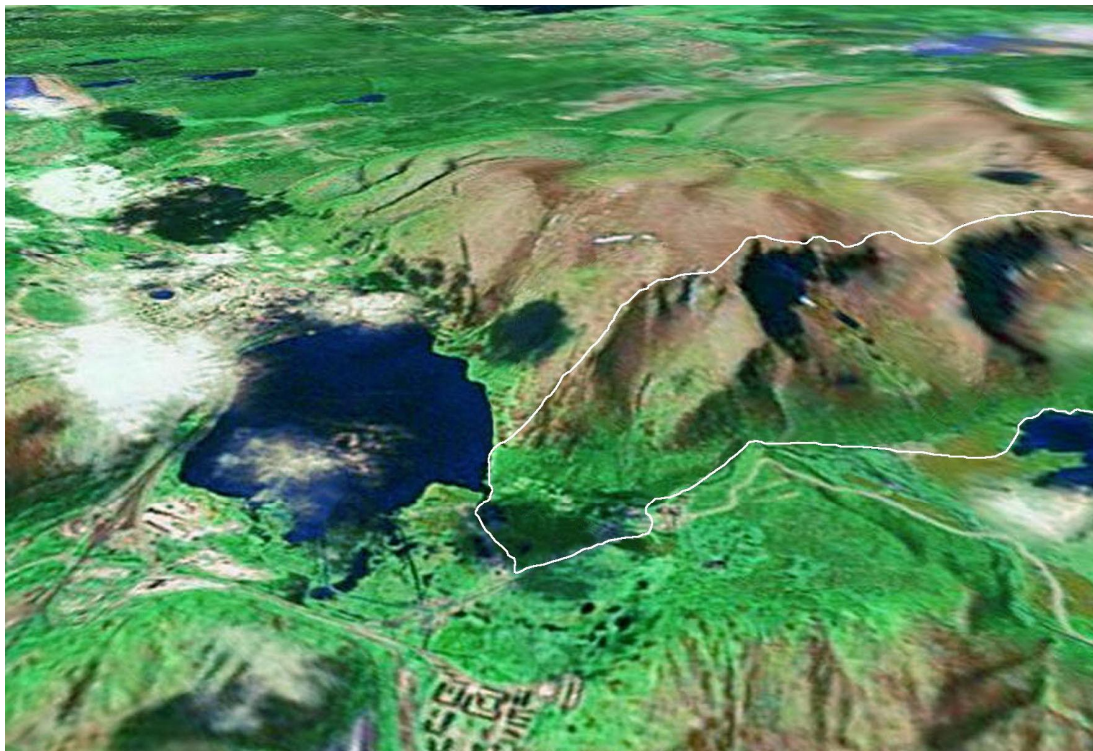


Рис. 2. Космический снимок кировской территории ПАБСИ (очерчен примерный контур)

В 1933 г. к этой работе присоединился Николай Миняев, а в 1936 г. – Анатолий Гурский и Гай Шульц. Уже в 1930-е гг. получили развитие исследования местной флоры и биохимии растений.

В довоенные годы Сад приобретает значительную известность и признание. Его посещают академики Николай Иванович Вавилов, Владимир Иванович Вернадский, Александр Альфонсович Гроссгейм, Дмитрий Николаевич Прянишников, профессора Борис Николаевич Городков, Лев Иванович и Андрей Львович Курсановы, Сергей Яковлевич Соколов, Юрий Дмитриевич Цинзерлинг и многие другие известные деятели науки. Некоторые из них, в частности Борис Анатольевич Тихомиров, Александр Иннокентьевич Толмачев и Владимир Николаевич Андреев, становятся корреспондентами Сада и присылают для его коллекций и опытов собственные сборы семян и растений.

В годы Великой Отечественной войны Полярно-альпийский ботанический сад был единственным учреждением Кольской базы АН СССР, продолжавшим работу в прифронтовых условиях. В это время его деятельность была сориентирована на нужды фронта. На питомниках выращивали пищевые и лекарственные растения. В 1942 г. в химической лаборатории Сада были разработаны методы переработки местных ягод на соки, сиропы, повидла без применения сахара. Прикомандированный в Сад будущий академик А.Л. Курсанов с помощью сотрудников Сада и инженеров треста «Апатит» разработал технологию получения глюкозной патоки из лишайников. Эту технологию использовала фабрика, производившая патоку для нужд населения и прифронтовых госпиталей. Несмотря на трудности военного времени, сотрудникам Сада удалось полностью сохранить все коллекции и гербарий.

В сложном 1946 г. советское правительство при поддержке А.Н. Косыгина (в то время – депутата Верховного Совета СССР) поддержало Сад кадрами и финансами, благодаря чему

значительно расширилась тематика исследований, выросла численность коллектива, были пополнены ряды специалистов.

В 1967 г. Саду был присвоен статус института в составе Кольского филиала АН СССР. В 1981 г., в связи с 50-летием со дня основания, Сад был награжден орденом «Знак Почета» за заслуги в развитии ботанической науки, практический вклад в охрану и обогащение растительных ресурсов Заполярья. В 2002 г., в связи с 70-летием, Саду было присвоено имя его основателя и первого директора Н.А. Аврорина. В настоящее время Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина является комплексным научно-исследовательским учреждением, входящим в состав Кольского научного центра им. С.М. Кирова Российской академии наук.

Николай Александрович Аврорин возглавлял Полярно-альпийский ботанический сад, успешно сочетая нелегкие обязанности директора с напряженной научной работой, вплоть до своего отъезда в Ленинград в 1960 г. Дальнейшая история Сада показала чрезвычайную плодотворность его разносторонней деятельности. На его научных трудах, уже давно ставших классическими, выросло не одно поколение интродукторов, а разработанная им стратегия развития Полярно-альпийского сада и сейчас не утратила своей актуальности. На долю Н.А. Аврорина выпала сложнейшая задача – поднять и сохранить Сад в наиболее трудные для нашей страны 30-е, 40-е, 50-е годы. Талант настоящего ученого, крупного организатора науки и, прежде всего, честь и достоинство человека, истинно благородного², позволили первому директору ПАБСИ успешно ее выполнить.

В 1960 г. после отъезда Н.А. Аврорина эстафету по руководству Садам принял уже известный в то время ученый Роман Николаевич Шляков – выпускник Ленинградского государственного университета, фронтовик, впоследствии крупнейший систематик России по сосудистым и мохообразным растениям, основатель гербария мохообразных ПАБСИ, активный участник создания Красной книги Мурманской области, один из составителей и авторов Красной книги СССР. К сожалению, состояние здоровья не позволило Роману Николаевичу долго руководить Садам, и в 1962 г. его на этом посту сменила Т.А. Козупеева.

Татьяна Алексеевна пришла в Сад в 1953 г. и в течение 10 лет прошла путь от младшего научного сотрудника до директора. Научная деятельность Т.А. Козупеевой на протяжении всей ее жизни была посвящена важнейшей для Крайнего Севера проблеме декоративного цветоводства и зеленого строительства. Татьяне Алексеевне всегда удавалось органично сочетать научную работу с руководящей деятельностью, благодаря чему создание новых технологий сопровождалось развитием материально-технической базы Сада и способствовало росту его популярности среди широких кругов населения: была реконструирована главная фондовая оранжерея, построены автоматизированная гидропонная теплица³ и новый комплекс экспериментальных теплиц, проведена крупномасштабная реконструкция коммуникаций кировской территории ПАБСИ. Т.А. Козупеева выступила инициатором и руководителем создания тепличных хозяйств и зеленых инерьеров на производственных объектах области – подземных выработках ОАО "Апатит" и других предприятий, а также на борту атомного ледокола «Ленин». Благодаря ее усилиям в 1967 г. Сад приобрел статус академического института. Большой опыт, приобретенный Т.А. Козупеевой на протяжении всей ее богатой событиями жизни, в которой особую роль сыграли трагические годы, проведенные в блокадном Ленинграде, присущие ей жизненная мудрость, тактичность и внимательное отношение к людям позволили ей почти четверть века достойно выполнять свои обязанности руководителя института, которые по плечу далеко не каждому мужчине.

Преемником Т.А. Козупеевой на директорском посту в 1986 г. стал ее бессменный заместитель и ученик Н.А. Аврорина Геннадий Николаевич Андреев. Все 42 года его работы в ПАБСИ были посвящены основной тематике Сада – интродукции новых видов растений в Заполярье. На долю Геннадия Николаевича выпало тяжелое бремя руководства институтом в «эпоху перемен»⁴. Видимо, этот непосильный груз и послужил главной причиной его преждевременной кончины в 1998 г. Тем не менее, свой долг директора в эти тяжелые времена Г.Н. Андреев выполнил с честью, сохранив научный потенциал и материальную базу Сада.

² Понятия, в настоящее время уже практически вышедшие из обихода. Сейчас больше ценятся индекс цитируемости, коммуникабельность и знание компьютерных технологий.

³ По тем временам событие незурядное.

⁴ По единодушному мнению старожиллов Сада, военное время было для него менее разрушительным.

Как и в других ботанических садах, интродукция растений является в ПАБСИ ведущим направлением работ. Со дня основания Сада и вплоть до 1960 г. исследованиями по интродукции и акклиматизации растений руководил сам Н.А. Аврорин. С весны 1932 г. при его непосредственном участии развернулись работы по переселению растений из других регионов с целью обогащения растительных ресурсов Кольского п-ова и введению в культуру местных дикорастущих, хозяйственно-ценных растений. Многолетний интродукционный эксперимент позволил установить основные закономерности адаптации растений в Субарктике, разработать теоретические основы их переселения и зеленого строительства, подобрать оригинальный ассортимент декоративных видов. Коллекции интродуцентов, которые создавались на протяжении всей истории Сада, – это воплощение труда интродукторов нескольких поколений. Сбор исходного материала происходил в экспедициях в различные регионы страны, и благодаря привлечению многочисленных корреспондентов-коллекторов.



Рис. 3. Питомник интродуцированных травянистых растений Рис. 4. Синеголовник альпийский

Почти за 80 лет интродукционных исследований были испытаны десятки тысяч растений, переселенных из различных областей и стран мира: более 8 тыс. видов, в том числе свыше 6.5 тыс. – в открытом грунте. За каждым образцом ведется постоянный фенологический и фенометрический контроль. В результате этих работ был опубликован ряд крупных трудов по теории и практике переселения растений на Полярный Север. Сад располагает гербарием интродуцированных травянистых растений, деревьев и кустарников, на основе которого можно систематизировать и проследивать изменчивость интродуцентов при их переселении на Крайний Север (Н.А. Аврорин, Г.Н. Андреев, Б.Н. Головкин, Л.Л. Вирачева).



Рис. 5. Новый участок «Алтай»: на заднем плане – пихты, посадки 1937–1938 гг.; на переднем плане – молодые посадки хвойных 2004–2005 гг.

Интродуцированные травянистые растения открытого грунта содержатся в питомниках и экспозиционных посадках парковой части Сада (рис. 3, 4). Естественный древостой, в окружении которого находятся питомники, в некоторой степени смягчает влияние ветров, способствуя одновременно накоплению снега. Снежный покров сохраняется здесь в среднем с конца сентября до конца мая – начала июня. Растения зимуют без искусственных укрытий (Л.Л. Вирачева, Л.Н. Новикова, Н.Н. Тростенюк, Т.П. Белова).

Коллекция древесных интродуцентов, расположенная на основной территории Сада, создана еще в 1930-е гг. Многие из деревьев и кустарников удалены от границ своих ареалов более чем на 3 тыс. км. Это растения Средней Азии, Камчатки, Приморья и Северной Америки. В коллекции представлено 399 видов из 31 семейства.

С целью моделирования в условиях северной тайги фрагментов природных ценозов горного Алтая, в 2004 г. начаты работы по созданию искусственных насаждений ботанико-географического участка «Алтай» (рис. 5, С.И. Юдин). К 2009 г. высажены и успешно прижились более 600 саженцев основных ландшафтообразующих древесно-кустарниковых видов флоры Западной Сибири – пихты сибирской (*Abies sibirica*), ели сибирской (*Picea obovata*), сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*), лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), липы сибирской (*Tilia sibirica*), таволги дубравнолистной (*Spiraea chamaedrifolia*), жимолости алтайской (*Lonicera altaica*), караганы древовидной (*Caragana arborescens*) и др. Высота деревьев в формирующихся насаждениях достигла 120–310 см, а ежегодный прирост составляет у лиственницы, пихты и сосны 42, 36 и 21 см соответственно. Под полог молодых насаждений посажены травянистые многолетники алтайской флоры: *Anemonoides altaica*, *Asarum europaeum*, *Coridalis bracteata*, *Trollius asiaticus*, *Aconitum septentrionale*, *Veratrum lobelianum*, *Allium victirialis*, *Paeonia anomala*, *Erithronium sibirica*, *Actaea spicata* и др.

В 1950-х гг. недалеко от г. Апатиты был заложен участок с менее жесткими, чем в горной части Хибин, климатическими условиями. Здесь до сих пор находится основная часть коллекции деревьев и кустарников – дендрарий северных и высокогорных видов (рис. 6-8, Л.А. Казаков).



Рис. 6. Апатитский дендрарий северных и высокогорных видов



Рис. 7. Участок Восточной Сибири в апатитском дендрарии



Рис. 8. Пузыреплодник калинолистный в апатитском дендрарии

С первых дней существования Сада ведутся работы по введению в культуру растений местной флоры (рис. 9, 10). В настоящее время они представлены 402 видами 63 семейств, из которых 91 вид подлежит охране (В.Н. Андреева).



Рис. 9. Гарриманелла моховидная около снежника в горной тундре



Рис. 10. Пион Марьян корень

Тропические и субтропические растения содержатся в двух фондовых оранжереях. Сегодня эта коллекция представлена 788 видами 106 семейств (рис. 11-13). Она включает в себя разнообразных представителей различных областей земного шара (Т.А. Козупеева, Л.А. Иванова). Важным событием последних лет стала реконструкция фондовых оранжерей, в последний раз проводившаяся в 1977 г. В результате существенно улучшились условия содержания растений, а современные энергосберегающие технологии позволили снизить расходы на содержание теплиц при значительном увеличении их рабочей площади и объема (Ю.И. Заремба).



Рис. 11. Главная фондовая оранжерея



Рис. 12. Банан и саговник в фондовой оранжерее



Рис. 13. Дурман в фондовой оранжерее

В фондовой оранжерее созданы систематические и эколого-географические композиции растений (папоротники, хвойные, пальмы, суккуленты). Особую ценность коллекции придает разнообразие полезных свойств ее экспонатов – это декоративные, лекарственные, пищевые и технические растения, неизменно привлекающие внимание посетителей. Большой интерес

представляют виды, внесенные в международную и национальные «Красные книги» – саговник поникающий (*Cycas revolute*), гинкго двулопастное (*Ginkgo biloba*), метасеквойя (*Metasequoia glyptostroboides*) и другие. В коллекции содержатся представители 86 видов растений, которые используются официальной и народной медициной.

Важную роль в увеличении и сохранении ассортимента коллекций и экспозиций играет семенная лаборатория. Первые каталоги (1933-1936 гг.) – это списки сборов семян, которые помещали особым разделом в каталоги ботанического сада Ботанического института АН СССР в Ленинграде. Собственные каталоги Сада издаёт с 1937 г. К настоящему времени издано 58 каталогов. Семенной обмен осуществляется практически со всеми ботаническими садами и дендрариями России, многими ботаническими садами ближнего и дальнего зарубежья и большим числом цветоводов-любителей. Среди корреспондентов есть ботанические сады, связь с которыми поддерживается более 50 лет. Так, отношения ПАБСИ с Берлинским ботаническим садом продолжаются с 1931 г., с ботаническим садом в Граце (Австрия) – с 1937 г., с парижским Национальным музеем естественной истории – с 1938 г.

Первый ассортимент растений для озеленения был создан еще в 1941 г. За годы существования Сада были разработаны приемы ландшафтной реконструкции и создания зеленых насаждений, которые с успехом внедрялись в практику озеленения городов и поселков Мурманской области. Это направление стало особенно актуальным в связи с ухудшением экологической обстановки в регионе и необходимостью решения проблемы рекультивации антропогенно-нарушенных территорий. Основной вклад в изучение возможностей использования древесных растений для озеленения городов Кольского Севера внесли сотрудники ПАБСИ: Н.А. Аврорин, Г.Н. Андреев, Н.М. Александрова, Б.Н. Головкин, Л.А. Казаков, Л.Н. Горюнова и Л.И. Качурина.

Разработанные в Саду технологии применяются как в условиях техногенного загрязнения в центральной части Кольского п-ова, так и для восстановления деградированных участков Терского берега Белого моря (В.Н. Переверзев, Л.А. Казаков, Г.А. Евдокимова).

На основе многолетнего изучения коллекции тропических и субтропических растений сотрудниками Сада предложен ассортимент для создания интерьеров и зимних садов в заполярных условиях. Разработаны технологии выращивания и зональные ассортименты горшечных и срезочных растений, а также декоративно-цветочных растений для зеленого строительства, любительского и промышленного цветоводства, основу которых составляют растения природной флоры разных географических зон, прошедшие этапы первичной интродукции с последующим их испытанием в озеленительных посадках (Т.А. Козупеева, Ж.Ф. Анохина, Л.А. Иванова, Е.А. Святковская).



Рис. 14. Пациенты Кировского психоневрологического интерната на занятиях по экотерапии в ПАБСИ

Последние годы отмечены становлением и развитием в Саду нового перспективного направления – терапевтического садоводства (гарденотерапии), получившего широкое распространение в зарубежных, но практически не затронувшего отечественные ботанические сады. Оно является естественным результатом специализации традиционного направления ландшафтного дизайна применительно к потребностям людей с ограниченными возможностями. В основе его лежит идея о том, что активное (в наиболее простом случае – это труд садовода) и пассивное (созерцание определенных растительных форм и ландшафтов) общение с растительным миром может с успехом использоваться для профилактики и лечения многих нервных и психических заболеваний, а также в целях социальной адаптации. Эффект садовой терапии существенно усиливается при ее сочетании с анималотерапией. Работы в этом направлении развиваются в Саду совместно с Мурманской областной психиатрической больницей и рядом специализированных образовательных учреждений области (О.Б. Гонтарь, Е.А. Святковская, И.Н. Мазуренко) (рис. 14). В сотрудничестве с врачами и педагогами уже разработаны и апробированы две реабилитационные

программы: «Экотерапия» и «Гарденотерапия для детей и подростков», которые в настоящее время проходят экспертизу в Министерстве образования и науки Мурманской области.

Работы по садовой терапии позволили сделать первый шаг на пути к созданию теоретических основ ландшафтного дизайна – дисциплины, до сих пор находящейся на границе между архитектурным искусством и прикладной, но не фундаментальной наукой. Терапевтические свойства определенных пейзажей изучаются и математически моделируются с точки зрения особенностей восприятия пространства, цвета и пропорций психически больными и здоровыми людьми (А.А. Шестаков).

Изучение флоры и растительности Мурманской области является традиционным направлением исследований ПАБСИ. Итогом довоенных флористических исследований была «Флора Хибинских гор», изданная в 1953 г. уже после кончины ее автора, Б.Н. Мишкина, а также ряд геоботанических очерков. После войны в течение более 15 лет весь коллектив флористов работал над созданием фундаментального труда «Флора Мурманской области» (1953-1966). Несколько позже были опубликованы «Анализ флоры Мурманской области и Карелии» и «Определитель высших растений Мурманской области и Карелии». Начиная с 1960-х гг. в научных планах института, наряду с исследованием сосудистых растений, появляются темы по флорам мохообразных и лишайников, которые в дальнейшем расширяются и занимают все более заметные позиции. Изданы конспекты флор лишайников и мохообразных Мурманской области. Созданы региональные флоры сосудистых растений, мохообразных и лишайников (Хибинских, Ловозерских, Кандалакшских, Колвицких гор, массивов Чильтальд, Лавна-тундра, Кейвы, п-ова Рыбачий, острова Кильдин, побережий Белого и Баренцева морей). Особое внимание уделено заповедным территориям – публикуются аннотированные списки видов беломорской территории Кандалакшского и Лапландского заповедников, заповедника Пасвик, заповедной территории Сада (М.Л. Раменская, Р.Н. Шляков, Л.Н. Филиппова, А.В. Домбровская, А.А. Похилько, Н.А. Константинова, О.А. Белкина).

В последние годы в Саду по инициативе молодых ученых сформировалось и успешно развивается молекулярно-генетическое направление флористических исследований. Можно предполагать, что результаты этих работ способны существенно повлиять на традиционные представления о видовом разнообразии растений (А.А. Вильнет). Благодаря активности молодых ученых новый стимул к развитию получило микробиологическое направление (Д.А. Давыдов).

Исследования лаборатории флоры и растительности не ограничиваются Мурманской областью. Одной из первых работ, выходящих за пределы нашего региона, был определитель «Лишайники и мхи севера Европейской части СССР». Монументальная сводка-определитель «Печеночные мхи Севера СССР», монографическая обработка рода *Stereocaulon* для России и сопредельных стран, списки мохообразных территории бывшего СССР, России и Северной Америки – вот далеко не полный перечень работ этого направления (Н.А. Константинова).

В середине 1970-х гг. было начато изучение популяций редких и полезных сосудистых растений, их биологических и экологических особенностей в естественных местообитаниях. Итогом этой работы стали три тома «Биологической флоры Мурманской области». Высокая теоретическая и практическая значимость данного направления послужила основанием для создания в ПАБСИ новой лаборатории популяционной биологии растений (А.А. Похилько, И.В. Блинова, В.Н. Андреева).

Гербарий сосудистых растений был основан Н.А. Аврориным в 1939 г. и представлен в основном образцами из Мурманской области. Основную часть представляют сборы послевоенных лет (1946-1980). Гербарий постоянно пополняется сборами, сделанными в ходе многочисленных экспедиций. Всего гербарий сосудистых растений насчитывает более 70 тыс. листов (в том числе 10 тыс. дублетов) 1060 видов, принадлежащих 237 родам из 81 семейства. Семейства и роды расположены по системе Энглера – в порядке, принятом в большинстве ботанических учреждений страны, виды внутри родов расположены по алфавиту.

Активные экспедиционные работы на территории области, полевые работы в других регионах России и за рубежом, а также интенсивный обмен с гербариями всего мира, позволили Р.Н. Шлякову в 1960 г. создать один из крупнейших в России гербариев мохообразных, который составляет базу для важных таксономических и флористических работ. Сейчас в гербарии хранится около 10 тыс. образцов печеночников, относящихся к 450 видам из 76 родов и 15 тыс. образцов листовых мхов, представляющих 800 видов из 234 родов.

В гербарии лишайников, основанном в 1960 г. А.В. Домбровской, содержится более 22 тыс. образцов кустистых и листоватых и около 5 тыс. образцов накипных форм.

Направления физиологии растений и почвоведения исторически сложились как естественное продолжение работ по интродукции растений, ключевыми для которых являются проблемы адаптации растений к местным климатическим условиям и повышения плодородия местных почв.

Основу физиологической проблематики ПАБСИ представляют молекулярные механизмы стресса и адаптаций растений к действию факторов новой среды обитания. В результате почти полувековых исследований физиологами была разработана базовая концепция устойчивости растений в условиях Кольского Заполярья, включающая в качестве исходной позиции несоответствие естественной динамики вегетационного развития растений короткому северному лету. Ключевую роль в концепции играют представления о регуляторной роли свободнорадикального окисления мембранных липидов, связывающего функции роста, покоя и старения и определяющего основную стратегию ответных реакций на изменение условий внешней среды. В результате исследований 1980-1990-х гг. было впервые доказано существование альтернативного механизма синтеза ингибирующих гормонов путем окислительного распада желтых пигментов. Последующее развитие этой идеи позволило к настоящему времени сформулировать основы физиологической классификации дендроинтродуцентов, дающей возможность долгосрочного прогноза их поведения в условиях Севера (В.К. Жиров, П.М. Жибоедов, С.М. Руденко).

Исследования по экологической физиологии ПАБСИ ориентированы на изучение фотосинтетической деятельности аборигенных и интродуцированных растений и выяснение основных закономерностей изменчивости продукционного процесса в экстремальных условиях Кольской Субарктики на уровне отдельных растений и фитоценозов разного видового состава. В результате этих работ были определены диапазоны колебаний скорости фотосинтеза и особенности строения фотосинтетического аппарата растений, обеспечивающие относительно высокий уровень их продуктивности и устойчивости в местных условиях (Л.М. Лукьянова, Т.Н. Локтева, Н.Ю. Шмакова).

Важную роль в общем физиологическом направлении сыграли исследования минерального питания сельскохозяйственных растений, которые начинались еще в довоенное время и вновь возобновились в 1990-е гг. Новый уровень этих работ, достигнутый благодаря эффективному применению математических методов планирования эксперимента, позволил приблизиться к теоретическим основам эффективного земледелия на Крайнем Севере и разработать ряд новых методов повышения урожайности кормовых и овощных культур (В.И. Костюк).

Исследования по биофизике выделились в самостоятельное направление в 1990-х гг. Центральной биофизической проблемой в настоящее время является изучение связи многолетних ритмов роста и развития биологических систем в высоких широтах с эффектами геофизических (гелиофизических и геомагнитных) факторов, включая изменения солнечной активности и магнитосферы (П.А. Кашулин, Н.К. Белишева).

В результате многолетнего изучения процессов обмена веществ и энергии в системе «растительность – почва» были выявлены закономерности формирования тундровых и лесных биогеоценозов, роль почвы и лесной подстилки в процессах трансформации и миграции химических элементов в лесных фитоценозах. Проводившиеся в Саду почвенно-генетические исследования позволили установить основные принципы образования почвенного покрова в разных природных зонах Северной Фенноскандии, дать генетическую характеристику автоморфных почв, описать процессы их антропогенной трансформации. К настоящему времени подробно описаны процессы аккумуляции, профильной дифференциации, сезонной и многолетней динамики основных элементов-биофилов (углерода, азота, фосфора, калия, кальция) в естественных и окультуренных подзолистых почвах, а также определена роль органического вещества в почвообразовании и плодородии почв (В.Н. Переверзев, К.Н. Манаков, В.В. Никонов).

В результате почвенно-агрохимических работ были определены пути эффективного использования почв для получения экологически качественной сельскохозяйственной продукции, выявлена роль органических, минеральных и микроудобрений в создании и поддержании эффективного плодородия окультуренных почв. Разработанные системы применения удобрений позволяют не только поддерживать на высоком уровне эффективное плодородие, но и создавать потенциальное плодородие окультуренных почв как основу устойчивости агрофитоценозов в суровых климатических условиях Севера (В.Н. Переверзев).



*Рис. 15. Административное здание
кировской территории*



*Рис. 16. Экскурсия детей
в фондовой оранжерее*

Защита растений от болезней и вредителей очень важна в неблагоприятных северных условиях. В Саду разработан и широко применяется высокотехнологичный биологический метод защиты декоративных растений защищенного грунта от вредителей. Энтомологами ПАБСИ выявлен видовой состав сосущих фитофагов, повреждающих интродуцированные растения. Сформирован блок северных (мурманских) популяций энтомофагов, способных эффективно контролировать численность сосущих вредителей в оранжереях и теплицах (Н.С. Рак).

Полярно-альпийский ботанический сад-институт – один из самых известных на Крайнем Севере центров пропаганды естественно-научных знаний (рис. 15). Ежегодно на его объектах проводится до 600 экскурсий более чем для 10 тыс. посетителей, в том числе и зарубежных (рис. 16). Гости Сада знакомятся с историей ботанических исследований Кольского края, с уникальными коллекциями живых растений, горными и таежными ландшафтами, с особенностями растительного покрова Хибин.

На протяжении всей истории существования Сада особое внимание уделялось пропаганде охраны окружающей среды и редких видов растений. Совместно с Кандалакшским и Лапландским заповедниками, а также другими биологическими учреждениями региона опубликовано три издания книги «Редкие и нуждающиеся в охране животные и растения Мурманской области», плакат «Охраняемые виды растений».

Проблеме интеграции Сада с учреждениями высшей школы придается особое значение. На протяжении последних 9 лет территория и лаборатории Сада служат местом прохождения практик по биологии и экологии студентов ряда центральных и областных, а также зарубежных университетов. ПАБСИ располагает базовой кафедрой геоэкологии Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета (МГТУ), а также базовым факультетом экологии Кольского филиала Петрозаводского государственного университета, которые служат надежным источником научной молодежи. Процессу интеграции во многом способствует созданный совместно с Экологическим центром Московского государственного университета Учебно-научный центр (УНЦ), участие ПАБСИ в УНЦ также объединяет Кольский научный центр РАН с МГТУ.

Результатом взаимодействия ПАБСИ со средними образовательными учреждениями стал ряд программ экологического и биологического образования школьников, разработанных при участии специалистов Мурманского государственного педагогического университета и школьных учителей (Е.А. Святковская, М.С. Советова, О.Б. Гонтарь).

Неотъемлемая часть академического института – научная библиотека – была основана еще в 1931 г. при Хибинской горной станции АН СССР одновременно с созданием Сада, в 1953 г. вошла в состав Центральной научной библиотеки Кольского филиала АН СССР в качестве отделения, а позднее передана ПАБСИ. Основой фондов стала специальная ботаническая и общебиологическая литература, подаренная различными институтами АН СССР и других ведомств и отдельными лицами. Одним из первых дар библиотеке ПАБСИ сделал акад. А.Е. Ферсман. Значительный вклад в научные фонды внес первый директор Сада Н.А. Аврорин. Уже в 1934 г. библиотека насчитывала до 1 тыс. томов. В настоящее время фонд библиотеки составляет около 60 тыс. единиц, в том числе примерно 12 тыс. – зарубежных. Это издания и периодика по всем вопросам общей биологии,



Рис. 17. Музей истории ботанических исследований в Мурманской области

представляют собой научные отчеты сотрудников (в том числе и отчеты военных лет), отчеты по экспедициям, начиная с самой первой из них, организованной в 1934 г. В научных фондах Сада хранится более 4 тыс. единиц постоянного хранения, в том числе научной документации.

Именно эти фонды позволили в 2001 г. создать музейную экспозицию, посвященную истории ботанических исследований в Мурманской области и Полярно-альпийского ботанического сада (рис. 17). Следует отметить, что еще в 1931 г. в своем проекте Сада Н.А. Аврорин указал на необходимость создания музея, но организован он был только в 2001 г. в период подготовки к 70-летию юбилею. Экспозиция музея состоит из стендов и витрин, где в хронологической последовательности размещены документы, фотографии и другие экспонаты, посвященные различным этапам становления ПАБСИ, его руководителям, научно-исследовательским лабораториям, наиболее интересным практическим работам, экспедициям (Л.М. Лукьянова, В.И. Москалева).

Будучи старейшим институтом Российской академии наук на Кольском п-ове, ПАБСИ представляет собой одно из важнейших звеньев мировой и российской сети ботанических садов, заповедник, региональный центр зеленого строительства и ландшафтного дизайна и основной экологический научно-просветительский центр в Мурманской области. Сочетание этих качеств определяет уникальные возможности для развития на базе Сада широкого спектра научных исследований и практических мероприятий, направленных на решение различных социально-значимых проблем, в настоящее время наиболее актуальных для региона и страны в целом.

Автор выражает глубокую признательность ветерану ПАБСИ, старшему научному сотруднику Л.М. Лукьяновой, материалы и личные воспоминания которой были положены в основу этой статьи.

Сведения об авторе

Жиров Владимир Константинович – член-корреспондент РАН, д.б.н., профессор, директор Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН; e-mail: v_zhirov_1952@mail.ru

ботаники, физиологии растений, почвоведению, микробиологии, сельскому хозяйству, лесоведению и экологии. В библиотеке полностью представлены все публикации сотрудников Сада, включая каталоги семян, авторефераты диссертаций, практические рекомендации, брошюры и т.д.

Кроме научной литературы, в библиотеке Сада долгие годы хранили все документы научного и административного характера. С 1966 г. из нее в качестве самостоятельного подразделения был выделен архив. Здесь в подлинниках и копиях хранятся документы, связанные с организацией Сада, его развитием, изменениями в составе и структуре отдельных подразделений. Огромную ценность

ДЕКОРАТИВНЫЕ ЭКСПОЗИЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Е.А. Святковская, Н.Н. Тростенюк, О.Б. Гонтарь

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Приведены исторические сведения о декоративных композициях в оформлении Ботанического сада. Представлены проекты новых экспозиций.

Ключевые слова:

декоративные композиции, экспозиция, цветник, планировка, рубки, травянистые растения.



Планировочная структура Полярно-альпийского ботанического сада-института определяется, с одной стороны, характером естественных условий, его расположением, местонахождением лабораторных зданий и, с другой стороны, размещением декоративных экспозиций Сада, сложившихся за 80-летний период. При создании новых композиций основная задача состоит в том, чтобы, не ломая

сложившейся структуры размещения отдельных элементов Сада, придать им единство и с помощью декоративных растений усилить эффект восприятия ландшафтов.

С точки зрения садово-паркового искусства наибольший интерес представляет естественная древесная растительность, расположенная на парковой территории (рис. 1). В существующих насаждениях в зоне видимости частично проведены санитарно-гигиенические рубки, в результате которых удалены сухие и низкодекоративные деревья.

С целью облагораживания вновь образовавшихся полян, обогащения пейзажей необходимо провести восстановительные посадки, в которых основное место должны занять декоративные интродуценты. Особое внимание также должно быть уделено формированию опушек. Если последние представлены основными ландшафтообразующими породами (елью сибирской (*Picea obovata* Ldb.), березой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), то при оформлении их можно ограничиться введением небольших групп из кустарников или высоких многолетников, таких как волжанка двудомная (*Aruncus dioicus* (Walf) Fern.), пион Марьин корень (*Paeonia anomala* L.), колокольчик широколистный (*Campanula latifolia* L.), аконит твердый (*Aconitum firmum* Reichenb.), горец Вейриха (*Polygonum weyrichii* (Fr. Schmidt) Naga).

В то же время в опушках из сопутствующих пород (ива козья (*Salix caprea* L.), осина (*Populus tremula* L.)) вначале необходимо провести выборку низкодекоративных экземпляров с целью создания живописности насаждений, а далее сделать акценты из декоративных растений. Существующие насаждения и открытые поляны парковой территории создают общий ландшафт, объединяют отдельные экспозиции в единое целое, служат декоративным оформлением сооружений Сада и вместе с тем создают отдых его посетителям. В настоящее время показательные композиции главным образом сосредоточены вдоль центральной аллеи Сада. Многие цветочные композиции



Рис. 1. Естественная растительность на парковой территории ПАБСИ

состоят из многолетних травянистых цветочных растений, интродуцированных в разные периоды существования Сада.



Рис. 2. Цветник у входа в Сад

Одной из старых композиций из многолетников, частично сохраненной до сих пор, является цветник у входа в Сад, расположенный на лесистом участке моренного происхождения (рис. 2). В первоначальном варианте на естественных прогалинах высажены живописные ковры из василька горного (*Centaurea montana* L.), примулы высокой татринской (*Primula elator* (L.) Hill var. *tatrica* Domin), аквилегии железковой (*Aquilegia glandulosa* Fisch. ex Link.), родиолы линейнолистной (*Rhodiola linearifolia* Boriss.), нивяника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.). Основу посадок составлял бадан толстолистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch), который был высажен на склоне и между камнями [1]. Хорошо спланированная тропиочная сеть позволяла

доступно знакомиться с растениями. Со временем композиция частично изменилась, как планировочно, так и по содержанию. В настоящее время проведены санитарно-гигиенические рубки ухода, в результате которых были удалены низкодекоративные и сорные (ива козья) древесные растения. Многие виды многолетников выпали. В то же время разросшийся бадан толстолистный не только занял склон, но и распространился на всю территорию и даже на дорожки. Несмотря на долговечность посадок, в настоящее время сохранились группы из василька горного. Украшением данной композиции являются рододендроны, которые в период цветения не оставляют никого равнодушным. Основным путем восстановления одной из наиболее старых экспозиций Сада является реконструкция, которая позволит вернуть цветник прошлого, но с элементами современного дизайна.

Вторым объектом, созданным десятки лет назад, является партер перед зданием бывшей библиотеки. За время его существования неоднократно менялись планировка и видовой состав растений. Основу всей композиции постоянно составлял декоративный газон, окаймленный рабатками из многолетних цветов, подобранных таким образом, чтобы цветение продолжалось с ранней весны до поздней осени. В последнее десятилетие центральная часть реконструировалась неоднократно, но всегда доминирующая роль была отдана многолетним цветочным растениям. Сразу после схода снега начинают цветение примула высокая и красецвет узколистный (*Callianthemum angustifolium* Witas.). Время наибольшей декоративности данной композиции – июль. В этот период цветут гравилат коралловый (*Geum coccineum* hort.) и парадизея лилейная (*Paradisea liliastrum* (L.) Bertol.). Украшением данной части партера является рядовая посадка пиона Марьин корень, красивые крупные кусты которого придают особую декоративность цветнику. Декоративный эффект двум другим частям партера в июле придают водосбор железковый и купальница азиатская (*Trollius asiaticus* L.). В августе украшением партера является буквица крупноцветковая (*Stachys macrantha* (C.Koch) Stearn = (*Betonica grandiflora* Willd.), розовато-сиреневые цветки которой в течение трех недель радуют глаз посетителей Сада. Осенний наряд партеру придают аконит твердый и нивяник крупнейший (*Leucanthemum maximum* (Ramond) DC.), их цветение в отдельные годы продолжается до наступления устойчивых заморозков. В настоящее время, в год 80-летнего юбилея Сада, центральная часть партера еще раз будет реконструирована. Основой цветника будет цифра 80, которую обрамят совершенно симметричные композиции из однолетних цветочных растений. В целом данная часть партера будет решена в розовых тонах, сочетанием разных сортов антирринума большого (*Antirrhinum majus* L.) и петунии гибридной (*Petunia hybrida* Vilm.). Для контраста использована цинерария приморская (*Cineraria maritima* L.). Многолетние цветы, кроме нескольких пионов, будут пересажены на другие участки партера.

Третьим объектом озеленения, существующим почти с первых дней создания Сада, является площадка отдыха напротив семенного питомника. Как и предыдущие экспозиции, она неоднократно претерпевала изменения, но до сих пор сохранила планировку, которая является оптимальной. Небольшой участок, окруженный с трех сторон естественной растительностью, полностью открыт с северной стороны. Акцентом данной экспозиции как во время создания, так в настоящее время является клумба (36 м²). Интересно, что один период на месте клумбы была альпийская горка, с

расположением камней, частично повторяющих ботанический цирк. Отрицательной стороной данного нововведения была необходимость перепланировки участка, так как созданная горка не



Рис. 3. Тюльпаны на площадке отдыха

вписывалась с другими частями данной экспозиции, что значительно снижало эстетический вид. Учитывая это, с 2001 г. было решено вернуть клумбу, позволяющую максимально показать разнообразие видов и сортов однолетних травянистых растений. Сейчас в центре клумбы находится волжанка двудомная, которая благодаря ажурной округлой кроне придает объемность композиции. Для оформления остальной части используются однолетние цветы. Каждый год высаживается свыше десяти сортов бархатцев отклоненных (*Tagetes patula* L.). Дополнением композиции из однолетников служат буквица крупноцветковая, первоцвет высокий татринский и троллиус азиатский. Украшением всей экспозиции в начале лета являются тюльпаны сортов «парад», «дипломат» и ветреница волосистая (*Anemonastrum crinitum* (Juz.) Holub) (рис. 3). В настоящее время данная площадка отдыха служит излюбленным местом посетителей Сада.

Особое внимание при декоративном оформлении территории Сада уделяется созданию каменистых горок, которые предназначены для показа разнообразия травянистых цветочных растений и их гармоничного сочетания с неживыми элементами ландшафта – рельефом местности и камнями (рис. 4). В таких композициях преимущественно использованы низкие многолетники, которые во время цветения покрываются массой ярких цветков. К ним относятся сольданелла горная (*Soldanella montana* Willd.), красоцвет узколистный, кортуза Маттиоли (*Cortusa matthioli* L.), додекатеон редкоцветный (*Dodecatheon pauciflorum* (Durand) Greene), лапчатка золотистая (*Potentilla aurea* L.), маргаритка многолетняя (*Bellis perennis* L.), гутчинзия альпийская (*Hutchinsia alpine* R.Dr.), лютик городчатый (*Ranunculus crenatus* Waldst. et Rit.), мак голостебельный (*Papaver nudicaule* L.), горечавка семираздельная (*Gentiana septemfida* Pall.).

В композициях с камнями наиболее часто применяется бадан толстолистный, который не теряет декоративности в течение всего сезона, благодаря зимнезеленым блестящим листьям. Особенно эффектно данный вид выглядит в период массового цветения (с середины июня до середины июля), когда на толстых, сочных, прямостоячих цветоносах появляются красивые метельчато-щитковидные розовые соцветия. На каменистых горках очень распространены примулы: высокая, арктическая (*Primula arctica* Koidz.), прелестная (*P. amoena* Vieb.). Особую группу составляют декоративные многолетники с красивой оригинальной листвой. Из таких видов следует



Рис. 4. Альпийская горка

В композициях с камнями наиболее часто применяется бадан толстолистный, который не теряет декоративности в течение всего сезона, благодаря зимнезеленым блестящим листьям. Особенно эффектно данный вид выглядит в период массового цветения (с середины июня до середины июля), когда на толстых, сочных, прямостоячих цветоносах появляются красивые метельчато-щитковидные розовые соцветия. На каменистых горках очень распространены примулы: высокая, арктическая (*Primula arctica* Koidz.), прелестная (*P. amoena* Vieb.). Особую группу составляют декоративные многолетники с красивой оригинальной листвой. Из таких видов следует

отметить очиток видный (*Sedum spectabile* Borean), кортузу Маттиоли, лапчатку непальскую (*Potentilla nepalensis* Hook.), родиолу линейнолистную, хосту Зибольда (*Hosta sieboldiana* Engl.). Для весеннего убранства декоративных композиций применяются мелколуковичные растения – пролеска Розена (*Scilla rosenii* C. Koch), рябчик шахматный (*Fritillaria meleagris* L.), кандык сибирский (*Erythronium sibiricum* (Fisch. et C.A.Mey.) Kryn.).

Наряду с многолетними цветами для оформления каменистых горок широко используются кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel.), курильский чай (*Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz), спирея березолистная (*Spiraea betulifolia* Pall.), шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.). В декоративных композициях растения подобраны по колеру и времени цветения, благодаря чему обеспечивается непрерывное цветение с весны до осенних заморозков.

Примером самой «долгожительной» композиции с использованием камня является «комсомольская» горка, которая расположена с торца здания бывшей библиотеки. При создании ее наряду с многолетними цветами использованы красивоцветущие кустарники, в частности сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq. fil.). За время своего существования горка неоднократно обновлялась по видовому составу растений. В настоящее время требуется капитальная реконструкция, так как разросшиеся кусты сирени венгерской практически закрывают основную часть горки.

В юбилейный год планируется частичная реконструкция существующих и формирование новых композиций. Сотрудниками Сада разработан достаточный ассортимент для создания монокультурных садов, как из древесных, так и травянистых цветочных растений. В настоящее время в Полярно-альпийском ботаническом саду разработан богатый ассортимент цветочных травянистых растений для создания садов из примул, аконитов, тюльпанов. Рекомендовано 25 видов рода аконит для широкого использования в озеленении городов и поселков Кольской Субарктики. Большой вклад в разработку ассортимента аконитов внесла А.П. Горелова. Примером монокультурного цветника может служить аконитарий (цветник из разных видов аконитов), созданный на территории Сада в 1980-е гг. Его основу составляют акониты: клубочковый (*Aconitum napellus* L.), живокостнолистный (*A. delphinifolium* DC.) молдавский (*A. moldavicum* Hacq.), анторовидный (*A. anthoroideum* DC.), красивокистевой (*A. callilotryon* Reichenb.), лисий (*A. vulparia* Reichenb.), крепкий, компактный (*A. compactum* Reichenb.), английский (*A. anglicum* Stapf.) и носатый (*A. nasutum* Fisch. ex Reichenb.). Первыми в середине июля начинают цвести акониты анторовидный и красивокистевой, в конце июля зацветают акониты лисий, молдавский, клубочковый, компактный, в начале августа – шерстистоустый (*A. lasiostomum* Reichenb. ex Bess.) и крепкий. Продолжительность цветения каждого – три-четыре недели. Период наибольшей декоративности данной цветочной композиции с начала августа до середины сентября. Фоном данной композиции является декоративный газон.

В перспективе создание на территории Сада примулярия. К настоящему времени испытано свыше 100 видов рода *Primula* L., которые привезены в Сад растениями или семенами из разных районов России и зарубежных стран. Большой вклад в изучение первоцветов за Полярным кругом внес Б.Н. Головкин.

Примулы – идеальные интродуценты для Кольского Севера, которые характеризуются компактностью кустов, яркостью окрасок, устойчивостью в посадках и большинство из них относятся к раноцветущим видам. Несмотря на неблагоприятные климатические условия Крайнего Севера, некоторые из примул успевают за короткий летний сезон сформировать определенное количество, достаточное для продолжения существования вида, высококачественных семян.

Сотрудниками ПАБСИ был разработан проект примулярия (рис. 5). Для создания такой композиции рекомендовано использование 12 видов примул: альпийская (*P. alpicola* Stapf), арктическая, весенняя (*P. veris* L. var *alba*), высокая татринская, Китайбеля (*P. kitaibeliana* Schott), обыкновенная (*P. acaulis* (L.) L., опушенная (*P. pubescens* Jacq.), Парри (*P. parryi* A. Gray), прелестная, сиккимская (*P. sikkimensis* Hook), ушковая (*P. auriculata* Lam.), Юлии (*P. juliae* Kusn.). При проектировании композиции за основу брали высоту растений, разнообразие форм и окраски соцветий, продолжительность и период цветения. Композиция решена в сочетании золотисто-желтого и фиолетово-голубого, бордового и розового цветов. Она представлена небольшими группами свободных очертаний. Время наибольшей декоративности – с середины июня до середины июля. Фоном для цветочных растений является газон обыкновенного типа. Соотношение цветов и газона 1:3.

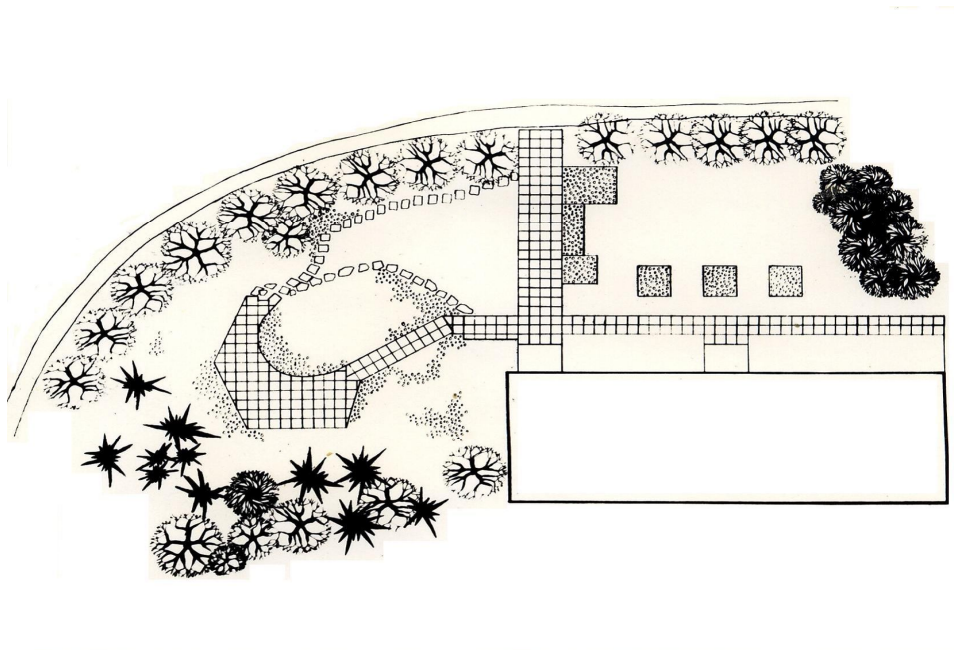


Рис. 5. Проект примулярия

Ниже приводим краткую характеристику декоративных качеств используемых видов примул.

- *Примула высокая* – декоративный многолетник высотой 25–30 см. Цветки ярко-желтые, собраны по 10-20 штук в зонтичное соцветие. Цветение начинается сразу после схода снега и продолжается в течение 15–20 дней.

- *Примула прелестная* – многолетник высотой до 30 см. Цветки ярко-фиолетово-голубые, диаметром до 3 см. Цветет с начала до третьей декады июня;

- *Примула Парри* – высокодекоративный многолетник высотой до 40 см. Цветки ярко-пурпурной окраски в центре с золотистым глазком. Цветет с третьей декады июня в течение 2–3 недель.

- *Примула опушенная* – многолетник высотой 15–22 см. Образует декоративные прикорневые розетки из яйцевидных, мясистых листьев. Цветки золотисто-желтые, диаметром до 3 см. Цветет с середины июня до середины июля.

- *Примула арктическая* – многолетник высотой 15–20 см. Декоративна благодаря восковым бледно-зеленым листьям и темно-бордовым цветкам, покрывающим компактный куст с начала до конца июля;

- *Примула Юлии* – низкорослый многолетник высотой 10–15 см. Цветки малиново-розовые в центре с желтым пятном. Цветет с третьей декады июня в течение 2–3 недель.

