



*Теоретическая
и прикладная*
ЭКОЛОГИЯ

№ 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
ЭКОЛОГИИ

РАЗНООБРАЗИЕ
СТРУКТУРНЫХ
КОМПОНЕНТОВ
ЭКОСИСТЕМ
КРАЙНЕГО СЕВЕРА

МОНИТОРИНГ
АНТРОПОГЕННО
НАРУШЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ

ПРОБЛЕМЫ
ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ

МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ.
МОДЕЛИ
И ПРОГНОЗЫ



ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



Вторая всероссийская научная конференция «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана» (3-7 июня 2013 г., г. Сыктывкар, Россия)



Всероссийская научная конференция «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана» (3-7 июня 2013 г., г. Сыктывкар) была посвящена обобщению и обсуждению накопленных знаний о структуре, функциях и динамике экосистем Крайнего Севера. Инициатором её проведения выступил Институт биологии Коми НЦ УрО РАН (отдел флоры и растительности Севера) при содействии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК, Управления Росприроднадзора по РК, Коми отделения Русского Ботанического Общества. Финансовую поддержку оказал Российский Фонд Фундаментальных Исследований.





*Теоретическая
и прикладная*
ЭКОЛОГИЯ
№ 1, 2014

**Журнал включён в Перечень ведущих
рецензируемых научных журналов
и изданий, в которых должны быть
опубликованы основные
научные результаты
диссертаций на соискание
учёных степеней доктора и кандидата наук**

Учредитель журнала
ООО Издательский дом «Камертон»
Генеральный директор ООО ИД «Камертон»
профессор Б.И. Кочуров

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Т.Я. Ашихмина, д.т.н., профессор,
зав. кафедрой химии Вятского
государственного гуманитарного
университета, зав. лабораторией
биомониторинга Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

Зам. главного редактора
В.В. Гутенёв, д.т.н., профессор,
первый зам. председателя Комитета
Государственной Думы РФ по промыш-
ленности, лауреат Государственной и
Правительственной премий РФ

Зам. главного редактора
С.В. Дёгтева, д.б.н., директор
Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

Зам. главного редактора
И.Г. Широких, д.б.н., зав. лабораторией
биотехнологии растений и микроорганизмов
Зонального научно-исследовательского
института сельского хозяйства
Северо-Востока
им. Н.В. Рудницкого РАСХН

Ответственный секретарь
С.Ю. Огородникова, к.б.н., доцент,
старший научный сотрудник
Института биологии Коми
НЦ УрО РАН

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННЫХ СОВЕТОВ

Н.П. Лавёров председатель межведомственной комиссии
при Совете безопасности РФ, вице-президент
РАН, академик РАН

ПРЕЗИДИУМ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Грачёв д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН,
председатель Общественного совета
Федеральной службы по экологическому,
техническому и атомному надзору

В.И. Холстов д.х.н., директор Департамента реализации
конвенционных обязательств Министерства
промышленности и торговли РФ

В.Г. Ильницкий д.э.н., директор ОАО «Научно-исследо-
вательский проектно-изыскательский
институт «Кировпроект»

А.П. Трегуб директор ФБУ «Государственный научно-
исследовательский институт промышленной
экологии»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Алексеев д.т.н., профессор Ижевского государственного
университета

В.А. Антонов к.т.н., заместитель начальника экологической
безопасности ВС РФ, член-корреспондент
Академии геополитических проблем,
профессор Академии военных наук

С.И. Барановский д.т.н., профессор, академик РЭА,
заместитель председателя Общественного
совета «Росатома», председатель
Российского экологического конгресса

Л.И. Домрачева д.б.н., профессор Вятской государственной
сельскохозяйственной академии

И.Е. Дубовик д.б.н., профессор Башкирского
государственного университета

Г.П. Дудин д.б.н., зав. кафедрой биологии растений,
селекции и семеноводства, микробиологии
Вятской государственной
сельскохозяйственной академии

Г.А. Евдокимова д.б.н., профессор, заместитель директора
Института проблем промышленной экологии
Севера Кольского НЦ РАН

И.А. Жуйкова к.г.н., доцент Вятского государственного
гуманитарного университета

Г.М. Зенова д.б.н., профессор Московского
государственного университета
им. М.В. Ломоносова

В.И. Измалков д.т.н., профессор Военной Академии
Генштаба МО РФ

Г.Я. Кантор к.т.н., научный сотрудник Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

Л.В. Кондакова д.б.н., зав. кафедрой экологии Вятского
государственного гуманитарного университета