- *Примула Китайбея* – высокодекоративный многолетник высотой 15–20 см. Цветки розовые, в диаметре до 2.5 см. Цветение начинается с середины июня и продолжается в течение 25-30 дней;

- *Примула весенняя* – многолетник высотой 13–15 см. Цветки белые, диаметром 3.5–4.0 см. Цветет с конца июня в течение месяца.

- *Примула альпийская* – многолетник высотой 50–60 см. Цветки широковоронковидной формы, желтые, белые, бордовые, до 3 см в диаметре. Цветет с третьей декады июля в течение 25–30 дней;

- *Примула обыкновенная* – низкорослый многолетник высотой 10–12 см. Окраска цветков разнообразная. Цветет с третьей декады июня в течение 15–20 дней.

- *Примула ушковая* – многолетник высотой 10–15 см. Цветки желтые, с крупным светлым глазком посередине. Цветет с середины июня в течение 3–4 недель.

- *Примула сиккимская* – многолетник высотой 40–75 см. Цветки желтые, диаметром до 2.5 см. Цветет со второй декады июля в течение 50–60 дней.

Большое разнообразие ассортимента древесных и травянистых растений в Мурманской области открывает широкие возможности для создания здесь терапевтических садов. Примером экспозиции будущего является сад терапии, для создания которого на территории Сада выбран достаточно светлый и защищенный от ветра участок (0.2 га). На его территории планируется выделить несколько

функциональных зон (секторов). Для передвижения будет разработана удобная дорожно-тропиночная сеть. Ширина дорожек (1.5 м) рассчитана на удобное прохождение посетителями. В каждом секторе планируются площадки для отдыха, защищенные от холодных северных ветров древесными растениями с душистыми цветками. Виды для лечебных экспозиций будут подобраны по наличию трех признаков: аромат, цвет, фактура.

Особенностью сектора активной гарденотерапии будут специальные приподнятые контейнеры (высотой 60–85 см, шириной – 120 см), расположенные в легкодоступных местах для возможности ухода за душистыми растениями. Для оформления контейнеров планируется использование медленнорастущих, хорошо адаптированных к местным условиям, не требующих особого ухода травянистых растений.

Выше рассмотрены основные экспозиции Сада, которые максимально позволяют познакомить посетителей с ассортиментом травянистых цветочных растений и приемами их использования. Каждая экспозиция является показательной с точки зрения представления оригинального ассортимента, различных сочетаний и т.д. В планировочном решении Сад не располагает такими объектами, так как не позволяет территория.

Гористый рельеф, с большими перепадами отметок, с прилегающей к нему зеркальной гладью оз. Большой Вудъявр и журчащие горные ручьи представляют большие возможности в организации не только уникального по своим естественным природным условиям ботанического сада, но и в создании показательных садово-парковых экспозиций, на примере которых можно учиться озеленителям-производственникам, чтобы в дальнейшем использовать передовой опыт для озеленения наших городов. Все это требует дальнейшей работы по созданию новых и реконструкции существующих садово-парковых композиций.

ЛИТЕРАТУРА

Шимановская З.Ф. Цветники в Полярно-альпийском ботаническом саду // Цветоводство. 1961. Вып. 12. С. 16-17.

Сведения об авторах

Святковская Екатерина Александровна – научный сотрудник; e-mail: gontar_ob@mail.ru.

Тростенюк Надежда Николаевна – научный сотрудник; e-mail: gontar_ob@mail.ru.

Гонтарь Оксана Борисовна – к.б.н., доцент, ученый секретарь; e-mail: gontar_ob@mail.ru.

ИТОГИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ЛАБОРАТОРИИ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА ЗА ПЕРВОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ XXI ВЕКА

Н.А. Константинова, О.А. Белкина, Е.А. Боровичев, Д.А. Давыдов, Т.П. Другова, В.А. Костина, Л.А. Конорева, Н.Е. Королева, А.В. Мелехин, А.Н. Савченко
Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Приводится краткий обзор основных направлений и результатов исследований, проводимых лабораторией флоры и растительных ресурсов ПАБСИ. Приоритетным является разностороннее изучение разнообразия сосудистых растений, мхов, печеночников, лишайников и цианопрокариот, а также растительности Мурманской области и европейского сектора Арктики. За 10 лет выявлены новые для России и Мурманской области виды, значительно уточнены экология и распространение видов, составлены и проанализированы аннотированные списки видов многих локальных флор, обобщены все данные по разнообразию названных групп организмов на ООПТ и в равнинных и горных тундрах. Большое внимание уделено изучению антропогенно-трансформированных флор, включая урбанофлоры. В рамках работ на арх. Шпицберген обследовано 10 локальных флор, в том числе 3 – на труднодоступном острове Северо-Восточная Земля, выявлены 54 новых для архипелага видов, рассмотрены закономерности распространения видов на архипелаге. Работы по флоре России сосредоточены как на обследовании ранее не изученных регионов, так и на монографических обработках отдельных родов для России и мира. Важное направление – подготовка и ведение Красной книги Мурманской области, а также подготовка очерков для Красной книги России и отдельных территориальных подразделений страны. Фактической основой проводимых работ является гербарий, насчитывающий свыше 100 тыс. образцов. Коллекция печеночников является крупнейшей коллекцией в России.

Ключевые слова:

биоразнообразие, сосудистые растения, мхи, печеночники, лишайники, цианопрокариоты, растительность, Красные книги, ООПТ, урбанофлоры, Мурманская область, Шпицберген, Арктика, Россия.

80-летие ПАБСИ, а по сути, и лаборатории флоры и растительных ресурсов (поскольку первыми сотрудниками Ботанического сада были ботанико-географы и геоботаники) заставляет задуматься о том, с чем подошла лаборатория к этому юбилею. Лаборатории даже в тяжелое для страны время удалось не утратить завоеванные ранее в научном сообществе позиции, сохранить преемственность и, при поддержании и развитии традиционных классических направлений (изучение флоры, систематика, геоботаника), подключиться к разработке самых современных отраслей биологической науки, таких, например, как молекулярная филогенетика (см. статью А.А. Вильнет и Н.А. Константиновой в этом номере). В XXI в. расширился спектр исследуемых лабораторией групп организмов. Кроме сосудистых растений, мхов, печеночников и лишайников, начато и успешно проводится изучение очень мелких, но играющих важную роль в «экономике» природы цианопрокариот. Значительные различия в степени изученности исследуемых лабораторией групп организмов определяют приоритеты и основные направления в ее работе.

Исследования фитобиоты ведутся на молекулярно-генетическом, видовом, популяционном и фитоценоотическом уровнях. География экспедиций сотрудников лаборатории широка: от арктических пустынь арх. Шпицберген до гор Кавказа, Забайкалья и Дальнего Востока, однако приоритетным остается разностороннее изучение автотрофной биоты Мурманской области и европейского сектора Арктики.

Изучение разнообразия растений, лишайников и цианопрокариот Мурманской области

Всего в Мурманской области в настоящее время насчитывается 1346 видов сосудистых растений (896 аборигенных вида и 450 адвентивных), 474 вида мхов, 200 печеночников, 1151 вид лишайников (включая лихенофильные и сапротрофные грибы) и 301 вид цианопрокариот, причем разнообразие сосудистых растений составляет около одной трети (рис. 1).

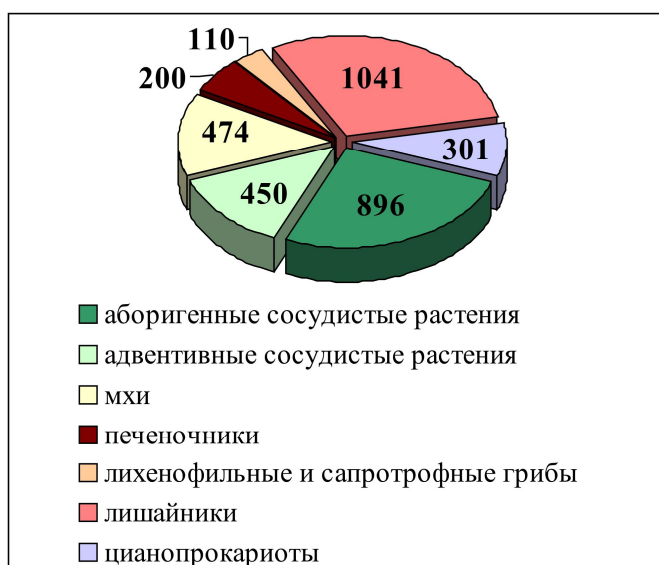


Рис. 1. Соотношение видового разнообразия изучаемых лабораторией групп организмов в Мурманской области

основном либо очень мелкие, пропускаемые при сборах таксоны, либо малоизвестные, недавно описанные и/или таксономически трудные виды.

Значительное число новых для области видов обнаружено в ходе ревизий отдельных родов и семейств как для Мурманской области, так для России и мира. Например, три новых для области вида манжеток (*Alchemilla nemoralis*, *A. schistophylla*, *A. lindbergiana*) выявлены при ревизии этого рода в Мурманской области [2, 3]. Ряд новых для области видов из рода *Lophozia* (печеночники), обнаружено в ходе монографической обработки этого рода для мировой флоры В.А. Бакалиным [4] и др.

Изучение цианопрокариот. Цианопрокариоты являются уникальными микроорганизмами, их роль в эволюции и экономике живой природы изучена пока крайне слабо. Возникнув в позднем архее, они внесли огромный вклад в становление и развитие биогеохимических циклов, определив переход к кислородной атмосфере. Значительное число видов цианопрокариот способно к азотфиксации. В лаборатории флоры и растительных ресурсов исследования цианопрокариот ведутся с 2002 г. Особое внимание уделяется изучению цианопрокариот наземных местообитаний [5-9]. Обобщение собственных и литературных данных нашло отражение в аннотированном списке цианопрокариот Мурманской области [10-12]. Результаты многолетнего исследования видового состава и распространения цианопрокариот Мурманской области, выявления особенностей систематической эколого-географической структуры флоры, а также определения роли цианопрокариот в процессах фиксации молекулярного азота в наземных экосистемах обобщены в монографии Д.А. Давыдова [13]. В настоящее время ведутся исследования флоры Лапландского заповедника [8, 14, 15]. В ходе работ в регионе обнаружены 4 новых для России вида цианопрокариот.

Изучение лишайников. Лишайники – самая многочисленная группа фитобиоты Мурманской области, если не учитывать ее адвентивный компонент. Хорошо известна большая роль, которую они играют в растительном покрове северных и горных стран, в том числе и Мурманской области.

К концу XX в. было более или менее выявлено видовое разнообразие макролишайников области. Новейший период (конец XX – начало XXI вв.) характеризуется углубленным изучением микролишайников, в результате список лишайников области увеличился почти на четверть. По результатам ревизии всех доступных материалов опубликован список лишайников Мурманской области [16].

Работы лихенологов лаборатории в XXI в. были сосредоточены на изучении лишайнобиоты ряда труднодоступных территорий. Обследован Лапландский заповедник, бассейн р. Пурнач, побережье Лумбовского залива Баренцева моря, долина р. Цаги у подножья горы Каменик и западные склоны этой горы, территория рудопроявления Гремяха и долина р. Кацким, Айновы острова и некоторые острова и побережье Кандалакшского залива Белого моря.

Это отражает специфику северных и горных районов, где на лидирующие позиции в растительном покрове и разнообразии фитобиоты выходят мохообразные и лишайники. Несмотря на значительные успехи, мы пока далеки от полного выявления флоры региона. В наибольшей степени это касается таких групп, как мохообразные, лишайники, но особенно мало изучены цианопрокариоты [1]. Так, если с 2000 г. впервые для области выявлено (с учетом принятых ревизий) 16 видов сосудистых растений, то печеночников обнаружен 21 вид, мхов – 21, лишайников – около 230 видов, а цианопрокариот – 66 видов. Большинство новых для области таксонов найдены в труднодоступных районах (Сальные и Мончегунды, побережье Лумбовского залива, бассейн реки Пурнач и др.). Характерно, что среди вновь выявленных в области видов некоторые оказались нередкими. Это в

На основе идентификации собранных образцов и анализа литературных данных составлены списки видов, встречающихся в тундровой зоне и тундровом поясе гор области. Всего здесь выявлено 797 видов, 266 отмечены только в зональных тундрах, 205 – только в горных, 331 – встречаются как в зональных, так и в горных тундрах. Подготовлен аннотированный список лишайников Лапландского заповедника, насчитывающий 607 видов.

Несмотря на определенные успехи, сделанные в изучении лишайнобиоты области, следует констатировать, что видовой состав ее выявлен неполно и основной задачей на ближайшие годы остается обследование ранее не изученных территорий и идентификация сделанных на них сборов, а также ревизия хранящихся в гербарии ПАБСИ образцов.

Изучение печеночников. Несмотря на мелкие размеры, виды этой древнейшей группы высших растений играют заметную роль в растительном покрове, особенно в горных районах приокеанических секторов Арктики и Субарктики. Наряду с лишайниками печеночники поселяются в недолго существующих экотопах (гниющая древесина, нарушенный почвенный покров и пр.), а также на таких неподходящих для сосудистых растений субстратах, как камень, мелкозем и пр. В первом десятилетии XXI в. основные усилия были направлены на изучение флор труднодоступных регионов Мурманской области, при этом упор сделан на инвентаризацию печеночников существующих и проектируемых особо охраняемых природных территорий ООПТ [1]. В результате составлены аннотированные списки печеночников горных массивов Сальные тундры, Чуна-тундра, Монче-тундра, Нявка-тундра [17, 18], проведен их сравнительный анализ. Кроме того, обследованы склоны горы Каменик в Панских тундрах [19], территория рудопроявления Гремяха и долина р. Кацким, участки на побережьях Баренцева и Белого морей, отдельные участки в Хибинах. Работы в перечисленных регионах позволили выявить 19 новых для области видов [20], уточнить экологию и распространение большого числа редких видов [17-22].

В рамках темы по изучению автотрофной биоты тундровой зоны и тундрового пояса гор Мурманской области составлен список печеночников, насчитывающий 157 видов, или 78%, флоры печеночников Мурманской области. При этом в горно-тундровом поясе найдены все эти виды, за исключением *Isopaches alboviridis* (R.M. Schust.) Schljak., а в тундровой зоне зарегистрировано на 29 видов меньше, т.е. всего 127 видов. Большое число специфических видов горно-тундрового пояса объясняется намного более слабой изученностью зональных тундр.

В целом, за прошедшие годы создана хорошая база для создания сводки «Флора печеночников Мурманской области», что является основной задачей настоящего времени.

Изучение мхов. В последнее десятилетие основное направление в изучении этой группы – обследование локальных флор мхов различных районов Мурманской области, приоритетными были исследования ООПТ и тундровой зоны, бриофлора которой изучена в наименьшей степени. Детально обследованы малоизученные территории Лапландского заповедника – Сальные тундры [23], урочище Сейднотлаг. В результате список мхов Лапландского заповедника увеличился на 77 видов и насчитывает в настоящее время 260 видов. Работы на островах Айновых, Большом Гавриловском и Больших Воронухах дополнили список мхов баренцевоморской части Кандалакшского заповедника 26 видами, в том числе 5 новыми для заповедника. Эти исследования явились первым шагом к познанию орнитогенного влияния на видовой состав мхов на территории Мурманской области. В противоположность лишайникам, у мхов не выявлено орнитофильных видов, группа орнитотолерантных видов представлена широко распространенными видами [24].

Проведено обследование материковой части тундровой зоны, в том числе удаленных районов. Впервые составлены списки локальных флор тундровой зоны – побережья Лумбовского залива (181 вид), низовьев реки Воронья и окрестностей Дальних Зеленцов (163), прилегающих к устью Териберки участков (105), район мыса Шарапов на п-ове Рыбачий (106), проведены сборы образцов в районе к западу от Лиинахамари. В результате подготовлен сводный список мхов тундровой зоны, включающий 336 видов, что составляет 73% от моховой флоры всей области [25]. Среди них 15 видов встречаются только в пределах этой зоны, в том числе такие редкие, как *Andreaea crassinervia* Bruch, *Campylopus schimperi* Milde, *Isoetecium alopecuroides* (Lam. Ex Dubois.) Isov. Выявлена группа мхов, способных поселяться и закрепляться на перевеваемых (незакрепленных) песках, – *Bucklandiella microcarpa* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra, *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra, *Polytrichum hyperboreum* R. Br. и *P. piliferum* Hedw., что может иметь практическое значение при закреплении пылящих отвалов хвостохранилищ.

Обобщены материалы по горным территориям Мурманской области, список мхов горных массивов насчитывает 365 видов, что составляет 80% всей мурманской бриофлоры [26]. Во всех

изученных горах произрастают 96 видов. Подавляющее большинство видов мхов найдено во всех трех высотных растительных поясах – 195 видов (53% от видов, зарегистрированных в горах). Исключительно в лесном поясе отмечено 52 вида (14%), в поясе криволесий – 6 видов (менее 2%), только в горно-тундровом поясе изученных горных массивов – 47 видов мхов.

Список мхов горно-тундрового пояса включает 299 видов (64% флоры мхов Мурманской области и 82% всей горной флоры этого же региона). Проведено сравнение с флорой мхов зональных тундр, число общих видов составляет 242 вида. В отношении распределения по биотопам и по субстратам мхи горно-тундрового пояса проявляют большую экологическую «пластичность» (эвритопность), т.е. одни и те же виды могут встречаться в большем количестве биотопов и на более разнообразных субстратах, чем в тундровой зоне. Обе флоры характеризуются преобладанием бореального и арктомонтанного географических элементов. Третье место по числу видов занимают: в зональной тундре – гипоарктомонтанный, в горной тундре – монтанный элементы, что вполне закономерно.

Данные, полученные в результате бриофлористических работ в Мурманской области, вошли составной частью в аннотированный список мхов России [27].

Найдено 4 (без учета урбанофлор) новых для области видов, а с учетом таксономических ревизий список увеличился еще на 17 видов. Найдены новые местонахождения многих редких и уязвимых видов, в том числе редких в России *Andreaea blytti* Bruch et al., *A. crassinervia* Bruch.

Изучение антропогенно-трансформированных флор

Мурманская область – один из наиболее индустриально развитых и урбанизированных районов Севера. Важным индикатором трансформации и нестабильности биоты служит появление в составе естественных фитоценозов адвентивных (заносных) видов. В настоящее время в области обнаружено 450 заносных видов сосудистых растений, что составляет около 33% флоры области. Из них около половины зарегистрированы на территории области за последние 25 лет. Таким образом, наблюдается активная синантропизация флоры региона. Установлены источники, пути и агенты заноса видов, давность заноса и степень натурализации в области [28].

Изучение флор мохообразных и лишайников антропогенно-трансформированных территорий находится на начальном этапе. Составлен список листостебельных мхов [29], и подготовлен предварительный список печеночников антропогенных местообитаний. Эти списки включают соответственно 30 и 45% видов всей флоры области. Антропогенная трансформация флоры мхов проявляется в снижении видового богатства, изменении таксономической структуры и соотношения различных экологических групп. Список лишайников, отмеченных на территориях с разной степенью антропогенной трансформации, к настоящему времени включает 187 видов (около 15% от общего числа видов лишайников, известных к настоящему времени для флоры Мурманской области), в том числе 10 видов из числа внесенных в Красную книгу Мурманской области.

Урбанофлоры (городские флоры). Исследованию урбанофлор в последнее время уделяется большое внимание во всем мире, что обусловлено постоянным увеличением территорий, занятых городами. Формируясь в специфических условиях городской среды, флоры городов имеют качественно новые характеристики, не свойственные флорам тех ботанико-географических зон, в пределах которых расположены города. Это определяет необходимость их детального изучения. Разнообразие растений на антропогенных местообитаниях в Мурманской области очень велико. Антропогенные местообитания – это не только экотопы, заселенные рудеральными видами, часто они выступают в качестве мест сохранения редких видов растений и лишайников.

Изучение урбанофлор Мурманской области начато в 2002 г. Подготовлены списки флоры сосудистых растений города Апатиты [30]. В лишенологическом плане обследованы территории пос. Коашва, г. Ковдор, а также место строительства инфраструктур Штокмановского месторождения в окрестностях пос. Терiberка.

Всесторонне исследованы флоры мхов 6 крупных городов области [31–37], расположенных в разнообразных по условиям территориях: в горах (Кировск), на равнинах (Апатиты, Мончегорск, Полярные Зори) и в приморских районах как на севере (Мурманск), так и на юге (Кандалакша) области. Бриофлоры городов Мурманской области характеризуются высоким видовым богатством (рис. 2).

В целом урбанофлора мхов региона насчитывает 226 видов, что составляет около 49% флоры мхов Мурманской области, при этом список мхов антропогенных местообитаний городов насчитывает 110 видов (49% урбанофлоры и 23% флоры Мурманской области). Ядро антропопотолерантных мхов формируют 22

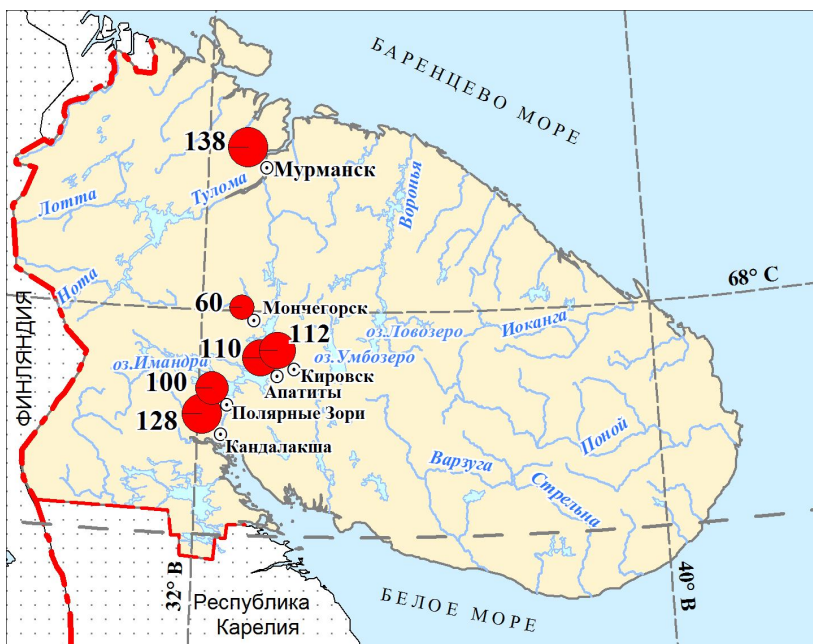


Рис. 2. Разнообразие изученных урбанофлор мхов Мурманской области

вида [38]. На территориях городов выявлены 5 новых для области видов и обнаружены новые местонахождения 21 вида мхов, являющихся в Мурманской области редкими. Обнаружено, что многие редкие виды растений и лишайников являются антропоотолерантными [38, 39]. Более того, в северных регионах некоторые редкие, в том числе в мире, виды мохообразных (например, *Aongstroemia longipes*) встречаются преимущественно в антропогенно-нарушенных местообитаниях. В Мурманской области два вида мхов – *Didymodon fallax* и *Schistidium submuticum* представлены в области только на территории городов и, возможно, являются адвентивными.

Изучение растительного покрова Мурманской области и европейского сектора Арктики и Субарктики

Уровень геоботанической изученности Мурманской области довольно высок, но недостатком многих работ о растительности области остается отсутствие фактических данных, которыми являются таблицы геоботанических описаний. Значительный вклад в «закрытие белых пятен» на геоботанической карте области внесли сотрудники ПАБСИ (об истории и современном состоянии геоботанических исследований в Мурманской области см. [40, 41]).

Поскольку без описаний невозможно достоверно судить ни о составе растительности, ни об ареалах типологических единиц, ни о закономерностях изменений растительного покрова, основой изучения растительности как Мурманской области, так и других районов Европейской Арктики является, прежде всего, выполнение, обработка и публикация таблиц описаний. Основное направление геоботанических исследований лаборатории в последнее десятилетие – изучение флористического, структурного и ландшафтного разнообразия растительного покрова Мурманской области, а также других районов Арктики и Субарктики при использовании классификации растительности как основного метода.

Были исследованы малоизученные районы области (на побережье Баренцева и Белого морей, в долине рек Воронья, Териберка, Иоканга, в Сальных тундрах, Монче-тундре, в Ловозерских горах) и опубликованы полные геоботанические описания растительных сообществ и сводные таблицы синтаксонов некоторых из этих районов [42-47]. При поддержке программы «Биоразнообразие», Министерства экономического развития и торговли РФ и РФФИ-NWO проведено обследование удаленных побережий Архангельской области, гор на севере Швеции, побережья и островов на севере Норвегии, некоторых районов на арх. Шпицберген.

При оценке разнообразия растительного покрова области могут возникнуть трудности, связанные с наличием разнородных единиц растительности, полученных в результате разных классификационных подходов. Для унификации и облегчения практического использования разных геоботанических данных (при проведении природоохранных мероприятий, картирования растительности) была создана типология биотопов Мурманской области. На основании структуры, видового состава и положения в ландшафте было выделено 34 типа биотопов в тундровой зоне и горно-тундровом поясе [48], дана синонимика и проведено последующее их объединение в группы на основании свойств эдафотопы и характера увлажнения. Продолжается работа по типологии биотопов в березовых криволесьях, а также в еловых и сосновых малонарушенных лесах области, с особым вниманием к выделению ключевых биотопов для охраны биоразнообразия Северной Европы и Арктики.

На основе анализа синтаксономической структуры растительных сообществ с доминированием *Dryas octopetala* в европейском секторе Арктики и Субарктики сделан вывод о том, что дриадовые тундры Скандинавии (в том числе в горах и на побережье Мурманской области) и Шпицбергена в основном относятся к разным викарирующим ассоциациям одного союза *Caricion nardinae* Nordh. 1943. Выявленное преобладание видов-мезофитов противоречит устоявшемуся представлению о ксерофитном характере сообществ союза. Уровень региональной гетерогенности дриадовых тундр Шпицбергена дает возможность предполагать наличие здесь ассоциаций, относящихся к разным союзам и, возможно, классам [46]. Такой анализ для синтаксонов высшего ранга перспективен для региональной оценки растительного разнообразия тундрового биома и выявления путей филоценогенеза в европейском секторе Арктики и Субарктики.

Синтаксономический анализ приморской растительности показал, что марши низкого и высокого уровня на побережьях севера Скандинавии, включая и Кольский п-ов, относятся к синтаксонам преимущественно арктического, а пляжи – преимущественно бореального распространения. Очевидно, будут внесены изменения в существующую схему приморской зональности, так как есть основания для выделения на побережьях Фенноскандии субарктической зоны, промежуточной между атлантико-бореальной и арктической зонами приморской растительности [49].

Через анализ «поведения» редких видов растений в растительном покрове была установлена фитоценотическая приуроченность и активность видов из Красной книги Мурманской области [50]. Эти сведения могут быть использованы для уточнения категорий редкости видов в Красных книгах, а также для поиска и создания новых охраняемых территорий Мурманской области.

В ходе совместного с лабораторией биогеоценологии ПАБСИ исследования структурно-функционального своеобразия горно-тундровых биогеоценозов была выявлена значительная дифференциация горно-тундрового растительного покрова на градиенте оснеженности местообитания по таким показателям, как состав, структура и продуктивность фитоценоза, запасы подстилки по подгоризонтам, динамика температуры и влажности почвы, скорость и характер разложения подстилки, вертикальный внутривертикальный вынос углерода с почвенными растворами [51-54]. В настоящее время продолжают биогеоценологические исследования последствий климатических изменений в арктическом и альпийском биоме в рамках совместного российско-голландского проекта РФФИ-NWO FUTURE (участники Университет Wrijе, Амстердам, МГУ им. Ломоносова, ПАБСИ КНЦ РАН).

Инвентаризация разнообразия на арх. Шпицберген

Регулярное изучение разнообразия биоты Шпицбергена начато лабораторией флоры в 2003 г. Несмотря на трудности полевых работ на архипелаге (суровый климат, необходимость охраны лагеря и маршрутной группы от белых медведей и пр.), ежегодно на протяжении 7 лет сотрудники лаборатории обследовали по 1-2 локальных флоры Шпицбергена (рис. 3, 4).

В результате в настоящее время в ПАБСИ сосредоточена крупнейшая в России и одна из самых крупных в мире коллекция мохообразных, лишайников и цианопрокариот арх. Шпицберген. Обработка сборов еще не завершена, однако предварительные результаты позволили заметно пополнить опубликованные ранее списки видов и значительно изменили представления о распространении и экологии многих видов, в том числе считавшихся редкими.

Впервые на архипелаге обнаружено 9 видов печеночников, 6 видов мхов, 8 – лишайников и 31 вид цианопрокариот. Подтверждено произрастание на архипелаге 11 видов мхов, 8 печеночников,

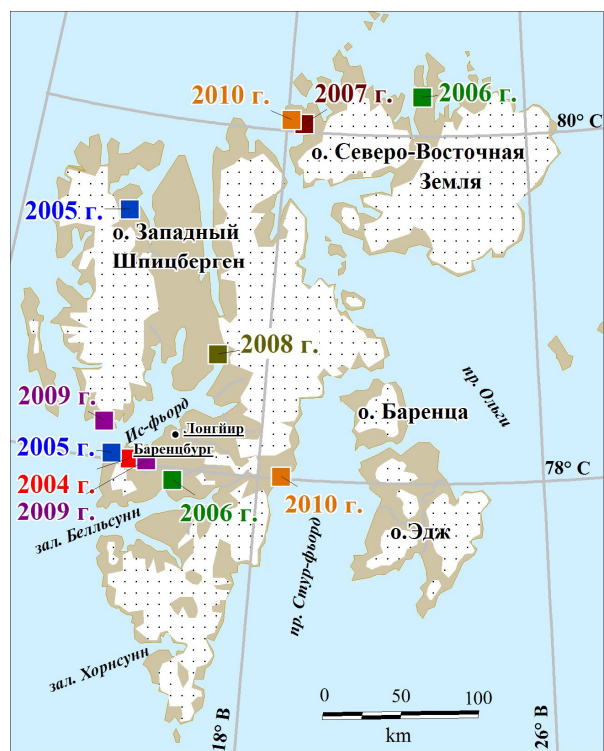


Рис. 3. Районы арх. Шпицберген, в которых проводилось обследование автотрофной биоты

исключенных из-за ненадежности указаний из списка известных на архипелаге видов А.А. Frisvoll & А. Elvebakk [55]. С учетом литературных и наших данных на архипелаге в настоящее время известно 305 видов листостебельных мхов [56], 102 вида печеночников, 747 видов лишайников и 198 видов цианопрокариот.

Практически впервые составлены (для цианопрокариот и печеночников) или значительно пополнены (для мхов на 95 видов) списки видов, найденных на о. Северо-Восточная Земля, и в настоящее время флора этого острова насчитывает 143 вида мхов [56], 57 печеночников, 42 вида цианопрокариот [7, 57]. Найденны новые местонахождения, уточнено распространение редких видов [58-64]. Показано, что многие виды, считавшиеся редкими или очень редкими, на самом деле встречаются относительно часто.



Рис. 4. Комплексный отряд лаборатории в полевых условиях на арх. Шпицберген

Мохообразные. Начиная с работ Р.Н. Шлякова, ПАБСИ становится одним из центров изучения мохообразных в России. Благодаря поддержке РФФИ последнее десятилетие стало периодом активных сборов печеночников в разных регионах России (рис. 5). В ПАБСИ в настоящее время сосредоточена крупнейшая в мире коллекция печеночников с территории страны. В основе ее лежат сборы, сделанные как в Мурманской области (см. статью Константинова и др. в этом номере), так и в других регионах страны (от Карелии до Камчатки и Курил на востоке и до Южной Сибири и Кавказа на юге), а также присланные нам на изучение коллекции из разных частей страны (рис. 5).

На основе преимущественно собственных сборов подготовлены и опубликованы аннотированные списки печеночников для территорий, по которым или не было вообще никаких сведений, или имелись очень неполные списки: Станового Нагорья [67], п-ова Камчатка [68], острова Беринга [69]; Корякского нагорья [70], а также заповедников «Азас» [71], "Кузнецкий Алатау" [72], «Байкальский», [73], «Керженский» [74], «Кокшага» [75], «Кавказский» [76], «Тебердинский» [77] и др. Идентификация присланных коллекций позволила подготовить аннотированные списки видов заповедника «Вишерский» [78].

Проанализированы сведения по видовому разнообразию печеночников в заповедниках России, где выявлено 325 таксонов [73]. Высокая репрезентативность флор печеночников заповедников России (80%) по сравнению с сосудистыми растениями (67%) отражает, с одной стороны, особенности их распространения, заключающиеся в значительно более широких ареалах, с другой стороны, это результат того, что фиторазнообразие в России в основном изучается на заповедных территориях.

Впервые составлен критический список печеночников России, включающий сведения о распространении 450 видов в 26 российских регионах [79]. Сведения о нахождении таксонов в регионах подтверждены ссылками на соответствующие источники и гербарии. При подготовке этой сводки учтены новейшие данные по филогении и систематике печеночников.

Впервые для флоры России проведены монографические обработки 5 родов печеночников и 1 рода мха *Aongstromia* [80]. Для каждого из них сделаны описания видов, составлены оригинальные ключи для их определения, охарактеризованы экологические особенности местообитаний,

Впервые выявлено варьирование видового богатства и существенные различия видового состава в локальных флорах архипелага, составлены аннотированные списки видов и сводные таблицы геоботанических описаний для ряда не изученных ранее территорий [63, 65, 66].

Изучены процессы восстановления растительности арктических тундр архипелага, сделан вывод о сходстве общего сценария восстановления растительности в Арктике и Субарктике и зависимости путей сукцессий от экологических условий (в основном, от увлажнения) и от типа нарушений [45].

Изучение флоры России

географическое распространение в России и в мире. Сделана мировая критико-монографическая обработка рода *Lophozia* [4], описаны 5 новых для науки видов [4, 81].

Лишайники. Лаборатория флоры и растительных ресурсов ПАБСИ принимает участие в работе над флорой лишайников России. В результате проведенных исследований выявлено 92 новых для Рязанской области видов, из которых 3 указываются впервые для Восточной Европы, 36 новых для Ярославской области [82] и 107 новых для Дарвинского заповедника видов [83]. Составлен аннотированный список видов для юго-запада Среднерусской возвышенности, включающий 317 видов и 6 внутривидовых таксонов [84]. Впервые для исследуемой территории приведено 58 видов лишайников, в том числе 2 новых для России вида – *Bacidina delicata* и *Verrucaria cretophila*.

Подготовка Красных книг

Красные книги – это постоянно корректируемые документы перманентного действия, поскольку условия обитания животных и растений постоянно меняются и все новые виды могут оказаться в катастрофическом положении. Вместе с тем, усилия по охране фиторазнообразия, предпринимаемые человечеством, могут давать хорошие плоды, о чем свидетельствуют «Зеленые листы» Красной книги МСОП. Следует подчеркнуть, что за каждым очерком Красной книги стоит многолетнее изучение морфологического разнообразия вида, его экологии и распространения в регионе и мире, оценка угроз его существованию. Таким образом, в Красных книгах сосредоточен чрезвычайно ценный материал по биологии и экологии редких видов.

Данные о распространении и экологии редких видов, полученные сотрудниками лаборатории при изучении фитобиоты Мурманской области и России, использованы при подготовке Красной книги Мурманской области, а также для других российских регионов и Красной книги России.

Красная книга Мурманской области (ККМО). В 2003 г. при активном участии сотрудников лаборатории издана первая официальная Красная книга Мурманской области [85]. Для ее подготовки использован обширный фактический материал, собранный за долгие годы: гербарные коллекции растений и лишайников, литературные ссылки, результаты мониторинга по различным районам Мурманской области. В Красную книгу Мурманской области внесено 224 вида сосудистых растений, 162 вида мохообразных и 127 – лишайников, для 100 из них приводятся очерки. Со времени публикации книги сотрудниками лаборатории ведется постоянная работа по корректировке списков, уточнению категории видов и их переоценке на основе международных критериев, разработанных IUCN. Вносятся предложения по исключению из Красной книги одних видов и внесению новых, что обусловлено постоянным обновлением данных о флоре области. Так, за период после издания Красной книги в области выявлены новые местонахождения очень многих внесенных в нее видов. В их числе, например, мох *Weissia wimmeriana* – известный ранее в Мурманской области только из Хибинского массива (горы Вудъяврчорр и Юкспорр). Подготовлены предложения по изменению категорий для многих «краснокнижных» видов. Анализ распространения видов, внесенных в Красную книгу области, показал, что 56 видов сосудистых растений, 31 вид мхов, 9 печеночников, 17 видов лишайников не зарегистрированы ни на одной ООПТ области [1]. Сохранность большинства из них вызывает наибольшие опасения.

Красная книга России и отдельных регионов страны. Для Красной книги Российской Федерации [86] сотрудниками лаборатории написано 17 очерков, в том числе 8 очерков по сосудистым растениям, 1 очерк по мхам, 8 очерков по печеночникам. Лаборатория флоры и растительности ПАБСИ является признанным в России центром бриологических и лишайниковых исследований: ученые лаборатории приглашались к написанию очерков для Красных книг многих территориальных подразделений России: Чукотского национального округа [87], Ненецкого национального округа [88], Краснодарского края [89], Белгородской [90] и Рязанской областей. В настоящее время проводятся работы по подготовке списков и очерков печеночников для Красных книг Республики Адыгея, для Карачаево-Черкессии, а по лишайникам – для следующего издания Красной книги Курской области [91].

Гербарии, базы данных и ГИС-технологии

Гербарий. Если флора – основа всех ботанических исследований, то гербарий – это документированная основа флоры. Гербарий существует в ПАБСИ с основания Сада. Однако наиболее активное пополнение его образцами сосудистых растений осуществлялось в ходе работы над флорой сосудистых растений с 1946 по 1965 годы. В настоящее время основной гербарий сосудистых растений насчитывает около 30 тыс. листов. После начала работ по флорам

мохообразных и лишайников были основаны гербарии по этим группам. За последние 10 лет в основной гербарий мохообразных инсерировано около 17 тыс. образцов, всего в гербарии хранится около 36 тыс. образцов, не считая дублетного (около 3 тыс. образцов) гербария и около 5 тыс. неоформленных образцов. В лишенологическом гербарии хранится около 35 тыс. образцов. Около 3 тыс. образцов преимущественно мохообразных получено за последние 10 лет по обмену, в основном с зарубежными гербариями.

Базы данных (БД). С 1996 г. функционирует разработанная в лаборатории база данных «Мохообразные Мурманской области», а с 2001 г. и «Мохообразные России и мира» с несколько видоизмененным набором полей. К БД подключены справочные и вспомогательные таблицы, в частности, списки таксонов, географических названий и элементов выбора для заполнения соответствующих полей. Географические координаты точек сбора образцов заполняются по литературным данным (описаниям мест сбора) или непосредственно по измерениям GPS-навигатора и позволяют использовать совместно программы VisualDbase и Mapinfo. Программа Mapinfo поддерживает графическую информацию, и по запросам и выборкам, созданным в программе VisualDbase, строятся точечные ареалы видов на географических картах необходимого для конкретной работы масштаба и тематики (физико-географические, контурные, административные) в растровом или векторном формате. Для создания этой структуры проведена корректировка и добавление новых (ключевых) полей в существующие БД с целью универсализации введения данных и возможности выбора информации, связанной по ключевым полям, из нескольких таблиц БД.

Для ряда районов, из которых проводилась идентификация сборов, подготовлен картографический материал для БД. Отсканированы и привязаны к координатной сетке растровые листы топографической карты масштаба 1:200000 для основных районов сборов. Разработана программа, позволяющая получить координаты точек сбора образцов старого гербария по описанию этикетки и растровому изображению топографической карты заданного района. Координаты заносятся автоматически в БД и используются для построения карт распространения видов в ГИС.

В настоящее время БД «Мохообразные Мурманской области» содержит 19 850 записей, а БД «Мохообразные России и мира» – 14 036 записей.

Для гербаризации цианопрокариот и лишайников используются системы управления данными, созданные на CMS Drupal. В системы внесено 7400 образцов лишайников и 200 образцов цианопрокариот. Данные доступны в сети Интернет (<http://www.phpmybotan.ru/allsystem2>).

Подготовка иллюстрированных научных и научно-популярных книг о биоте Мурманской области

Важным направлением работы лаборатории флоры и растительности является популяризация ботанических знаний и полученных научных результатов. В 2005 г. была издана книга «Ботанические экскурсии по Хибинским и Ловозерским горам» [92] – красочное издание с описанием и фотографиями наиболее распространенных, редких и интересных растений и лишайников двух самых высоких горных массивов Мурманской области. В течение короткого времени она стала библиографической редкостью, что свидетельствовало о нехватке подобной литературы в регионе. По инициативе сотрудника Геологического института Д.В. Жирова было начато издание серии научно-популярных книг «Памятники природы и достопримечательности Мурманской области» [93, 94], в работе над которыми активное участие принимали сотрудники лаборатории. Ими были написаны разделы, посвященные биоте Терского и Ловозерского районов, а также представлены фотографии сосудистых растений, мохообразных, лишайников и растительных сообществ. Следует отметить, что даже сугубо научные издания, опубликованные лабораторией [1, 63], снабжены красочными иллюстрациями, что делает их более доступными для понимания и полезными широкому кругу читателей – студентам, преподавателям, любителям природы.

Проводимые в лаборатории работы выполнялись частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (за 10 лет 35 грантов, включая 12 инициативных и 10 экспедиционных), Программы поддержки фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие», Правительства Мурманской области, Министерства окружающей среды Финляндии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разнообразие растений, лишайников и цианопрокариот Мурманской области: итоги изучения и перспективы охраны. СПб., 2009. 120 с. 2. *Филимонова Т.В.* Род *Alchemilla* L. во флоре Мурманской области // Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы: материалы междунар. конф. Казань, 2006. Т. 21. С. 187-190. 3. *Филимонова*

Т.В., Костина В.А. Разнообразие видов рода *Alchemilla* L. на Кандалакшском берегу Белого моря // Труды Беломорской биостанции. 2005. Т. X. С. 196-199. 4. Бакалин В.А. Монографическая обработка рода *Lophozia* (Dumort.) Dumort. s. str. М.: Наука, 2005. С. 1-238. 5. Давыдов Д.А. Наземные цианобактерии (Cyanobacteria / Cyanophyta) в районе Териберской губы, Баренцево море // Материалы докл. науч. конф. «Актуальные проблемы биологии и экологии» / Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2004. С. 73-75. 6. Давыдов Д.А. Таксономическая структура флоры цианопрокариот наземных местообитаний Мурманской области // Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере: материалы междунар. конф. Кировск, 2006. С. 60-64. 7. Давыдов Д.А. Наземные цианопрокариоты на территории Полярно-альпийского ботанического сада-института (Хибины, Кольский полуостров) // Бюлл. МОИП. Отдел биол. 2008. Т. 113, вып. 1. С. 7-10. 8. Шальгин С.С., Давыдов Д.А. Цианопрокариоты хребта Монче-тундра (Лапландский заповедник) // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: материалы II Всеросс. конф. / Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2009. С. 245-247. URL: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/, свободный. 9. Davydov D. A. Terrestrial Cyanoprokaryota of the Khibiny Mountains // Algae in terrestrial ecosystems: Intern. conf. Kaniv Reserve, Program and Abstracts. Nizhyn, 2005. P. 24. 10. Давыдов Д.А. Аннотированный список цианопрокариот Мурманской области. I. Chroococcales // Новости систематики низших растений. 2009а. Т. 43. С. 50-62. 11. Давыдов Д.А. Аннотированный список цианопрокариот Мурманской области. II. Oscillatoriales // Новости систематики низших растений. 2009б. Т. 43. С. 63-70. 12. Давыдов Д.А. Аннотированный список цианопрокариот Мурманской области. III. Nostocales, Stigonematales // Новости систематики низших растений. 2010а. Т. 44. С. 56-68. 13. Давыдов Д.А. Цианопрокариоты и их роль в процессе азотфиксации в наземных экосистемах Мурманской области. М.: ГЕОС, 2010б. 184 с. 14. Боровичев Е.А., Костина В.А., Шальгин С.С. Некоторые ключевые ботанические территории Лапландского заповедника (Мурманская область) // Тр. Карельского научного центра РАН. Сер. Биогеография. 2011. № 8, вып. 10 (в печати). 15. Боровичев Е.А., Шальгин С.С., Давыдов Д.А. Дополнение к флоре цианопрокариот и печеночников Лапландского заповедника (Мурманская область) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2010. № 8 (113). С. 7-10. 16. Urbanavichus G., Ahti T., Urbanavichene I. Catalogue of lichens and allied fungi of Murmansk region, Russia // Norrlinia. 2008. Vol. 17. P. 1-80. 17. Боровичев Е.А. Дополнение к флоре печеночников Лапландского заповедника (Мурманская область) // Новости систематики низших растений. 2009. Т. 43. С. 313-321. 18. Боровичев Е.А. Печеночники (Marchantiophyta) горного массива Сальные тундры (Лапландский заповедник, Мурманская область) // Новости систематики низших растений. 2010. Т. 44. С. 272-298. 19. Константинова Н.А., Мелехин А.В., Савченко А.Н. О создании ботанического памятника природы в долине реки Цага // Вестник МГТУ, 2008. Т. 11, № 3. С. 519-525. 20. Константинова Н.А., Боровичев Е.А., Савченко А.Н. Печеночники // Разнообразие растений, лишайников и цианобактериот Мурманской области: итоги изучения и перспективы охраны. СПб., 2009. С. 40-49. 21. Константинова Н.А. Дополнение к флоре печеночников Хибин (Мурманская область) области // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия растительного и животного мира северной Фенноскандии и сопредельных территорий: докл. междунар. конф., г. Апатиты, 26-28 ноября 2002 г. М., 2005. С. 14-18. 22. Константинова Н.А., Боровичев Е.А. К флоре печеночников (Hepaticeae) Мурманской области // Ботан. журн. 2006. Т. 91, № 2. С. 322-328. 23. Белкина О.А., Лихачев А.Ю. Флора листостебельных мхов Сальных тундр (Мурманская область) // Arctoa. 2005. Т. 14. С. 177-196. 24. Белкина О.А., Лихачев А.Ю. К флоре мхов тундровой зоны Кольского полуострова // Геоботанические и ресурсоисследовательские исследования в Арктике: сб. науч. ст. / отв. ред. П.А. Ремигайло. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2010а. С. 63-67. 25. Belkina O.A., Likhachev A.Yu. Local moss floras of tundra zone in Murmansk Region // "Bryoflora of the Russian Far East: taxonomy, genesis, phytogeographic relations". Vladivostok, 2010. P. 15-16. 26. Белкина О.А. Некоторые характеристики горных флор мхов Мурманской области // Горные экосистемы и их компоненты: тр. междунар. конф. Нальчик, 2005. Т. 1. С. 44-46. 27. Ignatov M.S., Afontina O.M., Ignatova E.A. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa, 2006. Vol. 15. P. 1-130. 28. Костина В.А. Синантропная флора сосудистых растений и вопросы охраны растительности Кольского Севера // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Ч. 2: Материалы междунар. конф. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. С. 63-64. 29. Белкина О.А. Листостебельные мхи антропогенных местообитаний Мурманской области // Ботан. журн. 2001. Т. 86, № 11. С. 21-36. 30. Рахманова Е.П., Костина В.А. Флора сосудистых растений г. Апатиты (Мурманская область) // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докл. Одиннадцатой молодежной науч. конф. Сыктывкар: Коми научный центр Уральского отделения РАН, 2004. С. 246-248. 31. Другова Т.П. Флора листостебельных мхов города Кировска (Мурманская область, север Европейской России) // Arctoa. 2005. Т. 14. С. 203-209. 32. Другова Т.П. Предварительные результаты исследования флоры листостебельных мхов города Мурманска // Устойчивость экосистем и проблемы сохранения биоразнообразия на севере: материалы междунар. конф. Кировск, 2006. С. 73-77. 33. Другова Т.П. Сравнительный анализ флор мхов городов Кировска и Апатитов (Мурманская область, север Европейской России) // Бюлл. МОИП. Отдел биол. 2008а. Т. 113, вып. 4. С. 45-55. 34. Другова Т.П. Сравнительный анализ флор городов Мурманской области // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: материалы Всеросс. конф. Ч. 2: Альгология, микология, лишайнология, бриология. Петрозаводск, 2008б. С. 293-297. 35. Другова Т.П. Мхи города Мурманска // Новости систематики низших растений. 2009. Т. 43. С. 321-336. 36. Drugova T.P. Mosses of Kandalaksha City (Murmansk Province, north-west Russia) // Arctoa. 2007. Vol. 16. P. 145-152. 37. Drugova T.P. Mosses of Monchegorsk City (Murmansk Province, north-west of Russia). Arctoa. 2010а. Vol. 19. P. 165-170. 38. Другова Т.П. Анализ антропопотолерантных мхов городов Мурманской области // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы III Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. Апатиты, 2010. С. 73-75. 39. Конорева Л.А. Краснокнижные виды лишайников на антропогенно-трансформированных территориях Мурманской области // Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии: материалы Всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвященной памяти Л.В. Бардунова (1932-2008 гг.). Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010а. С. 592-595. 40. Филиппова Л.Н. Геоботанические и флористические исследования на Кольском Севере // Развитие ботанических исследований на Кольском Севере. Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1981. С. 14-25. 41. Королева Н.Е. Вклад