Б.И. Кочуров д.г.н., профессор, ведущий научный
сотрудник Института географии РАН

Журнал издаётся при поддержке
Института биологии Коми научного
центра Уральского отделения РАН,
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный
гуманитарный университет»

Издание зарегистрировано
Федеральной службой по надзору в сфере
массовых коммуникаций, связи
и охраны культурного наследия
Свидетельство о регистрации
ПФ № ФС 77-29059

Подписные индексы 82027, 48482
в каталоге Агентства «Роспечать»

Зарубежная подписка оформляется
через фирмы-партнёры
ЗАО «МК-ПЕРИОДИКА» по адресу:
129110, г. Москва,
ул. Гиляровского, 39,
Тел.: (495) 281-91-37, 281-97-63.
Факс (495) 281-37-98
E-mail: info@periodicals.ru.
http://www.periodicals.ru

To effect subscription it is necessary to address to one
of the partners of JSC «MK-Periodica» in your country
or to JSC «MK-Periodica» directly. Address: Russia,
129110, Moscow, 39, Gilyarovsky St.,
JSC «MK-Periodica»

Статьи рецензируются. Перепечатка без
разрешения редакции запрещена, ссылки на
журнал при цитировании обязательны.
Редакция не несёт ответственности
за достоверность информации,
содержащейся в рекламных объявлениях

Подготовлен к печати
в издательстве ООО «О-Краткое»
610000, г. Киров, Динамовский проезд, 4, оф. 3
Тел./факс (8332) 32-28-39. E-mail: okrat@okrat.ru
Оригинал-макет, дизайн – Татьяна Коршунова
Фото – Владимир Канев, Елена Патова,
Екатерина Кулюгина
Перевод – Ирина Кондакова
Выпускающий редактор Мария Зелаева
© Оформление. Издательство «О-Краткое»
Директор издательства «О-Краткое»
Евгений Дрогов

Подписано в печать 26.02.2014. Формат 60x84¹/₈.
Печать офс. Бумага офс. Усл.п.л. 11,62.
Тираж 1150 экз. Заказ № 146.

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных материалов
в ООО «Кировская цифровая типография»
610000, г. Киров, ул. Спасская, 4

-
- В.З. Латыпова** д.х.н., член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, профессор Казанского государственного университета им. В.И. Ульянова-Ленина
- Ли Юй** профессор, директор Института микологии Цзилиньского аграрного университета, иностранный член Россельхозакадемии (КНР)
- В.А. Малинников** д.т.н., профессор, проректор Московского государственного университета геодезии и картографии
- А.Г. Назаров** д.б.н., профессор, заместитель председателя Общественного совета «Росатом», директор экологического центра ИИЕТ РАН
- А.Ф. Радченко** руководитель Аппарата ФГУ Общественная палата (вице-президент ОООР «Экосфера»)
- О.Ю. Растегаев** д.х.н., заместитель директора ФБУ «Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии»
- В.П. Савиных** д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор, президент Московского государственного университета геодезии и картографии, лётчик-космонавт, дважды Герой СССР
- Ф. Скапини** д.б.н., профессор Университета Флоренции (Италия)
- В.А. Сысуев** д.т.н., академик Россельхозакадемии, директор Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого РАСХН
- В.И. Теличенко** д.т.н., профессор, академик РААСН, ректор Московского государственного строительного университета
- Т.А. Трифонова** д.б.н., профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
- А.И. Фокин** зам. председателя Комитета Государственной Думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии
- В. П. Шапорев** д.т.н., профессор Национального технического университета «Харьковский промышленный институт»
- В.Т. Юнгблюд** д.и.н., профессор, ректор Вятского государственного гуманитарного университета
- О.В. Яковенко** к.ф.н., заместитель начальника отдела экологии Правительства РФ
-

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться:
610002, г. Киров, ул. Красноармейская, 26,
тел./факс 8 (8332) 37-02-77.
E-mail: ecolab2@gmail.com; ecolab@vshu.kirov.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Т. Я. Ашихмина, С. В. Дёгтева Вторая Всероссийская научная конференция «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана» (3-7 июня 2013 г., г. Сыктывкар, Россия) 6

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

А. В. Евсеев, Т. М. Красовская Экологический каркас севера России 8

РАЗНООБРАЗИЕ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Т. М. Королёва, А. А. Зверев, В. В. Петровский, И. Н. Поспелов, Е. Б. Поспелова, О. В. Хитун, С. В. Чиненко Отражение широтной дифференциации растительного покрова Крайнего Севера в структуре локальных флор 12