Мурманского отделения Русского ботанического общества в изучение Кольского края. // Материалы конференции научных обществ, посвященной 75-летию КНЦ и Всемирному дню науки за мир и развитие. Апатиты: К&М, 2005. С. 56-63. 42. *Королева Н.Е.* Синтаксономический обзор болот тундрового пояса Хибинских гор (Мурманская область) // Растительность России, 2001а. № 2. С. 49-57. 43. *Королева Н.Е.* Синтаксономический обзор горно-тундровой растительности Хибин // Бюлл. МОИП. Отдел биол. 2001б. Т. 106, вып. 4. С. 50-57. 44. *Королева Н.Е.* Безлесные растительные сообщества побережья Восточного Мурмана (Кольский полуостров, Россия) // Растительность России. 2006а. № 9. С. 20-42. 45. *Королева Н.Е.* Восстановление тундровой растительности после антропогенного воздействия в европейском секторе Арктики и Субарктики (на примере Западного Шпицбергена и Кольского полуострова) // Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы VI Междунар. науч. конф. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006б. Вып. 6. С. 337-342. 46. *Королева Н.Е.* К синтаксономии растительных сообществ с доминированием *Dryas octopetala* L. в Фенноскандии и на Шпицбергене // Тр. КарНЦ РАН. Серия. Биогеография. 2011. № 1, Вып. 11. С. 23-36. 47. *Koroleva N.E.* Mountain Birch Forests of Murmansk Province, Russia // *Skograektarritith.* 2001. P. 137-143. 48. *Королева Н.Е.* Основные биотопы горных и зональных тундр Мурманской области // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11(3). С. 533-542. 49. *Королева Н.Е., Сортланд А.* Синтаксономический обзор приморской растительности побережья Фенноскандии в тундровой зоне // Материалы Всеросс. конф., посвященной 80-летию кафедры геоботаники и экологии растений Санкт-Петербургского (Ленинградского) университета. СПб., 2011. С. 54. 50. *Королева Н.Е.* Основные биотопы горных и зональных тундр Мурманской области и распределение редких видов растений // Бюл. МОИП. Отдел биологический. 2010. Т. 115, вып. 1. С. 30-40. 51. *Ушакова Г.И., Шмакова Н.Ю., Королева Н.Е.* Влияние условий местообитания на структуру и продуктивность растительных сообществ горной тундры Хибин // Бюлл. МОИП. Отдел биологический, 2002. Т. 107, вып. 6. С. 41-48. 52. *Ушакова Г.И., Шмакова Н.Ю., Королева Н.Е.* Влияние видового состава и структуры фитомассы растительных сообществ на накопление углерода в горных и предгорных биогеоценозах Хибин // Бюлл. МОИП. Отдел биол. 2004. Т. 109, вып. 2. С. 57-65. 53. *Ушакова Г.И., Шмакова Н.Ю., Королева Н.Е.* Влияние видового состава, структуры и продуктивности растительных сообществ на накопление макроэлементов в горно-тундровых биогеоценозах Хибин (Мурманская область) // Бюлл. МОИП. Отдел биологический. 2006. Т. 111, вып. 4. С. 52-62. 54. *Ushakova G.N., Schmakova N.Yu., Koroleva N.E.* Spatial analysis of soil, vegetation, productivity, and carbon stored in mountain tundra ecosystems, Khibiny Mountains, Russia // *Polar Geography.* 2003. Vol. 27, № 3. P. 210-225. 55. *Frisvoll A.A., Elvebakk A.* Bryophytes. Part 2 // A.Elvebakk & P.Prestrund (eds.): A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Norsk Polarinstittutt Skifter. 1996. Vol. 198. P. 57-172. 56. *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* Некоторые итоги изучения локальных флор листостебельных мхов архипелага Шпицберген // Тезисы конференции по созданию программы Международного полярного десятилетия. 2010б. URL: http://www.onlineg.ru/ipy2010/Abstracts_ipy2010.doc. С. 82-83. 57. *Давыдов Д.А.* Дополнение к флоре цианопрокариот полярных пустынь Земли Принца Оскара (о. Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Материалы X Междунар. науч. конф. «Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген». М., 2010в. С. 374-376. 58. *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* К флоре листостебельных мхов долины Рейндален (о. Западный Шпицберген, Ван-Мейен-фьорд) // Материалы VIII Междунар. конф. «Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики». Вып. 8. Мурманск, 2008. С. 33-37. 59. *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* Флора листостебельных мхов долины озера Линне (о. Западный Шпицберген) // Материалы междунар. науч. конф. «Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена». М.: Геос, 2010в. Вып. 10. С. 362-367. 60. *Конорева Л.А.* Редкие виды лишайников во флоре архипелага Шпицберген // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: тез. докл. междунар. науч. конф. Апатиты, 2010б. С. 110-112. 61. *Константинова Н.А., Савченко А.Н.* О находках редких для Шпицбергена печеночников на западном побережье Бокк-фьорда // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. С. 330-336. 62. *Константинова Н.А., Савченко А.Н.* К распространению редких на архипелаге Шпицберген печеночников в окрестностях пос. Пирамида // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. Вып. 8. С. 177-181. 63. Флора и растительность побережья залива Грен-фьорда (архипелаг Шпицберген) / *Н.Е. Королева, Н.А. Константинова, О.А. Белкина, Д.А. Давыдов, А.Ю. Лихачев, А.Н. Савченко, И.Н. Урбанавичене.* Апатиты: К&М, 2008. 132 с. 64. *Konstantinova N.A., Savchenko A.N.* Contribution to the hepatic flora of Svalbard // *Lindbergia.* 2008. Vol. 33. P. 13-22. 65. *Конорева Л.А.* Лишайники в локальных флорах архипелага Шпицберген // Материалы X Междунар. науч. конф. «Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики». Мурманск, 2010в. С. 402-407. 66. *Королева Н.Е.* Растительность залива Рейп-фиорд (Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы VII Междунар. конф. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. Вып. 7. С. 278-286. 67. *Бакалин В.А.* Печеночники Станового Нагорья // *Arctoa.* 2004. Vol. 13. P. 73-83. 68. *Bakalin V.A.* A preliminary check-list of the hepatics of Kamchatka Peninsula (Russian Far East) // *Arctoa.* 2003. Vol. 12. P. 83-90. 69. *Bakalin V.A.* The liverwort flora of Bering Island (north-west Pacific, Russia) // *Lindbergia.* 2005. Vol. 30. P. 79-92. 70. *Константинова Н.А., Кузьмина Е.Ю.* К флоре печеночников Корякии (северо-восток России) // *Arctoa.* 2001. Т. 10. С. 103-115. 71. К флоре печеночников Тоджинской котловины (Республика Тува, Южная Сибирь) / *В.А. Бакалин, Н.И. Молокова, Т.Н. Отнюкова* // *Arctoa.* 2001. Т. 10. С. 19-26. 72. *Константинова Н.А.* К флоре печеночников (Hepaticae) заповедника Кузнецкий Алатау (Южная Сибирь) / *Н.А. Константинова, Е.Д. Лапшина, Е.Я. Мульдияров* // *Arctoa.* 2003. Т. 12. С. 151-167. 73. Печеночники и антоцеротовые заповедников России / *М.С. Игнатов, Н.А. Константинова, И.Н. Урбанавичене, Г.П. Урбанавичюс* // Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России. Вып. 3: Лишайники и мохообразные. М., 2004б. С. 236-273. 74. *Константинова Н.А.* Печеночники Керженского заповедника (Нижегородская область, центр европейской части России) // *Arctoa.* 2004а. Т. 13. С. 89-99. 75. *Константинова Н.А., Богданов Г.А., Савченко А.Н.* Печеночники (Marchantiophyta) и антоцеротовые (Anthocerotophyta) заповедника «Большая Кокшага» (Республика Марий Эл, центр европейской части России) // Новости систематики низших растений. 2008. Т. 42. С. 252-265. 76. *Konstantinova, N.A., Akatova T.V., Savchenko A.N.* Hepatics of the Caucasian State Nature Reserve (Western Caucasus, Russia) // *Arctoa.* 2009. Vol. 18. P. 121-134. 77. *Константинова Н.А.* Печеночники // Флора и фауна заповедников. 2008а. Вып. 112. С. 7-27. 78.

Константинова Н.А., Безгодюв А.Г. Печеночники Вишерского заповедника (Пермская область, Северный Урал) // *Arctoa*. 2005. Т. 14. С. 163-176. 79. Checklist of liverworts (Marchantiophyta) of Russia / N.A. Konstantinova, V.A. Bakalin, E.N. Andreeva, A.G. Bezgodov, E.A. Borovichev, M.V. Dulin, Yu.S. Mamontov // *Arctoa*. 2009. Vol. 18. P. 1-64. 80. *Drugova T.P.* Genus *Aongstroemia* (Dicranaceae, Bryophyta) in Russia // *Arctoa*. 2010b. Vol. 19. P. 247-252. 81. *Bakalin V.A., Vilnet A.A.* Two new species of Jungermanniaceae from Asian Russia // *Arctoa*. 2009. Vol. 18. P. 151-162. 82. Новые виды лишайников Ярославской области / Е.Э. Мучник, А.А. Добрыш, Л.А. Конорева, Макарова И.И., Н.А. Тимов // *Новости систематики низших растений*. СПб.: Наука, 2009. Т. 43. С. 199-205. 83. Конспект лишайников Дарвинского государственного природного биосферного заповедника (Вологодская и Ярославская области, Россия) / Е.Э. Мучник, Л.А. Конорева, А.А. Добрыш, И.И. Макарова, А.Н. Тимов // *Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология»*. Вып. 14, 2009. С. 174-194. 84. *Конорева Л.А.* Некоторые итоги изучения флоры лишайников юго-запада Среднерусской возвышенности // *Изучение грибов в биогеоценозах: сб. материалов V Междунар. конф., г. Пермь, 7–13 сентября 2009 г.* / науч. ред. Л.Г. Переведенцева, Т.Л. Егошина, В.Г. Стороженко; Перм. гос. пед. ун-т. Пермь, 2009. С. 289-292. 85. Красная книга Мурманской области. Мурманск: Кн. изд-во, 2003. 400 с. 86. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: КМК, 2008. 855 с. 87. *Константинова Н.А.* Печеночники // *Красная книга Чукотского автономного округа. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений (покрытосеменные, папоротниковидные, плауновидные, мохообразные, лишайники, грибы)*. 2008б. С. 159-165. 88. *Константинова Н.А.* Печеночники // *Красная книга Ненецкого автономного округа. Офиц. изд. Нарьян-Мар, 2006.* 450 с. 89. *Константинова Н.А.* Печеночники // *Красная книга Краснодарского края. (Растения и грибы)*. Краснодар: Дизайн Бюро 1, 2007. С. 450-456. 90. *Конорева Л.А.* Лишайники // *Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Офиц. изд. / Л.А. Конорева, Е.Э. Мучник; общ. науч. ред. А.В. Присный. Белгород, 2004.* С. 233-265. 91. Виды лишайников, предлагаемые к включению в Красную книгу Курской области / Л.А. Конорева, Е.Э. Мучник, И.Н. Урбанавичене, Г.П. Урбанавичюс // *Исследования по Красной книге Курской области*. Курск, 2010. Вып. 2. С. 69-85. 92. Ботанические экскурсии по Хибинским и Ловозерским горам / О.А. Белкина, Н.А. Константинова, Н.Е. Королева, В.А. Костина, И.Н. Урбанавичене. Кировск, 2005. 120 с. 93. Терский район / Д.В. Жиров, В.И. Пожиленко, В.А. Костина, Н.Е. Королева, Н.А. Константинова, И.Н. Урбанавичене, Д.А. Давыдов // *Памятники природы и достопримечательности Мурманской области*. СПб.: Ника, 2004. Кн. 1. 128 с. 94. Ловозерский район / Д.В. Жиров, В.И. Пожиленко, В.А. Костина, Н.Е. Королева, И.В. Вдовин, О.А. Белкина, Н.А. Константинова, В.Н. Петров, Д.А. Давыдов, А.В. Мелехин // *Памятники природы и достопримечательности Мурманской области*. СПб.: Ника, 2008. Кн. 2. 144 с.

Сведения об авторах

Константинова Надежда Алексеевна – д.б.н., профессор, зав. лабораторией; e-mail: nadya50@list.ru
Белкина Ольга Александровна – к.б.н., доцент, старший научный сотрудник; e-mail: belkina_07@list.ru
Боровичев Евгений Александрович – инженер; e-mail: borovichev@yandex.ru
Давыдов Денис Александрович – к.б.н., старший научный сотрудник; e-mail: d_disa@mail.ru
Другова Татьяна Петровна – к.б.н., научный сотрудник; e-mail: darktanya@mail.ru
Костина Валентина Андреевна – научный сотрудник; e-mail: adm@pabgi.apatity.ru
Конорева Людмила Алексеевна – к.б.н., научный сотрудник; e-mail: ajdarzapov@yandex.ru
Королева Наталья Евгеньевна – к.б.н., старший научный сотрудник; e-mail: flora01@rambler.ru
Мелехин Алексей Валерьевич – инженер; e-mail: lichenoid@yandex.ru
Савченко Анатолий Николаевич – инженер; e-mail: anatsav50@list.ru

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИЙ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА СОСНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ

П.А. Кашулин, Н.В. Калачёва

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Методами импульсно-модулированной флуоресцентной спектроскопии исследовано состояние фотосинтетического аппарата (ФА) и его возрастных модификаций в хвое резидентного субарктического вида сосны *Pinus sylvestris* subsp. *Larponica*. Показана возрастная устойчивость ФА. В старых деревьях его эффективность снижается незначительно, но меняется стратегия использования световой энергии. У молодых деревьев доминирует фотохимическая конверсия и биосинтез, у старых – фотозащитная функция, утилизация её избытка и обеспечение долгосрочных энергетических запасов.

Ключевые слова:

фотосинтез, сосна *Pinus sylvestris*, возраст, старение, флуоресцентная спектроскопия.



Долговременная устойчивость лесообразующих растений к неблагоприятным условиям Севера и их продуктивность зависят от надежности их фотосинтетического аппарата. Для проведения охранных мероприятий, направленных на сохранение уникального генофонда коллекционных образцов интродуцированных в ПАБСИ и старовозрастных древостоев Кольского Севера, необходима своевременная информация об их неблагополучии. Для оценки состояния древесных видов необходимо понимание физиолого-биохимических и субклеточных механизмов, контролирующих фотосинтез.

Древесные хвойные виды отличаются высокой продолжительностью жизни даже на Севере и могут представлять интерес для изучения физиолого-биохимических механизмов старения. Парадоксальным фактом биологии продолжительности жизни является слабая изученность наиболее долгоживущих биологических видов, которыми богат мир растений. У некоторых экземпляров сосны *Pinus longaeva* документирован возраст свыше 4.7 тыс. лет [1], тем не менее, специальные морфологические исследования тканей и клеток, выполненные в этой и в других работах, не выявили отчетливых признаков старения. Главные причины гибели таких долгоживущих видов связывают не с возрастным ослаблением жизненного потенциала, а с неблагоприятными условиями среды.

Для оценки текущего физиологического состояния растения и его жизненного потенциала необходим постоянно действующий канал информации о состоянии органов, ответственных за ассимиляцию. Фотосинтетический аппарат (ФА) представляет собой сложно- и тонкоорганизованную систему, интегрированную в организм растения. Традиционные аналитико-биохимические методы предполагают изолирование его структур и их неизбежное повреждение. Необходимы новые методы, позволяющие осуществлять непрерывный мониторинг, не причиняя ущерба организму, без повреждений ФА нативного листа, без проникновения в его структуру и без расхода растительного материала.

Этим требованиям отвечает современная техника импульсно-модулированной флуоресцентной спектроскопии, разрабатываемая немецкой лабораторией Heinz Walz GmbH, которая была использована для измерений флуоресцентных характеристик хлорофилла и возрастных модификаций работы ФА местных экотипов сосны *Pinus sylvestris* subsp. *Larponica* Fries.

Материалы и методы исследования

Для анализа текущего состояния ФА и его возрастных модификаций у резидентного вида сосны *Pinus sylvestris* subsp. *Larponica* Fries использовали методы импульсно-модулированной флуоресцентной спектроскопии. Измеряли основные собственные флуоресцентные характеристики и их индуцированные изменения у нативной хвои разного возраста местных экотипов этого вида. Для изучения влияния возраста дерева на измеряемые показатели использовали близко расположенные

деревья разного возраста, произрастающие в одинаковых экологических условиях зеленомошного сосняка в предгорье Хибин. Для флуоресцентных измерений использовали полевой флуориметр РАМ-2100 «Heinz Walz GmbH» (ФРГ), для спектрофотометрических – спектрофотометр UV-2401PC “Shimadzu” (Япония). В зависимости от измеряемых параметров импульсно-модулированной флуоресценции хлорофилла хвои использовали разные режимы считывания показаний.

При определении основных конститутивных характеристик флуоресценции хлорофилла хвои: F_0 , F_v/F_m и F_m [2, 3] использовали режим импульсной кинетики и одиночные насыщающие импульсы света длительностью 0.8 с после предварительной темновой адаптации образца в течение 15 мин в специально предназначенном для этой цели листовом держателе 2030-B.

В кинетическом режиме световой индукции использовали 4-минутное включение красного активирующего света мощностью светового потока 218 μE . При записи световых кривых фотосинтеза использовали ступенчатую подачу нарастающих по мощности световых потоков, с шагом 20 сек. При этом измеряемая интенсивность электронного транспорта ИЭТ в фотосистеме II (ФС II) и квантовый выход фотосинтеза – Y связаны соотношением [4]:

$$\text{ИЭТ} = Y \times \text{ФАР} \times 0.5 \times 0.84,$$

где Y – усредненный фотохимический квантовый выход; ФАР – плотности потока внешней фотосинтетически активной радиации, измеренной в $\mu\text{M м}^{-2} \text{с}^{-1}$. Транспорт одного электрона требует поглощения двух квантов, поскольку в процесс вовлечены две фотосистемы, этим обусловлен множитель 0.5; 84% – типичный коэффициент поглощения внешних квантов поверхностью листа.

Результаты и обсуждение

Важнейшей характеристикой фотосинтетического потенциала растения являются световые кривые, представляющие собой зависимости фотосинтеза от мощности потока внешней световой радиации. Флуоресцентные характеристики хлоропластов позволяют проводить косвенную оценку квантового выхода фотосинтеза по интенсивности потока электронного транспорта, участвующего в фотохимической фиксации, в μM электронов на квадратный метр в секунду. Она же показывает и интенсивность разделения зарядов в ФС II. На рис. 1 представлены световые кривые для хвои первого года сосен разного возраста, произрастающих на открытой возвышенности высотой около 350 м, снятые в начале июля при температуре воздуха 18°C.

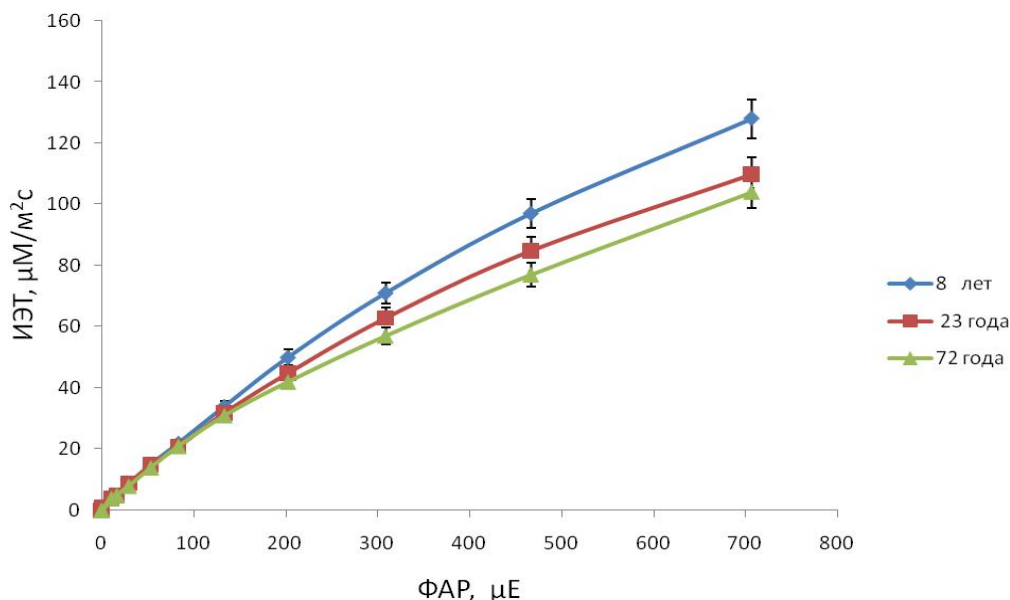


Рис. 1. Интенсивность электронного транспорта в фотосистемах хлоропластов хвои первого года у сосен разного возраста

При высоких интенсивностях освещения фотохимическая фиксация в хвое сосен разного возраста начинает различаться: у более молодых деревьев она выше, чем у старых (рис. 1). Одной из возможных причин различий являются изменения структуры реакционных центров ФС II и антенных комплексов. На это указывают возрастные различия в основных конститутивных характеристиках ФС II хлоропластов хвои:

F_0 , F_v/F_m и F_m , измеряемых после ее темновой адаптации. В таких условиях все реакционные центры ФС II полностью открыты, и наблюдается максимальное фотохимическое тушение. Для хвои первого года у сосен 8 и 72 лет эти значения составили соответственно для F_0 : 0.20 ± 0.01 и 0.17 ± 0.01 ; для F_v/F_m : 1.39 ± 0.02 и 1.06 ± 0.02 ; для F_m : 0.856 ± 0.005 и 0.841 ± 0.05 . Известно, что повышение интенсивности темновой флуоресценции F_0 может быть результатом разрушения реакционных центров ФС II или ингибирования переноса энергии возбуждения с антенных комплексов на реакционные центры [5, 6]. В частности, это может происходить при сильном освещении, засухе и других неблагоприятных воздействиях среды. В данном случае у более старых деревьев возрастного повышения темновой флуоресценции не наблюдали, наоборот, происходило её незначительное снижение с возрастом. Это указывает на отсутствие выраженных деструктивных сенильных процессов в ФС II, вместе с этим снижение максимальной и переменной флуоресценции указывает на возрастную мобилизацию процессов нефотохимического тушения.

Более детально эти различия в характере перераспределения поглощенной световой энергии в хвое сосен разного возраста обнаруживаются на световых кривых для основных каналов ее утилизации в ФС II, представленной соответствующими квантовыми выходами (рис. 2).

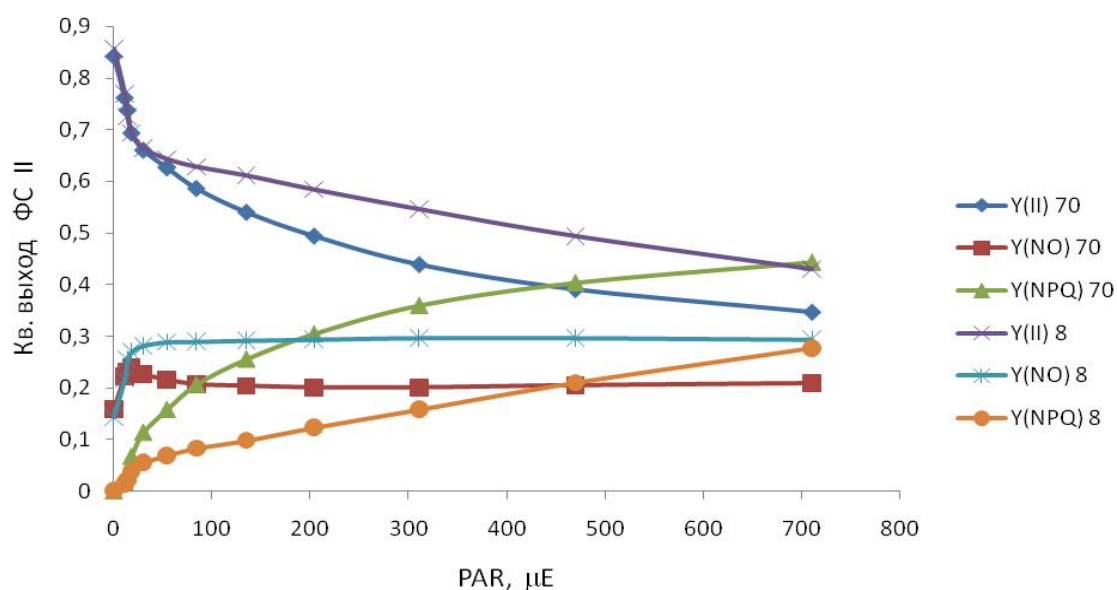


Рис. 2. Параметры флуоресценции ФС II хвои первого года сосен разного возраста. Показаны квантовые выходы фотохимического тушения $Y(II)$, регулируемой утилизации $Y(NPQ)$ и нерегулируемой диссипации световой энергии $Y(NO)$ для деревьев 8- и 70-летнего возраста

В хвое молодого дерева её сравнительно большая доля используется в фотохимической конверсии, показатель $Y(II)$. Помимо этого, в этой хвое фотохимическая фиксация является основным каналом утилизации поглощенной световой энергии при всех интенсивностях её потоков. В то время как в хвое более старого дерева, начиная с плотности фотосинтетический активного потока фотонов в $500 \mu E$, основным каналом ее преобразования является регулируемая нефотохимическая утилизация, характеризуемая квантовым выходом $Y(NPQ)$.

Процесс фиксации диоксида углерода в хвое молодых деревьев был более эффективным. Для всех уровней освещенности выше $50 \mu E$ фотохимическая конверсия, представленная показателем $Y(II)$ – квантовым выходом ФС II, была выше, чем в хвое старых. Однако старая хвоя отличалась намного более высоким уровнем регулируемой утилизации части энергии, не использованной в цикле Кальвина-Бенсона, показатель $Y(NPQ)$. Превышение было 2–3-кратным. И одновременно нерегулируемые тепловые и световые потери, показатель $Y(NO)$, для неё были более низкими, чем у хвои молодых деревьев при всех уровнях освещенности. Это указывает на разные стратегии использования световой энергии деревьями разного возраста. Для молодых деревьев приоритетом является более быстрый рост, требующий достаточного количества ассимилянтов, для старших важнее запас энергии в виде протонного градиента или АТФ, а также своевременное, раннее предотвращение потенциально опасных свободнорадикальных процессов в хлоропластах. В хвое старого дерева суммарное преобразование энергии происходит менее расточительно, с более низкими

потерями и нерегулируемой, необратимой диссипацией, отражаемой параметром $Y(NO)$. Важной характеристикой энергетического статуса хлоропластов являются коэффициенты тушения [3]. Дополнительные стороны возрастных функциональных различий ФА сосен были обнаружены при анализе коэффициентов тушения флуоресценции хлорофилла при росте уровня освещения, отражающих различные пути перераспределения поглощенной световой энергии (рис. 3).

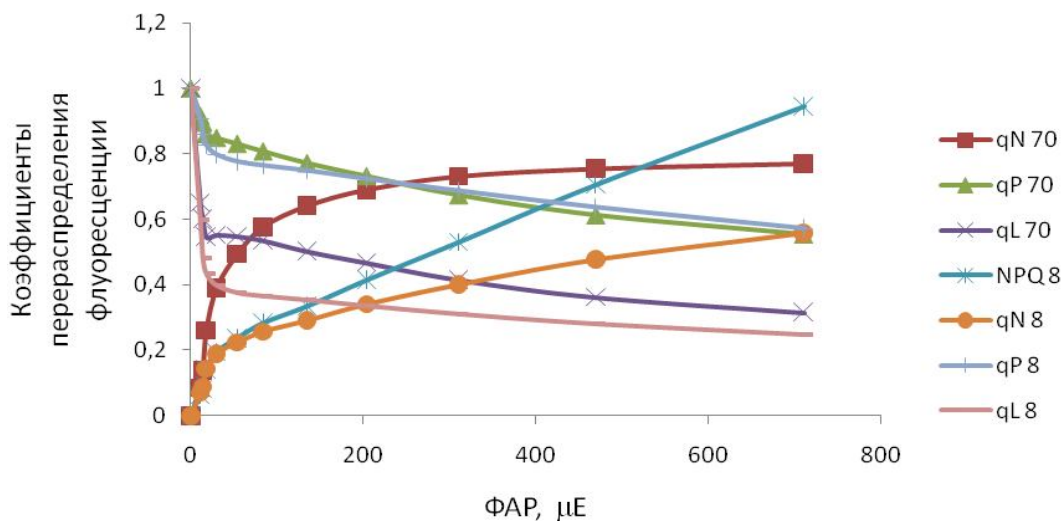


Рис. 3. Различия в утилизации световой энергии фотосистемами хвои первого года у сосен разного возраста. Показаны коэффициенты фотохимического qP , qL и нефотохимического тушения qN , NPQ соответственно для деревьев 8- и 70-летнего возраста

Коэффициент qL , отражающий меру открытости реакционных центров, был более низким у образцов хвои молодого дерева, что и обуславливает их более высокие квантовые выходы нерегулируемой энергии $Y(NO)$. Вычисление этого коэффициента производится в предположении, согласно которому пигментная организация соединенных между собой световоспринимающих антенн соответствует их равномерному распределению и описывается моделью озера (lake model), в то время как другая модель пирога (puddle model) предполагает их относительную автономность, на основе которой рассчитывается коэффициент qP .

Таким образом, большое различие между этими двумя коэффициентами qL и qP тушения флуоресценции ФС II хвои молодого дерева указывает на более высокую степень их связи между реакционными центрами световоспринимающих антенн их хлоропластов. Значительные различия для образцов хвои деревьев разного возраста выявлены в энергетическом статусе хлоропластов, отражаемые коэффициентом нефотохимического тушения qN . Его более высокие значения указывают на доминирование O_2 -зависимого электронного потока над CO_2 -зависимым в хлоропластах более старого дерева. Соответствующее переключение наступает, вероятно, при уровнях освещенности около 200 μE , на это указывает инверсия коэффициентов qP в данной точке.

Измерение флуоресцентных характеристик фотосистем (ФС) хвои разного возраста одного и того же дерева также показало различие между ними. На рис. 4 показаны индукционные кривые для интактной хвои текущего года и 6-летней хвои одной и той же 72-летней сосны.

Кривые, показывающие медленную кинетику адаптации ФС хвои к высокой освещенности, получены после темновой адаптации включением активирующего красного света плотностью светового потока 218 μE через 110 сек. после старта записи. Различия в реакции ФС хвои разного возраста на освещение отчетливо заметны только в первые 2 мин после включения активирующего света и качественно соответствуют реакции хвои первого года деревьев разного возраста. Квантовый выход $Y(II)$ фотохимической конверсии ФС II и нерегулируемая диссипация $Y(NO)$ у молодой хвои были выше, чем у 6-летней, при более низком уровне регулируемой нефотохимической регуляции.

Однако по мере адаптации ФС к яркому освещению эти различия снижались и практически исчезли к третьей минуте после начала световой индукции.

Таким образом, различия световой реакции ФС хвои сосны на сильное освещение, обусловленные разным календарным возрастом дерева, более выражены и робастны, чем различия, обусловленные разным возрастом хвои одного дерева.

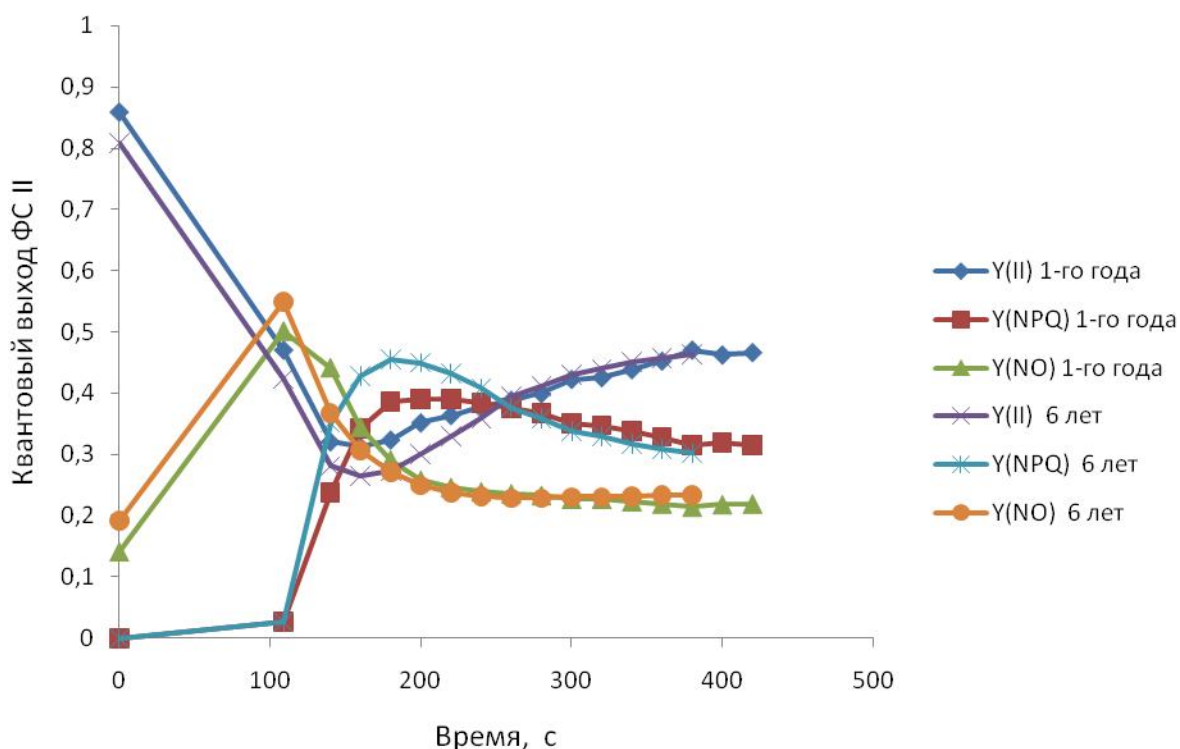


Рис. 4. Индукционные световые кривые для нативной хвои разного возраста одной старой сосны. Индукция вызвана включением красного света плотностью потока 218 μE через 110 сек после начала записи

Спектрофотометрическое сравнение этанольных экстрактов хвои разного возраста не выявило существенных качественных различий их пигментного состава (рис. 5), которые наиболее заметны только в полосе Сорэ около 450 нм. Очевидно, что препарирование, гомогенизация образцов приводит к неизбежному нарушению их интактной структуры, что сказывается на результате.

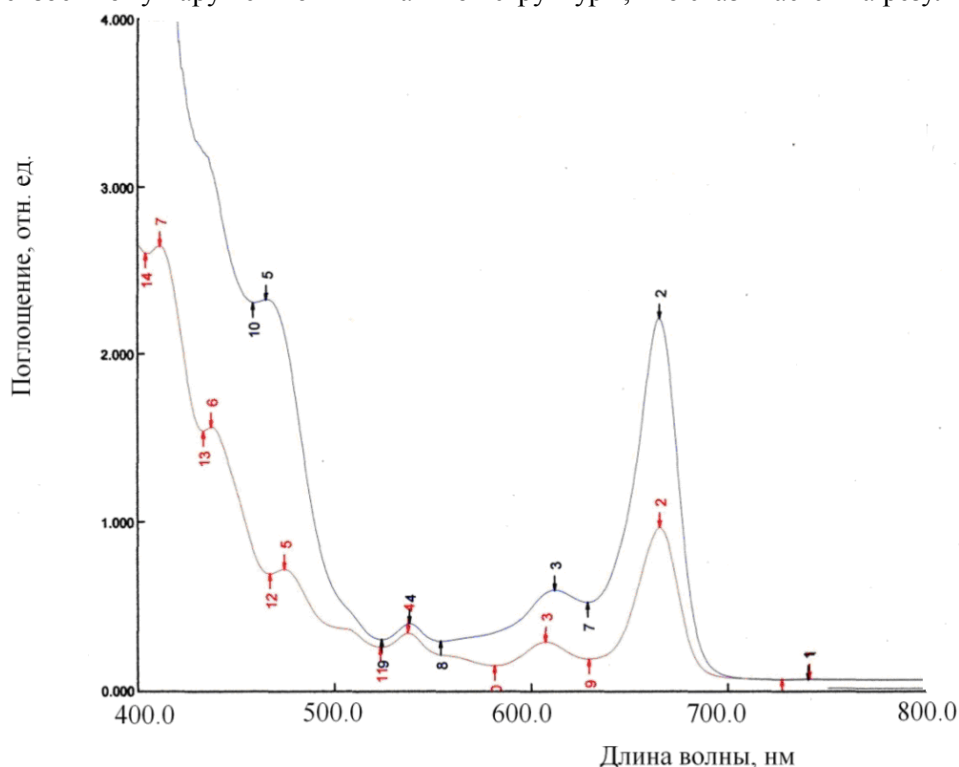


Рис. 5. Спектры поглощения изолированных фотосинтезирующих пигментов хвои первого года *P. sylvestris* разного возраста: 72 года (нижняя кривая) и 8 лет (верхняя)

Таким образом, флуоресцентные характеристики больше связаны со структурной организацией хлоропластов, к изменению которых они оказались более чувствительны. Это справедливо как для импульсно модулированной спектроскопии, так и для стационарной.

Стационарная флуоресценция, записанная непосредственно с поверхности нативной хвои, выявила существенные возрастные различия, рис. 6. Спектры испускания флуоресценции в обоих случаях получены при длине возбуждающего потока $\lambda_{ex} = 450$ нм и одинаковой спектральной ширине возбуждения и эмиссии 5 нм. В данном случае возрастное различие отчетливо выражено, происходит перераспределение излучения и инверсия двух индикаторных максимумов интенсивности эмиссии флуоресценции хлорофилла при $\lambda_{em} = 680-681$ и $\lambda_{em} = 732-735$ нм. Спектры флуоресценции не только выявляют возрастные различия, но и позволяют сделать предположения об их природе. Поскольку максимумы интенсивности флуоресценции около 685 нм к максимуму около 725 нм примерно соответствуют флуоресценции ФС II и ФС I, то их отношение является приблизительной оценкой их численного отношения.

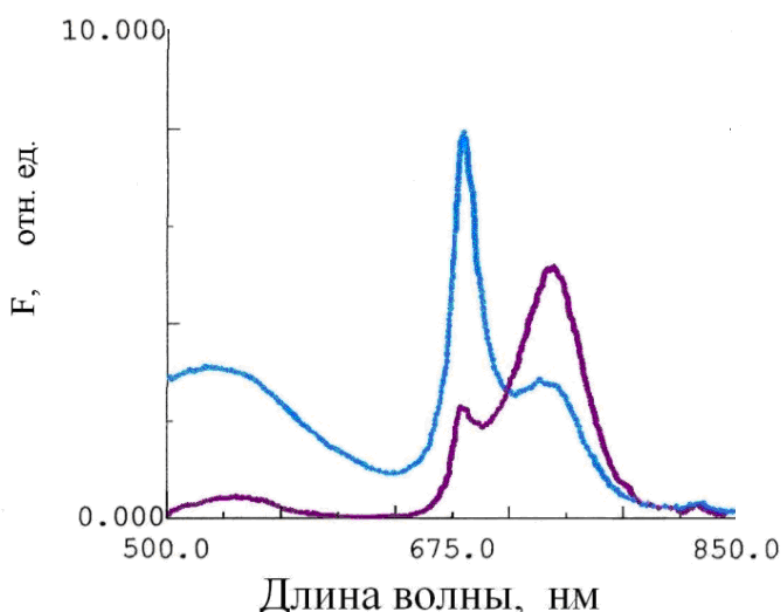


Рис. 6. Различие в спектрах эмиссии флуоресценции возбужденной при $\lambda_{ex} = 450$ нм в образцах хвои первого года (правый максимум) и пятого (левый максимум) старой сосны *P. sylvestris*

Это указывает на более высокое содержание ФС II в хлоропластах более старой хвои по сравнению с содержанием этих фотосистем в более молодой хвое, где доминирует ФС I. Помимо этого, отличие спектров флуоресценции нативной хвои разного возраста в области около 500 нм, указывает на качественное различие состава каротиноидов и ксантофиллов, непосредственно участвующих в нефотохимическом тушении и регуляции избытка световой энергии. Таким образом, флуоресцентная спектроскопия позволяет выявить тонкие возрастные различия в нативных хлорофиллсодержащих структурах хвои сосны.

Ранее импульсно-модулированная техника была использована главным образом при изучении влияния окружающей среды на фотосинтетическую способность других видов сосны, в частности, исследовано влияние температуры, фотопериода и парциального давления CO_2 на фотосинтез сосен *Pinus banksiana* [7] и *Pinus taeda* [8].

Результаты представленной работы показали, что флуоресцентные характеристики хлорофилла *Pinus sylvestris* чувствительны не только к внешним, экологическим факторам окружающей среды, но и к тонким возрастным изменениям его микроокружения в фотосистемах хлоропластов.

Фотосинтетический аппарат хвои сосны представляет собой устойчивую в функциональном отношении структуру, его физиологические свойства мало меняются с возрастом и не обнаруживают явных признаков сенильных деструктивных изменений. Это находится в соответствии с отрицательными результатами поиска структурных признаков старения у остистой сосны [1]. Однако, как показали результаты данной работы, с возрастом дерева заметно меняется стратегия перераспределения и использования поглощенной световой энергии. У молодых деревьев

доминирует фотохимическая конверсия, направленная на биосинтез ассимилянтов, у старых – фотозащитная функция, утилизация её избытка и обеспечение долгосрочных энергетических запасов в виде синтеза АТФ или формирования градиента протонов на мембранах тилакоидов. В последнем случае преобразование происходит менее расточительно, с более низкими потерями и нерегулируемой, необратимой диссипацией в виде тепла и флуоресценции.

Поиск новых, информативных, экспериментально унифицированных и в то же время достаточно простых биологических маркеров старения и разработка новых, неповреждающих способов определения возраста хвойных видов актуален для дальнейшего развития концепций старения, практической дендрологии и профессионального растениеводства. Наиболее чувствительные к возрасту дерева характеристики флуоресценции хлорофилла, например, коэффициент q_N и др., могут быть использованы как маркеры для экспресс-определений возраста дерева.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lanner K.M., Connor K.F.* Does bristlecone pine senesce? // *Experimental gerontol.* 2001. Vol. 30. P. 675-685.
2. *Genty B., Briantais J-M., Raker N.R.* The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence // *Biochim. Biophys. Acta.* 1989. Vol. 990. P. 87-92.
3. *Kramer D.M., Johnson J., Kiirats O., Edwards G.E.* New flux parameters for the determination of QA redox state and excitation fluxes // *Photosynthesis Research.* 2004. Vol. 79. P. 209-218.
4. *Portable Chlorophyll Fluorometer PAM-2100. Handbook of Operation.* Heinz Walz GmbH, 2003. Effeltrich, Germany. 195 p.
5. *Bolhar-Nordenkamp H.R., Long S.P., Baker N.R., Oquist G., Schreiber U., Lechner E.G.* Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in field: A review of current instrumentation // *Funct. Ecol.* 1989. Vol. 3. P. 497-514.
6. *La Porta N., Bertamini M., Nedunchezian N., Muthuchelian K.* High irradiance induced changes of photosystem 2 in young and mature needles of cypress (*Cupressus sempervirens* L.) // *Photosynthetica.* 2004. Vol. 42. P. 263-271.
7. *Busch F., Norman P.A., Ensminger H., Ensminger I.* Increased air temperature during stimulated autumn conditions does not increase photosynthetic carbon gain but affects the dissipation of excess energy in seedlings of the evergreen conifer jack pine // *Plant Physiol.* 2007. Vol. 143. P. 1242-1251.
8. *Hymus G.I., Ellsworth D.S., Baker N.R., Long S.P.* Does free-air carbon dioxide enrichment affect photochemical energy use by evergreen trees in different seasons? A chlorophyll fluorescence study of mature loblolly pine // *Plant Physiol.* 1999. Vol. 120. P. 1183-1191.

Сведения об авторах

Кашулин Петр Александрович – д.б.н., главный научный сотрудник; e-mail: falconet1@yandex.ru
Калачёва Наталья Васильевна – младший научный сотрудник; e-mail: natty1000@yandex.ru

МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – НОВЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМАТИКЕ ПЕЧЕНОЧНИКОВ

А.А. Вильнет, Н.А. Константинова

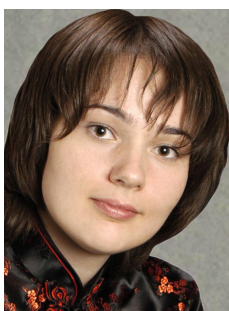
Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Дается краткий обзор современных успехов молекулярной филогенетики печеночников. Приводятся основные результаты изучения систематики листостебельных печеночников подпорядков *Cephaloziineae* и *Jungermaniineae* на основе нуклеотидных последовательностей внутренних транскрибируемых спейсеров ITS1-2 рибосомного оперона ядерной ДНК и участка *trnL-F* хлоропластной ДНК.

Ключевые слова:

печеночники (*Marchantiophyta*), *Cephaloziineae*, *Jungermaniineae*, молекулярная филогенетика, геносистематика, таксономия.



Печеночники представляют собой группу высших наземных растений, основной особенностью которых, наряду с мхами и антоцеротовыми, является преобладание гаметофитной (гаплоидной) фазы в жизненном цикле. Длительное время эти растения объединяли под общим названием мохообразные, предполагая их происхождение от единого общего предка.

Современное разнообразие печеночников, по разным оценкам, насчитывает от 5 до 8 тыс. видов [1]. Наибольшую роль виды этой группы играют в растительном покрове северных и горных районов. Печеночники имеют очень разные типы

организации вегетативного тела – от слоевищ до листостебельных форм (рис. 1, 2). Размер слоевищных форм может достигать нескольких сантиметров, а размеры листостебельных печеночников, значительно преобладающих по видовому разнообразию, колеблются от 1–2 мм до нескольких сантиметров. Печеночники не имеют достаточно прочных тканей, сохранность ископаемого материала крайне низкая, поэтому прямых свидетельств их эволюции очень мало. Наиболее древние остатки, достоверно относящиеся к печеночникам, сохранились из девона [2].



Рис. 1. Слоевищный печеночник *Blasia pusilla* L.



Рис. 2. Листостебельный печеночник из рода *Macrodiplphyllum* (H. Buch) H. Perss.

К концу XX в. стало очевидно, что традиционная систематика группы в определенном смысле зашла в тупик. Доводы сторонников разных концепций базировались на недоказуемых предположениях (например, первичность слоевищных или листостебельных форм и пр.), поэтому предпочтение той или другой системы, было делом «вкуса» исследователя. Таксономический «вес»

признаков трактовался по-разному, в результате чего некоторые таксоны «перемещались» из одних родов и даже семейств в другие, причем неоднократно. Молекулярно-филогенетические методы дали новый импульс к развитию систематики печеночников и в значительной степени изменили сложившиеся к концу XX в. представления.

Сравнительный анализ нуклеотидного состава молекул ДНК разных организмов и возможность интерпретации его результатов с точки зрения эволюционного подхода дали начало новому направлению в биологии – молекулярной филогенетике, или геносистематике, основоположником которого в России был акад. А.Н. Белозерский. Бурное развитие геносистематики, связанное с автоматизацией и компьютеризацией всего исследовательского процесса, отмечается в последние два десятилетия. При этом использование метода геносистематики позволяет решать не только фундаментальные вопросы филогенеза и таксономии разных групп организмов, но и прикладные биомедицинские проблемы.

Использование молекулярно-филогенетического анализа, восстанавливающего генеалогию организмов по изменениям наследственного материала – ДНК, накапливающимся в ходе филогенеза, кардинально изменило представления о филогенезе растений. Установлено, что мохообразные являются искусственной сборной группой, при этом печеночники, мхи и антоцеротовые имеют независимое происхождение и представляют собой три отдела или даже надотдела [3-5]. Однако относительно положения этих отделов в системе высших растений нет единого мнения. Несмотря на то, что в недавних наиболее полных работах [6] печеночники занимают базальное положение на филогенетическом древе высших растений, т.е. являются самыми древним наземными высшими растениями, некоторые авторы считают эти доводы недостаточными и представляют связи печеночников, мхов и антоцеротовых в виде неразрешенной политомии [7].

Достигнутые к настоящему времени успехи в области молекулярно-эволюционных исследований печеночников заключаются в выявлении общей схемы их филогении [8, 9] и разработке на ее основе новой систематики отдела [10], которая кардинально отличается от систем, общепризнанных всего несколько десятилетий назад, основанных на разных сценариях эволюции спорофита и гаметофита [11]. Молекулярно-филогенетические данные подтвердили, что печеночники с просто организованным талломом объединялись в один таксон (*Metzgeriidae*) искусственно [8, 9, 12]. На филогенетическом древе печеночников бывшие метцгериевые распределились по нескольким удаленным друг от друга кладам, что стало свидетельством неоднократного возникновения в ходе эволюции слоевищной и листостебельной форм организации печеночников. На основе трех филумов, выявленных при молекулярно-филогенетических исследованиях, в систематике печеночников выделяют три класса: *Harplomitriopsida*, *Marchantiopsida* и *Jungermanniopsida* [10]. К настоящему времени макрофилогения печеночников в общих чертах выявлена. Приоритетным направлением геносистематики печеночников становится филогения и систематика таксонов более низкого ранга – порядков, семейств и родов.

Геносистематика печеночников в России на протяжении почти десяти лет активно развивается коллективом исследователей из Полярно-альпийского ботанического сада-института и Института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова. Объектами наших исследований являются листостебельные печеночники двух крупных подпорядков – *Sephaloziianeae* Schljakov и *Jungermanniiineae* R.M. Schust. ex Stotler & Crand.-Stotl., среди таксонов которых есть как широко распространенные в Голарктике, так и редкие виды. Систематика этих групп претерпела значительные изменения за последние несколько лет: изменились представления о положении и составе семейств, входящих в них родов, статусе видов и внутривидовых таксонов [13].