С. В. Дёгтева, Е. Е. Кулюгина, Ю. А. Дубровский, А. Б. Новаковский Сравнительный анализ ценофлор горных тундр западного макросклона Северного и Приполярного Урала 16

В. Э. Федосов, Е. А. Игнатова, М. С. Игнатов Мхи севера России 22

Н. А. Константинова, О. А. Белкина, Д. А. Давыдов, Л. А. Конорева, А. А. Вильнет Современный этап и задачи изучения разнообразия печёночников, мхов, лишайников и цианопрокариот архипелага Шпицберген 26

Е. Н. Патова, И. В. Новаковская Разнообразие почвенных водорослей и цианопрокариот в наземных сообществах Полярного и Приполярного Урала 32

С. С. Холод Растительность и структурные грунты Арктики 35

МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

О. И. Сумина Первичные сукцессии на карьерах как натурная модель для изучения процессов формирования наземных экосистем 40

Н. Г. Москаленко Пирогенные сукцессии фитоценозов севера Западной Сибири 45

Л. П. Капелькина Трансформация тундровых экосистем на нефтепромыслах Севера России 49

Л. М. Морозова, С. Н. Эктова Влияние разработки нефтегазовых месторождений на растительный покров тундровой зоны 53

В. А. Зеленцов, Л. А. Колпащиков, И. А. Лавриненко, В. В. Михайлов, А. Н. Петров Мониторинг популяции диких северных оленей на основе интеграции наземных, аэрокосмических и климатических данных 57

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В. Г. Сергиенко Разнообразие редких и охраняемых видов в карстовых ландшафтах европейского Севера 62

Е. Е. Кулюгина, Л. В. Тетерюк Растительный покров и редкие виды каньона реки Ния-ю (Полярный Урал) 66

С. В. Дёгтева, В. А. Канев, И. И. Полетаева Первые итоги комплексного исследования растительности и флоры хребта Маньпупунёр (Северный Урал, Печоро-Илычский заповедник) 74

МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ.
МОДЕЛИ И ПРОГНОЗЫ

THEORETICAL
PROBLEMS
OF ECOLOGY

VARIETY
OF STRUCTURAL
COMPONENTS OF
THE ECOSYSTEMS
OF THE FAR NORTH

MONITORING OF
ANTHROPOGENICALLY
DAMAGED
TERRITORIES

СОДЕРЖАНИЕ

В. В. Елсаков Визуализация данных климатических изменений растительных сообществ Мезенской и Канинской тундр по материалам спутниковых съёмки 83

Н. В. Кобелева, К. А. Бахматова Индикационная роль тундровой растительности при составлении крупномасштабных почвенных карт (на примере Тазовского полуострова) 87

М. Н. Мигловец, С. В. Загирова, О. А. Михайлов Эмиссия метана в растительных сообществах мезо-олиготрофного болота средней тайги 93

CONTENTS

T. Ya. Ashikhmina, S. V. Degteva
II Scientific Conference «Biodiversity Ecosystem Far North: inventory, monitoring, protection» 6

Evseev A. V., Krasovskaya T. M.
Ecological buffer territories of the Russian North 8

Koroleva T. M., Zverev A. A., Petrovsky V. V., Pospelov I. N., Pospelova E. B., Khitun O. V., Chinenko S. V.
Displaying of the latitudinal differentiation of plant cover of the Russian Far North in the structure of local floras 12

Degteva S. V., Kulugina E. E., Dubrovsky Y. A., Novakovskiy A. A. Comparative analysis of coenofloras of mountain tundra communities in the west macroslope of Northern and Subpolar Ural 16

Fedosov V. E., Ignatova E. A., Ignatov M. S.
Mosses of the North of Russia 22

Konstantinova N. A., Belkina O. A., Davydov D. A., Konoreva L. A., Vilnet A. A. Modern stage and purposes of investigation of liverworts, mosses, lichens and cyanoprokariota in the Svalbard 26

Patova E. N., Novakovskaya I. V. Diversity of soil algae and cyanoprokaryota in terrestrial communities of the Polar and Subpolar Urals 32

Kholod S. S. Vegetation and structural grounds of Arctic 35

O. I. Sumina Primary successions on quarries as a full-scale model for study of terrestrial ecosystems development 40

N. G. Moskalenko Pyrogenic successions of phytocoenoses of the North of the West Siberia 45

L. P. Kapelkina Transformation of tundra ecosystems in oil development industrials of the North of Russia 49

L. M. Morozova, S. N. Ectova The impact of oil and gas development on vegetation of the tundra zone 53

ENVIRONMENTAL
CONCERNS

V. A. Zelentsov, L. A. Kolpashchikov, I. A. Lavrinenko, V. V. Mikhailov, A. N. Petrov Monitoring of reindeer population using remote sensing technologies 57

V. G. Sergienko Diversity of rare and protected species in karst landscapes of the European North 62

E. E. Kulugina, L. V. Teteryuk Vegetation and rare species river canyon of the Niya-yu (Polar Urals) 66

S. V. Degteva, V. A. Kanev, I. I. Poletaeva First results of complex research of vegetation and flora of Manpupuner ridge (Northern Ural, Pechoro-Ilychsky reserve) 74

RESEARCH
METHODS.
MODELS AND
FORECASTS

V. V. Elaskov The visualization of climate change data for plant communities of Mezenskaya and Kanin peninsula tundra by satellite images 83

N. V. Kobeleva, X. A. Bakhmatova Indicative role of tundra vegetation in the large-scale soil mapping (the case of Tazpeninsula) 87

M. N. Miglovec, S. V. Zagirova, O. A. Mikhailov Methane emission in plant communities of meso-oligotrophic peatland of middle taiga 93

**ВТОРАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА:
ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ, МОНИТОРИНГ, ОХРАНА»
(3-7 июня 2013 г., г. Сыктывкар, Россия)**

Крайний Север представляет собой обширный регион, обладающий ярко выраженными географическими, климатическими, социокультурными особенностями и уникальным природно-ресурсным потенциалом. Он включает материковую часть суши от полярных пустынь до лесотундры и крайнесеверной тайги, акватории пяти морей и большую часть бассейна Северного Ледовитого океана. В настоящее время эта территория представляет объект государственной политики, обусловленной национальными интересами России, и служит мощным источником природных ресурсов, интенсивное освоение которых в последнее время оказывает всё большее отрицательное влияние на природу. Это обуславливает актуальность всестороннего изучения легко уязвимых северных экосистем и ставит задачи разработки стратегии их сохранения, интенсификации биогеоценологических исследований, направленных на выявление закономерностей функционирования арктических и северных экосистем в условиях антропогенного пресса.

3–7 июня 2013 г. в Сыктывкаре (Республика Коми) состоялась Всероссийская научная конференция «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана», которая была призвана обсудить и обобщить накопленные сведения о структуре, функциях и динамике экосистем Крайнего Севера. Инициатором её проведения выступил Институт биологии Коми НЦ УрО РАН (отдел флоры и растительности Севера). Мероприятие прошло при содействии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, Управления Росприроднадзора по Республике Коми, Коми отделения Русского ботанического общества. Финансовую поддержку оказал Российский Фонд фундаментальных исследований (проект № 13-04-06029-г.).

Научное мероприятие продолжило традицию проведения на базе Института биологии конференций по северной тематике, последняя из которых – Всероссийская конференция «Биоразнообразие растительного покрова Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана» – состоялась в 2006 г.

Круг специалистов, собравшихся в 2013 г. в Сыктывкаре, и спектр обсуждаемых проблем был значительно шире по сравнению с предыдущим совещанием. В работе форума приняли участие учёные разных областей науки: флористы, геоботаники, картографы, экологи, почвоведы, зоологи, специалисты в области популяционной биологии, а также педагоги.

Программа конференции включала обзорные и проблемные доклады ведущих специалистов России, секционные и стендовые сообщения. Были организованы круглые столы. В конференции приняли участие 122 человека, заслушано 102 устных и представлено 25 стендовых докладов.

На пленарной сессии прозвучали обобщающие и проблемные доклады ведущих учёных России, работающих в Арктическом регионе: Н. В. Матвеевой, М. П. Андреева (*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН*); Н. А. Константиновой (*Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН*); М. Ю. Телятниковой (*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН*); О. И. Суминой (*Санкт-Петербургский государственный университет*); М. С. Игнатова (*Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН*); О. Л. Макаровой (*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцева РАН*); М. М. Черосова (*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН*); Е. М. Лаптевой и И. Б. Арчеговой (*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*).