В данной работе подводятся некоторые итоги исследований, основанных на анализе филогенетических построений по последовательностям генов транспортной РНК лейцина и фенилаланина хлоропластной ДНК (*trnL-F*) и двум внутренним транскрибируемыми спейсерам рибосомного оперона ядерной ДНК (*ITS1-2*) (рис. 3).

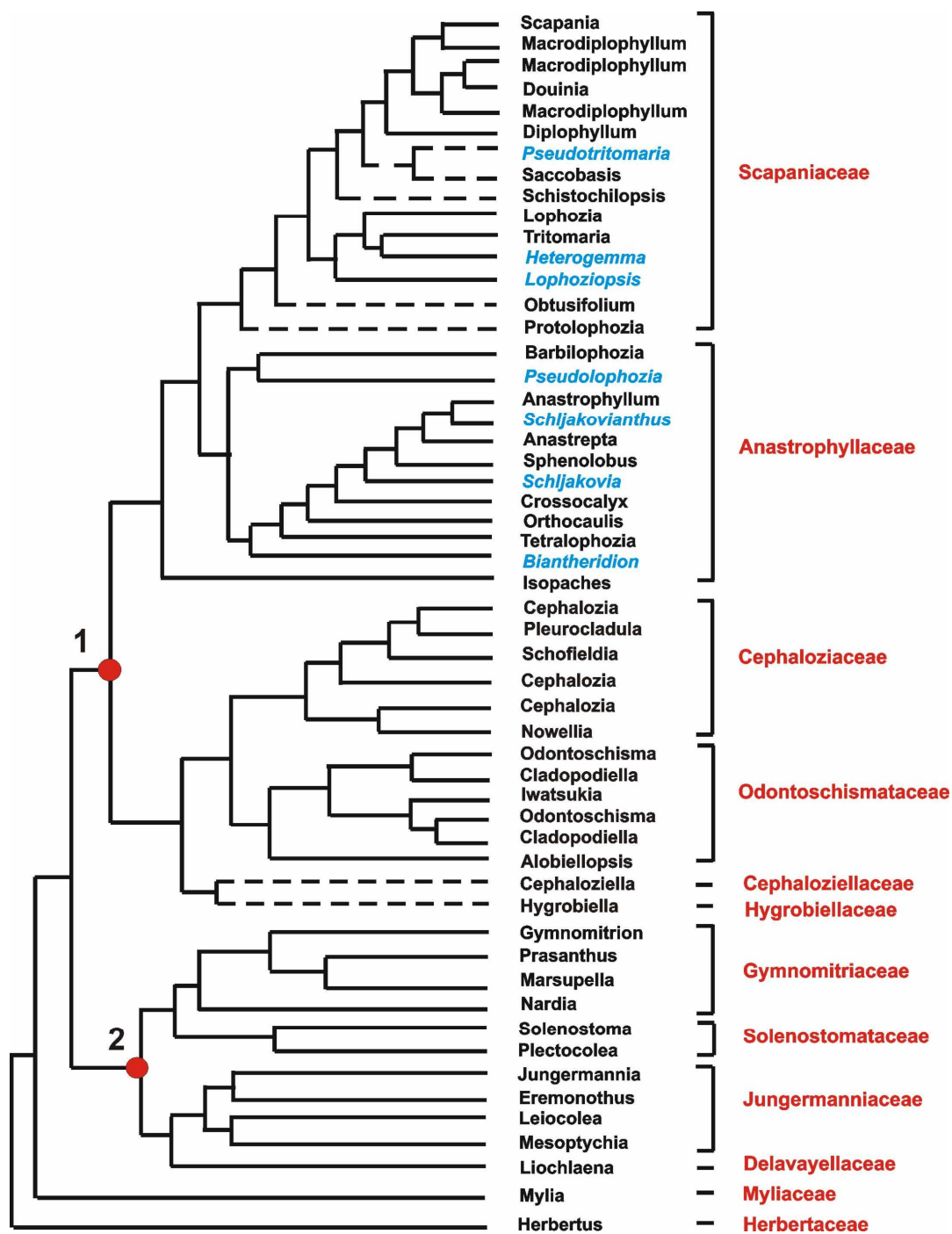


Рис. 3. Схема филогенетических связей печеночников подпорядков *Cephaloziineae* (1) и *Jungermanniineae* (2), реконструированных с помощью байесовского анализа объединенных последовательностей ITS1-2 ядДНК и *trnL-F* хлДНК. Пунктиром обозначены филумы таксонов, положение которых нестабильно. Указана принадлежность родов семействам. Синим цветом отмечены роды, выделенные на основе морфо-молекулярных данных

Итоги изучения подпорядка *Cephaloziineae*

Систематика подпорядка *Cephaloziineae* на уровне семейств пока не однозначна: объем семейств и их количество (от 4 до 6) трактуется различно. Наше внимание сосредоточено на изучении филогении и систематике семейств *Cephaloziaceae* Mig., *Scapaniaceae* Mig. и *Anastrophyllaceae* L. Soederstt., De Roo et Hedd. Объем типового семейства подпорядка *Cephaloziaceae* понимается неодинаково. Так, K. Müller [14], а затем и Р.Н. Шляков [15] выделяли самостоятельное семейство *Odontoschismataceae* (Grolle) Schljakov. Отдельное семейство *Hygrobiellaceae* Müll. Frib. приводится в работе S. Arnell [16]. R. Schuster [17] оба эти таксона рассматривает как подсемейства в

семействе Cephaloziaceae. В современной морфологической системе [10] Cephaloziaceae трактуется в широком смысле. Целенаправленные исследования систематики семейства Cephaloziaceae до начала наших работ не проводились. Нами установлено, что семейство Cephaloziaceae s.l. является не монофилетичным [13]. Семейства Odontosismataceae и Cephaloziaceae на филогенетических деревьях имеют сестринские связи, в то время как Hygrobiellaceae крайне от них обособленно и имеет нестабильное положение на древе. Очевидно, узкая трактовка Cephaloziaceae с обособлением самостоятельных семейств Odontosismataceae и Hygrobiellaceae более целесообразна. Распределение таксонов семейств Cephaloziaceae и Odontosismataceae поддерживается признаками наличия/отсутствия масляных телец в клетках и числом клеточных слоев, формирующих стенку коробочки спорогона. В частности, роды *Cephalozia* (Dumort.) Dumort., *Pleurocladula* Grolle, *Schofieldia* Godfrey и *Nowellia* Mitt. не имеют масляных телец, стенка коробочки двухслойная. *Cladopodiella* H. Buch и *Odontosisma* (Dumort.) Dumort. характеризуются 2–4-слойной стенкой коробочки (2-слойная у *Alobielopsis* и *Iwatsukia*), а также различными по структуре и строению масляными тельцами. Нами выявлено, что роды *Cephalozia*, *Cladopodiella* и *Odontosisma* не являются монофилетичными. Монотипные роды *Pleurocladula*, *Schofieldia*, а также род *Nowellia* входят в состав клады рода *Cephalozia*, а виды родов *Cladopodiella* и *Odontosisma* формируют две смешанные клады [19]. Необходима ревизия указанных таксонов и переоценка их основных диагностических признаков.

Изучение внутривидовой варибельности нуклеотидных последовательностей позволило сделать важные для практической систематики выводы. В частности, мы подтвердили видовую самостоятельность *Cephalozia otaruensis* Steph. и *Cephalozia affinis* Lindb. ex Stephani, которые ранее рассматривались как внутривидовые таксоны *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort. и *Cephalozia lunulifolia* (Dumort.) Dumort. соответственно.

Уже в первых работах по молекулярной филогении печеночников [20] было показано, что сем. Scapaniaceae «разбивает» сем. Lophoziaceae на две клады, последнее, таким образом, оказывается парафилетичным, и, как следствие, таксоны сем. Lophoziaceae включаются в сем. Scapaniaceae [12]. Позже была обоснована необходимость выделения из «разросшегося» сем. Scapaniaceae монофилетичной группы таксонов бывшего Lophoziaceae в новое семейство [11], которое описано как Anastrophyllaceae [21]. Одновременно нами было показано, что роды *Lophozia* (Dumort.) Dumort. s.str., *Schistochilopsis* (Kitag.) Konstant., *Tritomaria* Schiffn. ex Loeske, *Protolophozia* (R.M. Schust.) Schljakov, *Orthocaulis* H. Buch и *Crossogyna* (R.M.Schust.) Schljakov являются полифилетичными [11]. На основе молекулярного и морфологического подходов мы выделили 7 новых родов: *Pseudotritomaria* Konstant. & Vilnet, *Heterogemma* (Joerg.) Konstant. & Vilnet, *Lophoziopsis* Konstant. & Vilnet, принадлежащих сем. Scapaniaceae, а также *Pseudolophozia* (Konstant. & Vilnet), *Schljakovianthus* Konstant. & Vilnet, *Schljakovia* Konstant. & Vilnet и *Biantheridion* (Grolle) Konstant. & Vilnet из сем. Anastrophyllaceae [22].

Результаты анализа локусов ITS1-2 и *trnL-F* на сравнительно большом числе таксонов подтверждают видовую самостоятельность *Scapania tundra* (Arnell) H. Buch, *Scapania paludosa* (Muell. Frib.) Muell. Frib., *Scapania crassiretis* Bryhn [23], а также недавно описанного вида – *Lophozia lantratoviae* Bakalin [24].

Несмотря на то, что явление гибридизации широко известно у покрытосеменных растений, у печеночников отмечены лишь единичные случаи. Всего в этой группе выявлено чуть меньше десяти видов, имеющих гибридное происхождение [25]. Используя молекулярно-филогенетический подход, мы обнаружили, что относительно редкий арктический приокеанический вид Севера Евразии и Гренландии *Barbilophozia rubescens* (R.M.Schust. et Damsh.) Kartt. et L. Soederstr. имеет гибридное происхождение от *B. hatcheri* (A.Evans) Loeske и *B. barbata* (Schmidel ex Schreb.) Loeske [26].

Один из важных результатов, полученных нами в ходе молекулярных исследований, заключается в том, что географически удаленные популяции некоторых видов (*Pseudolophozia debiliformis* (R.M. Schust. & Damsh.) Konstant. & Vilnet, *P. sudetica* (Nees ex Huebener) Konstant. & Vilnet, *Lophozia silvicoloides* Kitag.) имеют очень незначительные отличия изученных геномных локусов, а варибельность у таких видов, как *Lophoziopsis excisa* (Dicks.) Konstant. & Vilnet и *Schistochilopsis opacifolia* (Culm. ex Meyl.) Konstant., очень велика [27]. Выяснение значимых молекулярно-генетических различий для видов у разных групп печеночников представляется важной задачей.

Итоги изучения подряда *Jungermanniineae*

В настоящее время в составе подряда *Jungermanniineae* выделяется 15 семейств, 4 из которых монотипные, а 3 – содержат по два рода [10]. Нами изучаются таксоны из крупных семейств *Gymnomitriaceae* Н. Klinggr., *Jungermanniaceae* Rchb. и *Solenostomataceae* Stotler & Crand.-Stotl., а также олиготипных семейств *Delavayellaceae* R.M. Schust. и *Myliaceae* Schljakov.

В последнее время отнесение видов к родам *Gymnomitrium* Corda или *Marsupella* Dumort. (сем. *Gymnomitriaceae*) базировалось на характерном облике, складывающемся из совокупности признаков побега, формы листа и типа его прикрепления к стеблю [17]. Молекулярно-филогенетический анализ показал, что таксоны из родов *Gymnomitrium* и *Marsupella* перемешаны в двух кладах, видовой состав которых соответствует распределению признака развития перианция и перигиния – органов защиты молодого спорогона. Таким образом, показана большая важность этого признака в систематике семейства по сравнению с признаками, определяющими общий габитус растения. В результате 3 вида из рода *Marsupella* (*Marsupella alpina* (Gottsche ex Husn.) Bernet, *M. brevissima* (Dumort.) Grolle и *M. commutata* (Limpf.) Bernet.) с редуцированным перианцием отнесены к роду *Gymnomitrium*, а *Gymnomitrium apiculatum* (Schiffn.) Muell. Frib. с развитыми перианцием и перигинием – к роду *Marsupella*. Степень дивергенции нуклеотидных последовательностей свидетельствует о видовой самостоятельности *Marsupella aquatica* (Lindenb.) Schiffn., включавшегося многими исследователями в *M. emarginata* (Ehrh.) Dumort. [28].

Неопределенной остается систематика таксонов бывшего сем. *Jungermanniaceae* s.str. Вследствие его полифилетичности недавно было описано новое сем. *Solenostomataceae* Stotler & Crand.-Stotl., включающее, помимо прочих, роды *Solenostoma* Mitt., *Plectocolea* (Mitt.) Mitt., *Nardia* Gray. Однако, по нашим данным, получается, что и это семейство не монофилетично: клада рода *Nardia* является сестринской кладой сем. *Gymnomitriaceae* [13]. Учитывая недостаточное количество изученных видов *Nardia*, мы пока воздерживаемся от выделения рода в монотипное семейство [29]. По молекулярно-филогенетическим данным *Nardia* следует относить к *Gymnomitriaceae*. Несколько видов рода *Plectocolea*, преимущественно с восточно-азиатским распространением, формируют собственную кладу, в то время как более широко распространенные виды входят в состав клады рода *Solenostoma*. Пересмотр объема и статуса рода *Plectocolea* требует комплексного подхода. Морфологически обособленный вид *Solenostoma caespiticium* (Lindenb.) Steph. филогенетически удален от клады *Solenostoma*. Это явилось основой для выделения нового монотипного рода *Endogemma* Konstant., Vilnet, Troitsky и нового сем. *Endogemmataceae* Konstant., Vilnet, Troitsky [29].

На основе анатомо-морфологических и молекулярно-генетических данных описаны два новых для науки вида – *Solenostoma pseudopyriflorum* Bakalin et Vilnet и *Jungermannia konstantinovae* Bakalin et Vilnet [30]. Типовой образец *Solenostoma pseudopyriflorum* описан с Курильских островов, потом этот вид найден в Приморском крае, Сахалине и Бурятии. Вид *Jungermannia konstantinovae* известен только из типового местонахождения на юге Приморского края. Наличие высокой внутривидовой вариабельности нуклеотидных последовательностей и четких морфологических отличий в некоторых таксонах *Jungermannia* s.str. и *Plectocolea* позволит описать еще несколько неизвестных ранее видов.

Использование нового молекулярно-филогенетического подхода в изучении печеночников выводит на качественно новый уровень исследования филогении и систематики этой группы древнейших наземных растений и расширяет представления об их существующем разнообразии. Более того, этот подход позволяет не только приблизиться к созданию естественной системы печеночников, но и помогает в решении многих вопросов практической систематики.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (09-04-00281, 10-04-00050), Программы поддержки фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (Подпрограмма «Генофонды и генетическое разнообразие»), гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-3328.2011.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Wikstroem N., He-Nyngren X., Shaw A.J. Liverworts (Marchantiophyta) // The Timetree of life / Eds. S.B. Hedges, S. Kumar. New York: Oxford University Press, 2009. P. 146-152.
2. Krassilov V.A., Schuster R.M. Paleozoic and Mesozoic fossils // New Manual of Bryology / Eds. R.M. Schuster. Tokyo: Kokusaibunken Insatsusha, 1984. Vol. 2. P. 1172-1193.
3. Shaw J., Renzaglia K. Phylogeny and diversification of bryophytes // Amer. J. Bot., 2004. Vol. 91. P. 1557-1581.
4. Renzaglia K.S., Schuette S., Duff R.J., Ligrone R., Shaw A.J., Mishler B.D., Duckett J.G. Bryophyte phylogeny: Advancing the molecular and morphological frontiers // The Bryologist. 2007. Vol. 110. P. 179-213.
5. Троицкий А.В., Игнатов М.С., Боброва В.К., Милюткина И.А. Вклад геносистематики в современное представление о филогении и системе моховидных // Биохимия. 2007. Т. 72. С. 1690-1704.
6. The deepest divergences in land plants inferred

from phylogenomic evidence / Y.-L. Qiu, L. Li, B. Wang, Z. Chen, V. Knoop, M. Groth-Malonek, O. Dombrovska, J. Lee, L. Kent, J. Rest, G.F. Estabrook, Hendry T.A., Taylor D.W., Testa C.M., Ambros M., Crandall-Stotler B., Duff R.J., Stech M., Frey W., D. Quandt, C.C. Davis // PNAS, 2006. Vol. 103. P. 15511-15516. 7. Hedges S.B., Kumar S. Discovering the Timetree of life // The Timetree of life / Eds. S.B. Hedges, S. Kumar. New York: Oxford University Press, 2009. P. 3-18. 8. He-Nyngren X., Juslen A., Glenn D., Piippo S. Illuminating the evolutionary history of liverworts (Marchantiophyta) – towards a natural classification // Cladistics, 2006. Vol. 22. P. 1-31. 9. Forrest L.L., Davis E.C., Long D.G., Crandall-Stotler B.J., Clark A., Hollingsworth M.L. Unraveling the evolutionary history of the liverworts (Marchantiophyta): multiple taxa, genomes and analyses // The Bryologist, 2006. Vol. 109. P. 303-334. 10. Crandall-Stotler B., Stotler R.E., Long D.G. Phylogeny and classification of the Marchantiophyta // Edinburgh J. Bot., 2009. Vol. 66. P. 155-198. 11. Вильнет А.А., Константинова Н.А., Троицкий А.В. Геносистематика и новый взгляд на филогению и систему печеночников // Молекулярная биол. 2009. Т. 43, № 5. С. 845-855. 12. Heinrichs J., Gradstein S.R., Wilson R., Schneider H. Towards a natural classification of liverworts (Marchantiophyta) based on the chloroplast gene *rbcL* // Cryptog. Bryol., 2005. Vol. 26. P. 131-150. 13. Vilnet A.A., Konstantinova N.A., Troitsky A.V. Molecular insight on phylogeny and systematics of the Lophoziaaceae, Scapaniaceae, Gymnomitriaceae and Jungermanniaceae // Arctoa, 2010. Vol. 19. P. 31-50. 14. Mueller K. Die Lebermoose Europas // Rabenhorst's Kryptogamen flora. Leipzig: Verlag von Eduard Kummer, 1951–58. P. 1-1356. 15. Шляков Р.Н. Печеночники: Гербертовые–Геокаликовые // Печеночные мхи севера СССР. Т. 2. Л.: Наука, 1979. С. 1-191. 16. Arnell S. Illustrated moss flora of Fennoscandia. I. Hepaticae. Gleerup: Lund, 1956. 314 P. 17. Schuster R.M. The Hepaticae and Anthocerotae of North America east of the hundredth meridian. New York, London: Columbia University Press, 1974. Vol. III. P. 1-880. 18. Vilnet A.A., Konstantinova N.A., Troitsky A.V. On molecular phylogeny and systematics of suborder Cephaloziineae (Jungermanniales, Marchantiophyta) // Contributions to the 2nd Moscow Intern. Conf. "Molecular Phylogenetics". M.: Torus Press, 2010. P. 180-181. 19. Вильнет А.А., Константинова Н.А., Троицкий А.В. Геносистематика семейства Cephaloziaceae Mig. (Marchantiophyta) // Материалы 6-го совещ. (конф.) «Кариология, кариосистематика и молекулярная систематика растений». СПб.: ПИФ.ком, 2009. С. 78-81. 20. Yatsenyuk S.P., Konstantinova N.A., Ignatov M.S., Hyyönen J., Troitsky A.V. On phylogeny of Lophoziaaceae and related families (Hepaticae, Jungermanniales) based on *trnL-trnF* intron-spacer sequences of chloroplast DNA // Molecular Systematics of Bryophytes. Monogr. Syst. Bot. / Eds. Goffinet B., Hollowell V., Magill R. Missouri Bot. Gard., 2004. Vol. 98. P. 150-167. 21. Soederstroem L., De Roo R., Hedderston T. Taxonomic novelties resulting from recent reclassification of the Lophoziaaceae/Scapaniaceae clade // Phytotaxa. 2010. Vol. 3. P. 47-53. 22. Konstantinova N.A., Vilnet A.A. New taxa and new combinations in Jungermanniales (Hepaticae) // Arctoa. 2009. Vol. 18. P. 65-67. 23. Vilnet A.A., Konstantinova N.A., Troitsky A.V. The molecular divergence between some closely allied taxa of genus *Scapania* (Dumort.) Dumort. // Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере: материалы междунар. конф. Кировск; Апатиты: К&М, 2006. С. 49-53. 24. Вильнет А.А., Милюткина И.А., Константинова Н.А., Игнатов М.С., Троицкий А.В. Филогения рода *Lophozia* (Dumort.) Dumort. s. str. на основе анализа ядерных и хлоропластных последовательностей, ITS1–2 и *trnL-F* // Генетика. 2007. Т. 43, № 11. С. 1556-1564. 25. Shaw A.J. Bryophytes species and speciation // Bryophyte biol. / Eds. B. Goffinet, A.J. Shaw. New York: Cambridge University Press., 2009. P. 445-486. 26. Вильнет А.А., Константинова Н.А., Троицкий А.В. Молекулярно-филогенетический подход к ревизии рода *Barbilophozia* Loeske (Jungermanniales, Marchantiophyta) // Материалы Всеросс. конф. и с междунар. участием, посвященной памяти Л.В. Бардунова. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010. С. 230-233. 27. Vilnet A.A., Konstantinova N.A., Troitsky A.V. Phylogeny and systematics of the genus *Lophozia* s. str. (Dumort.) Dumort. (Hepaticae) and related taxa from nuclear ITS1–2 and chloroplast *trnL-F* sequences // Molecular Phylogenetics and Evolution, 2008. Vol. 47. P. 403-418. 28. Вильнет А.А., Константинова Н.А., Троицкий А.В. К молекулярной филогении семейства Gymnomitriaceae N. Klinggr. (Hepaticae) // Вычислительная филогенетика и геносистематика: материалы междунар. конф. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. С. 24-29. 29. Vilnet A., Konstantinova N., Troitsky A. Taxonomical rearrangements of Solenostomataceae (Marchantiophyta) with description of a new family Endogemmataceae based on *trnL-F* cpDNA analysis // Phytotaxa (in press). 30. Bakalin V.A., Vilnet A.A. Two new species of Jungermanniaceae from Asian Russia // Arctoa. 2009. Vol. 18. P. 151-162.

Сведения об авторах

Вильнет Анна Александровна – к.б.н., научный сотрудник лаборатории флоры и растительности; e-mail: anya_v@list.ru
 Константинова Надежда Алексеевна – д.б.н., профессор, зав. лабораторией флоры и растительности; e-mail: nadya50@list.ru

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БЕРЕЗ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

М.О. Иноземцева, В.К. Жиров

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Исследованы зависимости состояния зимнего покоя от особенностей развития предшествующего ему процесса осеннего старения листьев у гибридных форм берез (*Betula pendula* x *Betula pubescense*), произрастающих в условиях загрязнения среды отходами медно-никелевого комбината «Североникель» (г. Мончегорск Мурманской области). Установлено, что типичная положительная связь между осенним старением листьев и глубиной зимнего покоя нарушается вплоть до перемены знака при повышении уровня загрязнения, а также у физиологически менее зрелых побегов. Полученные результаты обсуждаются с позиций пассивной и активной стратегий адаптации.

Ключевые слова:

зимний покой берез, зимостойкость, осеннее старение листьев, промышленное загрязнение, физиологический возраст.



Постановка проблемы

Изучение физиолого-биохимических аспектов повреждения и адаптаций в экстремальных условиях является одним из наиболее интересных и важных направлений современной физиологии растений, продолжающим традиции отечественной школы экофизиологов Н.А. Максимова. Заметную роль в развитии этого направления сыграли исследования механизмов неспецифической устойчивости [1], важные в теоретическом и практическом отношениях. Формирование новых представлений об универсальных принципах устойчивости живых систем и ее нарушений под действием неблагоприятных факторов среды отражает общую тенденцию к синтезу ранее не связанных друг с другом взглядов, что в целом свидетельствует о переходе данной проблемы на более высокий теоретический уровень. В частности, они открывают широкие возможности для использования системного подхода в изучении жизнедеятельности растительного организма и способствуют целостному восприятию его структуры и функций.

До начала 1980-х гг. в литературе по физиолого-биохимическим аспектам стресса и адаптации растений существовали непосредственно не связанные между собой представления о неспецифической устойчивости растений [1], универсальном физиологическом значении процессов свободнорадикального окисления (СРО) как биохимического механизма стресса [2], а также об адаптивных функциях ненасыщенных липидов в низкотемпературных условиях [3, 4]. В целом для этого периода было характерным заметное возрастание интереса к биохимическим аспектам проблемы старения [5], благодаря чему она приблизилась к проблеме биологической роли СРО. В то же время в отечественной литературе обозначилась тенденция к системному пониманию функций роста, покоя и старения растений, выразившаяся в представлениях о полифункциональной роли различных гормональных систем [6] и бинарной классификации адаптивных механизмов [7]. По своей логике эти представления имели определенное сходство с взглядами Н.П. Кренке [8], согласно которым классификационной основой существующего многообразия реакций растительного организма является бинарная оппозиция "омоложение-старение", или шкала физиологического возраста [9].

Разновидностью СРО является перекисное окисление липидов (ПОЛ), в качестве первичных продуктов которого формируются гидроперекиси жирных кислот [10]. Еще более 20 лет назад в литературе был широко представлен фактический материал, подтверждающий идею об универсальном характере ПОЛ как молекулярной основе стресса [11] и старения [12] биологических систем. Кроме того, ранее уже были получены данные об участии ПОЛ в изменениях баланса ингибирующих и стимулирующих гормонов [13], что, как известно, играет ключевую роль в

адаптациях растений к экстремальным условиям среды обитания. Двойственность физиологических эффектов активации ПОЛ дала основание предполагать, что эти процессы имеют непосредственное отношение к выбору растительного организма между альтернативами повреждения или приспособления и между активной или пассивной адаптационными стратегиями [7].

Учитывая классические представления Н.П. Кренке (1940) о возрастной зависимости ответных реакций растительного организма на действие экстремальных факторов внешней среды, а также фундаментальную роль СРО в процессах старения [5], можно думать, что возрастной статус растения оказывает влияние на характер взаимоотношений между составляющими этих оппозиций. Таким образом, изучение роли процессов СРО в формировании патологических и адаптивных реакций на экстремальные условия внешней среды в аспекте возрастной изменчивости представляется одним из перспективных путей дальнейшего развития концепции неспецифических механизмов повреждения и устойчивости растений. Поэтому целью настоящей работы было изучение изменчивости состояния глубокого покоя растений берез в условиях техногенного загрязнения в связи с вариациями физиологического возраста. Для ее достижения задачами настоящей работы было исследование у берез в градиенте техногенного загрязнения:

- вариабельности зимнего покоя почек;
- вариабельности физиологического возраста;
- взаимоотношений функций старения и зимнего покоя.

Для проведения подобных исследований центральная часть Кольского п-ова является одним из наиболее репрезентативных районов. Состояние лесных биогеоценозов определяется здесь, с одной стороны, экстремальными природными условиями, а с другой – интенсивным и продолжительным действием антропогенных факторов. Наличие хорошо выраженных градиентов последних предоставляет широкие возможности для изучения спектра реакций растительности от необратимых повреждений до различных адаптационных модификаций.

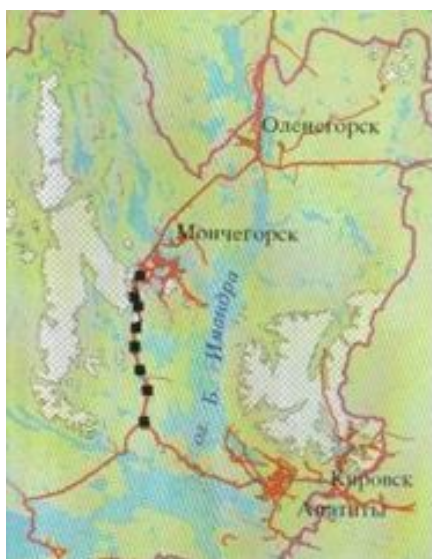


Рис. 1. Расположение экспериментальных площадок в районе исследований

Район исследования

Оригинальные эксперименты проводились с января по апрель 2010 г. на 6 пробных площадках, расположенных в 2, 5, 7, 15, 24 и 29 км к югу от ОАО «Североникель», вблизи автомагистрали Мурманск – Санкт-Петербург. В работе также использовали первичные материалы, собранные в 1994 г. на указанных площадках и, кроме того, в 11 и 19 км от комбината в том же направлении (рис. 1).

Материалы

Для морфофизиологических исследований использовали 20–30-летние гибридные формы березы повислой и пушистой (*Betula pendula* x *Betula pubescense*), величины гибридных индексов [14] которых варьировали в пределах 19–38 по шкале G. Natho (1959). В качестве материала отбирались однолетние и укороченные побеги средней и верхней части кроны с трех деревьев на каждой экспериментальной площадке.

Методы

Определение морфометрических параметров побегов

Проводилось измерение длины ветвей и количество имеющихся на побегах почек.

Визуальная оценка осеннего старения листьев

Осеннее старение листьев березы определялось по 5-балльной шкале с оперированием следующих показателей: 1 – цельнозеленый лист без признаков пожелтения; 2 – лист с желтыми участками не более 50% от общей площади; 3 – лист с присутствием желтых участков более 50%; 4 – цельножелтый лист, без признаков деградации каротиноидов; 5 – лист с признаками разрушения желтых пигментов.

Определение глубины зимнего покоя

Состояние глубокого зимнего покоя оценивалось по методу срезанных ветвей [15]. В качестве характеристики покоя использовался 50%-й критерий прорастания почек.

Математическая обработка данных

Обработка всех полученных данных производилась посредством Манхэттенской метрики и метода оценки коэффициента связи между двумя переменными с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена [16].

Полученные данные обрабатывались статистически с использованием стандартных программ Microsoft Excel, Word 7.0, STATISTICA Application 8.0 для Windows.

Результаты

Сходство между гормональными механизмами старения и зимнего, в частности глубокого, покоя, показанное в работах других авторов [6, 17], свидетельствует о наличии фундаментальной связи между этими функциями. В то же время участие тех же (свободнорадикальных) механизмов в повреждении растений техногенными факторами дает основание предполагать, что в условиях промышленного загрязнения характер этой связи может изменяться. Для выяснения этих возможностей исследовались взаимосвязь состояния зимнего покоя с осенним старением листьев с систематическим положением берез по величине гибридных индексов, связь которых с возрастным состоянием была показана ранее [18], с ярусом и типом побегов, также отражающих возрастное состояние.

Следует подчеркнуть, что, поскольку глубина покоя отрицательно связана с числом проросших почек, положительная связь последнего с интенсивностью старения листьев свидетельствует об отрицательной связи этих характеристик и наоборот. Изучение взаимосвязей покоя и старения в градиенте техногенного загрязнения давало возможность значительно расширить диапазон наблюдаемых реакций, поскольку, как указывалось выше, различные компоненты промышленного загрязнения способны стимулировать процессы естественного старения.

Осеннее старение листьев

Связь состояния покоя с осенним старением листьев исследовали в градиенте техногенного загрязнения у берез одной и различной систематической принадлежности с вариабельностью гибридных индексов 32–33 в первом случае и 21–45 – во втором. При этом данные по старению и покою усреднялись в пределах соответствующих групп растений по каждой из экспериментальных площадок.

Березы с величиной ГИ 32–33

На рис. 2. представлен график вариабельности состояния покоя и осеннего старения листьев растений берез с величиной гибридных индексов (ГИ) 32–33 в зависимости от удаленности до источника загрязнения. Как видно, кривая, отражающая относительное число проросших почек, имеет явно выраженный локальный максимум на 19-км удалении от источника загрязнения. Минимальные значения были зафиксированы на 7 и 29 км от «Североникеля». Выход из состояния покоя был отмечен у растений, произрастающих в 15, 19 и 24 км от комбината. На кривой, описывающей изменчивость осеннего старения листьев в градиенте техногенного загрязнения, хорошо заметно наличие трех максимальных локальных максимумов – на расстоянии 7, 11 и 24 км, а также трех минимумов – на расстоянии 2, 5 и 19 км от «Североникеля».

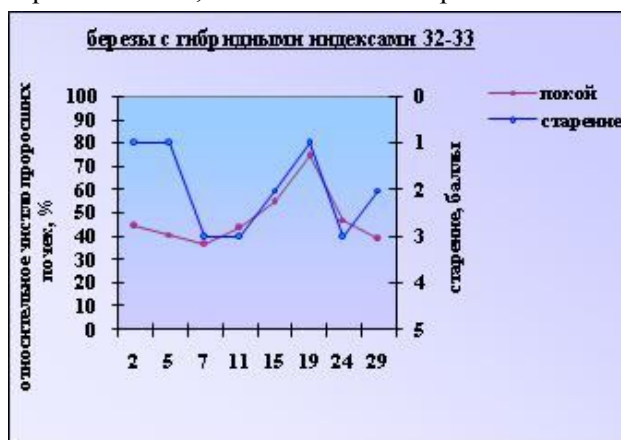


Рис. 2. Зависимость состояния покоя и осеннего старения листьев берез (ГИ 32–33) от техногенной нагрузки

На рис. 3 представлена круговая диаграмма, отображающая степень сходства кривых состояния покоя осеннего старения листьев, представленных на предыдущем графике.

Сопоставляя рис. 2 и 3, можно заключить, что, несмотря на относительно невысокий в целом уровень сходства, в диапазоне расстояний до «Североникеля» от 7 до 24 км кривые по своей форме практически не различаются.



Рис. 3. Связь осеннего старения листьев с глубиной зимнего покоя берез сходной систематической принадлежности (ГИ 32–32) в градиенте техногенного загрязнения

Березы с величиной ГИ 21–45

Величина связи между этими характеристиками в диапазоне варибельности гибридных индексов от 21 до 45 в градиенте техногенного загрязнения показана на рис. 4.

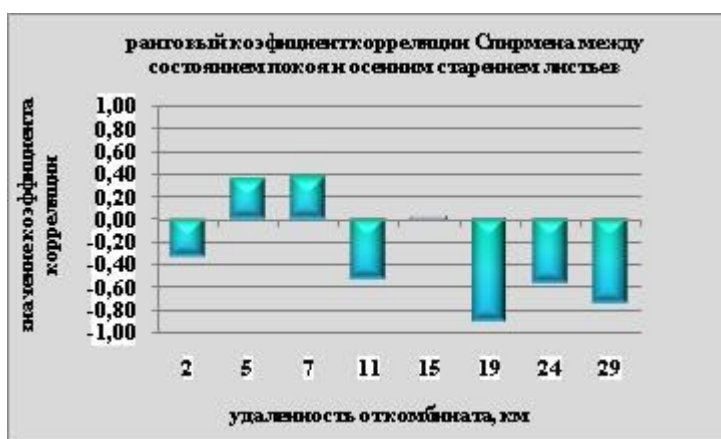


Рис. 4. Связь осеннего старения листьев с глубиной зимнего покоя у берез различной систематической принадлежности (ГИ 21-45) в градиенте техногенного загрязнения

При отрицательных значениях коэффициента корреляции, обнаруженных на 2-, 11-, 19-, 24- и 29-километровом удалении от ОАО «Североникель», связь старения листьев с относительным числом проросших почек прямо пропорциональна, т.е. при увеличении степени пожелтения листьев глубина покоя увеличивается. При положительных значениях коэффициента корреляции, отмеченных на расстоянии 5 и 7 км от комбината, наблюдается противоположная зависимость: с увеличением осеннего старения листьев выход из состояния покоя более активен. Нулевое значение рангового коэффициента корреляции Спирмена, выявленное на 15 км, свидетельствует об отсутствии связи между состоянием покоя и осенним старением листьев.

Величина гибридных индексов

Поскольку изучение связи осеннего старения с глубиной покоя показало, что у берез с большим диапазоном варибельности гибридных индексов эта связь выражена слабее, чем у генетически более однородных образцов, было логично предположить, что ее характер может иметь связь с величиной ГИ. Представляло интерес более подробное исследование особенностей взаимоотношений старения и

покоя при различных величинах ГИ (21–45) и при двух существенно различающихся уровнях техногенного воздействия – на 5- и 24-километровом удалении от ОАО «Североникель».

На рис. 5 представлены результаты изучения изменчивости состояния покоя и осеннего старения листьев на 5-километровом удалении от источника загрязнения. Можно отметить, что наибольшая глубина покоя была обнаружена у берез с ГИ 21, а при ГИ 29 и 45 относительное число проросших почек было больше 50%, что свидетельствует о нахождении их в состоянии вынужденного покоя [15]. Как видно, кривая, характеризующая изменчивость старения листьев, имеет один локальный максимум (минимально выраженное старение листьев) при ГИ 33.

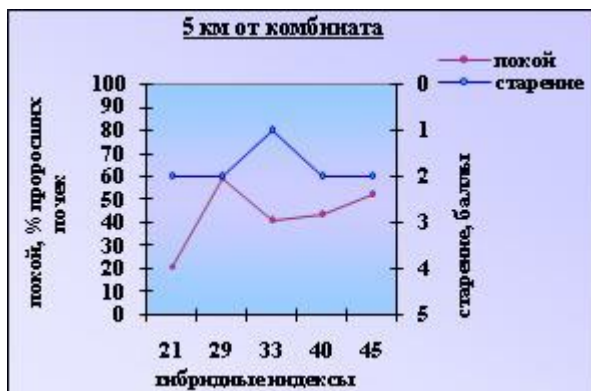


Рис. 5. Зависимость состояния зимнего покоя и осеннего старения листьев от величины ГИ на 5-километровом расстоянии от «Североникель»

На рис. 6 показаны взаимозависимости изменчивости глубины покоя и осеннего старения листьев растений, произрастающих в 24 км от источника загрязнения. Практически все исследованные растения берез находились в состоянии вынужденного покоя, за исключением образцов с ГИ 32. Кривая осеннего старения листьев при этом имела два ярко выраженных локальных минимума – при ГИ 34 и 38. Ее максимальные значения отмечались у берез с ГИ 21 и 44.

В целом можно отметить, что в условиях умеренного загрязнения, при низких значениях ГИ положительная связь между покоем и старением листьев нарушена, усиливается с ростом индекса до значений 32–38, а затем падает. При высоком уровне загрязнения наблюдалась противоположная зависимость.

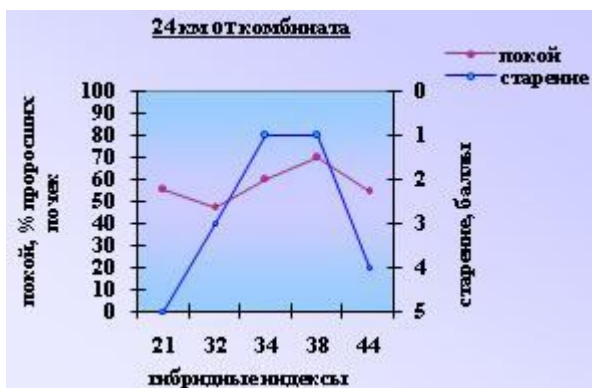


Рис. 6. Зависимость состояния зимнего покоя и осеннего старения листьев от величины ГИ на 24-километровом расстоянии от ОАО «Североникель»

На рис. 7 показана связь осеннего старения листьев и глубины покоя у растений берез на 5- и 24-километровом расстоянии от комбината. Как видно, на большем удалении от источника загрязнения эта связь выражена слабее. При этом по характеру зависимости старения от величины ГИ березы обеих площадок были существенно более сходны, чем по характеру аналогичной зависимости покоя.

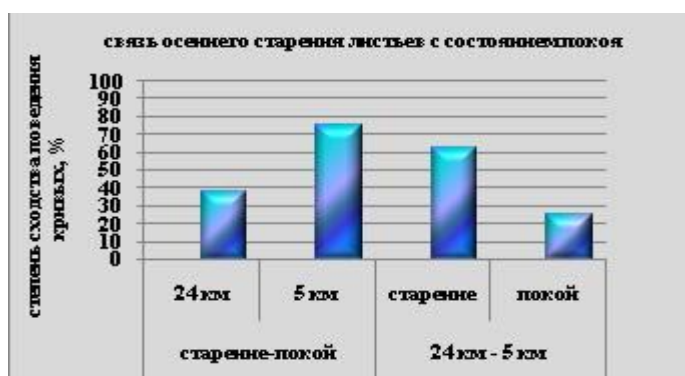


Рис. 7. Связь осеннего старения листьев с глубиной зимнего покоя берез в зависимости от систематической принадлежности (ГИ 21–45) на 5- и 24-километровом удалении от ОАО «Североникель»

Тип и размеры побегов

Размеры побегов

На рис. 8-11 представлены результаты определения размеров однолетних и укороченных побегов, собранных с верхнего и среднего ярусов берез в январе, марте и апреле.

Из рис. 8 следует, что минимальная длина однолетних побегов средней части кроны январского сбора была зарегистрирована на расстоянии 2 и 7 км от ОАО «Североникель», максимальные же значения – на 5-километровом удалении. В случае укороченных побегов минимум фиксировался на 5 км, явный максимум – на 29 км соответственно.

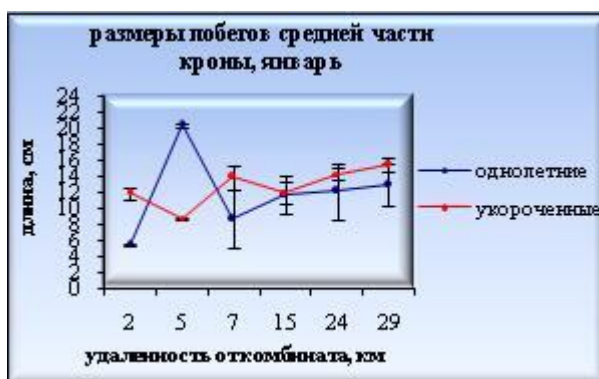


Рис. 8. Изменчивость размеров однолетних и укороченных побегов средней части кроны в градиенте техногенного загрязнения (январь)

Второй сбор побегов средней части кроны производился в апреле. Вариабельность их размеров показана на рис. 9. На кривой, описывающей зависимость длин однолетних побегов от расстояния до «Североникеля», можно отметить наличие двух локальных минимумов – на 2 и 7 км, а также максимума на 5-километровом удалении от источника загрязнения. Кривая укороченных побегов имеет два минимума – на 2 и 24 км и один максимум – на 5 км.

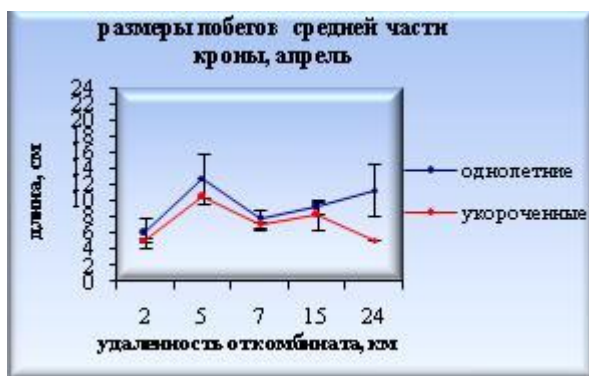


Рис. 9. Изменчивость размеров однолетних и укороченных побегов средней части кроны апрельского сбора в градиенте техногенного загрязнения

Размеры побегов верхней части кроны определяли в марте и апреле. Полученные результаты представлены на рис. 10 и 11 соответственно. В первом случае кривая зависимости размеров однолетних приростов от расстояния до источника загрязнения имеет два ярко выраженных минимальных значения на – 2- и 24-километровом удалении от комбината и одно максимальное – на расстоянии 15 км. В случае укороченных побегов выраженные колебания длин не наблюдались, за исключением одного локального минимума на 24 км, и локального максимума – на 29 км. В апреле минимальные размеры однолетних побегов были зарегистрированы на 2- и 24-км расстоянии от источника выбросов, а максимумы – на 5- и 15-км. Как видно, кривая укороченных побегов не имеет ярко выраженных колебаний.

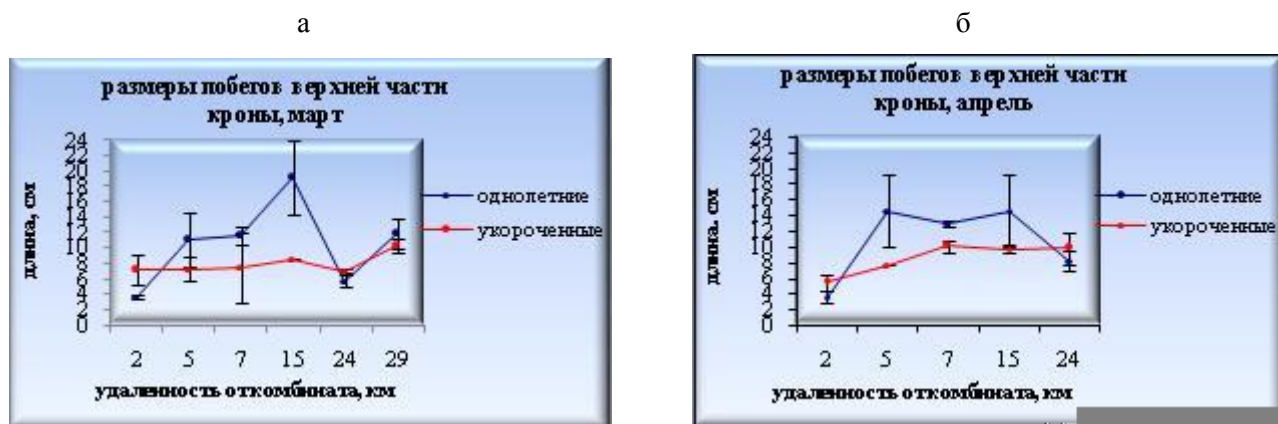


Рис. 10. Изменчивость размеров однолетних и укороченных побегов верхней части кроны в градиенте техногенного загрязнения: а – март; б – апрель

Глубина покоя

На рис. 11-12 представлены результаты сравнительного изучения состояния зимнего покоя однолетних и укороченных побегов берез, растущих на площадках, расположенных по градиенту промышленного загрязнения.

Рис. 11а отображает глубину покоя почек однолетних и укороченных побегов средней части кроны, собранных в январе. Как видно, наиболее глубокий покой был зарегистрирован у растений, находящихся на 5- и 29-километровом удалении от источника загрязнения. Различия между другими площадками практически отсутствовали; во всех случаях относительное число проросших почек составляло порядка 60–70%, что, согласно 50%-му критерию прорастания почек [15], свидетельствует об активном выходе из глубокого покоя.

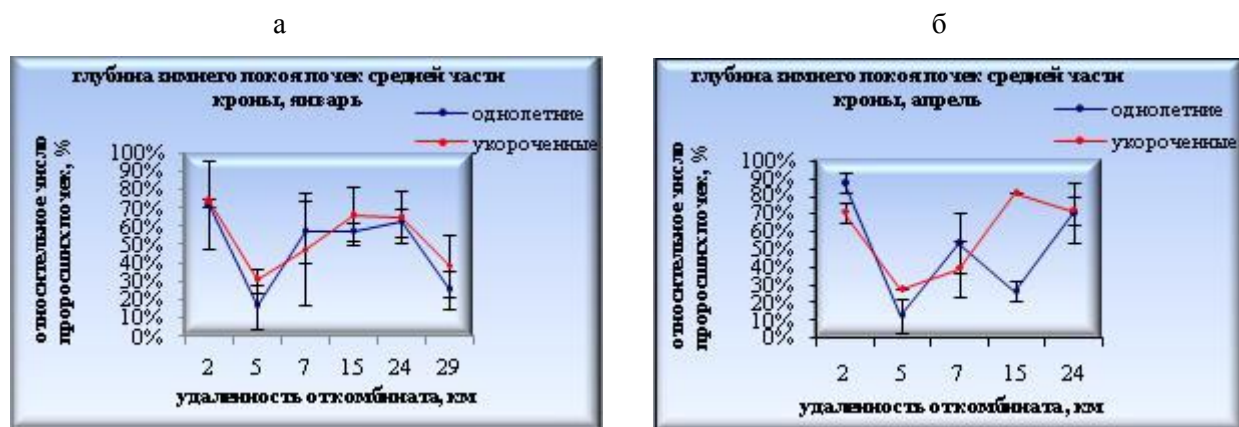


Рис. 11. Изменчивость глубины зимнего покоя почек однолетних и укороченных побегов средней части кроны в градиенте техногенного загрязнения: а – январь; б – апрель

На рис. 11б отображен график зависимости глубины покоя почек побегов, собранных в апреле со средней части кроны, от расстояния до ОАО «Североникель». Можно отметить, что наиболее глубокий покой однолетних побегов был зафиксирован в 5 и 15 км от источника выбросов, а в случае укороченных побегов – в 5 и 7 км. У растений на остальных экспериментальных площадках показатель глубины варьировал в пределах 55–90%.

На рис. 12а показана изменчивость глубины покоя почек верхней части кроны в градиенте техногенного загрязнения в марте. Как видно, в этом случае укороченные побеги отличались в целом наиболее активным выходом из покоя. Согласно 50%-ному критерию прорастания почек [15], в состоянии глубокого покоя находились растения, произрастающие в 5 км от источника загрязнения. Глубина покоя остальных берез (от 52 до 100%) свидетельствует о его вынужденном характере. У однолетних побегов отмечался выход из состояния глубокого покоя на площадках, расположенных на 2- и 15-километровом расстоянии от ОАО «Североникель».