В выступлениях на первой секции затрагивались различные аспекты изучения растительности: система географических принципов природопользования; вопросы картографирования и районирования растительного покрова различных областей Арктики, классификации растительности, взаимосвязь растительности с грунтами и экологическими факторами; динамика растительного покрова, сообщества болот и лесов на северном пределе их распространения. Сообщения второй секции касались изучения флор сосудистых растений, водорослей, бриофитов, лишено- и микобиот северных территорий. На третьей секции заслушали доклады по результатам изучения структуры

ареала северного оленя в динамике, разнообразия орнитофауны и фаун беспозвоночных животных на Крайнем Севере. На четвёртой секции обсуждались проблемы охраны редких видов и сообществ, выделения в Арктическом регионе новых особо охраняемых природных территорий. Особое внимание было уделено результатам мониторинга состояния популяций охраняемых видов растений. Участники пятой секции рассмотрели различные аспекты исследования почв северных экосистем: картография и география почв, температурный режим мерзлотных почв, свойства почв различных экотопов, химия почв и микробно-фаунистический комплекс. В ходе работы шестой секции активно обсуждались вопросы устойчивости тундровых сообществ, динамики растительности и сезонного протаивания при техногенном воздействии, влияния освоения нефтегазовых и нефтяных месторождений на растительный покров, почвы, экосистемы в целом, накопление химических элементов в растениях, состояние лесов Крайнего Севера в условиях антропогенной нагрузки. В ходе работы седьмой секции были затронуты вопросы экологического образования, связанные с научным туризмом для детей, особенностями и формами экологического образования в различных учреждениях и регионах.

Участники конференции активно обсуждали вопросы, поднятые на круглых столах: 1. Арктические экосистемы в условиях меняющегося климата и усиления антропогенного пресса. 2. Проблемы создания и функционирования особо охраняемых природных территорий на Крайнем Севере. 3. Прикладные программы для автоматизации биологических исследований. 4. Экологиче-

ское образование: реалии и перспективы в условиях Севера.

К началу работы совещания подготовлен электронный сборник материалов, с которым можно ознакомиться на сайте Института биологии Коми НЦ УрО РАН: <http://ib.komisc.ru/add/conf/tundra/>. После её окончания издан сборник докладов – «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана»: Доклады II Всероссийской научной конференции (Сыктывкар, 3–7 июня 2013.). Сыктывкар, 2013. 424 с.

В резолюции конференции отмечены проблемы, стоящие перед исследователями арктических экосистем и предложены возможные пути их решения, определены перспективы научных изысканий в этом регионе. Предложено возобновить практику регулярного проведения междисциплинарных всероссийских и международных научных конференций для координации исследований и обмена полученными результатами, обсуждения проблем изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Крайнего Севера, а также создать действенную систему повышения квалификации научных кадров.

В настоящем номере журнала представлены статьи по материалам пленарных и ряда секционных докладов, озвученных на конференции.

*Т. Я. Ашихмина,
главный редактор журнала
«Теоретическая и прикладная экология»,
С. В. Дёгтева,
директор Института биологии
Коми НЦ УрО РАН, председатель
программно-методического комитета конференции*

Экологический каркас севера России

© 2014. А. В. Евсеев, д.г.н., в.н.с., Т. М. Красовская, д.г.н., профессор,
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
e-mail: avevseev@yandex.ru, krasovsktex@yandex.ru

Устойчивое развитие севера России требует создания регионального экологического каркаса, включающего не только особо охраняемые природные территории, но и территории рекреационного, традиционного и других природосберегающих видов природопользования. Современные схемы территориального планирования не рассматривают экологический каркас в целом, включают только отдельные его территории. Эколого-экономические оценки экосистемных услуг территорий экологического каркаса показывают их экономическую значимость. Приводятся примеры таких оценок.

Sustainable development of the Russian North needs development of regional ecological buffer territories based not only on nature protected territories but on territories of traditional, recreation and other nature-preserving activities. Modern pattern of regional territorial planning does not consider ecological buffer territories system in general, includes only limited number of such territories. Ecological-economic assessment of geosystems ecological services at ecological buffer territories demonstrates their economic value. Samples of such assessments are given.

Ключевые слова: север, экологический каркас,
эколого-экономические оценки, экологические функции

Keywords: north, ecological framework, ecological-economic assessment, ecosystem functions

Проблема сохранения биоразнообразия в настоящее время вошла в ряд глобальных экологических проблем, затронув даже районы с низкой плотностью населения и очаговым характером освоения, к которым принадлежит север России. Сокращение биоразнообразия этой территории связано с общей тенденцией деградации природных ландшафтов в результате промышленной экспансии. Международные исследования, проведённые под эгидой Арктического Совета, чётко обозначили 23 «горячие точки» Российской Арктики, состояние природной среды в которых не только привело к потере биоразнообразия, но и оказывает неблагоприятное воздействие на весь регион [1]. Однако разнообразие природных ресурсов Севера не ограничивается только полезными ископаемыми. Северные территории – своеобразный «комбинат» по формированию многих средообразующих услуг геосистем. Потеря биоразнообразия, включая ландшафтное разнообразие, ведёт к утрате способности геосистем севера России воспроизводить свои экологические функции на значительных территориях. Это серьёзное препятствие развитию «зелёной» экономики, а также причина снижения их роли в качестве биосферного буфера.

Современная пространственная структура экологического каркаса. Рациональное использование природного капитала территории имеет в своей основе создание сбалансированной структуры природопользования, существенная роль в которой принадлежит его типам и видам, которые формируют экологический каркас. Существование экологического каркаса территории обеспечивается одновременно его мировоззренческими и историческими факторами, характеристика которых выходит за рамки настоящей работы.

В современной структуре природопользования севера России ведущая роль в формировании экологического каркаса принадлежит природоохранному природопользованию. При этом только чуть более 5% территории занято особо охраняемыми природными территориями (ООПТ) различного ранга при рекомендуемой Арктическим Советом для аналогичных природных условий минимальной площади в 15%. На Аляске более половины территории имеет различный природоохранный статус. Рекомендуемые площади экстенсивного природопользования, антропогенная нагрузка которого не превышает способности геосистем к самовосстановлению, в совокупности должна приближаться к 30%. Пространственное распределение ООПТ в северных субъектах

РФ различно: в Мурманской и Архангельской областях ООПТ занимают около 8% общей площади, в Ненецком АО – 3,4%, Ямало-Ненецком АО – 10,09% и т. д. О единой экологической сети ООПТ, формирующей «зелёные пояса», пока говорить не приходится, хотя в Архангельском НЦ УрО РАН недавно была разработана «Принципиальная схема экологического каркаса европейского Севера» [2]. Работы в этом направлении продолжаются также и по линии WWF, IUCN, проектов Баренцево-Евро-Арктического региона (ВРАН) и др. международных организаций.

ООПТ севера России, выполняющие функции экологического каркаса и часто отождествляемые с ним, размещены крайне неравномерно и полноценно не представляют ландшафтного разнообразия территории. К тому же часть из них испытывает неблагоприятное антропогенное воздействие соседствующих промышленных производств, транспорта и т. п., что снижает воспроизводство экологических функций геосистем, среди которых важнейшая для ООПТ функция сохранения биоразнообразия.

Формирование экологического каркаса нельзя сводить только к формированию сети ООПТ. Оно должно рассматриваться как форма управления различными видами природопользования в целях их территориальной экологической оптимизации. В результате создается определённая инфраструктура, обеспечивающая нормальное функционирование геосистем, включая и нейтрализацию антропогенных потоков вещества и энергии. Для севера России такая структура пока не сформирована. В создаваемых схемах территориального планирования в регионе отсутствует само понятие «экологический каркас»: выделяются земли охраны природы, санитарно-защитные зоны, защитные водоохранные полосы лесов и т. п. Такое представление территорий, которые относятся к экологическому каркасу, а также отсутствие качественной характеристики состояния их геосистем, не позволяет оценить пространственные закономерности и функциональность экологического каркаса. К тому же далеко не все территории, которые выполняют функции экологического каркаса, учитываются в таких схемах. Так, пространственный анализ территорий, выполняющих функции экологического каркаса в Мурманской области, позволил сделать заключение, что он занимает 30–34% от её общей площади, что соответствует рекомендациям Арктического

Совета, однако его пространственная структура нуждается в существенной оптимизации [3].

Детальных оценок реальной структуры, а также необходимых площадей экологического каркаса пока не проведено. Есть лишь эмпирические оценки, свидетельствующие о том, что площадь экологического каркаса на севере России должна составлять 90% по отношению к 10% интенсивно используемых территорий [4]. Комиссией ООН по устойчивому развитию определяется цель формирования в каждом из основных экологических районов минимум 10% охраняемой территории [5]. Очаговый характер хозяйственного освоения территории пока обеспечивается сохранением природного экологического каркаса в регионе в целом. Этому способствует и наличие территорий со «щадящими» видами природопользования (притундровые леса, отдельные территории традиционного природопользования аборигенов Арктики, зоны рекреационного природопользования, приграничные и др.), существенно не нарушающими несущую ёмкость геосистем. Они повышают коэффициент естественной защищённости территорий до достаточно высокого значения – 1,8.