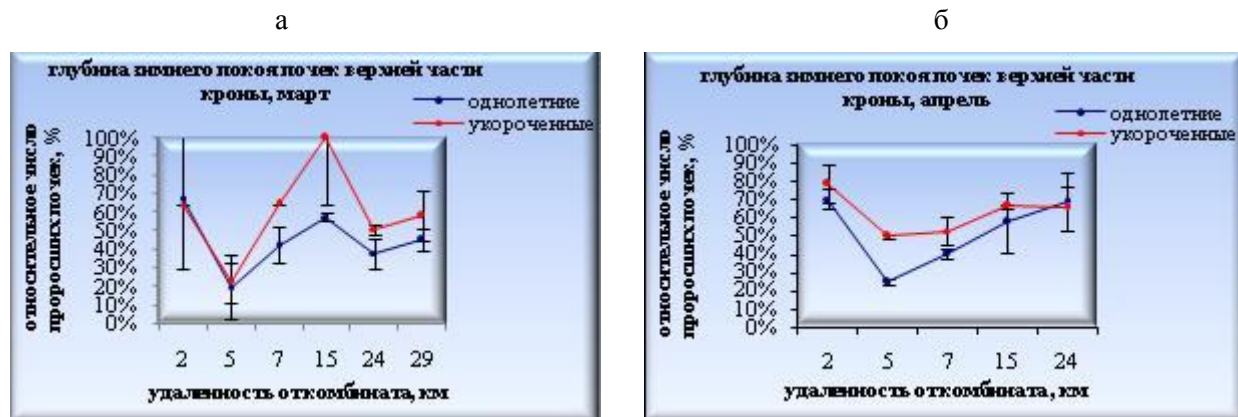


Рис. 12. Изменчивость глубины зимнего покоя почек однолетних и укороченных побегов верхней части кроны в градиенте техногенного загрязнения: а – март; б – апрель

Глубина зимнего покоя побегов верхней части кроны, собранных в апреле, отражена на рис. 12б. Из данного графика следует, что в состоянии глубокого покоя находились почки однолетних побегов, собранных на 5- и 7-км расстоянии от источника выбросов. Значения относительного числа проросших почек на остальных экспериментальных площадках варьировали от 58 до 70%. В случае укороченных побегов на всех исследуемых точках был зафиксирован выход из глубокого покоя, при этом минимальное значение (50%) отмечалось на 5 км дистанции от ОАО «Североникель».

Соотношение размеров побегов и глубины покоя

Характеристики связи между глубиной покоя и размерами однолетних и укороченных побегов верхней и средней частей кроны берез в градиенте промышленного загрязнения во второй половине зимнего периода показаны на рис. 13.

Можно отметить, что у всех объектов, кроме укороченных побегов средней части кроны, к весне наблюдалось нарушение этой связи, причем в наибольшей (и в равной) степени – у однолетних и укороченных побегов верхней части кроны и существенно меньше (при общей слабой выраженности связи) – у однолетних побегов средней части кроны. В случае укороченных побегов средней части наблюдалась противоположная зависимость усиления связи между глубиной их покоя и размерами.

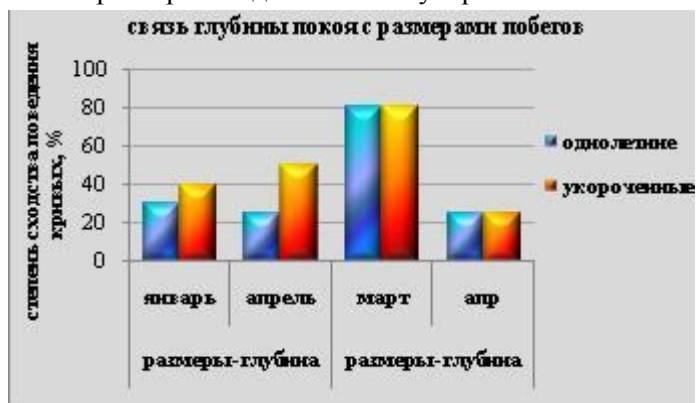


Рис. 13. Связь размеров однолетних и укороченных побегов и с глубиной зимнего покоя в градиенте техногенного загрязнения

Обсуждение

В результате изучения связей между глубиной зимнего покоя и осенним старением листьев, а также между размерами и типом побегов выяснились следующие факты.

1. У берез, однородных по систематическому положению, при средних значениях ГИ (32–33), среднем и умеренном загрязнении (в 11–24 км от комбината) активность осеннего старения листьев положительно связана с глубиной зимнего покоя. Эта связь нарушается при более высоких уровнях загрязнения.

2. В систематически более разнообразном материале (усредненные данные по березам с ГИ 21–45) при более высоком уровне техногенного загрязнения (5–7 км) эта (положительная) связь меняет знак, переходя в отрицательную.

3. Отрицательная связь между покоем и старением у берез с максимальной изменчивостью ГИ, выявленной в наших экспериментах – 21–45 (5 км) и 21–44 (24 км), была обнаружена только в первом случае на более загрязненной площадке, а во втором – была положительной. При этом положительная связь старения и покоя сохранялась при сравнительно близких значениях загрязнения (11 км), где диапазон варибельности ГИ составлял 25–32.

4. У побегов верхнего яруса кроны отрицательная связь размеров с глубиной зимнего покоя выше, чем у побегов среднего яруса, причем по данному показателю однолетние и укороченные побеги не различаются. У побегов среднего яруса связь покоя с размерами более выражена в случае укороченных, чем у однолетних.

В предыдущих работах было установлено, что величина ГИ у берез, растущих в центральной части Кольского п-ова, имеет определенную связь с физиологическим возрастом [18–20], причем возрастание ГИ коррелирует со снижением возрастности. Поскольку положительная связь глубины зимнего покоя с предшествующим ему осенним старением листьев представляет собой наиболее типичный пример нормального функционирования механизма зимостойкости [21], а северная граница ареала березы повислой проходит на 10–15 км южнее максимально удаленной от ОАО «Североникель» площадки [14], можно думать, что «средневозрастные» экземпляры берез (ГИ 32–33), по своему морфотипу занимающие промежуточное положение между березой пушистой (ГИ 0) и березой повислой (ГИ 64), являются наиболее устойчивыми к воздействию комплекса неблагоприятных (техногенных и естественных) факторов. Об этом свидетельствует сходное поведение кривых зимнего покоя и осеннего старения «средневозрастных» берез на основной части градиентной дистанции (рис. 2, 3).

С другой стороны, признаки противоположной зависимости были обнаружены в микропопуляциях берез с изменчивостью ГИ в наиболее широком (21–45) диапазоне при относительно высоком уровне загрязнения (5 км, рис. 4). Поскольку березы с аналогичными характеристиками произрастают и на значительном удалении (24 км) от источника загрязнения, где положительная связь осеннего старения и глубины зимнего покоя сохраняется, логично предположить, что ее снижение вплоть до перемены знака на отрицательный может быть следствием не только морфофизиологической варибельности, но и непосредственного действия техногенных факторов. Об этом также свидетельствует наличие отрицательной связи осеннего старения листьев с глубиной зимнего покоя как на площадке 5 км, так и 7 км, где изменчивость ГИ составляет 31–34.

Эти данные позволяют предполагать существование альтернативного механизма зимостойкости, функционирующего при полной или частичной редукции глубокого покоя либо запускающего его программу без участия процессов старения листьев. В первом случае устойчивость к отрицательным температурам в зимнее время не может быть связана с глубоким подавлением процессов жизнедеятельности. Во втором – это состояние должно поддерживаться в зимнее время за счет постоянного пополнения фонда активной АБК в почках, источником которой в этом случае могут быть запасные каротиноиды [22]. Как было показано в предыдущих исследованиях, функционирование этого пути синтеза АБК у растений представляет собой распространенную на Кольском Севере реакцию на экстремальные условия, относящуюся к активному типу адаптаций [18]. Гипотетический механизм устойчивости к зимним условиям, действующий по активному типу, может быть связан с адаптивным режимом одновременного протекания процессов окисления и синтеза ненасыщенных кислот мембранных липидов, ранее выявленным у северных растений, в т.ч. существующих в промышленно загрязненных зонах [18]. Вероятно, этот режим используется предполагаемым механизмом в качестве активной стабилизации клеточных мембран, как структур, обеспечивающих устойчивость клетки в экстремальных условиях.

По распространенному мнению [7], все многообразие адаптивных реакций у растений подчиняется двум основным – активной и пассивной стратегиям. Ранее в работах лаборатории физиологии растений ПАБСИ КНЦ РАН было показано, что выбор между этими стратегиями связан с возрастным состоянием, причем первая в большей степени свойственна растениям с низким либо высоким физиологическим возрастом, а вторая – «средневозрастным» [18]. Наши результаты согласуются с этими представлениями, так как глубокий покой, формирующийся при участии осеннего старения листьев, представляет собой максимальное выражение пассивной стратегии у древесных и кустарниковых растений. Соответственно, его нарушение либо ингибирование

жизнедеятельности зимой независимо от осеннего старения листьев являются признаками активной стратегии адаптаций.

В связи с этим у берез, произрастающих при достаточно высоких уровнях промышленного загрязнения среды, зимний покой которых был отрицательно связан с осенним старением их листьев, и наблюдались явные признаки активной стратегии. Следует отметить ее эффективность: несмотря на высокий уровень загрязнения и суровый климат, березы в этих условиях существуют на протяжении многих лет.

Как следует из представленных данных, эта стратегия реализовалась, во-первых, в микропопуляции «средневозрастных» берез (ГИ 32–33), а также микропопуляции берез более широкого спектра возрастности (ГИ 21–45), при относительно высоких уровнях загрязнения в обоих случаях. Поскольку по величине отрицательной связи эти популяции практически не различались, а на соседней площадке (11 км) с близкими значениями загрязнения у микропопуляции берез среднего и более высокого физиологического возраста (ГИ 25–32) связь покоя и старения имеет положительный характер, можно заключить, что данный механизм свойствен березам средней и пониженной возрастности. Это согласуется с результатами предыдущих исследований о связи активной стратегии адаптации с низкими значениями физиологического возраста [18].

Так как возрастное состояние ветвей у древесных пород подчиняется метамерной изменчивости, т.е., согласно представлениям Н.П. Кренке [8], пониженными значениями физиологического возраста отличаются верхние и нижние ярусы кроны, проведенное нами сравнение характера связи между размерами и глубиной покоя разноярусных побегов дает возможность оценить степень метамерной дифференцированности исследуемых нами растений по возрастному принципу. При этом очевидно, что однолетние и укороченные побеги должны различаться по физиологическому возрасту, поскольку вторые представляют собой результат раннего торможения ростовых процессов вследствие изменения гормонального баланса в сторону ингибирующих гормонов, что вообще характерно для стареющих тканей и органов. Среди более ювенильных верхинных побегов однолетние и укороченные из них по интенсивности отрицательной связи между глубиной покоя и линейным ростом не различались, в отличие от среднеярусных, где эта связь была явно выше в случае укороченных. Так как верхние метамеры деревьев в физиологическом отношении явно моложе средних, можно думать, что возрастные различия лучше проявляются на фоне развивающихся процессов старения по сравнению с выраженным ювенильным фоном, скрадывающим малые колебания физиологического возраста.

В связи с этим можно полагать, что действие гипотетического механизма устойчивости в условиях техногенного загрязнения отчетливее проявляется в более ювенильных верхушечных метамерах деревьев, причем его интенсивность не зависит или мало зависит от возраста побегов.

Заключение

Суммируя сказанное, можно заключить, что результаты настоящей работы подтверждают существующие представления о ведущей роли физиологического возраста растений в выборе одной из двух (активной или пассивной) стратегий адаптивных реакций в северных условиях и могут служить их развитию.

Гипотетический механизм зимостойкости берез, активация которого не предполагает прямой связи глубокого покоя с осенним старением листьев, функционирует при достаточно высоких уровнях техногенного воздействия у растений среднего и низкого физиологического возраста. В соответствии с используемой шкалой гибридных индексов, данный возрастной диапазон соответствует деревьям с морфологическими признаками, промежуточными между видами *березы пушистой* и *березы повислой* и смещенными в сторону *березы повислой*. Последующее изучение этого механизма позволит приблизиться к пониманию эколого-физиологических основ изменчивости растительного разнообразия в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на северные биогеоценозы и адаптивных реакций растений, что может быть использовано при создании новых эффективных методов оценки состояния природной среды и прогноза ее изменений в будущем.

Выводы

Растения древовидных берез, произрастающие в промышленно развитой центральной части Мурманской области и занимающие промежуточное положение между видами *березы пушистой* и *березы повислой* по величине гибридных индексов (32–33), характеризуются положительной связью

между активностью процессов осеннего старения листьев и глубиной зимнего покоя, свидетельствующей о типичном развитии процесса формирования зимостойкости.

При относительно высоких уровнях техногенного воздействия эта связь может нарушаться вплоть до перемены знака. Отсутствие при этом заметных повреждений свидетельствует о существовании у берез альтернативного механизма зимостойкости в условиях техногенного воздействия. Данный механизм относится к адаптивной стратегии активного типа и на молекулярном уровне реализуется через одновременную стимуляцию процессов синтеза и распада мембранных компонентов.

В целом, активность роста у исследованных растений берез в условиях техногенного загрязнения отрицательно связана с глубиной их зимнего покоя. Эта связь выражена сильнее в физиологически более ювенильных метамерах верхней части кроны дерева и уменьшается при увеличении физиологического возраста. Возрастная дифференцированность однолетних и укороченных побегов отсутствует в физиологически менее зрелых метамерах верхней части кроны и проявляется в более зрелых метамерах средней части.

Альтернативный механизм зимостойкости берез функционирует в условиях достаточно интенсивного техногенного воздействия, свойствен растениям среднего и пониженного физиологического возраста, морфологически сближающимся с *березой повислой*, и относится к активному типу адаптаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Петровская-Баранова Т.П.* Физиология адаптации и интродукции растений. М.: Наука, 1983. 151 с.
2. *Журавлев А.И.* Развитие идей Б.Н. Тарусова о роли цепных процессов в биологии // *Биоантиокислители в регуляции метаболизма в норме и патологии* / под ред. *А.И. Журавлева*. М.: Наука, 1982. С. 3-36.
3. *Lyons J.M.* Phase transition and control of cellular metabolism at low temperatures // *Cryobiol.* 1972. № 9(3). P. 341-356.
4. *Lyons J.M.* Chilling injury in plants // *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1973. № 24. P. 445-466.
5. *Канунго М.* Биохимия старения. М.: Мир, 1982. 294 с.
6. *Полевой В.В.* Фитогормоны. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 250 с.
7. *Зауралов О.А.* Два типа устойчивости растений // Проблемы и пути повышения устойчивости растений к болезням и экстремальным условиям среды в связи с задачами селекции. Л.: Изд-во ВИР. 1981. Ч. 1. С. 9-11.
8. *Кренке Н.П.* Теория циклического старения и омоложения растений и ее практическое применение. М.: Сельхозгиз, 1940. 136 с.
9. *Чернов Г.Н.* Кренке и его теория старения и омоложения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 117 с.
10. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах / *Ю.А. Владимиров, А.И. Арчаков*. М.: Наука, 1972. 273 с.
11. *Halliwel V.* Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase: solutions to the problem of living with oxygen // *New Phytol.* 1974. № 73(6). P. 1075-1086.
12. *Harman D.* Ageing: A theory based on free radicals and radiation chemistry // *J. Gerontol.* 1956. Vol. 11. P. 298-312.
13. *Burden R.S., Taylor H.F.* The structure and chemical transformation of xanthoxin // *Tetraheron Lett.*, 1970. Vol. 47. P. 4071-4071.
14. *Ермаков В.Н.* Механизмы адаптации березы к условиям Севера. Л.: Наука, 1986. 144 с.
15. *Сергеев Л.И., Сергеева К.А.* Методы изучения годичных морфологических ритмов древесных растений // *Физиология приспособления и устойчивости растений при интродукции*. Новосибирск: Наука, 1969. С. 101-105.
16. Количественная гидроэкология: методы системной индентификации / *В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко*. Тольятти, 2003.
17. *Creelman R.A.* Abscisic acid physiology and biosynthesis in higher plants // *Physiol. Plant.* 1989. Vol. 75, № 1. P. 131-136.
18. *Жиров В.К.* Адаптации и возрастная изменчивость растений на Севере. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. 355 с.
19. Осеннее старение листьев и состояние зимнего покоя берез в условиях техногенного воздействия / *В.К. Жиров, С.М. Руденко, В.И. Костюк* // *Физиология адаптогенеза растений на Крайнем Севере*. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 33-39.
20. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере / *В.К. Жиров, Е.И. Голубева, А.Ф. Говорова, А.Х. Хаитбаев*. М.: Наука, 2007. 166 с.
21. Системные адаптации и старение дендроинтродуцентов на Кольском Севере / *В.К. Жиров, О.Б. Гонтарь*. Мурманск, 2011 (в печати).
22. *Taylor H.F., Burden R.S.* Preparation and metabolism of 2-14C-cis, trans xanthoxine // *J. Exp.* 1973. Vol. 24. № 8. P. 873-880.

Сведения об авторах

Иноземцева Мария Олеговна – аспирант; e-mail: inomaria@mail.ru

Жиров Владимир Константинович – член-корреспондент РАН, д.б.н., профессор, директор Полярно-альпийского ботанического сада; e-mail: v_zhirov_1952@mail.ru

ЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ КУЗОМЕНСКИХ ПЕСКОВ

Л.А. Казаков¹, Г.В. Вишняков², В.А. Чамин¹

¹ Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

² Терское лесничество Комитета по лесному хозяйству Мурманской области

Аннотация

Приведены основные результаты многолетней работы по облесению подвижных Кузоменских песков на Терском побережье Белого моря.

Ключевые слова:

эрозия, лесные культуры, приживаемость, сохранность, рост, повреждения.



Введение

В современный период, в связи с продолжающимся процессом опустынивания земель, работы по мелиорации земель являются чрезвычайно важными и актуальными. В дополнение к естественным геологическим явлениям эрозии почв увеличиваются масштабы антропогенных нарушений, приводящих к негативным изменениям природной среды.

Восстановление нарушенных земель естественным путем в ряде случаев становится невозможным или растягивается на десятки и сотни лет.

Особенно опасными для окружающей среды являются процессы, происходящие на побережьях рек и морей, где находятся легко подверженные размыву и развеванию большие массивы песков аллювиального отложения. На побережье Белого моря находится более 20 тыс. га земель, подверженных различной степени ветровой и водной эрозиям, и большинство нарушенных участков имеют тенденцию к расширению. Из-за экстремально сложных природных условий самовосстановление пустынных земель не происходит или идет настолько медленно, что проведение мелиоративных мероприятий становится необходимостью.

Лесомелиорация в большинстве районов, подверженных эрозионным процессам, является наиболее эффективным и надежным методом полной ликвидации дефляции, размыва и коррозии почв. Создание защитных насаждений на Нижнеднепровских и Нижнеднестровских песках позволили ввести в хозяйственный оборот десятки тысяч гектаров ранее бесплодных земель. Лесные полосы, созданные на территориях земледельческих районов, не только уменьшают вредоносное влияние суховеев, но изменяют в благоприятную сторону климатические условия и способствуют увеличению продуктивности земель, позволяют прекратить деградацию земли в результате роста оврагов. Известно, что только посадки древесной растительности способствовали стабилизации природной среды на Куршской косе, расположенной на побережье Балтийского моря [1, 2].

В пределах Кольского Заполярья наиболее крупный массив переважаемых песков образовался в конце IX века в устье р. Варзуга, в районе с. Кузомень и известен под названием Кузоменские пески. По нашему мнению [3], причины образования подвижных песков имеют комплексный характер, поскольку на ряд природных факторов, способствующих развеванию песков, были наложены и антропогенные факторы, такие как пастьба скота, пожар и вырубка леса. Общая площадь эродированных земель в устье р. Варзуга составляет 2.2 тыс. га.

В результате процессов эрозии, продолжающихся и в настоящее время, резко изменился гидрологический режим реки Варзуга, являющейся одним из наиболее богатейших водоемов Европейского Севера. Здесь сохраняется самое крупное стадо европейского лосося – семги и имеются большие запасы натурального речного жемчуга. Прекращение эрозионных разрушений в приустьевой части необходимо не только для стабилизации численности ценных речных обитателей, но и для сохранения прилегающих лесных и тундровых биоценозов, выполняющих важные защитные функции.

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с подвижными песками является их облесение и восстановление ранее существовавших лесов искусственным путем, поскольку естественное самовозобновление древесной растительности из-за крайне жестких природных условий здесь невозможно или может растянуться на несколько столетий.

Обсуждение результатов

Работы по лесомелиорации нарушенных территорий на Кольском п-ове до 1980-х гг. практически не проводились. Некоторые меры противодействия наступления песков на с. Кузомень, предпринятые ее жителями, можно назвать лишь попытками борьбы, поскольку они не дали никаких действенных результатов.

Научное обследование территории Кузоменских песков впервые было сделано П.М. Медведевым [4], который дал ряд практических рекомендаций по закреплению песков. Основным способом фитомелиорации он считал травосеяние, но с обязательной системой полезавитных лесных полос, задерживающих запасы снега и песчаные передувы. В наших первых предложениях, изложенных в сборнике «Система природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения» [5], в качестве главного мероприятия было названо облесение песков, но одновременно поддерживалась и идея создания сеяных лугов на определенных участках территории.

Работы по выращиванию многолетних трав на площади 710 га были включены и в совместно разработанный Харьковским филиалом института «Союзгипролесхоз» и Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом (ПАБСИ) проект закрепления и облесения песков [6]. В своих дальнейших публикациях [7, 8] мы еще некоторое время развивали идею о целесообразности комплексного подхода к освоению эродированных земель на побережье Белого моря. Однако в дальнейшем, ввиду катастрофического упадка сельского хозяйства, ликвидации мелиоративных организаций и значительной нехватки средств на выполнение крупномасштабных мелиоративных работ в отдаленном районе Мурманской области, единственно реальными для осуществления остались лесомелиоративные работы, для которых требуются значительно меньшие затраты средств и труда. Кроме того, для проведения лесомелиорации была создана соответствующая научная и производственная база.

Разработка методов лесной мелиорации подвижных песков на побережье Белого моря была начата впервые в 1985 г. Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом совместно с Терским лесхозом. За 8-летний период экспериментальных работ на различных типах песков было заложено 110 вариантов опытов, высажено около 50 тыс. саженцев древесных пород, испытаны различные виды травянистых фитомелиорантов. Общая площадь опытных посадок составила 5.8 га (рис. 1).



Рис. 1. Созданные культуры

Из нескольких наиболее эффективных приемов была разработана и рекомендована для производственного внедрения технология создания противоэрозийных лесных культур. В качестве основного фитомелиоранта выбран местный подвид сосны – сосна обыкновенная лапландская,

саженцы которой могут успешно приживаться и хорошо расти в естественных зарослях колосняка песчаного. Этот высокий злак произрастает на бугристых песках и может служить защитой для культур сосны в период их приживания. Одним из условий успешности создания культур является внесение в посадочные лунки свежезаготовленного, хорошо разложившегося торфа, который обеспечивает необходимый уровень влажности субстрата и первоначальный запас питательных веществ, потребный для роста культур в первые годы жизни.

По разработанной технологии с начала 1990-х гг. на Кузоменских песках начаты производственные посадки сосны, которые к настоящему времени произведены уже на площади более 70 га. Часть культур сосны переведена в покрытую лесом площадь. Под пологом сосны отмечено появление мхов, лишайников и растений напочвенного покрова, характерных для северных сосновых лесов, а также массовое произрастание грибов. Все это свидетельствует об образовании типичной лесной среды, гарантирующей полное прекращение переноса песков на облесенной территории [9].

В качестве основного лесокультурного объекта выбраны бугристые пески, покрытые колосняком песчаным. Этот высокий злак достигает высоты до 1.5 м и образует сплошные заросли, хорошо защищающие саженцы сосны от переносов песка в летнюю пору и накапливающие снег зимой. Благодаря этому двухлетние саженцы сосны хорошо приживаются в группах колосняка и сохраняются в них, получая необходимое количество влаги. В первый год интенсивный рост обеспечивается за счет внесения в каждую лунку 2–3 кг свежезаготовленного низинного и переходного торфа, который сохраняет свою влажность длительный период при мульчировании посадочного места небольшим слоем песка. Эта технология была разработана в период проведения опытных работ и в последующем применялась при выполнении производственных работ, осуществляемых Варзугским лесничеством Терского лесхоза.

В среднем на 1 га высаживалось по 10 тыс. саженцев, что обеспечивало ускоренное смыкание сосны в группах и формирование искусственных насаждений уже к возрасту 10 лет. Культуры, создаваемые на бугристых песках, по интенсивности роста и срокам формирования в 1.5–2 раза опережали естественный древостой одного и того же возраста, произрастающий в соседних лесных массивах. К 20-летнему возрасту культуры сосны достигли средней высоты более 3 м. Под их пологом началось формирование лесной среды, типичной для сосновых лесов Кольского п-ова. Появление мхов, лишайников и кустарничков, а также грибов свидетельствует о начале почвообразовательного процесса. В культурах старших возрастов началось интенсивное семеношение, обнаружены первые экземпляры естественного возобновления. В то же время под древесным пологом происходит естественный выпад типичной псаммофитной растительности, в первую очередь колосняка песчаного и овсяницы песчаной.

Искусственные посадки сделаны на западной части песков Кузоменского массива, и в настоящее время они полностью прекратили продвижение песков в сторону лесных экосистем. Благодаря этому ликвидировано расширение опустыненных территорий на правом берегу реки и практически решена задача первого этапа работ по ликвидации эрозионных процессов на Кузоменских песках.

Основной задачей современного периода лесомелиоративных работ является защита русла Варзуги и села Кузомень от песчаных заносов, продолжающихся с прежней интенсивностью. Вдоль русла реки расположены ровные пески, лишённые какой-либо растительности, покрытые слоем плитняка и гальки. Они открыты со всех сторон и постоянно подвержены дефляции. На этой территории складываются наиболее жесткие условия для произрастания культур.

Опытные посадки древесных растений, произведенные на данной категории песков в первый период работ, почти полностью погибли, а посевы многолетних трав были засыпаны песком. Однако при наблюдениях за выпадом растений и за состоянием сохранившихся экземпляров было установлено, что наиболее опасным периодом для культур являются первые годы их жизни, когда происходит приживание саженцев и формируется их корневая система. При успешном укоренении и защите от переноса песка, создании соответствующего уровня плодородия и влажности в субстрате растения способны жить даже в столь жестких условиях.

При возобновлении опытов в 2001-2004 гг. были применены более эффективные методы создания культур, с помощью которых удалось уменьшить негативное влияние неблагоприятных факторов среды. В первую очередь были использованы защитные сооружения горизонтального расположения, изготовленные из хмыза листовенных пород, которые предотвратили перевывание песка и задерживали снег. При подготовке субстратов применены повышенные дозы торфа,

заложенного методом перемешивания, послойной укладки и луночным внесением. Впервые было опробовано создание искусственных бугров из торфа, а также произведены посадки второстепенных и подлесочных пород: березы и можжевельника [10].

В одном из вариантов опытов применена предварительная посадка колосняка песчаного как травянистого мелиоранта, предшественника посадки сосны. Уже через год после посадки клонов колосняка на субстрате, подготовленном методом перемешивания торфа с песком, образовалась густая заросль, в дальнейшем обеспечившая высокую приживаемость сосны и ее интенсивный рост. Именно этот метод создания культур был взят за основу при проектировании лесной защитной полосы вдоль берега Варзуги. Осуществление этого проекта начато в 2008 г. за счет средств областного бюджета, из которого выделено 32.5 млн руб. на проведение всех видов работ. Завоз торфа и подготовку субстратов, а также изготовление и установку защитных сооружений осуществило Умбское дорожное ремонтно-строительное предприятие. Посадку травянистых и древесных растений проводил Кольский лесхоз. За два года создана лесная полоса шириной 50 м протяженностью 4.5 км по технологии, разработанной Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом. Осуществление этого проекта при соблюдении всех лесокультурных требований позволит создать защиту речного русла от песчаных заносов на всем участке вплоть до впадения реки в море.

Для предотвращения дальнейшего сдувания песка в р. Варзугу по-прежнему существует необходимость в создании защитных лесонасаждений. Но на ранних этапах развития растения нуждаются в механической защите, как от ветров, постоянно дующих на этих открытых территориях, так и от песка и снега, которые друг друга взаимозаменяют в зависимости от времени года. Поэтому к решению этой проблемы нужен комплексный подход. Изучая полученные результаты, мы пришли к выводу, что опыты с укладкой соснового и березового хмыза, укрепленного кольями (рис. 2) увенчались большим успехом [11].



Рис. 2. Защита хмызом

На раннем этапе создания культур особенно важно обеспечить хорошую защиту саженцев. Положительно сказались на росте культур примененные способы защиты клетками от 4х4 м до 6х6 м и защитными полосами из древесного хмыза с расстоянием до 10 м.

В настоящее время по проекту «МУРМАНСКИНЖСЕЛЬСТРОЙ» установлены щиты. Защитные сооружения были созданы из деревянных щитов по типу применяемых на дорожном строительстве и используемых для предохранения дорожного полотна от снежных заносов. Их высота 1.5 м, что при вертикальной установке создает более благоприятный микроклимат на культивируемой площади за счет снижения ветровой нагрузки, накопления снега и задержания песка. Установка щитов произведена вдоль всей полосы с южной стороны на расстоянии примерно 5 м от края культурных посадок.

Благодаря установке щитов на всем участке берегоукрепления и посадке растений с внесением торфа очень велика вероятность того, что культуры приживутся. Следует отметить, что метод

установки деревянных щитов при защите от песка используется впервые и опытов по их установке и работе на открытых песчаных участках на севере не было. Поэтому в настоящее время необходимо проверить эффективность созданного нового метода защиты.

В 2008 г. были выявлены процессы деградации созданных ранее культур сосны в приморской зоне. В результате детального обследования участков, проведенного комплексной экспедицией с участием сотрудников Центра защиты леса по Ленинградской области, ПАБСИ и Терского лесничества, установлено, что к 2010 г. общая площадь насаждений, утративших жизнеспособность, составила уже 123 га. Все погибшие насаждения – это лесные культуры, созданные Терским лесничеством на тундровых пустырях вблизи Белого моря в 1970-е гг. [12].

Насаждения сосны на бугристых песках, заложенные в 1980–1990-е гг., в большей части сохраняют жизнеспособность, но являются ослабленными или сильно ослабленными, и текущий отпад в них значительно превышает естественный, что свидетельствует о развитии патологических процессов, имеющих положительную динамику. В 2009–2010 гг. был выявлен активный процесс ослабления насаждений, который, по всей вероятности, будет продолжаться и в дальнейшем. В ходе обследования выявлено, что основной причиной, вызвавшей ослабление и гибель растений, является поражение хвои сосны обыкновенным шютте, вызываемым грибом *Lophodermium seeditiosum*.

Очевидно, что деревья, испытывающие более сильное влияние внешних факторов, к которым можно отнести ветровую нагрузку, засекание песком, ранний выход из-под снега, солнечное воздействие и физиологическое иссушение хвои, более ослаблены и поражены шютте в большей степени.

Установлено, что культуры, созданные посевным и посадочным материалом местного происхождения, менее подвержены грибным заболеваниям, чем посадки и посевы, полученные из семян неизвестного происхождения под общим названием «Мурманские». Опытные посадки дичков сосны, заложенные в конце 1980-х гг., сохраняют жизнеспособность до настоящего времени. Более молодые культуры, находящиеся в зимний период под снежным покровом, не имеют никаких признаков ослабления и заражения обыкновенным шютте. Повреждения хвои в групповых культурах с высокой плотностью наблюдаются только у деревьев с периферийной стороны, обращенной к открытым пространствам.

Такие явления массовой деградации сосны в условиях Крайнего Севера выявлены впервые, и они требуют детального изучения. В настоящее время разработана соответствующая программа исследований с участием специалистов различных профилей.

Заключение

Опытные и опытно-производственные лесомелиоративные работы, проведенные на Кузоменских песках в течение 25 лет, показали, что обеспечить закрепление подвижных перевеваемых песков можно путем сплошного облесения и создания защитных лесных полос. Разработаны эффективные методы, которые обеспечивают высокую приживаемость и сохранность древесных мелиорантов, а также их интенсивный рост. Это возможно за счет внесения торфа в посадочные лунки или сплошного торфования песка и создания торфо-песчаного субстрата. Защита посадок от дефляции подвижных слоев песка обеспечивается устройством механических защитных сооружений и предварительной посадкой высокорослых травянистых мелиорантов. Достаточно эффективным и относительно дешевым приемом признан способ посадки саженцев древесных пород в группы колосняка, произрастающего на бугристых песках.

По разработанным методам фитомелиорации на территории Кузоменских песков создано более 70 га культур сосны с высокой приживаемостью и сохранностью. Значительная часть культур уже переведена в лесопокрытую площадь, поскольку в посадках 15–20-летнего возраста произошло смыкание деревьев. Наблюдается активное формирование напочвенного покрова и лесной среды, отмечено семеношение в культурах старшего возраста.

Опытные работы по созданию защитной лесной полосы вдоль берега р. Варзуга, выполненные на новом технологическом уровне, позволили создать первые противозерозионные насаждения на самом сложном участке подвижных песков, подверженных активным эрозионным процессам. По разработанным технологиям уже создан защитный пояс протяженностью 4.5 км на площади 22.5 га.

Одной из наиболее значительных проблем современного периода является массовая гибель прибрежных искусственных насаждений и естественных древостоев сосны в результате поражения хвои грибными заболеваниями. Деградация сосны, выявленная в последние 3–5 лет, приобрела

массовые масштабы, что требует детального научного изучения этого процесса и принятия экстренных мер защиты созданных посадок.

Подобное явление отмечено впервые для условий Крайнего Севера, и в связи с ним дальнейшее создание монокультур сосны на Кузоменских песках должно быть прекращено. В настоящее время необходимо создание собственной семенной базы и использование только местного посадочного материала. Кроме того, требуется начать закладку экспериментальных культур смешанного типа с использованием таких древесных пород, как ель, береза, ольха и ива, которые в отличие от сосны не подвержены массовым инфекционным болезням, выявленным в настоящее время. Создание смешанных лесных насаждений повысит их противоэрозионную эффективность и будет способствовать ускорению почвообразовательного процесса.

Решение проблемы стабилизации природной среды в устье р. Варзуга является важнейшей задачей, поскольку дальнейшее развитие эрозионных процессов в этом районе неизбежно приведет к ухудшению экологического состояния этого уникального природного комплекса Кольского Севера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Болдырев В.Л., Тепляков Г.Н.* Формирование, состояние и проблемы сохранения ландшафтов Куршской косы. НМА-Природа. М., 2003.
2. Лесомелиорация приморских песков Запада и Севера России / *А.Ф. Чмыр, Л.А. Казаков, В.П. Чередниченко, А.В. Дорошин, Г.Н. Тепляков, И.П. Свинцов.* СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. политехн. ун-та, 2009. 212 с.
3. *Казаков Л.А.* Кузоменские пески. Мурманск, 2000. 112 с.
4. *Медведев П.М.* Кузоменские пески и мероприятия по их закреплению // Известия ВГО. 1964. Т. 96. С. 30-38.
5. *Казаков Л.А.* К проблеме облесения Кузоменских песков // Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения. Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1982. С. 129-134.
6. Схема использования, закрепления и облесения песков Варзугского лесничества Терского лесхоза Мурманской области (Фонды Харьковского филиала института «Союзгипролесхоз»). Харьков, 1985. 99 с.
7. *Вишняков Г.В., Казаков Л.А.* Пути решения экологических проблем приемами фитомелиорации на побережье Белого моря // Экологические и экономические аспекты мелиорации: тез. докл. VIII Всесоюз. конф. по мелиоративной географии. Таллин, 1988. Т. 2. С. 139-140.
8. *Вишняков Г.В., Казаков Л.А.* Комплексное использование эродированных земель на Терском побережье Белого моря // Проблемы комплексного использования природных ресурсов Кольского полуострова: материалы всесоюз. конф. Апатиты, 1989. С. 89.
9. *Казаков Л.А., Вишняков Г.В.* Облесение песков в Заполярье // Лесное хоз-во. 2006. № 4. С. 31-32.
10. *Казаков Л.А.* Опыт создания защитных лесных полос на эродированных берегах р. Варзуга // Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере: материалы междунар. конф. Кировск, 2006. С. 65-69.
11. Эффективность защитных сооружений на дефлированных участках песков Кузоменского массива: дипломный проект В.А. Чамина / Апатитский филиал МГТУ. Апатиты, 2007.
12. Санитарное и лесопатологическое состояние лесных культур сосны обыкновенной в кв. 322 и 323 Варзугского участкового лесничества Терского лесничества Мурманской области: отчет Центра защиты леса Ленинградской области / под ред. Е.А. Бондаренко. СПб., 2010.

Сведения об авторах

Казаков Лерий Александрович – к.с.-х.н., старший научный сотрудник, заслуженный лесовод РФ, e-mail: lery_kazakov@mail.ru

Вишняков Геннадий Власович – участковый лесничий Терского лесничества Комитета по лесному хозяйству Мурманской области, e-mail: vishnyakov2005@mail.ru

Чамин Виталий Александрович – аспирант, e-mail: chamin-v@yandex.ru

ОБЗОР РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ, ЛИШАЙНИКОВ И ЦИАНОПРОКАРИОТ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Константинова, О.А. Белкина, Е.А. Боровичев, Д.А. Давыдов, В.А. Костина,
А.Ю. Лихачев, А.В. Мелехин, С.С. Шалыгин

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Подведены итоги изучения автотрофной биоты особо охраняемых природных территорий Мурманской области. Составлены и проанализированы списки видов цианопрокариот (129 видов), лишайников (879), печеночников (191), мхов (417) и сосудистых растений (952), найденных на ООПТ. Показана высокая репрезентативность флор мохообразных и лишайников ООПТ Мурманской области по сравнению с сосудистыми растениями, что отражает как особенности распространения этих групп, так и специфику их изучения в области. Дана краткая характеристика разнообразия растений, лишайников и цианопрокариот ряда ООПТ.

Ключевые слова:

цианопрокариоты, лишайники, печеночники, мхи, сосудистые растения, биоразнообразие, особо охраняемые природные территории, Мурманская область.

Одним из приоритетных направлений исследований лаборатории флоры и растительности Полярно-альпийского ботанического сада-института является разностороннее изучение фитобиоты Мурманской области, а в его рамках – инвентаризация растений, лишайников и цианопрокариот особо охраняемых природных территорий (ООПТ). На территории Мурманской области находится 3 заповедника, 11 заказников и 42 государственных памятника природы (ГПП). Из них лишь 8 памятников природы были созданы специально с целью охраны разнообразия растений и лишайников: это так называемые ботанические памятники природы [1]. Подавляющее большинство ООПТ области расположены в центральной и южной частях региона. Практически полностью отсутствуют ООПТ на севере и северо-западе. Общая площадь ООПТ составляет около 10% площади Мурманской области (рис. 1). Степень изученности ООПТ в отношении различных систематических групп весьма неравномерна.

Материалы и методы

Работы по изучению разнообразия растений и лишайников ООПТ ведутся в ПАБСИ практически с его основания. На первых порах внимание уделялось почти исключительно сосудистым растениям. Более или менее планомерное изучение мохообразных и лишайников начато с 1990-х гг., а цианопрокариот – с 2002 г.. В ходе экспедиционных работ в последние десять лет, наряду с территориями заповедников и заказников (рис. 2, 3), обследованы существующие и проектируемые памятники природы в Кандалакшском районе (Беломорское побережье – губа Воронья, побережье Иовского водохранилища, берег оз. Ковдозеро, долина реки Толванд; Баренцевоморское побережье – юг Колвицкого заказника, побережье Колвицкой губы, мыс Корабль и др.), окрестностях пос. Ковдор, в Хибинах (Энкалипты перевала Юкспорлак, Криптограммовое ущелье), на предгорной равнине к югу от Хибин (Эвтрофное болото южного Прихибинья), в Ловозерских горах (Гора Флора, Арники у оз. Пальга, Арники и маки ущелья Индичйок, Горечавка и тимьян в долине р. Киткуай), на побережье Баренцева моря.

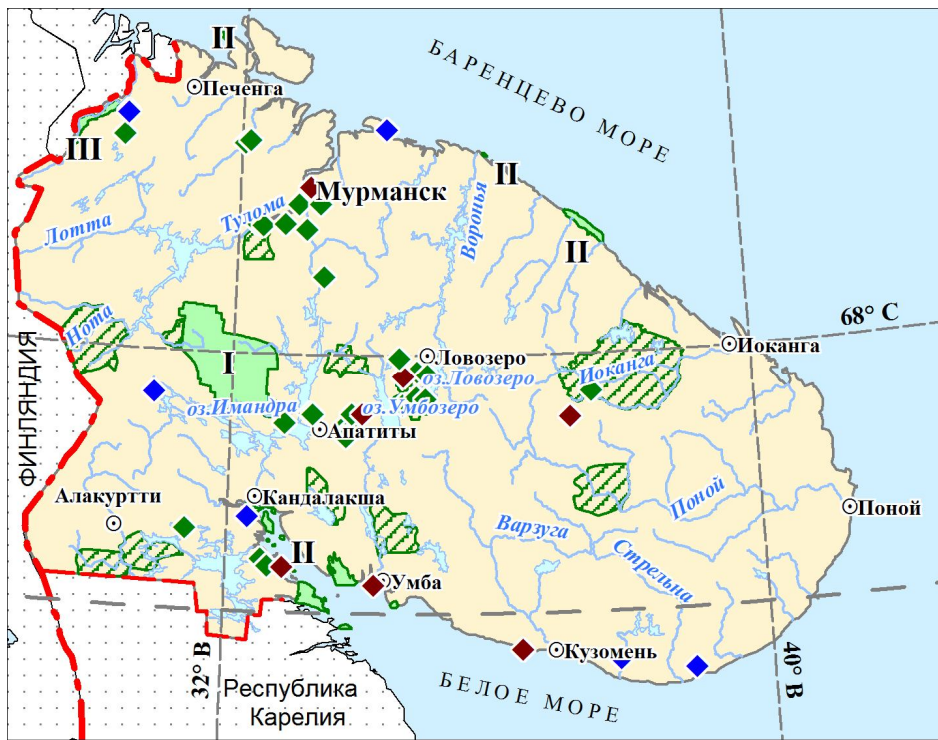


Рис. 1. Особо охраняемые природные территории Мурманской области
 ■ – территории заповедников; I – Лапландский заповедник, II – Кандалякшский заповедник, III – заповедник Пасвик. ■ – территории существующих заказников. Памятники природы:
 ◆ – ботанические, ◆ – геологические, ◆ – гидрологические

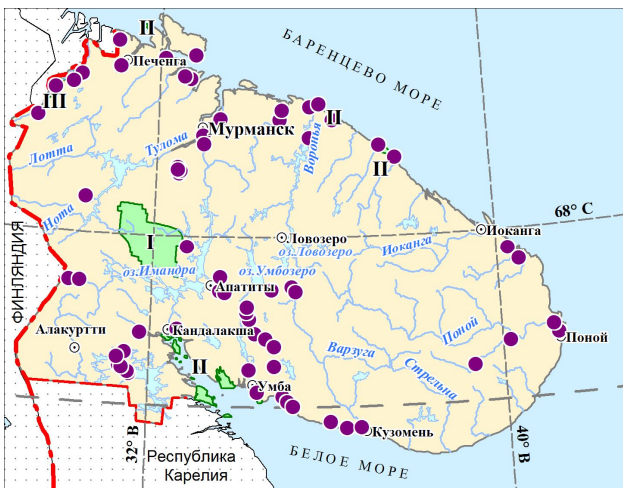


Рис. 2. ● – районы экспедиционных работ сотрудников ПАБСИ на территории области в последние 10 лет

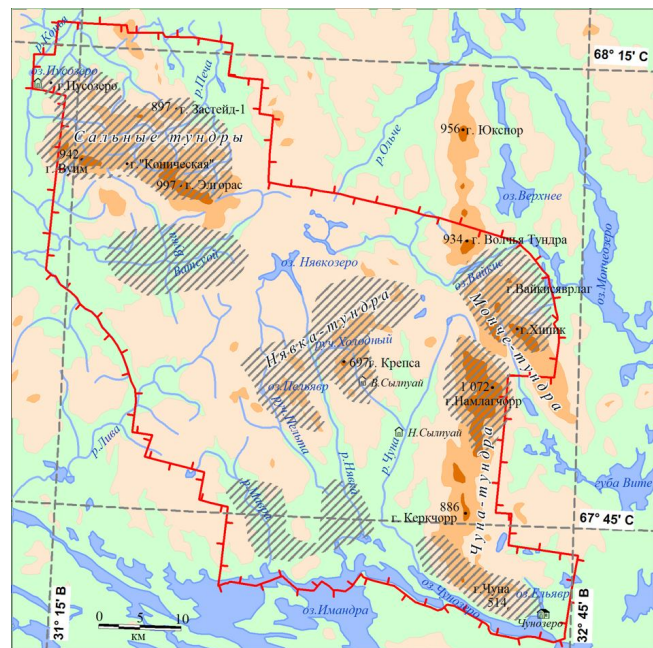


Рис. 3. ▨ – обследованные районы Лапландского заповедника

Кроме того, обследованы небольшие памятники природы в разных регионах области: Бараний лоб (на оз. Семеновское), Озеро Комозеро, Водопад на р. Шуонийоки, Лиственницы сибирские у пос. Ревда, Няозерские кедры, Лиственничная роща Тайболы. Проработан имеющийся картографический материал,

нанесены на карту границы памятников природы, уточнены точки нахождения редких растений, выявлены новые местонахождения редких и исчезающих видов, собран гербарий наиболее интересных видов.

Документальной основой инвентаризационных работ является гербарий. В гербарии ПАБСИ хранятся многочисленные сборы сосудистых растений с современных ООПТ области со времени основания Сада, существенно пополненные в ходе подготовки издания «Флора Мурманской области» [2], поэтому в последнее десятилетие основное внимание уделялось сбору мохообразных, лишайников и цианопрокариот. Из сосудистых растений гербаризировались лишь некоторые виды, дополняющие флоры заповедников, и отдельные редкие виды. Всего за последние 10 лет гербарий мохообразных, собранный на существующих ООПТ области, пополнился примерно 10 тыс. образцов. Наибольшее число образцов (3 тыс. образцов лишайников, 4 тыс. образцов мохообразных и 1.5 тыс. цианопрокариот) собрано в Лапландском заповеднике, целенаправленным изучением фитобиоты которого мы занимаемся на протяжении всего десятилетия. В Кандалакшском заповеднике работы проводились эпизодически: в 2001 г. изучались мхи и сосудистые растения окрестностей кордона «Подпахта» заповедных островов Баренцева моря: Большой Гавриловский и Большие Воронухи. В 2010 г. обследованы Айновы острова Баренцева моря, в результате чего гербарий ПАБСИ пополнился 370 образцами мхов, 112 лишайников, 100 цианопрокариот. Около 1 тыс. образцов (примерно 500 образцов лишайников и 500 образцов мохообразных) собраны с территорий памятников природы. Частично идентифицированный материал инсерирован в гербарий ПАБСИ (КРАВГ). Для каждого образца давалось более или менее детальное описание экотопа, а нередко и описание окружающей растительности, что использовалось в дальнейшем при экологической и фитоценотической характеристике вида.

В ходе работ по изучению фитобиоты ООПТ проводилась идентификация ранее собранного материала и критическое изучение хранящихся в гербарии ПАБСИ коллекций. Образцы определялись по принятым для каждой группы методикам. Для всех групп, кроме сосудистых растений, проводилось изучение большинства образцов при больших увеличениях.

Названия таксонов сосудистых растений приводятся по С.К. Черепанову [3], печеночников и мхов – по последним чеклистам России [4, 5], лишайников – по R. Santesson et al. [6], цианопрокариот – по J. Komárek, K. Anagnostidis [7, 8, 9] и Anagnostidis, Komárek [10].

Видовое богатство фитобиоты на ООПТ Мурманской области

Видовое богатство на разных ООПТ и для разных групп варьирует в очень больших пределах (табл.).

Видовое богатство некоторых групп фитобиоты на ООПТ Мурманской области

Группы организмов	Лапландский заповедник (278.436)		Кандалакшский заповедник (70.5)		Заповедник «Пасвик» (14.727)		ПАБСИ (1.25)		Заказник «Кутса» (52)		Памятники природы	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Сосудистые растения, в т.ч.	617	45.8	668	49.6	374	27.8	425	31.6	427	32.0	329	24.5
аборигенные	428	48.2	553	61.0	310	32.0	318	35.2	382	42.5	295	32.6
Мхи	260	54.8	281	59.2	81	17.0	210	44.3	295	62.2	161	34
Печеночники	170	85.0	108	54.0	–	–	111	55.5	125	62.5	42	21
Лишайники	607	52.7	394	34.2	215	18.7	265	23.0	302	26.2	253	22.0
Цианопрокариоты	91	30.2	71	23.6	–	–	49	16.3	–	–	4	1.3
Всего	1745	50.2	1522	43.8	670	19.3	1060	30.5	1149	33.0	789	22.7

Примечание: А – число видов. Количество видов, приведенных для ООПТ, дается как с учетом новых находок, в том числе неопубликованных, так и новейших таксономических изменений; Б – процент от общего числа видов в Мурманской области; в скобках – площадь ООПТ в тыс. га.

Это обусловлено как природными условиями территорий, так и степенью их изученности. Видовой состав сосудистых растений выявлен на ООПТ довольно полно, в то время как мохообразные, лишайники и цианопрокариоты изучены совершенно недостаточно [11].

Заповедники

Заповедники – это территории со строгим режимом охраны, где запрещена любая хозяйственная деятельность и проводится мониторинг природных процессов. Основное внимание было уделено изучению биоразнообразия заповедников, в частности Лапландского заповедника.

Кандалакшский государственный природный заповедник

Организован в 1932 г., в 1939 г. получил статус государственного, расположен на побережье и островах Баренцева моря и Кандалакшского залива Белого моря.

Флора сосудистых растений изучалась в заповеднике длительное время. Опубликованы многочисленные списки видов для разных островов и побережья, более или менее полный список приводится в работе «Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России» [12]. Исследования последних лет позволили уточнить список и распространение некоторых редких видов в заповеднике [13] и др.

Планомерное изучение флоры мохообразных островов Кандалакшского залива Белого моря осуществлялось нами в 1990-е гг. Опубликованы более или менее полные списки видов для беломорской территории Кандалакшского заповедника [14, 15]. Сведения по островам Баренцева моря, входящим в состав Кандалакшского заповедника, сводились к указаниям 48 видов [16, 17]. В результате наших работ на островах Большой Гавриловский, Большие Воронухи [18] и Айновых островах для баренцевоморской территории заповедника в настоящее время известно 93 вида.

В отношении цианопрокариот довольно подробно исследована территория островов в беломорской части Кандалакшского заповедника, на которой зарегистрирован 71 вид [19]. Что касается баренцевоморской части заповедника, то здесь в 2010 г. Д.А. Давыдовым были обследованы Айновы острова, на которых обнаружено 10 видов.

Несмотря на очень небольшие размеры Кандалакшского заповедника, видовое разнообразие автотрофной биоты в нем одно из самых высоких (табл.) и лишь на 200 видов уступает во много раз превосходящему его по площади Лапландскому заповеднику. Объясняется это несколькими причинами. Во-первых, флора сосудистых растений Кандалакшского заповедника на 51 вид богаче таковой Лапландского заповедника. Обусловлено это тем, что часть территории Кандалакшского заповедника расположена на юге Кольского п-ова (п-ов Турий и острова Кандалакшского залива), тогда как другая часть на севере региона – на островах вдоль побережья Баренцева моря, испытывающего непосредственное влияние как Нордкапской ветви Гольфстрима, так и Арктики. Поэтому во флоре заповедника представлены, с одной стороны, виды северного распространения (например, арктический *Carex maritima* и др.), обычные и часто обильные арктоальпийские (*Anthoxanthum alpinum*, *Oxytropis sordida* и др.), гипоарктические (*Luzula arcuata*, *Salix glauca* и др.), доминирующие в растительном покрове бореальные *Carex vesicaria*, *Festuca ovina*, *Salix myrsinifolia* и др. виды, а с другой стороны, типичные неморальные (*Lathyrus vernus* и *Viola persicifolia*), ограниченные в распространении югом территории. Основная же особенность – участие в растительном покрове приморских растений (*Glaux maritima*, *Mertensia maritima*, *Zostera marina* и др.), составляющих значительную долю во флоре и отсутствующих на других ООПТ. Во-вторых, число видов мхов, известных в настоящее время в Кандалакшском заповеднике, немного больше такового, найденного в Лапландском заповеднике (табл.). Однако это связано преимущественно со степенью изученности флор. Территория Кандалакшского заповедника обследована намного тщательнее и полнее, чем Лапландского. Что касается печеночников, то их видовое разнообразие в Кандалакшском заповеднике даже ниже, чем на значительно меньшей по площади территории ПАБСИ (табл.). Намного ниже, чем в Лапландском заповеднике, и разнообразие лишайников (табл.) Сравнительная бедность этих групп объясняется небольшой площадью, равнинным характером территории островов и побережья Белого моря, а также практически полным отсутствием данных по флорам печеночников и лишайников островов Баренцева моря.

Некоторые виды известны пока только из Кандалакшского заповедника: цианопрокариоты (*Coelomonon pusillum*, *Scytonema tolypotrichoide*, *Planktolynghya contorta*, *Synechocystis pevalekii*, *Gomphosphaeria multiplex*, *G. virieuxii* и др.), печеночники (*Barbilophozia rubescens*, *Cephaloziella arctogena*, *Cephaloziella polystratosa*, *Fossombronina foveolata*, *Lophoziopsis rubrigemma*, *Scapania paradoxa*, *Pellia endiviifolia*).

Лапландский государственный природный биосферный заповедник

Создан в 1930 г., в настоящее время является одним из крупнейших заповедников России. В его состав входят равнинные территории и четыре значительных по площади и диапазону высот горных массива.

В целом флора сосудистых растений к началу XXI в. была выявлена. Итоги ее изучения опубликованы в нескольких работах [21, 22]. В последнее десятилетие новые для заповедника виды обнаруживаются редко, тем не менее, за этот период найдены 6 видов, ранее не зарегистрированных в заповеднике, в том числе новый для Мурманской области *Asplenium trichomanes* (рис. 4) [23]. Основное внимание в настоящее время уделяется уточнению распространения видов на территории заповедника.



Рис. 4. Asplenium trichomanes L. – новый для Мурманской области папоротник, местонахождение которого в Лапландском заповеднике находится почти на 1 тыс. км севернее основного ареала



Рис. 5. Conocephalum salebrosum Szweyk., Buczk., Odrzyk. – новый для Мурманской области печеночник, выявленный в Лапландском заповеднике

Сведения о бриофлоре территории Лапландского заповедника впервые были обобщены в сводке [24], затем существенные дополнения внес Р.Н. Шляков [17] и некоторые другие исследователи [20, 25-27]. Список мхов заповедника к 2000 г. включал 171 вид. В результате обследования массива Сальные тундры в 2001, 2003-2004 гг. было найдено еще 69 видов [28, 29]. В настоящее время, с учетом публикации Е.Н. Андреевой [30] и результатов работ в 2010 г. в урочище Сейднотлаг, общее число зарегистрированных здесь мхов составляет 260 видов. Планомерное изучение печеночников Лапландского заповедника проводится Е.А. Боровичевым с 2004 г. К этому времени список печеночников Лапландского заповедника насчитывал 116 видов [31]. В результате работ Е.А. Боровичева список печеночников вырос до 170 видов [32– 35], причем видовое разнообразие большинства расположенных на территории заповедника горных массивов – одно из самых высоких в области (Сальные тундры – 138 видов, Монче-тундра – 120 видов, Чуна-тундра – 132 вида).

Целенаправленная инвентаризация лишенофлоры заповедника была начата в 2003 г. Г.П. Урбанавичюсом и И.Н. Урбанавичене. К этому времени список видов лишайников Лапландского заповедника насчитывал 140 видов [36]. В результате исследований, проведенных в течение двух полевых сезонов, известно число лишенофлоры заповедника – 323 вида [37]. С 2005 г. изучение флоры лишайников Лапландского заповедника ведется А.В. Мелехиным и Г.П. Урбанавичюсом, И.Н. Урбанавичене параллельно [38-43]. В настоящее время в Лапландском заповеднике выявлено более половины лишенобиоты Мурманской области, включая новые для России виды (рис. 6).

За последние 3 года С.С. Шалыгиным обследована флора цианопрокариот всех четырех крупных массивов заповедника, большая часть коллекций определена, подготавливаются аннотированные списки. Опубликованы данные по редким видам [35] и по видовому составу Монче-тундры [44]. На настоящий момент в Лапландском заповеднике выявлено 30% флоры цианопрокариот области.



Рис. 6. *Phormidiochaete nordstedtii* (Born. et Flah.)
Komárek – новый для России вид
 цианопрокариот, выявленный в Лапландском
 заповеднике

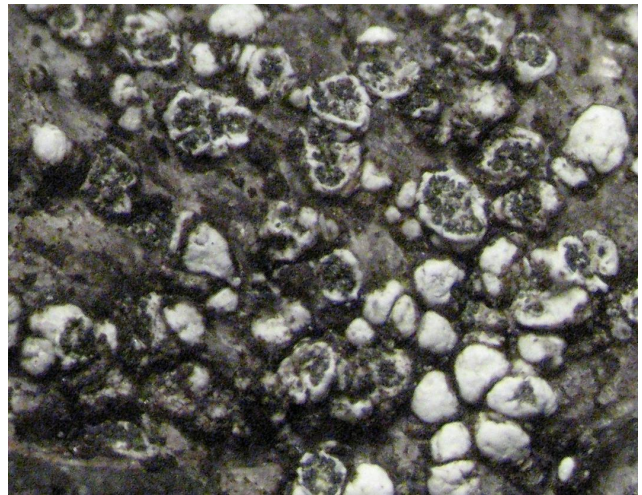


Рис. 7. *Stereocaulon tornense*
 (H. Magn.) P. James & Purvis – новый для России
 лишайник, выявленный в Лапландском
 заповеднике

Видовое разнообразие цианопрокариот, лишайников и печеночников в Лапландском заповеднике самое высокое из обследованных ООПТ (табл.), что объясняется как очень большими размерами территории и большим разнообразием представленных здесь экотопов, так и особенно тщательным изучением этих групп в заповеднике, ведущимся планомерно в последнее десятилетие (рис. 3). В настоящее время в отношении лишайников и печеночников это самая хорошо изученная территория области.

Флора этого заповедника и самая своеобразная. Только с его территории в области известно 5 видов печеночников (*Frullania tamarisci*, *Lejeunea cavifolia*, *Mannia triandra*, *Nowellia curvifolia*, *Reboulia hemisphaerica*). Значительное число видов цианопрокариот, являющихся новыми для России (*Chroococcus spelaeus*, *Phormidiochaete nordstedtii*, *Synechococcus sciophilus*) и области (*Aphanocapsa testacea*, *Chroococcus helveticus*, *C. montanus*, *Gloeocapsa caldariorum*, *G. decorticans* и др.) [11], известно только с территории заповедника (рис. 7).

Заповедник «Пасвик»

Заповедник «Пасвик» расположен на северо-западе Мурманской области на правобережье р. Паз. Это самый молодой и самый небольшой по площади заповедник области [1]. Флора сосудистых растений заповедника достаточно детально была изучена В.А. Костиной [45]. В последние годы список сосудистых растений пополнен несколькими видами [46-48] и насчитывает в настоящее время 374 вида, в том числе 310 аборигенных и 64 – заносных. Причина столь невысокого разнообразия объясняется как ограниченными размерами территории, так и господством в растительном покрове сосняков и осоковых болот, для которых не характерен богатый видовой состав.

Флора печеночников и цианопрокариот этого заповедника не изучалась. Специальных сборов мхов не проводилось. Были идентифицированы образцы, представленные В.А. Костиной, Н.В. Поликарповой, Н.Р. Каневой (всего 106). В результате обработки материала составлен список листостебельных мхов заповедника «Пасвик», насчитывающий 81 вид. Почти все они нередки в Мурманской области. Понятно, что приведенный список не может претендовать на полноту, необходимы дополнительные сборы, выполненные бриологом.

Лишениобиота заповедника выявлена недостаточно, в частности, очень слабо изучена группа накипных лишайников. Однако и здесь трудно ожидать высокого видового богатства из-за незначительного разнообразия подходящих экотопов.

Территория ПАБСИ

Итоги изучения высших растений заповедной территории ПАБСИ опубликованы в 2001 г. [49]. После этого здесь обнаружено 2 вида сосудистых растений (*Daphne mezereum* и *Ribes glabella*). Единственный список лишайников заповедной территории ПАБСИ [50] включает 265 видов и в дальнейшем не пополнялся. Не уточнялся и состав мохообразных заповедной территории.

Видовой состав цианопрокариот ПАБСИ насчитывает 49 видов [51]. Несмотря на крайне небольшую площадь (табл. 1) и недостаточную изученность по ряду групп, видовое богатство

фитобиоты территории ПАБСИ очень высокое. Это объясняется как разнообразием растительных сообществ и экотопов на территории Сада, обусловленным представленностью здесь трех растительных поясов, так и довольно полным выявлением видового состава высших растений. Пополнение флоры сосудистых растений будет скорее всего незначительным, в основном за счет таксономических ревизий или появления новых заносных видов. Что касается мохообразных, то, учитывая их мелкие размеры и часто очень небольшие ограниченные популяции, особенно редких видов, вероятность новых находок довольно велика.

Пополнение списков видов накипных лишайников и цианопрокариот может быть значительным, учитывая недостаточную их изученность. Своеобразие фитобиоты заповедной территории ПАБСИ выражается в большом числе неизвестных для других регионов области видов цианопрокариот, хотя это, вероятно, обусловлено слабой изученностью группы в регионе. Только с этой территории известны *Anabaena constricta*, *Jaaginema kuetzingianum*, *J. pseudogeminatum*, *Microcoleus vaginatus*, *Phormidium corium*, *P. ingricum*, *Pseudophormidium phormidioides* и др. Один вид печеночника (*Marsupella spiniloba*) найден в Мурманской области пока только на территории ПАБСИ.

Заказник «Кутса»

Заказник отличается значительным видовым богатством и своеобразием фитобиоты. Как и на всех ООПТ, здесь наиболее полно выявлена флора сосудистых растений. Около трети видов сосудистых растений области (табл.) сосредоточено на этой сравнительно небольшой территории. Флоры мхов и печеночников, несмотря на меньшую изученность, еще более репрезентативны по отношению к флоре мохообразных всей области (табл.), что отражает специфику этой группы растений, заключающуюся в более широких ареалах по сравнению с сосудистыми растениями. Хуже всего изучена флора лишайников, а среди них – микролишайников. Известное в настоящее время число лишайников заказника «Кутса» (табл.) явно далеко от действительности. В пределах заказника представлены карбонатные породы, что обуславливает обилие кальцефильных видов. К тому же, несмотря на равнинный характер территории, расчлененность рельефа, обилие выходов горных пород, хорошо развитая гидрографическая сеть объясняют большое разнообразие природных условий и, как следствие, богатство и своеобразие флоры. В заказнике можно найти большинство известных в области неморальных и бореально-неморальных видов, а также кальцефилов. При этом в нем достаточно хорошо представлены гипоарктомонтанные и бореальные виды. В заказнике встречается 97 видов, известных в Мурманской области только с этой территорией (15 видов сосудистых растений, 8 видов печеночников, 18 видов мхов и 53 вида лишайников). Более 20 видов встречаются в области помимо заказника «Кутса» только в проектируемом национальном парке «Хибины».

Памятники природы

Существующие памятники природы (исключая лесные) характеризуются очень разными условиями: горы, болота, гидрологические и геологические объекты и т.д. Списки видов для территорий большинства памятников природы отсутствуют. Основной задачей было определение границ памятников природы и фиксация наиболее редких и интересных видов. Общее число видов на территории памятников природы, приведенное в таблице, дает очень приблизительное представление о разнообразии, особенно для таких групп, как мохообразные и лишайники. Из широко распространенных видов сосудистых растений здесь преобладают либо осоки («Эвтрофное болото южного Прихибинья»), либо кустарнички и травы горных тундр («Гора Флора», «Криптограммовое ущелье» и др.), либо растения приморских местообитаний («Мыс Корабль»).

Репрезентативность фитобиоты изученных ООПТ

В результате инвентаризации разнообразия растений, лишайников и цианопрокариот ООПТ Мурманской области на этих территориях выявлено 192 вида печеночников, 417 видов мхов, 952 вида сосудистых растений, 879 видов лишайников и 129 видов цианопрокариот, что составляет соответственно 95.5, 87.9, 70.7, 76.4 и 42.8% видового состава каждой группы в Мурманской области (рис. 8).

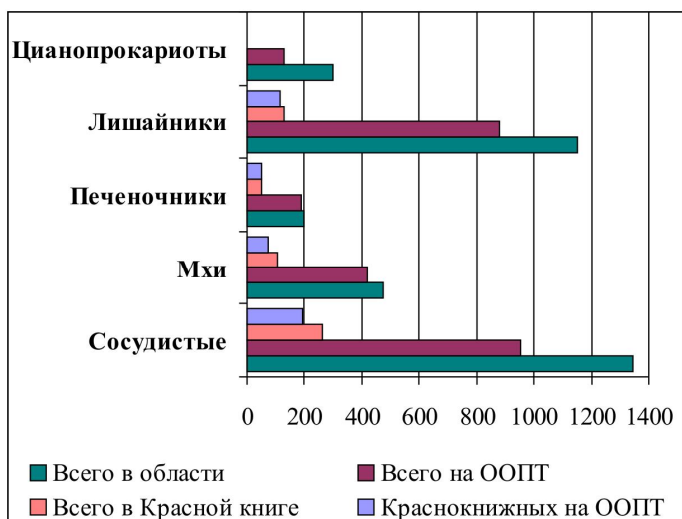


Рис. 8. Репрезентативность автотрофного компонента биоты изученных ООПТ

Высокая репрезентативность флор мохообразных и лишайников ООПТ Мурманской области по сравнению с сосудистыми растениями отражает, с одной стороны, особенности распространения этих групп растений, заключающихся в значительно более широких их ареалах. С другой стороны, возможно, – это результат того, что работы по изучению флор мохообразных и лишайников проводились в области преимущественно на ООПТ. Очевидно также, что выявление разнообразия цианопрокариот на ООПТ находится на начальном этапе, поэтому оценить репрезентативность ООПТ для этой группы в настоящее время невозможно.

По ряду изученных групп число известных на ООПТ видов увеличилось в ходе наших работ за последние пять лет значительно.

Наибольшее число новых для ООПТ видов выявлено среди цианопрокариот и накипных лишайников, что вполне понятно ввиду наименьшей изученности этих групп в области. С 2002 г. в результате интенсивного изучения лишенобиоты области число видов, найденных на ООПТ, увеличилось почти на 300 видов.

В целом флора ООПТ отражает видовой состав флоры всей области довольно полно. Однако многие редкие и исчезающие виды растений и лишайников, включенные в Красную книгу Мурманской области [52], не представлены (или не выявлены) на ООПТ региона. Так, 27% лишайников, 30% листостебельных мхов, 7% печеночников и 16% сосудистых растений из числа внесенных в Красную книгу Мурманской области не найдены на ООПТ. Вполне вероятно, что некоторые из таких видов, особенно лишайников и мохообразных, будут обнаружены на ООПТ в ходе дальнейшего изучения их разнообразия. Вместе с тем, находки ряда видов (в частности, очень редких) на ООПТ области маловероятны. В частности, ряд видов сосудистых растений известны в Мурманской области только для п-ова Рыбачий (*Arenaria humifusa*, *Chamorchis alpina*, *Eritrichium villosum*, *Kobresia myosuroides*, *Taraxacum hjeltii*, *T. murmanicum*), только в тундрах и на прибрежных скалах на Восточном побережье Баренцева моря найдены пока *Draba alpina* и *Dupontia psilosantha*, печеночник *Isopaches alboviridis*, а на приморских отмелях – *Gentianopsis detonsa* и *Lomatogonium rotatum* и т.д.

Для охраны таких редких видов требуется создание новых памятников природы или заказников. Нами подготовлены подробные описания (паспорта) 8 территорий, предлагаемых для создания на них памятников природы. Основным критерием для выделения предложенных участков в качестве памятников природы явились находки на них редких и исчезающих видов, включенных в Красную книгу Мурманской области. Все они переданы в администрацию Мурманской области для создания на соответствующих территориях государственных заказников и памятников природы.

Работы по инвентаризации фитобиоты существующих ООПТ и подготовке обоснований для создания новых ООПТ на территории области являются вкладом лаборатории флоры и растительности ПАБСИ в создание наиболее благоприятных условий существования народонаселения в Мурманской области и разработку концепции устойчивого развития региона.

Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Программы поддержки фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие».

ЛИТЕРАТУРА

1. Особо охраняемые природные территории Мурманской области: информ. материал. Изд. 2-е. Мурманск; Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. 72 с.
2. Флора Мурманской области. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. Вып. 1. 254 с.; 1954. Вып. 2. 289 с.; 1956. Вып. 3. 450 с.; 1959. Вып. 4. 393 с.; 1966. Вып. 5. 549 с.
3. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.
4. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa*. 2006. Vol. 15. P. 1-130.
5. Konstantinova N.A., Bakalin V.A., Andreeva E.N., Bezgodov A.G., Borovichev E.A., Dulin M.V., Mamontov Yu.S.

Checklist of liverworts (Marchantiophyta) of Russia // *Arctoa*. 2009. Vol. 18. P. 1-63. 6. *Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tønnsberg T., Vitikainen O.* Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Uppsala: Museum of Evolution, 2004. 359 p. 7. *Komárek J., Anagnostidis K.* Modern approach to the classification system of cyanophytes 4 – Nostocales // *Arch. Hydrobiol.* 1989. Suppl. 82, N. 3. (Alg. Stud. 56). P. 247-345. 8. *Komárek J., Anagnostidis K.* Cyanoprokaryota. I. Chroococcales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa* / H. Ettl, Gartner G., H. Heynig, D. Mollenhauer (eds.). Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm: Gustav Fischer, 1998. Bd. 19 (1). 548 p. 9. *Komárek J., Anagnostidis K.* Cyanoprokaryota. II. Oscillatoriales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa* / B. Büdel, G. Gärtner, L. Krieniz, M. Schagerl (eds.). Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm: Gustav Fischer, 2005. Bd. 19 (2). 759 p. 10. *Anagnostidis K., Komárek J.* Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5 - Stigonematales // *Arch. Hydrobiol.* 1990. Suppl. 86, N. 1. (Alg. Stud. 59). P. 1-73. 11. Разнообразии растений, лишайников и цианопрокариот Мурманской области: итоги изучения и перспективы охраны / под. ред. Н.А. Константиновой СПб.: Северо-западный печатный двор, 2009. 119 с. 12. Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях. В 2 ч. Вып. 2: Сосудистые растения. М.: Гриф и К, 2003. 784 с. 13. *Соколов Д.Д.* Новые виды для флоры Мурманской области // *Бюлл. МОИП. Отд. Биол.* 2002. Т. 107, вып. 6. С. 59. 14. *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* Некоторые особенности флоры листостебельных мхов Кандалакшского заповедника (Белое море) // *Ботан. журн.* 1999. Т. 84, № 11. С. 36-49. 15. *Константинова Н.А.* Печеночники Кандалакшского заповедника (острова и побережье Кандалакшского залива Белого моря). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 46 с. 16. *Парфентьева Н.С., Бреслина И.П.* Флора Айновых островов // *Тр. Канадалакшского гос. заповедника. Мурманск: Кн. изд-во, 1969. Вып. 7. С. 390-412.* 17. *Шляков Р.Н., Константинова Н.А.* Конспект флоры мохообразных Мурманской области. Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1982. 288 с. 18. *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* К флоре мхов тундровой зоны Кольского полуострова // *Геоботанические и ресурсоведческие исследования в Арктике: сб. науч. ст. / отв. ред. П.А. Ремигаило. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2010а. С. 63-67.* 19. *Белякова Р.Н.* Синезеленые водоросли Кандалакшского заповедника // *Новости систематики низших растений.* 1996. Т. 31. С. 9-16. 20. *Андреева Е.Н.* Динамика видового состава мхов // *Влияние промышленного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова.* Л.: БИН АН СССР, 1990а. С. 133-136. 21. *Костина В.А., Берлина Н.Г.* Очерк флоры Лапландского государственного биосферного заповедника (Мурманская область) // *Ботан. журн.* 2001. Т. 86, № 12. С. 94-100. 22. *Берлина Н.Г., Костина В.А., Кучеров И.Б., Чепинова В.В.* Новые дополнения к флоре Лапландского биосферного заповедника (Мурманская область) // *Бюлл. МОИП. Отд. биол.* 2002. Т. 107, вып. 6. С. 57-59. 23. *Костина В.А., Боровичев Е.А.* Новые виды сосудистых растений для флоры Лапландского заповедника (Мурманская область) // *Бюлл. МОИП. Отд. биол.* 2010. Т. 115, вып. 6. С. 68. 24. *Пушкина Н.М.* Лишайники и мхи Лапландского заповедника: тр. Лапландского государственного заповедника. М.: Главное управление охотничьего хозяйства и заповедников при Совете министров РСФСР. 1960. Вып. 4. С. 189-248. 25. *Андреева Е.Н.* Структурные изменения мохового покрова // *Влияние промышленного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова.* Л.: БИН АН СССР, 1990b. С. 137-140. 26. *Koroleva N.E.* Snow-bed plant communities of Lapland Nature reserve (Murmansk Region, Russia) // *Chemosphere: Global Change Science.* 1999. № 1. P. 429-437. 27. *Konstantinova N. A.* Hepatics in strict nature reserves of European part of Russia // *Novit. Bot. Univ. Carol.* 2001. Vol.15. P. 77-93. 28. *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* Флора листостебельных мхов Сальных тундр (Мурманская область) // *Arctoa.* 2005. Т. 14. С. 49-62. 29. *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* Список листостебельных мхов Лапландского заповедника // *Вестник МГТУ.* 2010b. Т. 13. № 4/2. С. 984-988. 30. *Андреева Е.Н.* Структура мохового покрова в условиях атмосферного загрязнения // *Проблемы экологии растительных сообществ.* СПб.: ВВМ, 2005. С. 105-129. 31. *Бакалин В.А.* Печеночники Лапландского биосферного заповедника // *Печеночники и антоцеротовые заповедников России: Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России.* Вып. 3: Лишайники и мохообразные. М.: Гриф и К, 2004. С. 236-273. 32. *Константинова Н.А., Боровичев Е.А.* К флоре печеночников (Hepaticae) Мурманской области // *Ботан. журн.* 2006. Т. 91, № 2. С. 322-328. 33. *Боровичев Е.А.* Дополнение к флоре печеночников Лапландского заповедника (Мурманская область) // *Новости систематики низших растений,* 2009. Т. 43. С. 313-321. 34. *Боровичев Е.А.* Печеночники (Marchantiophyta) горного массива Сальные тундры (Лапландский заповедник, Мурманская область) // *Новости систематики низших растений.* 2010. Т. 44. С. 272-298. 35. *Боровичев Е.А., Шалыгин С.С., Давыдов Д.А.* Дополнение к флоре цианопрокариот и печеночников Лапландского заповедника (Мурманская область) // *Ученые записки Петрозаводского гос. ун-та. Серия: Естественные и технические науки.* 2010. № 8 (113). С. 7-10. 36. *Урбанавичюс Г.П., Урбанавичене И.Н.* Лишайники заповедников России // *Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях.* Вып. 3: Лишайники и мохообразные. М.: Гриф и К, 2004. С. 5-235. 37. *Урбанавичюс Г.П., Урбанавичене И.Н.* К флоре лишайников Лапландского заповедника (Мурманская область) // *Новости систематики низших растений.* СПб., 2005. Т. 39. С. 224-233. 38. *Мелехин А.В.* Новые для России и Мурманской области лишайники из Лапландского заповедника // *Ботан. журн.* 2009. Т. 94, № 2. С. 289-292. 39. *Мелехин А.В., Урбанавичюс Г.П., Урбанавичене И.Н.* Разнообразие трех локальных флор лишайников южной части Лапландского заповедника (Мурманская область) // *Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы II Всеросс. науч. конф. Йошкар-Ола, 2006. С. 118-119.* 40. *Урбанавичюс Г.П., Урбанавичене И.Н.* Семь новых для России видов лишайников из Мурманской области // *Бюлл. МОИП. Отд. биол.* 2008. Т. 113, вып. 6. С. 84-85. 41. *Урбанавичюс Г. П., Урбанавичене И. Н.* Новые и редкие для Мурманской области виды лишайников и лишенофильных грибов из Лапландского заповедника // *Новости систематики низших растений.* СПб., 2009. Т. 42. С. 189-197. 42. *Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П., Мелехин А.В.* Изучение разнообразия и особенностей экологии лишайников юго-восточной части Лапландского заповедника // *Наука и развитие технобиосферы Заполярья: опыт и вызовы времени: материалы междунар. конф. Апатиты, 2005. С. 59-61.* 43. *Урбанавичюс Г. П., Урбанавичене И. Н., Мелехин А. В.* Дополнение к лишенофлоре Лапландского заповедника (Мурманская область) // *Новости систематики низших растений.* СПб., 2008. Т. 41. С. 261-272. 44. *Шалыгин С.С., Давыдов Д.А.* Цианопрокариоты хребта Монче-тундра (Лапландский заповедник) // *Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: материалы II Всеросс. конф., г. Сыктывкар, 5-9 октября 2009 г. Сыктывкар: Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 245-247. URL: http://ib.komisc.ru/add/conf/alg_2009/. 45. *Костина В.А.**

Сосудистые растения заповедника «Пасвик»: (Аннотированный список видов) // Флора и фауна заповедников. М.: ИЗДАТЕЛЬСТВО, 2003. Вып. 103. 44 с. 46. *Канева Н.Р.* Флористические находки в заповеднике «Пасвик» (Мурманская область) // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113, вып. 3. С. 63. 47. *Кравченко А.В.* Дополнения и уточнения к флоре сосудистых растений заповедника «Пасвик» (Мурманская область) // Тр. Карельского науч. центра РАН. 2009. № 2. С. 79-83. 48. *Кравченко А.В., Сенников А.Н.* Дополнения к флоре заповедника «Пасвик» (Мурманская область) // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. 2009. Т. 114, вып. 6. С. 57-59. 49. Мохообразные и сосудистые растения территории Полярно-альпийского ботанического сада (Хибинские горы, Кольский полуостров). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. 91 с. 50. *Антонова И.М., Дудорева Т.А.* Каталог лишайников заповедной территории Полярно-альпийского ботанического сада. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 34 с. 51. *Давыдов Д.А.* Наземные цианопрокариоты на территории Полярно-альпийского ботанического сада-института (Хибины, Кольский полуостров) // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113, вып. 1. С. 72-75. 52. Красная книга Мурманской области. Мурманск: Кн. изд-во, 2003. 400 с.

Сведения об авторах

Константинова Надежда Алексеевна – д.б.н., профессор, зав. лабораторией флоры и растительности; e-mail: nadya50@list.ru

Белкина Ольга Александровна – к.б.н., доцент, старший научный сотрудник; e-mail: belkina_07@list.ru

Давыдов Денис Александрович – к.б.н., старший научный сотрудник; e-mail: d_disa@mail.ru

Костина Валентина Андреевна – научный сотрудник

Мелехин Алексей Валерьевич – инженер; e-mail: lichenoid@yandex.ru

Боровичев Евгений Александрович – инженер; e-mail: borovichev@yandex.ru

Лихачев Алексей Юрьевич – научный сотрудник; e-mail: belkina_07@list.ru

Шалыгин Сергей Сергеевич – инженер; e-mail: nq87@mail.ru

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.Н. Переверзев

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Представлены основные типы почвообразования на разных минеральных и органогенных породах Кольского полуострова и дана генетическая классификация почв.

Ключевые слова:

почвообразование, типы почв, классификация.



На территории Кольского п-ова и на прилегающих с запада материковых пространствах почвообразующие породы представлены в основном четвертичными отложениями, прикрывающими почти сплошным плащом коренные породы. Среди четвертичных отложений преобладают континентальные породы, главным образом, моренные и водно-ледниковые (флювио- и озерно-гляциальные) наносы последнего, валдайского оледенения. Морские четвертичные обложения встречаются значительно реже [1, 2]. Мощность рыхлых отложений на территории Мурманской области варьирует в широких пределах: от нескольких десятков сантиметров до 10 м и более. В горных массивах и на других поднятиях моренные отложения часто отсутствуют. В таких случаях почвообразующей породой выступает элюво-делювий. Наиболее крупные ареалы таких отложений включают Хибинские и Ловозерские тундры в центральной части полуострова и Кейвскую гряду – в восточной его части.

Почти все перечисленные почвообразующие породы по гранулометрическому составу относятся к пескам и, реже, супесям. Моренные и элювиальные породы, как правило, сильно завалунены. Морские и флювиогляциальные пески хорошо отсортированы, грубозернистые, лишены валунов и крупнозема. Породы более тяжелого гранулометрического состава встречаются редко. Это морские отложения, локализованные в долинах крупных рек (Печенга, Тулома, Кола и некоторые другие). Для морских суглинков и глин характерно значительное содержание пылеватых частиц и малое количество ила.

На песчаных породах в пределах лесной зоны Кольского п-ова сформировались Al-Fe-гумусовые подзолы с типичным для них набором генетических горизонтов. Особенности подзолообразования на песчаных грубозернистых породах в условиях холодного гумидного климата северо-востока Фенноскандии на примере Кольского п-ова наиболее полно освещены в работах В.В. Пономаревой [3-5], а также в монографии В.О. Таргульяна [6]. В условиях высокого атмосферного увлажнения и низких температур в течение теплого периода года происходит интенсивный вынос продуктов гумификации растительных остатков, накапливающихся на поверхности почвы и отличающихся низким содержанием азота и зольных элементов [7]. Кислые растворы органических веществ, преимущественно фульвокислот, являются основным агентом подзолообразования, под влиянием которого формируется профиль Al-Fe-гумусовых подзолов с резкими морфологическими и химическими различиями отдельных генетических горизонтов. В основе такой дифференциации лежит интенсивное элювиально-иллювиальное перераспределение основных типоморфных элементов, в частности образование иллювиального горизонта со значительной аккумуляцией в нем аморфных соединений Al и Fe, а также гумуса фульватного состава.

Таким образом, в условиях свободного внутреннего дренажа, свойственного Al-Fe-гумусовым подзолам, происходит интенсивное кислотное разрушение минералов, высвобождение элементов, в частности полуторных оксидов, мигрирующих вниз по профилю и осаждающихся в иллювиальном горизонте в виде органоминеральных комплексов. Помимо кислотного гидролиза в таких почвах возможно проявление глеевого процесса как фактора формирования подзолистого горизонта. Как отмечает Ф.Р. Зайдельман [8, 9], обязательным условием проявления глееобразования является наличие кислых, нейтральных или выщелоченных пород и застойно-промывного водного режима. Почвообразующие породы в рассматриваемом регионе представляют собой продукты ледниковой и

последней трансформации кислых горных пород, и в этом отношении они вполне отвечают условиям, при которых возможно проявление глеевого процесса. С другой стороны, песчаные и супесчаные отложения, на которых формируются Al-Fe-гумусовые подзолы, отличаются промывным водным режимом, что, на первый взгляд, является препятствием для развития глееобразования. Однако в определенные периоды теплой части года – ранней весной – создаются условия застойного характера. В конце апреля – начале мая в оттаявшей части почвенного профиля, в том числе и в подзолистом горизонте, возможно наличие надмерзлотной верховодки, которая создает условия для развития восстановительных процессов. Наблюдения за режимом температуры и влажности почв в лесных биогеоценозах Кольского п-ова [10] показали, что в течение двух-трех недель подобные условия могут иметь место. В течение мая обычно на некоторой глубине удерживается мерзлый слой, а в оттаявшей части профиля влажность значительно превышает показатель предельной полевой влагоемкости.

В то же время, в летние месяцы, при отсутствии мерзлоты, почва характеризуется значительной водопроницаемостью, частые летние осадки способствуют сквозному промачиванию верхней части профиля (включая подзолистый горизонт), которое, как правило, наблюдается во все летние месяцы [11]. Просачивающиеся воды обогащены органическим веществом. Так, по данным Г.И. Ушаковой [11], концентрация углерода в летних лизиметрических водах примерно такая же, что и в весенних и осенних (около 30 мг/л). Эти особенности гидрохимического режима почв способствуют развитию процессов кислотного гидролиза минералов. По-видимому, следует признать, что образование подзолистого горизонта в иллювиально-железистых и иллювиально-гумусовых подзолах, генезис которых протекает в условиях достаточной аэрации и в окислительной обстановке, господствующей на протяжении почти всего теплого периода года, обязано совокупному действию кислотного гидролиза и глеевого процесса.

Al-Fe-гумусовые подзолы занимают разные позиции по рельефу и степени увлажнения. Они распространены как в подзоне березовых редколесий, так и в подзоне северотаежных еловых и сосновых лесов. Общим типовым признаком подзолов является более или менее интенсивная аккумуляция гумуса в иллювиальном горизонте, причем содержание его здесь обычно, но не всегда, выше, чем в вышележащем горизонте. В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» [12] (далее «Классификация») тип подзолов подразделяется на несколько подтипов. В зависимости от содержания гумуса в горизонте ВНГ выделяются подтипы: иллювиально-железистые подзолы (количество гумуса в горизонте В 2-3%) и иллювиально-гумусовые подзолы (5-6%). По-видимому, данные градации содержания гумуса в горизонте ВНГ следует рассматривать как примерные, поскольку промежуточные значения этого показателя (3-5%) не являются диагностическими. Данное подразделение на подтипы имеет целью разграничить почвы с большей или меньшей интенсивностью иллювиально-гумусовой аккумуляции, степень выраженности которой влияет на профильную дифференциацию химического состава, физико-химические и другие свойства почв. Естественно, что в природе вполне возможны почвы с переходным (относительно приведенных градаций) содержанием гумуса в горизонте ВНГ. Совокупность данных по этому признаку свидетельствует, что его распределение носит непрерывный характер.

Другой признак, по которому подразделяется тип подзолов на подтипы, – содержание аморфных соединений Al и Fe. Верхний предел их содержания в горизонте ВF иллювиально-железистых подзолов, согласно «Классификации», должен составлять 1%, а содержание аморфного Fe в том же горизонте иллювиально-гумусовых подзолов – 2-5%. Эти градации часто не совпадают с градациями по содержанию иллювиального гумуса, поскольку подзолы на Кольском п-ове отличаются более богатым, чем в других северных районах, химическим составом, дифференциация аморфных соединений выражена чрезвычайно сильно. Среди иллювиально-железистых почв нередко представители, в иллювиальном горизонте которых содержание аморфного Fe значительно превышает верхний предел (1%). Также неинформативен при подразделении подзолов на подтипы такой показатель, как содержание илстой фракции. Все подзолы крайне бедны илстыми частицами, количество которых обычно не превышает нескольких процентов, что не позволяет использовать этот показатель в диагностических целях. В данной работе для определения подтипов подзолов использовался один критерий – содержание гумуса в иллювиальном горизонте.

Большое влияние на формирование профиля почв оказывают условия увлажнения, которые определяются как почвенными факторами, прежде всего гранулометрическим составом почвообразующих пород, так и внешними факторами: характером рельефа местности и уровнем грунтовых вод. Гранулометрический состав определяет тип водного режима. Почвы на песках и

супесях разного генезиса отличаются промывным водным режимом, обусловленным свободным внутренним дренажем почвенно-грунтовой толщи. Тем не менее, и в таких почвах возможно переувлажнение при высоком уровне грунтовых вод, связанном с близким расположением водоупора (массивных горных пород) или условиями рельефа местности. Важной особенностью переувлажненных песчаных почв является отсутствие признаков оглеения в пределах почвенного профиля. Это связано с тем, что в целом почвообразование в таких почвах протекает в окислительной обстановке, связанной с обогащенностью кислородом поверхностных и грунтовых вод и с колебаниями уровня грунтовых вод.

Тип подзолов (иллювиально-железистых и иллювиально-гумусовых) охватывает почвы, сформировавшиеся в условиях свободного внутреннего дренажа, обусловленного песчаным гранулометрическим составом почвообразующих пород и положением по рельефу: они занимают автоморфные позиции без дополнительного увлажнения (поверхностного или внутрпочвенного), а также трансэлювиальные позиции со слабым дополнительным притоком вод. Тем не менее, и в пределах данного типа возможны вариации условий увлажнения, отражающиеся в характере растительного и почвенного покрова. Иллювиально-железистые подзолы занимают более сухие местоположения под кустарничковыми, кустарничково-лишайниковыми и лишайниковыми сосняками. В более увлажненных местоположениях, в том числе и в плакорных условиях с хорошим увлажнением, развиты иллювиально-гумусовые подзолы преимущественно под кустарничковыми и кустарничково-зеленомошными ельниками. Общим признаком для типичных подзолов является мощность органогенного горизонта, которая обычно не превышает 10 см.

В этом ряду почв, различающихся по степени увлажнения, находится тип почв – торфяно-подзолы, который занимает крайнее положение. Эти почвы также отличаются хорошо выраженным элювиально-иллювиальным перераспределением гумуса и химических элементов, но от типичных подзолов отличаются более мощным (по «Классификации» – 10-50 см) оторфованным органогенным горизонтом и темной окраской иллювиального горизонта за счет большого количества вымытого гумуса. Эти почвы формируются также на песчаных почвообразующих породах при дополнительном грунтовым увлажнении, которое связано с условиями рельефа. В «Классификации» торфяно-подзолы с названными характеристиками отнесены к торфяно-подзолам глеевым. На Кольском п-ове эти почвы лишены признаков оглеения, поскольку, несмотря на избыточное увлажнение, восстановительные процессы в почвенно-грунтовой толще не являются преобладающими. Возможно, это связано с большой обогащенностью поверхностных вод кислородом, что характерно для северных территорий [13]. В таких условиях название торфяно-подзолов не должно отражать оглеение, которое практически отсутствует. Торфяно-подзолы подразделяются на подтипы: иллювиально-гумусовые, носящие типовые характеристики, и оруденелые, отличающиеся плотным темно-коричневым иллювиальным горизонтом, сильно обогащенным соединениями Fe.

Формирование глееземов в лесной зоне Кольского п-ова происходит на почвообразующих породах более тяжелого, чем пески и супеся, гранулометрического состава – от легких суглинков до глин. Характерной особенностью таких пород является довольно значительное количество в их составе пылеватых частиц. При этом содержание илистой фракции может быть сравнительно невысоким. В этом случае фракции пыли разной размерности являются компонентами, ответственными за затрудненный внутренний дренаж почв, формирующихся на таких породах. Соотношение гранулометрических фракций в глееземах может заметно варьировать, и это является причиной различий профильного распределения основных химических элементов. В профиле иллювиально-железистых глееземов достаточно четко выделяется по морфологическим признакам и по содержанию профилообразующих элементов (Si, Al, Fe) оподзоленный горизонт. Иллювиальная аккумуляция полуторных оксидов, в том числе их аморфных форм, происходит в иллювиально-железистых глееземах на некоторой глубине, а в глееземах, лишенных оподзоленного горизонта, – в верхней части минерального профиля, в подподстилочном слое. В последнем случае после некоторого максимума их содержание остается примерно на одном уровне до почвообразующей породы.

Тип глееземов подразделяется на подтипы по характеру профильной дифференциации типоморфных элементов, а также по мощности органогенного горизонта. Глееземы типичные отвечают типовым характеристикам. Глееземы торфянисто-перегнойные отличаются присутствием в профиле перегнойного горизонта, обогащенного более или менее разложившимися растительными остатками. В профиле иллювиально-железистых глееземов выделяется оподзоленный горизонт, для

них характерна достаточно четко выраженная профильная дифференциация полуторных оксидов. Как самостоятельный тип выделяются торфяно-глееземы, у которых мощность органогенного горизонта превышает 10 см. По строению профиля они очень близки к типичным глееземам и, особенно, к торфянистым глееземам.

Детальная характеристика состава и свойств почв позволяет выявить различия генетических особенностей, обусловленных влиянием гранулометрического состава и условий увлажнения. Гранулометрический состав наследуется почвой от материнской породы. В процессе почвообразования заметных изменений соотношения основных гранулометрических фракций в почвах не происходит. В Al-Fe-гумусовых подзолах и торфяно-подзолах, для которых характерна интенсивная профильная дифференциация химического состава, изменения содержания тонкодисперсных фракций по профилю обусловлены только природной неоднородностью пород, на которых эти почвы сформировались. Отсутствие дифференциации песчаных подзолов по содержанию илестых и других тонких фракций связано с крайне малым их содержанием. В глееземах, более богатых тонкодисперсным материалом, элювиальные процессы выражены в слабой степени. О различиях гранулометрического состава почв на разных почвообразующих породах можно судить на основе средних данных по всем разрезам (табл. 1). Иллювиально-железистые подзолы на отсортированных породах (флювиогляциальных и морских) отличаются наиболее грубозернистым гранулометрическим составом. Содержание пылеватых частиц в этих почвах достоверно ниже, чем в почвах на моренных отложениях. В то же время, обе эти группы почв (на моренных и отсортированных породах) одинаково бедны илестой фракцией.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв, %

Горизонт	n*	Песок	Пыль	Ил
Иллювиально-железистые подзолы на морене				
A2	12	82±3	17±3	1±0
B	12	84±2	15±2	1±0
C	12	85±3	15±3	1±0
Иллювиально-железистые подзолы на отсортированных породах				
A2	8	89±2	10±2	1±0
B	8	92±2	8±2	1±0
C	8	93±3	6±2	1±0
Иллювиально-гумусовые подзолы на морене				
A2	7	80±3	18±3	3±1
B	7	76±3	20±4	2±0
C	7	80±3	18±3	2±0
Глееземы на суглинистых и глинистых породах				
A1B	7	33±6	60±6	9±2
Bg	7	33±7	57±8	9±3
Cg	7	30±6	53±3	16±4

*Число разрезов.

Иллювиально-гумусовые подзолы на моренных отложениях отличаются от иллювиально-железистых подзолов на таких же породах несколько большим количеством пылеватых частиц, особенно в горизонтах B и C, а также большим содержанием ила, хотя и в этих почвах оно очень низкое. Глееземы на суглинистых и глинистых породах содержат большое количество пылеватых частиц, но количество илестой фракции в них невысокое.

Все почвы, независимо от почвообразующих пород, на которых они сформировались, отличаются богатым химическим составом. Применительно к Al-Fe-гумусовым песчаным почвам это связано с их полимиктовостью, обогащенностью первичными минералами, мало подвергшимся выветриванию в процессе послеледникового гипергенеза и почвообразования. Даже в подзолистом горизонте, в наибольшей степени затронутом элювиальным процессом, содержание SiO₂ не превышает 75%, а в горизонте C оно менее 70%. По содержанию макроэлементов подзолы, сформировавшиеся на морских и континентальных осадках легкого гранулометрического состава, довольно близки. Исключение составляют почвы на элювии терских песчаников, в

минералогическом составе которых большой удельный вес занимает кварц. В связи с этим в минеральном профиле этих почв среднее содержание SiO_2 составляет более 78%, а другие макроэлементы, кроме К, содержатся в значительно меньшем количестве, чем в подзолах, сформировавшихся на других, более богатых, породах. Наиболее богатым химическим составом отличаются глееземы на морских суглинках и глинах. В большей степени это касается Fe и Mg.

Разные почвы различаются не только по химическому составу в целом, но и по интенсивности проявления элювиально-иллювиального перераспределения отдельных элементов, о чем можно судить по соотношению количества их в иллювиальном и подзолистом горизонтах (табл. 2).

Таблица 2

Отношение содержания элементов в иллювиальном и подзолистом горизонтах

Почвы	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5
Подзолы на морене	1.3	1.8	1.1	1.5	2.0
Подзолы на отсортированных породах	1.3	1.6	1.4	1.6	5.5
Подзолы на элювии песчаников	1.0	1.0	0.8	1.2	1.0
Подзолы гумусовые	1.3	3.7	1.2	1.4	4.0
Торфяно-подзолы	1.2	1.7	1.2	1.2	0.6

Прежде всего, отметим почти полное отсутствие дифференциации химического состава в подзолах на терских песчаниках. В остальных подзолах она в той или иной степени выражена, причем интенсивность ее в разных почвах неодинакова. Особенно большие различия отмечаются в отношении Fe, которое в значительно большей степени, чем Al, подвержено элювиально-иллювиальному перераспределению в почвенном профиле. Наиболее сильно оно проявляется в иллювиально-гумусовых подзолах, где содержание Fe_2O_3 в иллювиальном горизонте в 3.7 раза выше, чем в подзолистом. В остальных почвах (кроме подзолов на элювии терских песчаников) показатели дифференциации этого элемента примерно одинаковые. Следовательно, в иллювиально-гумусовых подзолах миграция и аккумуляция гумусовых веществ в пределах почвенного профиля осуществляется в большей степени в виде соединений их с Fe. Среди щелочноземельных элементов большей профильной дифференциацией отличается Mg. Различия показателей интенсивности дифференциации в разных почвах этого элемента, так же как и Ca, сравнительно небольшие. Довольно значительному перераспределению по профилю подвержено содержание P, особенно в подзолах на отсортированных породах и в иллювиально-гумусовых подзолах. Совсем не выражено оно в подзолах на элювии терских песчаников, а в торфяно-подзолах содержание P в подзолистом горизонте значительно более высокое, чем в иллювиальном. Это связано с большой гумусированностью в этих почвах подзолистого горизонта.

Гумусированность минеральных горизонтов нарастает в ряду почв: иллювиально-железистые подзолы – иллювиально-гумусовые подзолы – торфяно-подзолы (табл. 3). Иллювиально-железистые подзолы, сформировавшиеся на разных породах, также различаются по содержанию гумуса в одних и тех же горизонтах и по степени выраженности профильной дифференциации. В подзолах на морене содержание гумуса в иллювиальном горизонте в 2.8 раза выше, чем в подзолистом, а в подзолах на отсортированных породах – лишь в 1.2 раза. Наиболее значительная дифференциация гумуса отмечается в иллювиально-гумусовых подзолах: разница почти 5-кратная.

Таблица 3

Соотношение элементов в чистой золе торфяных почв, % к сумме элементов

Почвы	Si	Al	Fe	Ca	Mg	P	K	S
Верховые	13	6	11	48	6	4	1	11
Переходные	17	12	14	40	4	4	1	8
Низинные	20	10	10	36	4	3	1	14

В торфяно-подзолах содержание гумуса в подзолистом горизонте более высокое, чем в иллювиальном горизонте, за счет обогащения его грубогумусным органическим веществом. Об этом свидетельствует высокое содержание в составе гумуса ГК, более чем в 2 раза превышающее количество ФК. Такое соотношение этих групп гумуса характерно для оторфованных подстилок и торфяных почв.