Таким образом, экологический каркас может обладать достаточно гибкой и разнообразной структурой. Это даёт возможность временных корректировок его площадей в связи с перспективным экономическим развитием территории. Собственно возможность территориального планирования структуры экологического каркаса пока просматривается только в отношении расширения ООПТ. Остальные же элементы достаточно жёстко «привязаны» к тем или иным хозяйственным объектам и регламентированы по площади. Отсутствие единых стандартов создания экологического каркаса не позволяет эффективно управлять его формированием и поддерживать его функционирование, обеспечивающее устойчивое развитие территории.

Эколого-экономические функции экологического каркаса. Север России – территория, экологический каркас которой оказывает средообразующие экологические услуги регионального и глобального уровней (формирование газового состава атмосферы, качества вод и др.) [6]. Их мировые рынки уже формируются, хотя оценка таких экологических услуг пока фрагментарна. Однако даже единичные имеющиеся расчёты показывают сопоставимые величины в сравнении с рядом секторов экономики, формирующих валовой региональный продукт [6]. Отсут-

ствие государственной политики в области формирования экологического каркаса севера России снижает её позиции как потенциального «игрока» на глобальном рынке экологических услуг, мировым донором которых она является по многим параметрам. Этот факт также не позволяет перейти к инновационным схемам освоения Арктики, обеспечивающим не только воспроизводство её экологического ассимиляционного потенциала, но и формирование новой модели экономики, отвечающей принципам устойчивого развития.

В условиях рыночной экономики необходимы весомые аргументы в пользу необходимости экологического каркаса, отражающие его вклад в экономическое развитие региона. К сожалению, экологизация экономики часто рассматривается преимущественно в технологической плоскости. При планировании экономического развития территории принадлежащие к экологическому каркасу или его потенциальные участки оказываются экономически неконкурентоспособными, несмотря на большой объём экологических услуг, выполняемых ими и фактически обеспечивающих возможности развития экономики и социума. Это объясняется тем, что в отличие от индустриальных технологий расширенного производства воспроизводство экологических функций геосистем является простым, т. е. действующим в определённых природно обусловленных объёмах пока что без существенных возможностей искусственного восполнения.

Экономическая оценка функций экологического каркаса. В связи с формированием мировых рынков экологических услуг геосистем перед многими государствами, включая Россию, стоит задача оценки своих возможностей. За последние годы Глобальный экологический фонд (ГЭФ) профинансировал подобные проекты на 2 млрд долл. Заметим, однако, что в рамках партнёрства ГЭФ-РФ «Арктическая повестка-2020» выполнение таких работ не предусмотрено. В условиях рыночной экономики целесообразность создания территории экологического каркаса подтверждается эколого-экономическими расчётами, которые уже проводятся по заказу Всемирного банка во многих районах мира, что вряд ли является альтруизмом.

В рамках проектов РФФИ последних лет, посвящённых северному природопользованию, нами были выполнены эколого-экономические оценки экологических услуг лесных и тундровых геосистем Мурманской и

Архангельской областей, Ненецкого АО, Воркутинского района Республики Коми, Ханты-Мансийского АО и др., включая и территории экологического каркаса. Используемые для расчёта методики в основном принадлежат разработкам экспертов Всемирного банка, однако они были адаптированы к реалиям предоставления исходной информации в России и дополнены по ряду позиций [6]. Спектр эколого-экономических оценок включал в разных вариациях (в зависимости от района) оценки прямых услуг экосистем: охотничье-промысловых, пастбищных оленеводческих, запасов стволовой древесины (в пределах расчётной лесосеки), ресурсов дикоросов, ветроэнергоресурсов. Стоимость средообразующих услуг оценивалась для депонирования углерода лесами и болотами, водоочистных и водорегулирующих функций болот, аккумуляции атмосферных загрязнителей лесами и болотами, защитных функций лесов от ураганных ветров, утепляющих функций болот, а также этнокультурных (сохранение кормящих ландшафтов). Например, для Мурманской области стоимость экологических услуг геосистем притундровых лесов в структуре экологического каркаса составила 36977,5 тыс. долл. США. Услуги по депонированию углерода в притундровых лесах Архангельской области составили 22-23 долл./га в год. Средообразующие услуги болотных геосистем Ханты-Мансийского АО оценены в 50 долл./га. Результаты оценок были положены в основу ряда эколого-экономических карт [6, 7].

Заключение

Экологический каркас севера России обеспечивает его устойчивое развитие, однако пока его формирование не стало приоритетным, что связано с недооценкой его функций и отсутствием представлений о его оптимальной пространственной организации. В связи с этим необходимо:

- разработать стандарты его формирования для территориального планирования;
- сформировать его региональную инфраструктуру;
- обосновать его роль в экономическом развитии соответствующими эколого-экономическими расчётами.