В других почвах соотношение $C_{\text{гк}}:C_{\text{фк}}$ колеблется от 0.7 до 0.9. В профиле глееземов наиболее высоким содержанием гумуса отличается подподстилочный горизонт A1B. Для всех почв примерно в равной степени характерно резкое преобладание ФК в иллювиальном горизонте. Иллювиально-

железистые и иллювиально-гумусовые подзолы достоверно различаются по содержанию гумуса в этом горизонте. Если для подзолистого горизонта это превышение 1.5-кратное, то в иллювиальном горизонте – 4-кратное.

Таким образом, гумусированность и гумусовый профиль почв, сформировавшихся в разных по увлажнению условиях и на разных почвообразующих породах, может иметь диагностическое значение при определении типов и подтипов подзолистых почв.

Торфяные почвы, как и подзолистые, широко распространены на территории Кольского п-ова. Их генезис связан с условиями минерального питания растений-торфообразователей. В большой степени химический состав торфяных почв обусловлен присутствием или отсутствием в ботаническом составе торфов, слагающих эти почвы, низкочольных остатков растений, произраставших в условиях атмосферного минерального питания [14], прежде всего остатков большинства видов сфагновых мхов. Наиболее распространены торфяные почвы переходных и низинных болот. На обширных аккумулятивных равнинах, особенно в восточной части Мурманской области, распространены болота аапа-типа, характерной особенностью которых является ясно выраженный грядово-мочажинный микрорельеф. При этом мочажины сложены преимущественно эуτροφным, а чаще мезотрофным торфом, а гряды – олиго-мезотрофным торфом [15]. По мелиоративным характеристикам эти почвы наиболее удобны для сельскохозяйственного освоения. Почвы же верховых болот, торф которых состоит преимущественно из остатков сфагновых мхов, как правило, не подвергаются освоению.

Почвы болотного типа формируются в условиях избыточного увлажнения в пониженных равнинных и слабо покатых местах, где создаются условия для заболачивания и торфообразования. Образование торфяных болот может протекать двумя путями: при заторфовывании водоемов и в результате заболачивания суши [16]. Первый путь образования торфяных болот был характерен для голоцена, когда в многочисленных водоемах происходило интенсивное накопление органо-минеральных осадков, а также остатков болотной растительности, развивающейся в связи с уменьшением глубины водоемов. Постепенно такие водоемы превращались в торфяные болота.

Другой путь образования торфяных болот – заболачивание суши – представляет собой «сложный, внутренне противоречивый процесс, в основе которого лежит нарушение связей и взаимодействия между компонентами лесной или луговой экосистемы под влиянием гипертрофии водного компонента» [14, с. 16]. Процесс заболачивания суши протекает в тесной связи с физико-географическими условиями территории: рельефом, характером внутрипочвенного и поверхностного стока, водопроницаемостью грунтов, криогенным фактором – наличием или отсутствием вечной мерзлоты, глубиной промерзания грунтов [17].

В болотоведении термином «болото» обозначается «экологическая система, возникающая и развивающаяся в условиях постоянного или периодического избытка влаги и дефицита кислорода, характеризующаяся заторможенным обменом веществ и, как правило, накоплением торфа» [14, с. 6]. Важнейшим признаком болота является накопление торфа, хотя в отдельных случаях (например, в затопляемых поймах) торфяные отложения могут и не образовываться.

Результатом развития болотного процесса на данной территории является образование торфяной залежи той или иной мощности. Верхняя часть торфяной залежи, испытывая переувлажнение, в течение вегетационного периода может находиться в зоне аэрации, когда грунтовые воды опускаются на некоторую глубину от поверхности болота. В этой части торфяника возможно протекание почвообразовательных процессов, связанных с проявлениями биологической активности. В связи с этим слой торфяника до глубины 40-50 см принято считать почвой [14, 18]. В то же время более глубокие слои торфяника, законсервированные в результате постоянного анаэробного разложения, тоже когда-то выходили на дневную поверхность и представляли собой почву. По-видимому, можно согласиться с Д.А. Герасимовым [19], который считал нижние слои торфяной залежи ископаемой почвой.

Почти на всей территории восточной части Северной Фенноскандии, куда входит и Мурманская область, четвертичные породы представлены в основном песками и супесями, отличающимися большой водопроницаемостью. В таких условиях заболачивание территории связано не с гранулометрическим составом подстилающих пород, а с характером рельефа, обуславливающего режим грунтовых вод.

Зольность торфов является важнейшей характеристикой, поскольку от содержания минеральной части зависят запасы в торфяных почвах химических элементов, в том числе и в формах, доступных растениям. При рассмотрении зольного состава торфов более целесообразно и

корректно использовать данные, характеризующие элементный состав (не оксиды элементов, как принято при обсуждении данных валового состава минеральных почв). В табл. 3 представлено соотношение элементов в чистой золе торфяных почв разного генезиса.

В верховых почвах около половины минерального состава приходится на Са. По мере снижения содержания в торфе остатков сфагновых мхов (от верховых торфов к низинным) относительная доля Са закономерно уменьшается. Это снижение одного из преобладающих элементов компенсируется увеличением доли другого элемента, второго по значению – Si. В отношении других элементов, даже тех из них, содержание которых составляет более 10% от суммы элементов, изменение относительной доли их в связи с изменением ботанического состава торфов выражено в меньшей степени. Таким образом, генетические различия торфяных почв, обусловленные ботаническим составом слагающих их торфов, подтверждаются различиями соотношения двух основных элементов, на долю которых приходится от 56 до 61% минерального состава золы. В почвах верховых болот соотношение абсолютных значений содержания Са:Si составляет 4.2 ± 1.3 , в почвах переходных болот – 2.4 ± 1.1 , в почвах низинных болот – 1.5 ± 0.4 . Данный показатель может служить диагностическим признаком трофности торфов.

Таким образом, торфяные почвы достаточно четко подразделяются на типовом и подтиповом уровне в зависимости от ботанического состава, определяющего химический состав и физико-химические свойства.

В связи со сложным рельефом местности большей части территории Кольского п-ова почвенный покров ее характеризуется большой сложностью и комплексностью. Распределение почв разных типов на местности обусловлено сочетанием факторов, важнейшими из которых являются рельеф и степень увлажнения. Эти факторы взаимосвязаны, поскольку под влиянием рельефа происходит распределение внутрипочвенных и поверхностных вод в почвенно-грунтовой толще и формируется определенный тип водного режима.

Классификация почв лесной зоны Кольского п-ова, представленная в работах предшествующих лет [2, 20], требует уточнения в связи с новыми представлениями, обобщенными в «Классификации и диагностике почв России» [12]. Эта классификация включает систему таксономических единиц, центральной из которых является тип почв. Тип характеризуется единой системой почвенных горизонтов и общностью свойств, сформировавшихся под влиянием сходных режимов и процессов почвообразования. Подтип – таксономическая единица в пределах типа, отражающая различия почвенных горизонтов, связанных с модификациями наиболее существенных процессов. Чаще всего подтип представляет собой переходное звено между типами. Более мелкие таксоны отражают изменчивость отдельных почвенных характеристик (состав поглощающего комплекса, химизм засоления, гранулометрический состав) и степень выраженности этих свойств.

Типы почв объединяются в надтиповые группировки: отделы, стволы. Все многообразие почв лесной зоны Кольского п-ова охватывается двумя стволами почв: стволом постлитогенных почв и стволом органогенных почв.

Ствол постлитогенных почв включает почвы, образование которых идет на уже сформировавшейся почвообразующей породе без дополнительного поступления свежего минерального материала. В составе этого ствола выделяется отдел альфеугумусовых почв, охватывающих типы почв, главным признаком которых является иллювиальная аккумуляция алюмо-железо-гумусовых комплексных соединений, формирующих специфический Al-Fe-гумусовый горизонт. Типы подзолов и торфяно-подзолов, имеющие профиль с одинаковым набором генетических горизонтов, различаются по мощности органогенного горизонта. В типе подзолов выделяются подтипы иллювиально-железистых и иллювиально-гумусовых подзолов, которые различаются по интенсивности аккумуляции гумуса в иллювиальном горизонте. Тип торфяно-подзолов также подразделяется на подтипы: иллювиально-гумусовые, характеризующиеся признаками типа, и оруденелые, отличающиеся сцементированностью иллювиального горизонта, сильно обогащенного фульватами Fe.

Почвы, сформировавшиеся на породах тяжелого гранулометрического состава и отличающиеся затрудненным внутренним дренажем, составляют отдел глееземов. Главной отличительной особенностью этих почв являются хорошо морфологически выраженные признаки глеевого процесса, начиная с иллювиального горизонта. Подразделение глееземов на подтипы связано с присутствием в их профиле оподзоленного или перегнойного горизонтов, а также с мощностью органогенного горизонта. Последний признак также является основанием для выделения отдельного типа – торфяно-глеезема.

Ствол органогенных почв включает почвы, профиль которых состоит из органического материала – торфа. Торфяные почвы составляют отдел в этом стволе и делятся на 3 типа: 1) торфяные олиготрофные (верховые), 2) торфяные эутрофные (евтрофные, низинные) и 3) сухоторфяные. Эутрофные болота под травянистой растительностью с большим участием гипновых мхов развиваются в пониженных прирусловых частях долин и на приозерных террасах [2]. Обширные плоские впадины обычно заняты переходными (остаточно-низинными) болотами, близкими по стратиграфии и растительному покрову к типу «аапа». Они характеризуются чередованием мочажин, сложенных низинными торфами, и вытянутых невысоких (до 1 м) гряд, верхняя часть которых представлена верховыми олиготрофными торфами. Типичные верховые болота, сложенные на большую мощность олиготрофными сфагновыми торфами, встречаются редко, они занимают небольшие возвышенные участки среди переходных болот. Сухоторфяные почвы занимают ограниченные площади и приурочены к выходам на поверхность коренных пород, не прикрытых рыхлыми отложениями. Они сосредоточены в основном в лесотундре и тундре. Сухие торфяники могут включать ядра многолетнего льда [16]. Торфяные эутрофные почвы, в целом сложенные низинными торфами, могут содержать, особенно в верхних слоях, некоторое количество растительных остатков олиготрофного происхождения. Эти почвы могут быть отнесены к подтипу обедненных (мезотрофных) почв, входящих в тип эутрофных почв.

Классификационная схема, охватывающая минеральные и торфяные почвы лесной зоны Кольского п-ова, представлена в табл. 4.

Таблица 4

Классификация почв лесной зоны Кольского п-ова

Отдел	Тип	Подтип
Ствол – постлитогенные		
Al-Fe-гумусовые	Подзолы	Иллювиально-железистые
		Иллювиально-гумусовые
Глееземы	Глееземы	Торфяно-подзолы
		Иллювиально-гумусовые
		Оруденелые
		Иллювиально-железистые
Торфяные	Торфяные олиготрофные	Торфянистые
		Торфянисто-перегнойные
		Типичные
		Торфяно-глееземы
		Типичные
Ствол – органогенные		
Торфяные	Торфяные эутрофные	Типичные
		Обедненные (мезотрофные)
		Типичные

Эта схема отражает все типы и подтипы почв. Можно предполагать, что более детальные географо-генетические исследования откроют новые типы почв, не входящие в представленную классификацию. Возможно, такие почвы могут быть связаны с породами, редко встречающимися на Кольском п-ове, например, аллювиальными отложениями. Подобные почвы описаны в Северной Норвегии, в долине р. Тана [21]. Там они сформировались как на песчаных, так и на суглинистых отложениях. Заслуживают более детального генетического изучения полугидроморфные почвы, связь их режимов с условиями увлажнения.

Заключение

Al-Fe-гумусовое почвообразование протекает на породах с хорошим внутренним дренажем. В зависимости от гранулометрического состава и увлажнения, обусловленного характером рельефа и возможностью дополнительного притока влаги, приводит к формированию спектра почв, различающихся по степени проявления элювиально-иллювиальной дифференциации химического профиля, мощности органогенного горизонта и всей почвенной толщи, гумусированности подзолистого и иллювиального горизонтов. Все эти почвы, вне зависимости от принадлежности к тому или иному типу или подтипу, составляют единый генетический ряд от ксероморфных иллювиально-железистых подзолов до полугидроморфных торфяно-подзолов.

Развитие глеевого процесса обусловлено затрудненным внутренним дренажем почвенно-грунтовой толщи, связанным с особенностями гранулометрического состава, главным образом содержанием большого количества пылеватых частиц при сравнительно небольшом количестве илистой фракции.

Болотные почвы сформировались на торфяниках разного происхождения, их состав и свойства зависят от ботанического состава торфов, главным образом от наличия или отсутствия в составе торфов остатков сфагновых мхов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лаврова М.А.* Четвертичная геология Кольского полуострова. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 233 с.
2. *Белов Н.П., Барановская А.В.* Почвы Мурманской области. Л.: Наука, 1969. 148 с.
3. *Пономарева В.В.* Материалы по изучению органического вещества в почвах Хибинского массива // Тр. Кольской базы АН СССР. М., Л., 1940. Вып.5. С. 5-30.
4. *Пономарева В.В.* К познанию гумусо-иллювиального подзолообразовательного процесса // Уч. записки ЛГУ. Серия биол. наук, 1951. Вып. 27, № 140. С. 30-68.
5. *Пономарева В.В.* Теория подзолообразовательного процесса. М.; Л.: Наука, 1964. 378 с.
6. *Таргульян В.О.* Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
7. *Манаков К.Н., Никонов В.В.* Биологический круговорот минеральных элементов и почвообразование в ельниках Крайнего Севера. Л.: Наука, 1981. 195 с.
8. *Зайдельман Ф.Р.* Подзоло- и глееобразование. М.: Наука, 1974. 208 с.
9. *Зайдельман Ф.Р.* Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 316 с.
10. *Семко А.П.* Гидротермический режим почв лесной зоны Кольского полуострова. Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1982. 142 с.
11. *Ушакова Г.И.* Биогеохимическая миграция элементов и почвообразование в лесах Кольского полуострова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 150 с.
12. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
13. *Моисеенко Т.И.* Пресноводные экосистемы // Экология и охрана природы Кольского полуострова: Изд. КНЦ РАН, 1994. С. 104-115.
14. *Пьявченко Н.И.* Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М.: Наука, 1985. 152 с.
15. *Кузнецов О.Л.* О развитии аапа болот Северной Карелии // Болота Европейского Севера СССР. Петрозаводск: Карелия, 1980. С. 92-103.
16. *Пьявченко Н.И.* Бугристые торфяники. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 280 с.
17. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат, 1986. 264 с.
18. *Скрынникова И.Н.* Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах. М., 1961. 248 с.
19. *Герасимов Д.А.* О принципах классификации, разведки и картирования торфяных отложений // Почвоведение. 1937. № 5. С. 643-646.
20. *Полынцева О.А.* Почвы юго-западной части Кольского полуострова. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. 152 с.
21. Антропогенное изменение подзолистых почв Северной Фенноскандии / В.Н. Переверзев, Т.Е. Свейструп, М.С. Стрелкова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. 164 с.

Сведения об авторе

Переверзев Владимир Николаевич – д.с.-х.н., профессор, зав. лабораторией почвоведения, e-mail: vnpereverzev@mail.ru

К ИСТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ В ХИБИНАХ

Н.Ю. Шмакова, О.В. Ермолаева, Л.М. Лукьянова

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Представлена ретроспектива исследований фотосинтетической деятельности (фотосинтез, дыхание, содержание пигментов пластид) растений Кольского Севера более чем за 80 лет (1925-2010).

Ключевые слова:

история науки, физиология растений, фотосинтез, Хибины.



Хибинский горный массив представляет собой естественную лабораторию, где при небольшом перепаде высот сменяются растительные пояса от подзоны северной тайги до горной полярной пустыни, меняются типы сообществ под влиянием экспозиции склонов, уровня снежного покрова, температурных инверсий и других факторов среды.

В 1925-1930 гг. С.П. Костычевым с сотрудниками впервые осуществлено широкое эколого-физиологическое изучение ассимиляционного процесса растений в естественных условиях разных ботанико-географических зон. Одним из районов, отличающихся крайними условиями существования, был Кольский п-ов – побережье Баренцева моря [1]. Эта работа дала представление об интенсивности наблюдаемого фотосинтеза у ряда растений дикой флоры Мурманского побережья (*Rubus chamaemorus* L., *Rumex acetosa* L., *Phleum pratense* L.). Несмотря на примитивность используемого метода, тщательность работы позволила авторам сделать весьма интересные выводы: о круглосуточном фотосинтезе при открытых устьицах во время летнего солнцестояния, об одновершинном суточном ходе фотосинтеза с максимумом около полудня и минимумом после полуночи.

В 1931 г. в Хибинах был создан Полярно-альпийский ботанический сад (ПАБС). По идее Н.А. Аврорина [2], первого директора, задачи его состояли в комплексном изучении растительности региона и интродукции новых полезных видов растений. Н.А. Аврорин писал, что «для углубления интродукционных исследований необходима детальная система жизненных форм растений, которую мы ждем от экологов-морфологов и экологов-физиологов». Поэтому в 1936 г. была организована лаборатория физиологии растений под руководством Г.Э. Шульца. На материале местных растений и уже созданной коллекции интродуцентов он выявил различия по фотопериодической реакции и накоплению органического вещества у многих (37) видов растений.

Хибины и ПАБС стали экспериментальной базой для исследований растений Севера. Так, в 1938-1939 гг. на территории Сада вела работы Кольская экспедиция отдела экологии Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР. А.Н. Данилов и В.А. Мириманян [3] изучали фотосинтез и дыхание 7 дикорастущих видов в лесном поясе (300 м н.у.м.) и на границе с ерниковой тундрой (350 м). Авторами было показано, что дневной ход фотосинтеза прямо зависел от освещенности и температуры, одновершинную кривую можно наблюдать только в дни с выравненными условиями, в ночные часы полярного дня фотосинтез не был обнаружен, что объяснялось слабым освещением при заходе солнца за вершины гор.

В 1957 г. сотрудница лаборатории фотосинтеза БИН АН СССР Т.П. Штанько собрала материал по изменению интенсивности фотосинтеза во время полярного дня. Впервые в природных условиях была измерена величина потенциальной интенсивности фотосинтеза радиоактивным методом, изучено действие и последствие температуры и света. Суточный ход потенциальной интенсивности фотосинтеза у *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* L., *Oxyria digyna* (L.) Hill. и

Betula nana L. был одновершинным с отсутствием в ночные часы, т.е. аналогично данным предшественников.

В 1960-1963 гг. на экспериментальном участке Сада работали сотрудники лаборатории эволюционной и экологической физиологии ИФР АН СССР, руководимой А.А. Шаховым. Изучение фотосинтеза и дыхания сельскохозяйственных культур (картофель, пшеница и др.) показало, что у этих растений во время полярного дня фотосинтез осуществляется и в ночные часы, а в процессе приспособления к условиям Крайнего Севера изменяется энергетика физиолого-биохимических процессов в сторону более полного усвоения лучистой энергии [4]. С.А. Станко определял фотосинтез у дикорастущих растений и интродуцентов с разным в течение сезона содержанием пигментов пластид и клеточного сока. Совместно с физиологами ПАБС были проведены исследования сезонного накопления пигментов пластид и антоцианов в листьях местных и интродуцированных растений [5, 6], для некоторых видов показана важная физиологическая роль антоцианов в усвоении света.

В начале 1960-х гг. сотрудницей ПАБС И.Д. Шматок были продолжены радиоуглеродные исследования фотосинтеза [7]. В качестве объектов выбраны местные растения (*Vaccinium myrtillus*, *Solidago lapponica*, *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) и интродуценты (*Polygonum Weyrichii* F. Schmidt., *Bergenia crsissifolia* (L.) Fritsch. и *Populus suaveolens* Frisch). Автором сделаны следующие выводы: интенсивность потенциального фотосинтеза местных растений ниже, чем интродуцированных; ведущим фактором среды для фотосинтеза является свет; в ночные светлые часы полярного дня при ясной погоде фотосинтез возможен; в связи с явлением температурной инверсии в горной тундре температура может быть выше, чем в лесном поясе, что активизирует работу ассимиляционного аппарата. В конце 1950-х – начале 1960-х гг. И.Д. Шматок и П.Д. Бухарин провели оценку кормовых, в частности местных бобовых растений, и показали, что содержание каротина в их листьях выше, чем в близкородственных видах средней полосы. В 1960-1961 гг. сотрудница ПАБС Г.Г. Шухтина определяла фотосинтез и дыхание нескольких видов травянистых многолетников и кустарников, используя метод колб.

В 1950-е гг. в Ботаническом институте АН СССР (Ленинград) сформировались широко известные научные школы О.В. Заленского и Д.И. Сапожникова: исследования фотосинтеза, дыхания и пигментной системы растений в широком эколого-географическом диапазоне – Арктика, высокогорья, пустыни. Поэтому с 1962 г. в ПАБС предприняли изучение фотосинтетической деятельности дикорастущих и интродуцированных на Полярный север растений. К 1970 г. в рамках этого направления выполнен большой объем исследований суточных и сезонных изменений в пигментном комплексе растений (более 30 видов, из них половина – аборигенные) различных жизненных форм [8-9]. Оказалось, что характер сезонной динамики у местных видов и интродуцентов (даже одноименных) различен: первые увеличивают количество хлорофиллов с весны до середины лета и затем происходит снижение содержания со старением листьев; у интродуцентов после летнего пика идет небольшое снижение содержания и вплоть до листопада (или заморозков), листья остаются зелеными, т.е. растение недостаточно подготовлено к перезимовке, что и приводит к обмерзанию побегов или вымерзанию целых растений. Суточные изменения содержания пигментов пластид касаются, главным образом ксантофиллов, причем довольно четко прослеживается их взаимопревращение в зависимости от условий освещения. Это были первые сведения о содержании и превращениях пластидных пигментов в листьях растений в естественных условиях Хибинского горного массива.

Накопленные данные о пигментной системе большого набора растений, особенностях взаимопревращений ксантофиллов привели к необходимости более углубленного подхода к изучению ассимиляционной деятельности растений и поиску способов изучения фотосинтеза. В этот период были опробованы кондуктометрический и колориметрический методы определения фотосинтеза и дыхания растений. Однако в полевых условиях их использование было трудоемким и малопродуктивным.

Весной 1973 г., после успешной защиты кандидатской диссертации, Е.Ф. Рыжова (Марковская) приняла активное участие в экспериментах по изучению суточных изменений пигментов ксантофиллового цикла в листьях манжетки и других местных видов [10-11]. Были показаны прямая связь взаимопревращений виолаксантина и зеаксантина с уровнем освещенности в естественных условиях лесного пояса Хибин, особенности взаимопревращений ксантофиллов в листьях светолюбивых и теневыносливых растений на Крайнем Севере [12], температурная зависимость реакций виолаксантинового цикла в хвое ели и пихты [13]. Содружество с лабораторией фотосинтеза

БИН АН СССР было очень важным стимулом для развития работы по экологической физиологии растений в ПАБСИ. С 1975 г. фотосинтез и дыхание изучали уже с помощью инфракрасных газоанализаторов, появился первый – ОА 5501 Смоленского завода «Аналитприбор», затем Infracalit-4, потом новые модификации ГИАМов.

В начале 1980-х гг. была создана полевая лаборатория на базе автоприцепов непосредственно в горной тундре (юго-западный склон г. Расвумчорр на высоте около 600 м н.у.м.). С благодарностью следует отметить помощь отдела энергетики ОАО «Апатит», позволившего подключиться к электроподстанции рудника «Центральный». В течение почти двух лет усилия были направлены на освоение работы с приборами, конструированию ассимиляционных камер, определениям фотосинтеза и дыхания листьев разных растений.

К этому времени в ПАБСИ сформировалась возглавляемая Л.М. Лукьяновой группа экологической физиологии растений, методологией которой стали положения О.В. Заленского о комплексности продукционного процесса, связи фотосинтеза с дыханием, ростом и особенностями адаптации растений к неблагоприятным условиям Арктики и Субарктики.

В 1976-1983 гг. Т.Н. Локтева изучала особенности дыхания растений Хибин с помощью аппарата Варбурга [14]. Оригинальность и новизна этого исследования состояла в том, что для аборигенных и интродуцированных растений Хибин получены суточные, сезонные и даже круглогодичные изменения дыхательной способности листьев, ее зависимость от температуры, показана связь дыхательной способности с жизненной формой, фенологией, ритмом развития растений.

В июне 1977 г. на базе Сада состоялось представительное рабочее совещание по ассимиляционной деятельности растений Севера. В его организации и работе активное участие принял академик УрО АН СССР А.Т. Мокроносов. Участники совещания смогли убедиться в экстремальности условий в Хибинах (в ночь на 22 июня на уже полностью распутившиеся листья и даже цветущие растения выпал снег высотой до 50 см). В резолюции совещания была отмечена большая роль работ сотрудников ПАБСИ в развитии исследований ассимиляционной деятельности растений, большое значение проведения комплексных эколого-физиологических исследований в Арктике и Субарктике [15].

Помимо исследований CO₂-газообмена и пигментной системы аборигенных растений Хибин, экофизиологи продолжали уделять внимание и интродуцированным видам, различиям в их адаптации к новым условиям. В этом плане интересными оказались особенности роста и развития, фотосинтетической деятельности листьев клеитонии копытнелистной (*Claytonia asarifolia* A. Gray) – растения из Северной Калифорнии, – натурализовавшейся в Хибинах. Показано «рациональное распределение труда» между ассимилирующими органами, постепенно в течение вегетации сменяющимися друг друга, изменение при этом зависимости интенсивности фотосинтеза и дыхания листьев от света и температуры. В сочетании с высокой способностью размножаться вегетативно и семенами это позволяет растению «убегать» с питомников, подчас вытесняя из естественных местообитаний более требовательных к условиям освещения, режимам влажности и температуры представителей аборигенной флоры [16].

В 1987-1988 гг. группа экологических физиологов ПАБСИ совершила две экспедиционные поездки в Грузию – в Бакурианский ботанический сад и на Казбекскую высокогорную экологическую станцию. Были изучены показатели мезоструктуры и содержание хлорофиллов в листьях 17 одноименных или близкородственных видов разных жизненных форм и таксономического положения, широко распространенных в обоих регионах. Для некоторых пар видов, таких как *Dryas octopetala* L. – *D. caucasica* Jus., *Solidago lapponica* Wither – *S. virgaurea* L., показано удивительное совпадение по толщине и строению листьев, численности устьиц, числу хлоропластов, а также по содержанию хлорофиллов в хлоропласте [17].

В конце 1980-х гг. О.В. Кудрявцева на примере трех видов рода *Vaccinium* в разных растительных поясах Хибин изучила мезоструктуру листьев, CO₂-газообмен и ряд других показателей в зависимости от высоты местообитания. В целом получена анатомо-физиологическая характеристика 35 видов растений, произрастающих в горной тундре [18].

Таким образом, группой экофизиологов ПАБСИ был исследован фотосинтетический аппарат отделенных листьев большого числа видов (около 60 дикорастущих и 20 интродуцентов). Полученные материалы обобщены в монографии [19] и стали основой для перехода на более высокий уровень работы – исследование особенностей продукционного процесса целостных растительных сообществ.

Проблема глобальных климатических изменений во второй половине XX века привела к активизации исследований по бюджету углерода для ряда ландшафтно-климатических зон и географических поясов. Прогнозируемые изменения климата, в первую очередь предполагаемые в Арктике и Субарктике, обусловили необходимость в этих регионах комплексной оценки параметров углеродного цикла. В этой связи появился интерес к роли тундровых экосистем в накоплении углерода в растительности и почвах, эмиссии углекислого газа в атмосферу в процессах дыхания.

Для исследований выбраны сообщества в горных кустарничковых тундрах Хибин на склонах юго-западной и северо-восточной экспозиций на высотах около 600 м н.у.м. (г. Расвумчорр и г. Вудьяврчорр). В процессе этой работы были специально созданы ассимиляционные камеры для исследования газообмена сообществ разного видового состава. Впервые получены величины хлорофилльного индекса для ряда горно-тундровых сообществ. Почти 20-летние (1987-2005 гг.) исследования углекислотного газообмена, содержания пигментов пластид в сообществах разного видового состава (от лишайниковых до травяно-кустарничковых) позволили дать детальную количественную характеристику продукционных и деструкционных составляющих функционирования горно-тундровых биогеоценозов, показать характер распределения потоков CO₂ в системе «растительное сообщество-почва» и составить схемы углеродного цикла. Для исследованных биогеоценозов установлено функционирование в режиме стока углерода и депонирования его в почвах [20-22].

Многолетние исследования растительных сообществ привели к необходимости изучения особенностей физиологии такого важного компонента растительного покрова Хибин, как мхи. В 2004 г. были начаты работы по оценке функциональной активности некоторых видов мхов, широко распространенных в разных растительных поясах. Впервые дана сравнительная эколого-физиологическая характеристика 10 видов из разных семейств и контрастных экологических групп, произрастающих в лесном и горно-тундровом поясах. Получены данные по фотосинтезу, количеству пластидных пигментов, запасам и структуре фитомассы, водному режиму мхов [23-25].

В настоящее время группа экологической физиологии расширила широтный диапазон объектов; Н.Ю. Шмакова участвует в комплексных исследованиях растительности арх. Шпицберген. В пяти экспедициях собран материал по содержанию пигментов пластид, флавоноидов и общего азота для более чем 100 видов растений и лишайников, многие из которых одноименны или близкородственны видам, произрастающим в Хибинах и других северных или арктических регионах; кроме того, оценены запасы фитомассы в ряде сообществ арктических тундр Западного Шпицбергена [26-28].

В заключение считаем необходимым выразить благодарность всем, кто участвовал в исследованиях по экологической физиологии в ПАБСИ, как сотрудникам, так и лаборантам (Л.М. Федоровой, Т.М. Булычевой, Л.Н. Бурдинской и другим), всем, кто в суровых условиях Хибин следил за приборами, отбирал монолиты сообществ, разбираал фитомассу, извлекал пигменты, кто при проведении опытов по 12 раз за сутки бегал за пробами на гору, качал воздух в камеры, а потом в муках рождал статьи, монографии и диссертации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костычев С.П., Базырина Е.Н., Чесноков В.А. Суточный ход фотосинтеза при незаходящем солнце в полярной зоне // Изв. АН СССР, 1930. Сер. VII, № 7. С. 599-610.
2. Аврорин Н.А. Полярно-альпийский ботанический сад в Хибинах (проект). М.; Л., 1931. 19 с.
3. Данилов А.Н., Мириманян В.А. Фотосинтез растений Заполярья в природных условиях // Тр. БИН АН СССР. Сер. IV, Вып. 6, эксперим. ботаника. Л., 1948. С. 29-73.
4. Шахов А.А. Эколого-физиологическая перестройка растений на фотоэнергетической основе // Физиологические основы северного растениеводства. Растение и среда. М., 1965. Т. V. С. 5-17.
5. Закман Л.М., Станко С.А. Роль антоцианов в процессе приспособления растений к условиям Заполярья // Ботанические исследования за Полярным кругом. Апатиты, 1969. В. 1. С. 40-53.
6. Станко С.А., Закман Л.М. К вопросу о физиологической роли антоцианов в растениях // Ботан. журн. 1964. Т. 49, № 3. С. 372-381.
7. Шматок И.Д. Эколого-физиологическое изучение процесса фотосинтеза растений в полярных условиях // Вопросы ботаники и почвоведения Мурманской области. М.; Л., 1962. С. 117-123.
8. Закман Л.М. Сезонные изменения содержания пигментов пластид в листьях местных и интродуцированных растений за Полярным кругом // Ботан. журн. 1969. Т. 54, № 8. С. 1148-1157.
9. Закман Л.М. Суточные изменения содержания пигментов пластид в листьях местной и интродуцированной рябины за Полярным кругом // Ботан. журн. 1970. Т. 55, № 9. С. 1329-1332.
10. Лукьянова Л.М., Марковская Е.Ф. О суточных изменениях содержания ксантофиллов в листьях манжетки в Заполярье // Физиол. растений 1975. Т. 22, № 3. С. 490-499.
11. Лукьянова Л.М., Марковская Е.Ф., Булычева Т.М. К вопросу о природе суточных ритмов изменения содержания ксантофиллов в листьях растений // Физиология и биохимия растений Субарктики. Апатиты, 1976. С. 44-53.
12. Лукьянова Л.М. Особенности взаимопревращения ксантофиллов в листьях светлюбивых и теневыносливых растений на Крайнем Севере // Исследования по физиологии растений в

Заполярье. Апатиты, 1975. С. 38-42. 13. Лукьянова Л.М. О температурной зависимости реакций виолаксантинового цикла в хвое ели (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) при разном освещении // Ботан. журн. 1976. Т. 61, № 5. С. 738-742. 14. Локтева Т.Н. Особенности дыхания растений Хибин: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1986. 17 с. 15. Маслова Т.Г. Рабочее совещание по ассимиляционной деятельности растений Заполярья // Ботан. журн. 1978. Т. 63, № 3. С. 465-466. 16. Зуева Г.А., Локтева Т.Н., Лукьянова Л.М. Особенности биологии и газообмена клеитонии копытнелистной в Хибинах // Бюлл. ГБС. 1984. В. 34. С. 59-62. 17. Анатомо-физиологическая характеристика ассимилирующих органов растений Хибин и Центрального Кавказа / Л.М. Лукьянова, Т.М. Булычева, О.В. Кудрявцева, Н.Ю. Шмакова, Т.Н. Пономаренко // Влияние внешних факторов на устойчивость, рост и развитие растений. Петрозаводск, 1992. С. 179-189. 18. Булычева Т.М., Кудрявцева О.В. Анатомо-физиологическая характеристика листьев растений Хибин. Препринт. Апатиты, 1993. 42 с. 19. Газообмен и пигментная система растений Кольской Субарктики / Л.М. Лукьянова, Т.Н. Локтева, Т.М. Булычева. Апатиты, 1986. 126 с. 20. Продукционный процесс в сообществах горной тундры Хибин / Н.Ю. Шмакова, Л.М. Лукьянова, Т.М. Булычева, О.В. Кудрявцева. Апатиты, 1996. 125 с. 21. Шмакова Н.Ю. Формирование и трансформация органического вещества в растительных сообществах горной тундры Хибин: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Петрозаводск, 2006. 40 с. 22. Горно-тундровые сообщества Кольской Субарктики (эколого-физиологический аспект) / Н.Ю. Шмакова, Г.И. Ушакова, В.И. Костюк. Апатиты, 2008. 167 с. 23. Шпак О.В. Эколого-физиологическая характеристика некоторых видов мхов в Хибинах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2008. 23 с. 24. Шпак О.В., Шмакова Н.Ю., Лукьянова Л.М. CO₂-газообмен некоторых видов мхов в Хибинах // Ботан. журн., 2009. Т. 94, № 6. С. 866-876. 25. Шмакова Н.Ю., Шпак О.В., Лукьянова Л.М. Содержание пигментов некоторых видов мхов в Хибинах // Ботан. журн. 2008. Т. 93, № 10. С. 1578-1586. 26. Шмакова Н.Ю. Продуктивность злаково-кустарничково-моховых сообществ в окрестностях пос. Баренцбург (Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты, 2005. С. 519-525. 27. Шмакова Н.Ю., Марковская Е.Ф. Пигментный комплекс растений и лишайников в сообществах арктических тундр на архипелаге Шпицберген // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. М.: ГЕОС, 2008. Вып. 8. С. 400-403. 28. Шмакова Н.Ю., Марковская Е.Ф. Фотосинтетические пигменты растений и лишайников арктических тундр Западного Шпицбергена // Физиология растений. 2010. Т. 57, № 6. С. 1-7.

Сведения об авторах

Шмакова Наталья Юрьевна – д.б.н., руководитель сектора; e-mail: shmanatalya@yandex.ru

Ермолаева Ольга Владимировна – к.б.н., научный сотрудник

Лукьянова Людмила Моисеевна – к.б.н., старший научный сотрудник

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБАХ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И В ИХ ПАЗАРИТАХ

С.А. Салтыкова

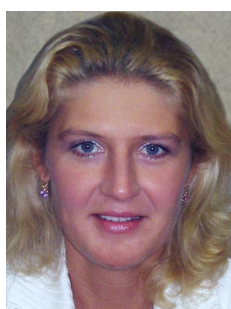
Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

Аннотация

Изучено накопление тяжелых металлов в тканях характерных представителей ихтиофауны Ладожского озера (лосось, форель, окунь, налим, щука) и в паразитах этих рыб. Выявленные зависимости могут быть использованы для разработки новых методов биоиндикации состояния конкретного водоема.

Ключевые слова:

загрязнение тяжелыми металлами, рыбы, паразиты рыб, Ладожское озеро, методы биотестирования.



Исследования проблемы антропогенного загрязнения Карелии ведутся уже долгое время. Влияние промышленного производства как на наземные, так и на водные экосистемы в этом регионе носит длительный характер, насчитывающий десятилетия.

Экосистема Ладожского озера в течение многих лет подвергалась загрязнению через различные антропогенные источники. Наиболее опасными загрязнителями являются соли тяжелых металлов. Многие химические элементы, относящиеся к группе тяжелых металлов (ТМ), являются необходимыми для живых организмов микроэлементами; однако при превышении пороговых концентраций они становятся высокотоксичными. В связи с этим большую важность приобретают

биологические показатели различного уровня, отражающие состояния окружающей среды.

Интерес к содержанию ТМ в рыбах Ладожского озера резко возрос сравнительно недавно и связан с увеличением антропогенной нагрузки на водные экосистемы этого региона, нарушающей естественный круговорот химических элементов. Экологические последствия таких геохимических изменений не могут не привлекать пристального внимания, так как в отличие от других веществ, загрязняющих среду, металлы в естественных условиях не разрушаются, а лишь меняют форму нахождения.

Тяжелые металлы являются неотъемлемой составной частью организма, поскольку многие соединения данных элементов входят в состав ферментов, витаминов, гормонов. Опасность изменения фонового содержания металлов объясняется тем, что индивидуальная потребность гидробионтов в данных элементах очень мала, а поступление из внешней среды их избыточных количеств приводит к различным токсическим эффектам и нарушению жизнедеятельности.

Рыбы широко используются для оценки изменений, происходящих в водных экосистемах. Состояние рыб, как на популяционном, так и на организменном уровнях, используют в качестве индикаторов загрязнения водоемов тяжелыми металлами [1-7].

Целью данной работы являлось изучение особенностей накопления тяжелых металлов организмом рыб и их паразитами, обитающими в условиях долговременного аэротехногенного загрязнения Ладожского озера, и использование полученных данных для прогноза экологического состояния пресноводных экосистем региона.

Для выполнения работы были поставлены следующие задачи:

- оценить характер накопления тяжелых металлов в организмах рыб и их паразитах исследованного водоема;
- выявить особенности распределения содержаний тяжелых металлов в органах и тканях различных видов рыб;
- дать сравнительный анализ и оценить особенности накопления тяжелых металлов в паразитах в зависимости от вида, стадии развития и вида хозяина;
- сделать попытку оценить уровень антропогенной нагрузки на Ладожское озеро.

Материалы и методы

В основу работы легли результаты паразитологических и ихтиологических исследований, проводимых на территории Ладожского озера Республики Карелия в течение полевых сезонов 2003-2005 гг. Представлены и обобщены результаты собственных исследований и многочисленные литературные данные по накоплению загрязнения водоемов тяжелыми металлами и их влиянию на рыб. Объектами были рыбы и их кишечные паразиты, обитающие в Ладожском озере, а также тяжелые металлы, содержащиеся в этих объектах.

Основными ТМ, которые мы определяли в работе, были: медь, цинк, кадмий, никель, железо, свинец.

Сбор материала проводился летом 2003-2005 гг. на рыболовецких участках южной части Ладожского озера: в Олонецком районе, пос. Усть-Обжанка. Рыбу отбирали в основном из промысловых уловов рыбаков.

Сбор ихтиологического материала осуществлялся с помощью пассивных орудий лова (сети различной ячеи), обработка проводилась по общепринятой методике (Правдин, 1966). Сбор и обработка материала по паразитам рыб проводилась методом полного паразитологического вскрытия (Догель, 1935, Быховская-Павловская, 1985).

В соответствии с методикой методом полного паразитологического вскрытия исследовано 56 экземпляров рыб (табл. 1); из них: лосося (*Salmo salar* L.) – 12 экз., озерной форели (*Salmo trutta morpha lacustris* L.) – 9 экз., окуня (*Perca fluviatilis*) – 15 экз., налима (*Lota lota* L.) – 10 экз., щуки (*Esox lucius* L.) – 10 экз. Все они были препарированы, а извлеченный кишечник и печень изучены бинокулярном компрессорным методом с целью выявления гельминтов. Полученные результаты были оценены по трем показателям: встречаемость, индекс обилия и лимиты (пределы) численности. Основным пособием для определения паразитов служил «Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР» (1984, 1985, 1987).

Для выяснения особенностей ответов рыб и их паразитов на загрязнение ТМ нами был выбран методический подход, заключающийся в сравнительном изучении накопления ТМ в рыбах и их паразитах. Для определения содержания ТМ в органах и тканях отбиралось 10 экз. рыб одинакового размера. Проводился анализ гомогената кишечника, мышц, жабр, гонад (окунь); внутренних органов (лосось) и кишечника (щука, налим, форель) на содержание в них Cu, Zn, Cd, Pb, Mn и Ni. Отбор проб производили при помощи скальпеля и ножа из нержавеющей стали. Параллельно проводился аналогичный анализ гомогената кишечных гельминтов вышеуказанных рыб: *Triaenophorus nodulosus*, *Triaenophorus crassus*, *Proteocephalus percae*, *Eubothrium crassus*, *Eubothrium rugosum*. Стандартные растворы Cu, Zn, Fe и Mn были приготовлены из промышленных основных стандартных растворов (Merck) с концентрацией 1 тыс. мг/л. Везде использовалась двойная деминерализованная вода. Рабочие стандартные растворы были приготовлены путем разбавления основного стандартного раствора с добавлением соляной кислоты с тем, чтобы концентрация кислоты в рабочих стандартных растворах соответствовала концентрации кислоты в перевариваемых растворах. Все использованные реагенты представляли собой марку аналитического реагента.

Определение содержания ТМ в полученных пробах проводилось методом пламенной атомно-адсорбционной спектрофотометрии с использованием прибора С-115-М I сотрудниками аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН.

Для статистической оценки данных для образцов использовался t-тест. Значение p ниже, чем 0.05, считалось значительным. Если концентрация металла была ниже предела чувствительности, использовалось значение половины предела чувствительности, чтобы облегчить статистические сравнения.

Результаты исследований

Полученные нами данные о распределении металлов в различных органах исследованных видов рыб представлены в табл. 1. Исследования позволили установить, что у всех видов рыб отмечаются высокие концентрации железа и цинка, тогда как содержание других элементов имеет заметно более низкие значения концентраций. При этом было показано, что варьирование значений концентраций ТМ наблюдается в широких пределах в зависимости как от вида рыб, так и исследованного органа.

Сравнительное изучение содержания меди (Cu) в кишечнике исследованных рыб показывает, что максимальная концентрация регистрируется у окуня, а лосось и форель имели близкие и более низкие значения (рис. 1). Эти данные не совпадают с исследованиями других авторов, показавших,

что содержание меди в органах лососевых рыб достоверно превышало количества, обнаруженные у других видов рыб.

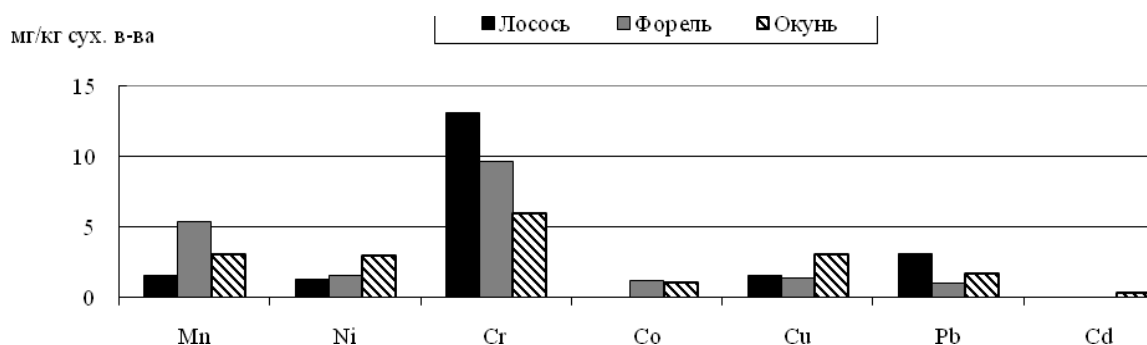


Рис. 1 Содержание тяжелых металлов в кишечнике разных видов рыб

Содержание марганца в кишечнике исследованных рыб варьировало в значительных пределах, и достоверно было максимальным у форели (рис. 1). Показано, что никель, медь и кадмий в максимальных концентрациях регистрировался у окуня. Установлено, что кишечник всех исследованных рыб характеризуется высокими показателями накопления хрома (рис. 1).

Нами было установлено, что не только лососевые рыбы могут иметь высокие концентрации металлов (табл. 1), что ранее было показано [8], но и окунь по ряду элементов отличался максимальными значениями.

Таблица 1

Распределение и особенности накопления тяжелых металлов в органах и тканях различных видов рыб

Вид рыбы	Исследуемый материал	Кол-во проб	Fe	Mn	Ni	Cr	Co	Zn	Cu	Pb	Cd
Лосось	кишечник	12	43.1± 1.1	1.6± 0.07	1.3± 0.06	13.1± 0.4	0.6± 0.006	3630± 112.6	1.6± 0.07	3.1± 0.1	0.3± 0.003
	гонады		244± 10.4	1± 0.04	1.3± 0.07	9.8± 0.4	<0.4± 0.004	1040± 89.8	2.3± 0.09	2± 0.08	0.3± 0.004
	мезентерий		47.2± 1.2	0.8± 0.003	1.4± 0.08	10.1± 0.5	1.2± 0.06	5510± 231.4	2± 0.09	3.2± 0.1	0.4± 0.003
	почки		340± 11.3	1.4± 0.07	1.3± 0.07	6.6± 0.2	2± 0.09	97± 1.7	8.2± 0.4	2± 0.09	0.1± 0.001
	сердце		256± 10.5	1.7± 0.08	1.6± 0.08	6.4± 0.2	1.2± 0.04	146± 8.6	18.7± 0.6	<1.0± 0.004	0.1± 0.002
Окунь	гонады	15	40.9± 0.9	0.7± 0.003	1.6± 0.07	10.6± 0.8	0.4± 0.005	1110± 94.1	0.6± 0.006	1.1± 0.05	0.3± 0.003
	жабры		98.2± 1.6	9.1± 0.4	3.4± 0.1	44.6± 1.2	2.1± 0.1	181± 8.7	1.9± 0.09	9.1± 0.7	1.4± 0.03
	кишечник		208± 10.1	3.4± 0.1	1.6± 0.09	7.9± 0.3	1.1± 0.04	120± 7.6	3.5± 0.1	2.4± 0.09	0.3± 0.003
	мышцы		16.5± 0.5	1.3± 0.07	2.5± 0.1	4.2± 0.2	1.5± 0.08	34± 0.9	1.8± 0.09	4± 0.3	0.2± 0.001
Налим	мышцы	10	13.5± 0.4	1.1± 0.05	1.6± 0.07	6.3± 0.3	1.4± 0.07	74± 1.1	0.9± 0.007	1.9± 0.09	0.3± 0.002
Форель	кишечник	9	90.2± 1.4	5.4± 0.2	1.6± 0.07	9.7± 0.4	1.2± 0.05	3110± 99.7	1.4± 0.06	<1.0± 0.005	0.3± 0.002

Лососевые рыбы из загрязненных рек центральной Европы содержат от 200 до 300 мг Cu/кг сыр. веса [9]. В наших исследованиях максимальное содержание меди у лосося составило 18.7 мг/кг.

В ряде работ показано, что концентрация цинка выше у рыб, питающихся беспозвоночными, по сравнению с хищными видами [9]. Наши результаты не подтверждают эти наблюдения, так как у лосося, типичного хищника, установлены более высокие концентрации цинка, чем у окуня. Однако у окуня уровень накопления марганца был выше, чем в тканях лососевых рыб [8].

Паразиты рыб, особенно цестоды, являются весьма перспективными объектами мониторинга экологического состояния водных сообществ. Учитывая тот факт, что исследованные паразиты преимущественно обитают в кишечнике, содержание ТМ в цестодах сравнивается главным образом с данными по этому органу рыб. Проведенные исследования позволили определить концентрации всех металлов, которые были обнаружены нами у рыб (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в цестодах некоторых видов рыб

Вид паразита	Хозяин (кол-во проб)	Fe	Mn	Ni	Cr	Co	Zn	Cu	Pb	Cd
<i>Eubothrium crassum</i>	Форель (9)	75.6± 1.4	15.9± 0.8	1.4± 0.06	13.8± 0.7	1.2± 0.05	680± 27.8	14.5± 0.6	2.1± 0.9	0.1± 0.002
<i>Eubothrium rugosum</i>	Налим (10)	34.7± 1.1	1± 0.03	3.6± 0.1	4± 0.1	0.9± 0.008	410± 18.1	6± 0.3	1± 0.04	0.4± 0.005
<i>Eubothrium crassum</i>	Лосось (12)	88.2± 1.6	4.15± 0.2	1.7± 0.07	8.4± 0.6	1.05± 0.03	5450± 147.6	27.95± 1.1	2.6± 1.0	0.45± 0.006
<i>Triaenophorus nodulosus (larva)</i>	Налим (10)	47.6± 1.2	6.2± 0.3	6.6± 0.3	4± 0.1	1.1± 0.05	201± 9.8	6.3± 0.4	1± 0.5	0.9± 0.04
<i>Triaenophorus crassus</i>	Щука (10)	60± 1.4	10± 0.6	10± 0.8	4± 0.2	0.4± 0.004	362± 6.9	5± 0.3	1± 0.6	5.8± 0.4
<i>Proteocephalus percae</i>	Окунь (15)	83.4± 1.5	23.2± 1.0	3± 0.1	8.4± 0.5	1.5± 0.06	331± 16.3	8.4± 0.5	2.5± 1.0	1.1± 0.6

Среди исследованных паразитов высокие концентрации железа, цинка, меди и свинца были отмечены для *Eubothrium crassus*, специфичного паразита лососевых рыб. Видимо, в силу видовых особенностей питания хозяина тот же вид *E. crassus*, имел более высокие концентрации хрома у форели. Цестоды – *Proteocephalus percae*, обитающие в кишечнике окуня, отличались максимальным содержанием марганца и кобальта. Паразиты щуки – *Triaenophorus crassus* – имели максимальные концентрации никеля и кадмия.

Исследованные цестоды были представлены разными фазами онтогенеза. Плероцеркоиды цестод рода *Triaenophorus* паразитируют в планктонных рыбах, а завершают свое развитие в щуке. Таким образом, оценка накопления металлов в личинках и имаго дает возможность оценить динамику накопления ТМ в онтогенезе паразита. Было показано, что цинк достоверно преобладает во взрослых червях, тогда как различия в накоплении железа не достоверны (рис. 2). В отношении других элементов более высокие концентрации для зрелых червей отмечались для марганца, никеля и кадмия, содержание хрома, кобальта, меди и свинца было практически одинаковым для обеих групп цестод (рис. 3).

Сравнительное изучение характера накопления ТМ паразитом (*P. percae* – специфичным паразитом окуня) и хозяином показало, что по уровню содержания цинка паразит явно превосходит хозяина (рис. 4), тогда как по концентрации железа хозяин несколько превосходил паразитов, хотя различия были не достоверны. Содержание других ТМ показало выраженную тенденцию в более высоком накоплении металлов паразитом (Mn, Cr, Cu, Pb, Cd), только содержание никеля и кобальта было равным как в хозяине, так и паразите (рис. 5).

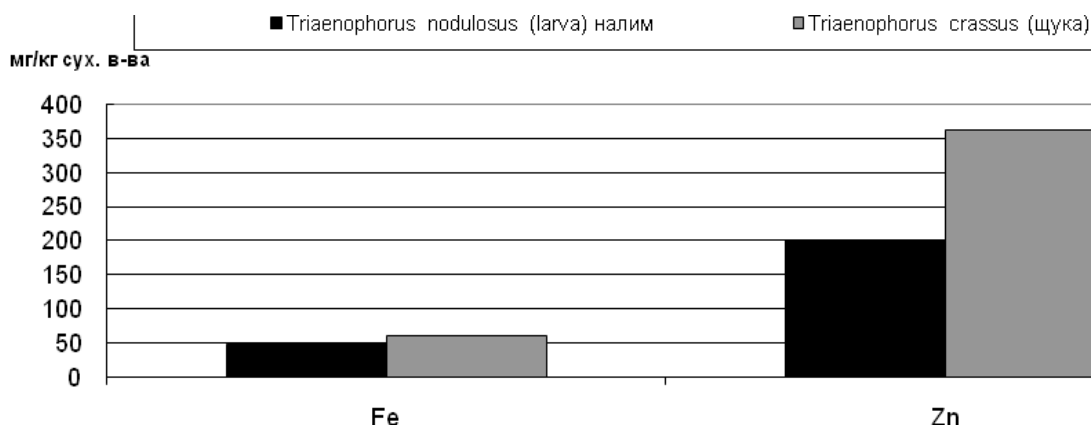


Рис. 2. Накопление цинка и железа в личинках (*T. nodulosus*) и половозрелых цестодах (*T. crassus*)

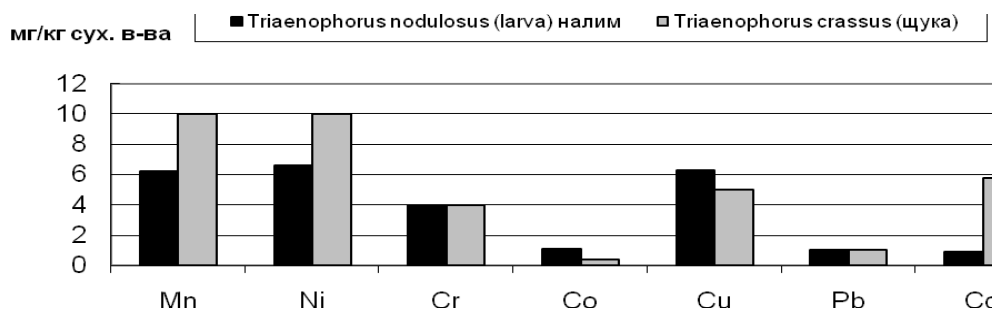


Рис. 3. Содержание ТМ в личинках (*T. nodulosus*) и половозрелых паразитах (*T. crassus*)

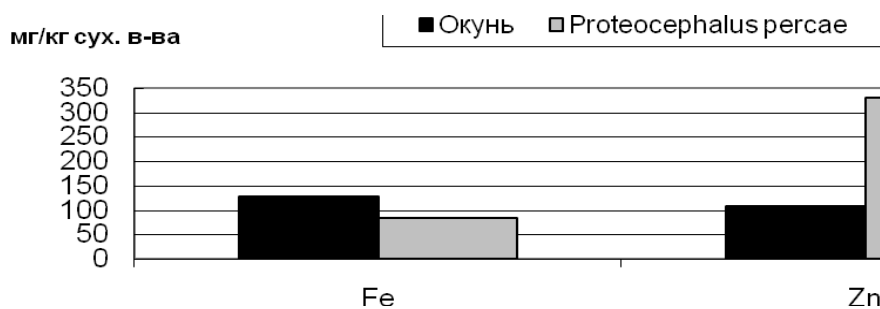


Рис. 4. Содержание цинка и железа в паразитах и кишечнике окуня

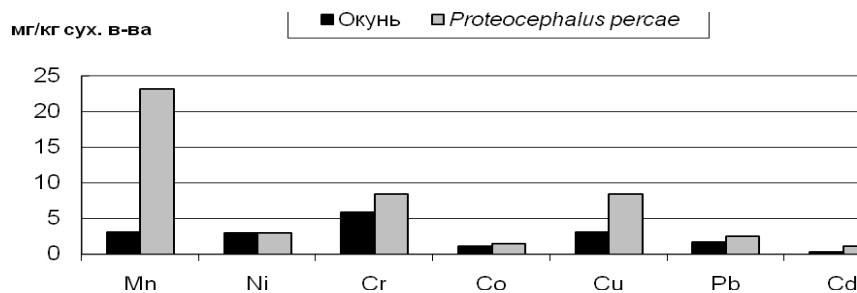


Рис. 5. Содержание тяжелых металлов в кишечнике и паразитах окуня

Полученные результаты показали, что накопление ТМ паразитами происходит в большинстве случаев более активно, чем органами и тканями хозяев, что подтверждается и другими исследователями [10-12]. Однако, учитывая тесное метаболическое взаимодействие между паразитом и хозяином, следовало ожидать, что характер и динамика накопления ТМ должен иметь выраженную

связь в данной системе. Проведенный анализ позволил показать, что накопление ТМ в специфичном паразите и органе хозяина, в котором обитает цестода, имеют высокую и достоверную связь.

Повышенное содержание металлов в организме рыб и других гидробионтов свидетельствует о значительной их концентрации в водной среде, аккумуляции последних в пищевых цепях, функциональном нарушении во всех звеньях экосистемы [13]. Знания о составе и количестве металлов в тканях промысловых рыб, планктонных и бентосных организмов имеют важное практическое значение. Через бентос и зоопланктон ТМ проникают в организм рыб, которые, кроме того, способны усваивать металлы непосредственно из воды, через жабры и кожные покровы. Накопление ТМ в рыбах, и особенно в хищниках, является серьезной проблемой загрязняемого водоема.

Выводы:

- получены сравнительные данные о накоплении ТМ (медь, цинк, кадмий, никель, железо, свинец) в органах и тканях рыб (лосось, форель, окунь, налим, щука) и паразитических цестод, обитающих в этих рыбах (*Triaenophorus nodulosus*, *Triaenophorus crassus*, *Proteocephalus percae*, *Eubothrium rugosum*);
- установлено превышение предельно допустимых концентраций практически для всех анализируемых металлов в органах и паразитах рыб Ладожского озера;
- распределение металлов в организме рыб характеризуется неоднородностью, что зависит от физико-химических свойств самих элементов и функциональных особенностей органов и тканей;
- концентрации ТМ в тканях окуней и налимов свидетельствуют о нарастании промышленного загрязнения Ладожского озера;
- показано, что накопление ТМ в специфичных паразитах имеет выраженную связь с характером накопления металлов в органах рыб, в которых обитают данные паразиты;
- установлено, что накопление ТМ различными видами цестод, паразитирующих на одном хозяине, имеют сходный характер, не зависящий от локализации паразита;
- полученные данные позволяют оценить современную экологическую ситуацию в Ладожском озере как достаточно серьезную и требующую реализации государственных программ по контролю состояния окружающей среды и сокращению объемов загрязнения озера;
- данные о накоплении ТМ в органах и паразитах рыб позволяют судить об их фоновом содержании в водоемах и антропогенной нагрузке на них в целом, а также могут использоваться при разработке новых методов биоиндикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашулин Н.А. Подходы к биоиндикации долговременных изменений качества вод озер Субарктики // Север-2003: Проблемы и решения. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. С. 124-135.
2. Влияние аэротехногенного загрязнения на водосборный бассейн озер Субарктики и рыб / А.А. Лукин, В.А. Дауэльтер, Н.А. Кашулин, Н.Е. Раткин // Экология. 1998. № 2. С. 109-115.
3. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера / Т.И. Моисеенко, В.А. Яковлев. СПб.: Наука, 1990. 221 с.
4. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния / Дж. Мур, С. Раммурти. М.: Мир, 1987. 288 с.
5. Effects of metals on fish behavior: a review / G.J. Atchison, M.G. Henry., M.B. Sandheinrich // Env. Biol. Fish. 1987. Vol. 18. P. 11-25.
6. Relationship between concentrations of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates, and tissues of white sucker (*Catostomus commersoni*) at metal-contaminated sites / P.A. Miller, K.R. Munkittrick, D.G. Dixon // Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1992. Vol. 49. P. 978-984.
7. Trace metals accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola region, Russia / T.I. Moiseenko, L.P. Kudryavtseva // Environmental pollution, 2001. Vol. 114. P. 295-297.
8. Karadede H. Concentrations of some heavy metals in the water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere. 2000. 41. P. 1371-6.
9. Invasion of vendace *Coregonus albula* in a subarctic watercourse / P.A. Amundsen, F.J. Staldivik, Y.S. Reshetnikov, N. Kashulin, A. Lukin, T. Bohn.
10. Многофакторное загрязнение Ладожского озера и его эпизоотическое состояние / М.А. Перевозников, Е.А. Богданова // Крупные озера Европы – Ладожское и Онежское. Петрозаводск, 1996. С. 61-62.
11. Рыбы – биоиндикаторы ионов тяжелых металлов / М.А. Перевозников, Т.И. Лацевская // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 2000. С. 41-45.
12. Экологические аспекты контроля тяжелых металлов в водной среде / М.А. Перевозников, А.М. Пономаренко // Тез. междунар. конф. «Акватерра». СПб., 2000. С. 27-28.
13. Руднева Н.А. Тяжелые металлы и микроэлементы в гидробионтах Байкальского региона. Улан-Удэ, 2001. 136 с.

Сведения об авторе

Салтыкова Светлана Александровна – к.б.н., научный сотрудник; e-mail: sveta_sherbakova@mail.ru

13 января 2011 г.

Распоряжением губернатора Мурманской области за заслуги в развитии ботанических исследований в Мурманской области и Евро-Арктическом регионе, многолетнюю плодотворную деятельность и в честь 80-летия со дня образования Кольского научного центра РАН Почетной грамотой губернатора Мурманской области награждены зав. лабораторией ПАБСИ к.б.н. Любовь Андреевна Иванова и научный сотрудник Екатерина Александровна Святковская, благодарность губернатора Мурманской области объявлена зав. лабораторией д.б.н. Надежде Алексеевне Константиновой и заместителю директора по научной работе к.б.н. Елене Юрьевне Полосковой.

За большой вклад в развитие российской науки, многолетнюю плодотворную деятельность и в честь 80-летия со дня образования Кольского научного центра РАН объявлена благодарность губернатора Мурманской области ученому секретарю Центра гуманитарных проблем Баренц-региона к.э.н. Светлане Николаевне Виноградовой и старшему научному сотруднику ИХТРЭМС к.т.н. Татьяне Юрьевне Прохоровой.

За многолетний добросовестный труд, большой вклад в социально-экономическое развитие Мурманской области и в честь 80-летия со дня образования Кольского научного центра РАН благодарность губернатора Мурманской области объявлена главному специалисту сектора центральной бухгалтерии КНЦ Любови Петровне Верченко.

8 февраля 2011 г.

Гранты Президента РФ молодым российским ученым на 2011-2012 гг. выделены Анне Александровне Вильнет (ПАБСИ) на работу «Геносистематика печеночников подпорядка *Serphaloziiinae* (Marchantiophyta)» и Александру Геннадьевичу Дворецкому (ММБИ) на работу «Экология камчатского краба в прибрежье Баренцева моря».

10 февраля 2011 г.

На общем собрании КНЦ рассмотрен и утвержден отчет Президиума КНЦ «О результатах деятельности Центра в 2010 г. и приоритетных задачах на 2011 г.»

Отмечена успешная реализация решений 24-й и 25-й сессий Общего собрания КНЦ в части регулярного выпуска «Вестника КНЦ РАН», организации серийного издания научных трудов КНЦ, формирования в составе КНЦ новых научных подразделений – Отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике и Центра наноматериаловедения.

Одобрена результативная деятельность по юридическому закреплению прав КНЦ на недвижимое имущество и земельные участки, сохранению и развитию социальной инфраструктуры по организации энергоаудита в Академгородке и активизации мероприятий по энергосбережению, по формированию профильных научных советов по наноматериаловедению, медико-биологическим проблемам и энергоэффективности.

Признано своевременным и актуальным подписание «Соглашения о сотрудничестве в области инновационной и образовательной деятельности между КНЦ РАН и Северным (Арктическим) федеральным университетом (САФУ)» и трехстороннего договора между КНЦ РАН, САФУ и МГТУ о создании Некоммерческого Партнерства «Инфраструктура Арктики» для участия в разработке и реализации одноименной Российской технологической платформы в 2011-2014 гг.

Обращено внимание Президиума и руководства институтов КНЦ на недостаточную эффективность принимаемых мер для привлечения в науку молодых исследователей и создания им благоприятных условий для творческого роста, а также для нормального развития молодых семей и обеспечения здорового образа жизни. В этой связи признано необходимой и актуальной активизация действий по достройке незавершенных зданий жилого дома и терапевтического корпуса больницы КНЦ РАН в Академгородке.

Президиуму Центра рекомендовано в 2011 году:

1. Пересмотреть и скорректировать программу развития автономного образовательного учреждения «Кольский академический университет» (АНО КАУ), увязав ее с перспективными планами кооперации КНЦ с САФУ, МГТУ и МГГУ, а также со стратегией развития комплекса «Наука – образование – инновации» СЗФО РФ до 2030 г.

2. Провести в первом полугодии 2011 г. внутренний аудит эффективности деятельности научных подразделений КНЦ по критериям, утвержденным постановлением Президиума РАН № 201 от 12 октября 2010 г.; по итогам аудита разработать и в приоритетном порядке осуществить меры по интенсификации представления научных результатов в международные журналы, патентованию технологий и ноу-хау, расширению экспертной деятельности и улучшению учета всех показателей, влияющих на рейтинг институтов КНЦ в научной сфере РФ.

3. Обеспечить разработку до конца 2-го квартала перспективного пятилетнего плана развития Кольского научного центра РАН с учетом соответствующих планов развития всех институтов и инфраструктурных организаций Центра.

4. Активизировать подготовку заявок и обоснований для включения научных организаций КНЦ в федеральные и европейские программы по развитию технологических платформ, а также в программы инновационного развития компаний с государственным участием (ПИР).

5. Провести инвентаризацию интеллектуальной собственности научных организаций КНЦ, создать общий реестр объектов интеллектуальной собственности (ОИС) и выполнить оценку коммерческого потенциала ОИС Институтов и КНЦ.

1 марта 2011 г.

Подписано соглашение о сотрудничестве между Министерством экономического развития Мурманской области и Кольским научным центром РАН. Предметом соглашения является взаимодействие в сфере инновационного развития региона и внедрение инновационных разработок.

18 марта 2011 г.

Указом Президента Российской Федерации за достигнутые трудовые успехи и многолетнюю плодотворную работу медалью ордена "За заслуги перед Отечеством" II степени награжден зав. лабораторией ММБИ к.б.н. Кавцевич Николай Николаевич.

29 апреля 2011 г.

Указом Президента Российской Федерации за большие заслуги в научной деятельности присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки Российской Федерации" директору Института информатики и математического моделирования д.т.н. Владимиру Александровичу Путилову. За достигнутые трудовые успехи и многолетнюю плодотворную работу медалью ордена "За заслуги перед Отечеством" II степени награжден заведующий биотехническим аквакомплексом ММБИ Александр Леонидович Михайлюк.

10 мая 2011 г.

Указом Президента Российской Федерации за заслуги в области строительства и многолетний добросовестный труд присвоено почетное звание "Заслуженный строитель Российской Федерации" зав. отделом технологии строительных материалов ИХТРЕМС д.т.н. Олегу Николаевичу Крашенинникову.

Научная сессия ГИ КНЦ РАН, посвященная Дню российской науки и 55-летию Кольского отделения РМО

ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 8 февраля 2011 г.

Февральская конференция в честь Дня науки стала традиционной, открывающей годичную программу научных мероприятий. У нее сформировался неповторимый настрой, позволяющий сочетать в докладах строгую науку со смелыми гипотезами. Участники научной сессии вспомнили этапы становления и развития КО РМО (самого многочисленного среди региональных отделений), связанные с именами почетных членов РМО акад. А.В. Сидоренко, д.г.-м.н. И.В. Белькова, д.г.-м.н. О.Б. Дудкина. Были заслушаны доклады по геологической истории Кольского п-ова от докембрия до новейшего времени, эволюции расслоенных интрузивов по изотопно-геохимическим и геохронологическим данным, перспективам нефтегазоносности бассейна Баренцева моря, минералогии золота в вулканогенных комплексах, теоретическим аспектам минералогии. Электронная версия доступна по ссылке: <http://geoksc.apatity.ru/print/ds2011.pdf>

34-й ежегодный семинар «Физика авроральных явлений»

ПГИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 1–4 марта 2011 г.

В конференции приняли участие около ста специалистов из 18 научных институтов и университетов (от Якутска до Калининграда!). Были представлены 55 устных и около 60 стендовых докладов по проблемам физики космической плазмы, полярных сияний, космических лучей, распространения радиоволн и др. Работа конференции осуществлялась по 7 основным научным направлениям:

- геомагнитные бури и суббури;
- поля, токи и частицы в магнитосфере;
- волны и взаимодействие волна-частица в магнитосфере;
- солнце, солнечный ветер и космические лучи;
- ионосфера, верхняя атмосфера;
- нижняя атмосфера, озон;
- гелиобиосфера.

Во время семинара были определены победители конкурса работ молодых специалистов ПГИ, представленных на 34-м семинаре «Физика авроральных явлений». Ими оказались: А.В. Германенко и О.М. Лебедь.

Труды семинара будут изданы в конце года.

Международная научно-практическая конференция «Европейский Север: инновационное освоение морских ресурсов (образование – наука – производство)»

ИЭП-МГТУ, г. Апатиты, 11–15 марта 2011 г.

В рамках конференции в ИЭП КНЦ РАН проходили научные секции по следующей тематике.

1. Проблемы и перспективы региональной экономики (руководитель д.э.н. В.С. Селин).
2. Экономические инструменты обеспечения инновационного развития организаций и инновационные образовательные технологии (руководитель к.т.н. В.А. Цукерман).
3. Социально-экономическое развитие стран Европейского Севера (руководитель к.э.н. Л.А. Рябова).
4. Инновационные подходы к освоению нефтегазовых ресурсов Арктики (руководитель д.э.н. А.Е. Череповицын).
5. Международный опыт развития регионов Европейского Севера (руководитель к.э.н. Л.В. Иванова).

Цель конференции – рассмотрение современных социально-экономических тенденций на Европейском Севере.

Большое внимание уделено проблемам и возможностям освоения арктического шельфа, развитию морских коммуникаций в условиях глобальных климатических изменений.

Работа проводилась в 5 научных секциях, что позволило охватить все аспекты проблематики регионального развития. В работе секций приняли участие более 50 человек, представлявших научно-исследовательские организации, учреждения высшего образования, представители органов местного

самоуправления, предприниматели и другие заинтересованные лица. Представлено более 50 докладов, в т.ч. 39 – сотрудниками Института. Материалы конференции будут опубликованы научно-информационном журнале «Север и рынок: формирование экономического порядка», № 2 за 2011 г.

**IV Всероссийская научная конференция «Теория и практика системной динамики»
ИИММ КНЦ РАН, г. Апатиты, 29–31 марта 2011 г.**

Традиционно тематика конференции охватывает не только вопросы развития и использования системной динамики, но и различные аспекты компьютерного моделирования динамики сложных систем. Конференция «Теория и практика системной динамики» проводится в г. Апатиты уже четвертый раз. В рамках конференции выделяются четыре тематические секции: теоретические вопросы системной динамики, имитационное моделирование в исследовании социально-экономических систем, применение методов имитационного моделирования в исследовании природных и промышленных систем, информационные системы поддержки управления региональным развитием.

В конференции участвуют как ведущие ученые России, так и молодые исследователи – аспиранты и студенты, для которых это мероприятие приобретает статус школы молодого ученого.

Представленные на конференции работы по информационной поддержке регионального развития объединены тематикой научной школы под руководством проф. В.А. Путилова.

VIII Всероссийская (с международным участием) Ферсмановская научная сессия, посвященная 135-летию со дня рождения академика Д.С. Белянкина, «Минералогия, петрология и полезные ископаемые Кольского региона»

ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 18–19 апреля 2011 г.

Сессия проводится ежегодно и стала традиционной. В рамках секции «Доклады лауреатов премии акад. А.Е. Ферсмана» выступили д.г.-м.н. А.П. Хомяков и д.г.-м.н. О.Б. Дудкин с соавторами. А.П. Хомяков представил два доклада: «Новые минералы Кольского региона: обзор за 2001–2010 гг.» и «Диалектика связи разнообразия минералов уникальных геологических объектов с термодинамическим правилом фаз». О.Б. Дудкин, М.Г. Тимофеева и А.Т. Беляевский представили доклад «Вопросы безопасности производства в использовании кианитовых руд».

Были заслушаны доклады, объединенные в следующие секции: «История науки» (председатель д.г.-м.н. Ю.Л. Войтеховский, «Минералогия и геохимия» (председатель д.г.-м.н. А.В. Волошин), «Геология и полезные ископаемые» (председатель д.г.-м.н. В.Ф. Смолькин), «Технологическая, техническая и экспериментальная минералогия» (председатель д.х.н. А.М. Калинин).

Представлены стендовые доклады по актуальным вопросам геологии и технологии переработки минерального сырья. Совещание завершилось общей дискуссией.

IX Региональная аспирантско-студенческая научно-практическая конференция «Новый взгляд на экономическое и социальное развитие Российского Севера» и «Школа молодых ученых»

ИЭП-ИНЖЭКОН, г. Апатиты, 21–22 апреля 2011 г.

В первый день конференции работала «Школа молодого ученого», где выступали ведущие ученые Мурманской области и гости Филиала. Начало дискуссии положил директор по персоналу ОАО «Апатит» А.В. Шепель. Он рассказал об основных направлениях кадровой политики ОАО «Апатит». Как оказалось, этот доклад и задал общее направление всей конференции – трудоустройство молодежи в области. Поэтому было принято решение о проведении в мае по этой проблеме «круглого» стола.

Далее следовало интереснейшее выступление директора Геологического института КНЦ РАН, д.г.-м.н., профессора Ю.Л. Войтеховского с докладом по теме: «Перспективы рынка камнесамоцветного сырья в Мурманской области». Его выступление дополнила О.М. Клементьева, генеральный директор ООО «Клементина». Она рассказала про новинки и тенденции ювелирной моды этого года и провела небольшую викторину для самых внимательных слушателей.

Доклад Г.В. Кобылинской, зав. сектором корпоративных финансов Института экономических проблем КНЦ РАН, кандидата экономических наук, доцента, по теме: «Механизмы финансирования инвестиционных процессов в регионе» стал заключительным в работе Школы.

Во второй день конференции с докладами выступали студенты и аспиранты. Каждая из представленных работ затронула основные социальные и экономические проблемы нашей области и

очень бурно обсуждалась всеми участниками и жюри конференции. В конце дня были подведены итоги и выбраны лучшие докладчики.

I место с работой «Бизнес-инкубатор и его роль в экономическом и инновационном развитии Мурманской области» заняла Екатерина Михайлова, студентка Филиала СПбГИЭУ в г. Апатиты.

II место досталось студентке Кольского филиала ПетрГУ Марии Левиной, за доклад по теме: «Институционально-экономические механизмы государственного регулирования малого предпринимательства».

III место получила Екатерина Санникова, представительница Мурманской академии экономики и управления за доклад «Гендерные аспекты менеджмента».

Грамоты за участие вручили еще трем выступающим. Члены жюри отметили работы: Александра Луховцева (Филиал СПбГИЭУ) «Основные проблемы трудоустройства выпускников различных образовательных учреждений и пути их решения (на примере Мурманской области)»; Юлии Миннулиной и Юлии Кусковой (КФ ПетрГУ) «Страховые взносы: заплатил налоги – спи спокойно?»; Кристины Копейко (Мурманская академия экономики и управления) «Конкурентоспособность Мурманской области».

Гонтарь О.Б., Жиров В.К., Казаков Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н. Зеленое строительство в городах Мурманской области. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. 224 с.

Представлены результаты многолетних исследований модификаций декоративных качеств растений, используемых в озеленении в условиях Мурманской обл., которые проводились Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом (ПАБСИ) КНЦ РАН

Дана характеристика особенностей выращивания древесных и травянистых растений в местных условиях. Рекомендованы приемы создания декоративных древесно-кустарниковых и цветочных композиций.

Составлен ассортимент наиболее устойчивых и продуктивных растений, включающий 44 вида деревьев, 87 видов кустарников, 5 видов деревянистых лиан, 109 многолетних и 88 однолетних и двулетних видов декоративно-цветочных растений.

Книга предназначена для специалистов по ландшафтной архитектуре, студентов и цветоводов-любителей.

Исаева Л.Г., Химич Ю.Р. Каталог афиллофороидных грибов Мурманской области. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. 68 с.

Впервые дается список афиллофороидных грибов Мурманской обл. Каталог составлен на основе изучения собственных коллекций авторов из различных районов области, опубликованных и рукописных материалов. Список содержит 321 вид афиллофороидных грибов из 128 родов и 50 семейств. Для каждого вида указано распределение по биогеографическим провинциям, выделяемым финскими ботаниками для Восточной Фенноскандии, и субстрат, на котором вид отмечен. Приведена краткая характеристика лесов региона и история изучения афиллофороидных грибов.

Каржавин В.К. Термодинамические величины химических элементов и соединений. Примеры их практического применения. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. 160 с.

Книга состоит из двух частей. В первой части представлены установленные автором новые закономерности изменения термодинамических функций простых (элементы) и сложных веществ (химические соединения, минералы) в зависимости от различных физико-химических параметров. Имеющиеся справочные данные термодинамических свойств элементов, химических соединений позволили выявить различные корреляционные связи и функциональные зависимости. Это позволило автору на основе выведенных эмпирических уравнений определить термодинамические величины для неизвестных и уточнить данные для многих элементов, химических соединений и минералов.

Во второй части книги представлены результаты численного моделирования ряда созданных мультисистем, в которых использованы полученные автором расчетным путем термодинамические величины элементов платиновой группы (ЭПГ), химических соединений (халькогениды ЭПГ) и многих минералов. Для рассчитанных параметров величин давления и температуры природных мультисистем определены составы твердой фазы, флюида и их зависимость от переменной концентрации одного из компонентов мультисистемы. На основе современных методов физико-химического анализа приведены результаты расчета равновесных процессов, а на основе математического моделирования показана возможность теоретического решения важнейшей проблемы переработки минерального сырья.

Комплексные исследования больших морских экосистем России / [отв. ред. Г.Г. Матишов]; ММБИ КНЦ РАН. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. 516 с.

Представлены результаты исследований больших морских экосистем (БМЭ) арктических, дальневосточных (Берингова) и южных морей России. Предложенная методология делимитации БМЭ по комплексу океанологических признаков. Разработаны экосистемные принципы управления морским природопользованием, сформулированы требования к информационному обеспечению исследований БМЭ и морской деятельности.

На основе результатов экспедиционных исследований морей России и анализа информационных баз выполнен анализ современного состояния БМЭ Баренцева и Белого, Карского, Лаптевых и западной части Берингова морей. Получены новые данные о планктонных сообществах и биопродуктивности, ихтиофауне, орнитофауне, уровнях химического и радиационного загрязнения

морей. Исследована современная климатическая динамика БМЭ южных морей, дана оценка состояния морской биоты в уязвимых районах Черноморского шельфа, проведен анализ ихтиофауны и сообществ колониальных птиц Азовского моря. Выполнены научно-прикладные исследования по созданию водорослевых плантаций-биофильтров в Арктических морях, оценке воздействия камчатского краба на донные биоценозы, использованию баренцевоморских и черноморских мидий в качестве видов-индикаторов состояния морской среды.

Книга может быть полезна широкому кругу специалистов, участвующих в исследованиях морей России, организации морского природопользования, охране морской среды.

Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2010. Материалы V Международной научно-практической конференции, 8–10 апреля 2010 г. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. 167 с.

Включены основные доклады в соответствии с тематикой V Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2010», которая была посвящена фундаментальным и прикладным аспектам развития северного и арктического пространства России в контексте повышения значения этих территорий, обусловленного их уникальным геополитическим, природно-ресурсным и социально-экономическим потенциалом, а также тем, что Север и Арктика являются зоной стратегических интересов России.

Большое внимание уделено выявлению наиболее острых социальных, экономических, экологических и институциональных проблем в развитии Севера и Арктики России, оценке сложного и многофакторного процесса перехода к новой инновационной и социально ориентированной модели развития Севера, с учетом глобальных трансформаций, обусловленных преодолением последствий мирового финансово-экономического кризиса и изменением мировой геоэкономической ситуации.

С учетом обобщения основных результатов работы конференции определены и направлены конкретные рекомендации в адрес федеральных и региональных органов власти и научных учреждений по решению вопросов социальной и экономической деятельности на северных и арктических территориях Российской Федерации.

Шипилов Э.В., Шкарубо С.И. Современные проблемы геологии и тектоники осадочных бассейнов Евразийско-Арктической континентальной окраины. Т. I: Литолого- и сейсмостратиграфические комплексы осадочных бассейнов Баренцево-Карского шельфа. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. 266 с.

На основе синтеза данных результатов бурения морских скважин и изучения обнажений островов и материкового обрамления дана характеристика литолого-стратиграфической представительности комплексов отложений, слагающих осадочные бассейны Баренцево-Карского шельфа: Печороморского, Восточно-Баренцевского, Северо-Карского и Южно-Карского. Приведено описание сейсмостратиграфических комплексов осадочного чехла, особенностей их структуры и распространения, поведения основных отражающих сейсмических горизонтов с обоснованием их стратиграфической приуроченности и возможной природы.

Монография предназначена для научных сотрудников и специалистов в области морской и региональной геологии, сейсмической стратиграфии, геологии осадочных бассейнов, нефтегазовой геологии, а также студентов геологической и географической специализации.

Светочева О.Н., Светочев В.Н. Нерпа Белого моря: численность, распределение, питание. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. 241 с.

Представлены результаты многолетних исследований питания, распределения и численности нерпы в Белом море. Отражены вопросы биологии, сезонного распределения, динамики численности, питания нерпы в течение года. Обсуждаются результаты исследований качественного состава питания нерпы в разные сезоны, трофических связей нерпы и других морских млекопитающих, а также некоторых хищных рыб. Рассматриваются проблемы энергетических потребностей нерпы в период нагула, суточные пищевые потребности. Представлены результаты мечения нерпы в Белом море.



УКАЗ
ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**О награждении государственными наградами
Российской Федерации**

**За достигнутые трудовые успехи и многолетнюю
плодотворную работу наградить:**

**МЕДАЛЬЮ ОРДЕНА "ЗА ЗАСЛУГИ ПЕРЕД ОТЕЧЕСТВОМ"
II СТЕПЕНИ**

**КАВЦЕВИЧА Николая Николаевича - заведующего
лабораторией Учреждения Российской академии наук Мурманского
морского биологического института Кольского научного центра РАН**



Президент
Российской Федерации **Д.Медведев**

Москва, Кремль
28 февраля 2011 года
№ 244



УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**О награждении государственными наградами
Российской Федерации**

**За достигнутые трудовые успехи и многолетнюю
плодотворную работу наградить**

**МЕДАЛЬЮ ОРДЕНА "ЗА ЗАСЛУГИ ПЕРЕД ОТЕЧЕСТВОМ"
II СТЕПЕНИ**

МИХАЙЛЮКА Александра Леонидовича - заведующего
биотехническим аквакомплексом Учреждения Российской академии
наук Мурманского морского биологического института Кольского
научного центра РАН.



Президент
Российской Федерации Д.Медведев

Москва, Кремль
20 апреля 2011 года
№ 477



УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О награждении государственными наградами Российской Федерации

За большие заслуги в научной деятельности присвоить
почетное звание

"ЗАСЛУЖЕННЫЙ ДЕЯТЕЛЬ НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ"

ПУТИЛОВУ Владимиру Александровичу - доктору технических наук, профессору, директору Учреждения Российской академии наук Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, Мурманская область

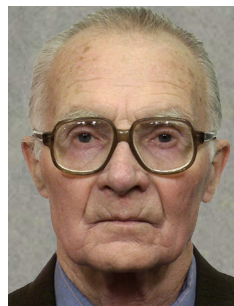


Президент
Российской Федерации Д.Медведев

Москва, Кремль
25 апреля 2011 года
№ 525



Юбилей



БУСЫРЕВ Владислав Михайлович

к.т.н. (1962), д.т.н. (1984), вед. н.с. (1988). В Кольском научном центре РАН (тогда Кольском филиале АН) работает с 1956 г.

Специалист в области подземной разработки полезных ископаемых. Исследовал трудоемкость процессов добычи при разработке апатитовых месторождений и установил основные зависимости, определяющие ее величину. Создал метод исследования систем разработки по фактору трудоемкости с учетом полноты и качества извлечения полезного компонента из недр. Впервые открыл основные закономерности повреждений слюды в процессе добычи кристаллосырья в зависимости от параметров и технологии взрывного разрушения рудного массива и выдачи отбитой руды из очистного пространства при подземном и открытом способах добычи. Разработал расчетный метод оценки вызванных повреждениями потерь кристаллосырья, не поддающихся измерению прямыми методами в промышленных условиях, что позволило впервые определить их величину в слюдодобывающей отрасли. Теоретическими и экспериментальными работами выявил и доказал перспективные направления совершенствования систем и технологии разработки слюдяных месторождений. Руководил широкомасштабными опытно-промышленными работами по их реализации на рудниках Мурманской обл., Северной Карелии и Восточной Сибири, что привело к качественному улучшению технологии горных работ. Обосновал необходимость ускоренного вскрытия и подготовки запасов нижнего горизонта Ковдорского флогопитового месторождения и их отработки подземным способом. Выполнил анализ возможных показателей разработки месторождений и проявлений неметаллорудного и нерудного сырья Мурманской обл. и дал оценку перспектив их эксплуатации. Участвовал в разработке концепции стабилизации и развития горнопромышленного комплекса Мурманской обл. На основании анализа роли минерально-сырьевых ресурсов в развитии мировой цивилизации и экономики России предложил и совместно с акад. Н.Н. Мельниковым обосновал концепцию ресурсосбалансированного освоения месторождений полезных ископаемых, базирующуюся на определении стоимости полезных компонентов в недрах и привлечении расходуемых запасов месторождений к формированию технико-экономических показателей освоения минерально-сырьевой базы. На примере месторождений Кольского региона доказал, что реализация концепции расширяет возможности решения двух ключевых задач недропользования: выбора геотехнологии и распределения дохода с соблюдением сбалансированности экономических интересов государства и пользователя недр при минимальных затратах обеих сторон. Создал аналитические методы определения стоимости полезных ископаемых в недрах на стадиях проектирования рудников и эксплуатации месторождений. Выявил и систематизировал факторы, влияющие на стоимость запасов полезных компонентов, расходуемых при эксплуатации минерально-сырьевой базы. Разработал методические подходы к решению задач недропользования с позиций выдвинутой

концепции и ведет исследования в этом направлении. Автор работ по технологии разработки апатитовых и слюдяных месторождений, экономическим аспектам освоения минерально-сырьевой базы (9 монографий, 154 статьи, 5 инструкций). Член ученого и диссертационного советов Горного института, диссертационного совета Института экономических проблем, председатель ГЭК Апатитского филиала ПетрГУ с 2008 г. Ветеран ВОВ. Награжден 12 медалями, орденом "Знак Почета", знаком "Горняцкая слава" II (2004), III (2005) и I (2010) степеней.

75

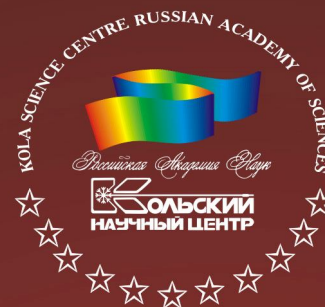


ТОЛСТИХИН Игорь Нестерович

к.х.н., д.х.н., гл.н.с. В настоящее время возглавляет группу изотопии благородных газов Геологического института. В Кольском научном центре с 1978 г.

Область научных интересов – фундаментальные и прикладные проблемы изотопной геохимии: исследование изотопии благородных газов в породах континентальной земной коры

(Кольский п-ов) с целью восстановления источников флюидов и их поведения и роли в магматических и метаморфических процессах; изучение распространенности благородных газов и родительских элементов в подземных водах и вмещающих их горных породах и минералах с целью определения времени жизни радиоактивных изотопов в подземной геосфере. Руководит темой научно-исследовательских работ «Источники, места нахождения и миграция природных летучих компонентов в минерале и реконструкция процессов их захвата». Активно участвует в научно-исследовательских программах зарубежных университетов: Бернского (1992-1993), Кембриджского (1993-1995), Французской академии наук CRPG – Нанси (1995-1996), Института химии Макса Планка – Майнц. Участник и координатор нескольких международных российско-швейцарских и ИНГАС проектов. Его деятельность получила признание научной общественности. За успешную работу в Кембриджском университете он избран почетным членом колледжа Кларе Холл. В 2000 г. присуждено почетное звание Dr. Honoris Causa Philosophiae Бернского университета, в 2001 г. избран почетным членом Международного геохимического общества и Европейской геохимической ассоциации. Игорь Нестерович Толстихин – автор более 200 научных трудов, большинство которых опубликовано в ведущих зарубежных научных журналах. Одна из последних его работ – монография в соавторстве с Дж.Д. Крамерсом «Эволюция материи от Большого Взрыва до настоящего времени» (Tolstikhin I.N., Kramers J.D. The evolution of matter: from the Big Bang to the present. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2008, 532 pp.).



Юбилеры



**20 мая 2011 г. на 85-м году ушел из жизни
КРАВЧЕНКО-БЕРЕЖНОЙ РОМАН АЛЕКСАНДРОВИЧ**

Роман Александрович Кравченко-Бережной родился в 1926 г. в межвоенной Польше. Во время гитлеровской оккупации (1941-1944) в возрасте 15–17 лет вел дневник, оказавшийся впоследствии (1946) в числе материалов советского обвинения на Нюрнбергском процессе над главными фашистскими военными преступниками. С весны 1944 г. – солдат Красной Армии, участвовал в боях за освобождение Прибалтики, Польши, в штурме Берлина. В послевоенные годы (1945-1950) продолжал службу военным переводчиком в советской зоне оккупации Германии.

После демобилизации окончил физический факультет Львовского государственного университета по специальности «Экспериментальная физика». В 1955 г. был приглашен на работу в Геологический институт Кольского филиала АН СССР, где организовал лабораторию физических методов исследования минералов. Возглавляя лабораторию вплоть до 1988 г., обеспечил ее оснащение разнообразной аппаратурой. Под его руководством стали выполнять кристаллооптические определения, спектральный, рентгеноспектральный и рентгеноструктурный анализы, электронно-зондовые исследования вещества на уровне лучших лабораторий не только в стране, но и за рубежом. В 1961 г. защитил диссертацию на соискание степени кандидата физико-математических наук по теме «Исследование оптических свойств редкоземельного апатита». Роман Александрович – автор более 50 научных и научно-методических публикаций, а также изобретений. Многие годы входил в состав Ученого совета Геологического института. С 1988 г. был занят научно-организационной деятельностью в области международного научно-технического сотрудничества.

С организацией в 1995 г. Международного центра по развитию науки, культуры и образования в Баренц регионе (ныне филиал КНЦ РАН – Центр гуманитарных проблем Баренц-региона) был приглашен на должность главного специалиста по международным связям. Трудовая биография Романа Александровича закончилась в 2008 г. В последние годы своей жизни он занимался литературной деятельностью, активно сотрудничал с молодежью.

Был награжден орденом Отечественной войны II степени, медалями «За отвагу», «За освобождение Варшавы», «За взятие Берлина», Почетной грамотой Думы Мурманской области.

Ушел из жизни человек удивительной судьбы, истинный интеллигент и патриот Севера. Сотрудники Кольского научного центра РАН и жители г. Апатиты будут всегда хранить светлую память о нем.

V.K. Zhiron

CONNECTION OF TIMES. TO THE 80TH ANNIVERSARY OF THE AVRORIN'S POLAR ALPINE BOTANICAL GARDEN & INSTITUTE

The N.A. Avrorin Polar Alpine Botanical Garden & Institute of the Kola Science Center, Russian Academy of Science is situated close to Khibiny mountains in Kola Pns. PABGI is the northernmost botanical garden in Russia, and the first of three botanical gardens in the world above the Arctic Circle. In 2011st the 80th Anniversary of PABGI is celebrated.

Keywords: botanical garden, retrospection, scientific directions, plant collections.

E.A. Svyatkovskaya, N.N. Trostenjuk, O.B. Gontar

ORNAMENTAL EXPOSITIONS OF THE POLAR AND ALPINE BOTANICAL GARDEN & INSTITUTE: HISTORY AND PRESENT TIME

The history of ornamental composition in the PABGI territories are in the article. Projects of new expositions are given.

Keywords: decorative compositions, exhibit, flower garden, planning, logging, herbaceous plants.

N.A. Konstantinova, O.A. Belkina, E.A. Borovichev, D.A. Davydov, T.P. Drugova, V.A. Kostina, L.A. Konoreva, N.E. Koroleva, A.V. Melekhin, A.N. Savchenko

INVESTIGATIONS OF THE LABORATORY OF FLORA AND VEGETATION DURING THE FIRST DECADE OF TWENTY-FIRST CENTURY

Modern activities of the Laboratory of Flora and Vegetation Resources is concentrated on study of diversity of vascular plants, bryophytes, lichens and cyanoprocarota both of European part of Arctic and Subarctic including Murmansk Province and Svalbard and Russia as a whole including Caucasus and Ural Mountains, Baikal area, Far East, central part of European Russia etc. As result new for Russia and Svalbard species were found. Knowledge on diversity of studied groups for different provinces and republics of Russia especially Murmansk Province was greatly enlarged. Distribution and ecology were specified for many species. Antropogenic transformation of flora and vegetation is permanently in the focus of laboratory study. Flora of vascular plants and moss flora of 6 cities were studied and analyzed. The important direction of study is compiling of Red Data Books. Lists of species and outlines of many species were prepared for Red Data Book of Russia Red Data Books of 10 Provinces of Russia including Murmansk Province. Special attention is paid to dissemination and sharing of environmental and biological knowledge by means of science fictions papers and books.

Keywords: biodiversity, vascular plants, mosses, liverworts, lichens, cyanoprocarotes, Red Data Books, Spitsbergen, Murmansk Region, European Arctic Russia.

P.A. Kashulin, N.V. Kalachyova

AGE DEPENDENT CHANGES IN SCOTCH PINE PHOTOSYNTHETIC COMPETENCE

The age dependent alternations in physiological competence of photosynthetic apparatus (PA) in the resident Scotch pine *Pinus sylvestris* subsp. *Lapponica* ecotypes was studied in terms of pulse- amplitude modulated fluorescent spectrometry. The own and induced with red LED 218 μ E PPFD fluorescence in native pine needles was detected with PIN-photodiode of PAM-2100 design "Heinz Walz" GmbH fluorometer. The comparative study of native needle light curves for 8 yr and 72 yr old pine trees reveals only minor abatement in electron transport rate in PS II of chloroplasts. The PS II quanta yield in juvenile and old needles of a single old tree show only slight starting difference upon kinetic induction curves. But needle samples of 8 yr and 72 yr trees show pronounced qualitative change in energy utilization and it various forms partition. The photochemical conversion prevailed in PA of yang tree needles. In contrast a regulated nonphotochemical utilization of excess energy and photoprotective reactions dominated in old tree needles. The last have had lower level of irreversible heat dissipation also and seems to be more effective as whole effect energy convertor.

Keywords: photosynthesis, pine Pinus sylvestris, age, senescence, fluorescent PAM spectroscopy.

A.A. Vilnet, N.A. Konstantinova

MOLECULAR PHYLOGENETIC STUDIES – A NEW APPROACH TO SYSTEMATICS OF LIVERWORTS

There is a short review of current state of liverworts molecular phylogenetic studies. The results of phylogenetic and taxonomical studies of leafy liverworts from suborders Cephaloziineae and Jungermaniineae based on analyses of internal transcribed spacer ITS1-2 of nuclear rDNA and chloroplast *trnL-F* were discussed.

Keywords: liverworts (Marchantiophyta), Cephaloziineae, Jungermaniineae, molecular phylogenetics, molecular systematics, taxonomy.

M.O. Inozemtseva, V.K. Zhirov

MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL VARIABILITY OF BIRCHES STRESSED BY INDUSTRIAL POLLUTION

Winter dormancy of birch hybrids (*Betula pendula* x *Betula pubescense*) stressed by pollution of Montchegorsk smelter (Murmansk reg.) was studied according to dynamic of autumn leaf senescence. Data obtained allow to conclude that typical positive dependence between leaves yellowing and dormancy depth realizes by trees of average physiological age. This connection can be destroyed up to transforming to negative one under increasing level of pollution, and for juvenile shoots. Results of the study is under discussion from the two adaptive strategies point of view.

Keywords: birch winter dormancy, frost resistance, autumn leaf senescence, industrial pollution, physiological age.

L.A. Kazakov, G.V. Vishnyakov, V.A. Chamin

FOREST MELIORATION OF KUZOMEN SANDS

In this essay the main results of the research of the afforestation of moving Kuzomenskiy sands on the Tersky coast of the White Sea are given.

Keywords: erosion, forest culture, survival rate, safety, growth, damage.

N.A. Konstantinova, O.A. Belkina, E.A. Borovichev, D.A. Davydov, V.A. Kostina, A.Y. Likhachev, A.V. Melekhin, S.S. Shalygin

DIVERSITY OF PLANTS, LICHENS AND CYANOPROKARYOTA IN SPECIALLY PROTECTED AREAS OF MURMANSK REGION

The results of study of diversity of plants, lichens and cyanoprokaryotes in specially protected areas (SPA) of Murmansk Province are presented. Compiled list of species collected in SPA includes 129 species of cyanoprokaryotes, 879 species of lichens, 192 species of liverworts, 417 species of mosses, 952 species of vascular plants. It is shown that majority of species of bryophytes (95.5% hepatics and 87.9% of mosses known in Murmansk Province) were registered in SPA whereas the rate of lichens (76.4%) and vascular plants (70.7%) found in SPA is lower. Only 42.8% of cyanoprokaryotes registered in Murmansk Province were collected in SPA at present. It reflects specific of studied groups.

Keywords: cyanoprokaryotes, lichens, liverworts, mosses, vascular plants, biodiversity, protected territories, Murmansk Province.

V.N. Pereverzev

SOIL FORMATION IN A FOREST ZONE OF KOLA PENINSULA

In article the basic types soil formation on different rocks of Kola peninsula are presented and genetic classification of soils is given.

Keywords: soil formation, types of soils, classification.

N.J. Shmakova, O.V. Ermolaeva, L.M. Lukyanova

THE HISTORY OF RESEARCH PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS IN Khibini MOUNTAINS

The history of the investigation in photosynthetic activity (photosynthesis, respiration, content of plastid pigments) in the leaves of plants in the Kola north over the long period (near 80 years) from 1925 to 2010.

Keywords: history of science, plant physiology, photosynthesis, Khibiny.

S.A. Saltykova

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN FISHES OF LADOGA LAKE AND THEIR PARASITES

Heavy metals accumulation in fishes of Ladoga lake and their parasites was studied. Characteristics of heavy metals exchange between fishes and parasites can be used for biological evaluation of pollution level and ecological state of a reservoir.

Keywords: heavy metal pollution, fishes, fish parasites, Ladoga lake, methods of biological testing.