Создание экологического каркаса севера России, сохраняющего устойчивое функционирование его геосистем, представляет собой инвестиции в будущее развитие страны. Рас-

ширенная структура экологического каркаса севера России могла бы сформировать основу создания Пан-Арктической экологической сети, аналогичной формируемой в Европе с конца XX в.

Литература

1. Евсеев А. В., Красовская Т. М. «Горячие точки» Российской Арктики // Вестник МГУ. Сер. Геогр. 2010. № 5. С. 48–54.

2. Юдахин Ф. Н., Губайдуллин М. Г., Коробов В. Б. Экологические проблемы освоения нефтяных месторождений севера Тимано-Печорской провинции. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. С. 77–102.

3. Крючков В. В. Север на грани тысячелетия. М.: Мысль, 1987. 289 с.

4. Тишков А. А. Биосферные функции и экосистемные услуги: к методологии эколого-экономических оценок деятельности ООПТ // biocadastre.ru>biblio/tishkov_ТЕЕВ.doc (Дата обращения 01.03.2013).

5. Евсеев А. В., Красовская Т. М. Притундровые леса Мурманской области в структуре экологического каркаса // Современные проблемы притундровых лесов. Архангельск: ФГАОУВПО «Сев. (АРК) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», 2012. С. 10–15.

6. Красовская Т. М. Природопользование севера России. М.: ЛКИ, 2008. 270 с.

7. Красовская Т. М., Тульская Н. И. Эколого-экономическое картографирование ХМАО в целях обоснования формирования экологического каркаса // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Матер. междунар. науч. конф. Смоленск. 2012. С. 345–347, С. 515–516.

Отражение широтной дифференциации растительного покрова Крайнего Севера в структуре локальных флор

© 2014. Т. М. Королёва¹, к.б.н., с.н.с., А. А. Зверев², к.б.н., доцент,
В. В. Петровский¹, к.б.н., с.н.с., И. Н. Поспелов³, в.н.с., Е. Б. Поспелова³,
к.б.н., г.н.с., О. В. Хитун¹, к.б.н., н.с., С. В. Чиненко¹, к.б.н., м.н.с.,

¹Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,

²Томский государственный университет,

³Заповедники Таймыра,

e-mail: korolevatm@gmail.com, ibiss@rambler.ru, petrovsky@binran.ru, taimyr@orc.ru,
parnassia@mail.ru, khitun-olga@yandex.ru, chinenko@binran.ru

Статья продолжает многолетнюю серию работ по изучению и анализу локальных флор Российской Арктики и Субарктики. Обсуждаются изменения таксономической и географической структуры флор на широтном градиенте, типология арктических и субарктических флор, проблемы флористического районирования и разграничения Арктической и Бореальной областей. Зональные закономерности выявлены не только в широтной географической структуре флор, но и в таксономической и даже долготной. Это подтверждает, что широтная зональность – один из ведущих факторов среды, определяющий пространственные изменения в растительном покрове Крайнего Севера.

The paper proceeds the series of publications of many years on study and analysis of local floras of the Russian Arctic and Subarctic. Changes of taxonomic and geographic structure of floras along the latitudinal gradient, typology of arctic and subarctic floras, problems of floristic subdivision and delimitation of Arctic and Boreal floristic regions are discussed. Zonal patterns of relationship are distinguished both in latitudinal and geographic structure of floras and in taxonomic structure and even in longitudinal structure. It legitimates, that latitudinal zonality is one of leading environmental factors, which affects the spatial change in plant cover of the Far North.

Ключевые слова: локальные флоры, Арктика, Субарктика, Крайний Север, зональность, широтный градиент, типология флор, Арктическая и Бореальная флористические области

Keywords: local floras, Arctic, Subarctic, Russian Far North, zonality, latitudinal gradient, typology of floras, Arctic and Boreal floristic areas

Решение вопроса о принадлежности растительности той или иной территории к зональным и подзональным выделам и проведение границ между ними до сих пор сохраняет актуальность и служит предметом постоянных дискуссий в научной среде. Авторами проведено исследование зональных изменений в растительном покрове на основе различных характеристик северных флор. Базой для работы послужила сеть локальных флор (ЛФ), созданная сотрудниками Лаборатории растительности Крайнего Севера Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН более 15 лет назад, которая теперь дополнена и ЛФ из её европейской части. Эта сеть постоянно пополнялась и на данном этапе включает 237 ЛФ из Российской Арктики и Субарктики, в том числе некоторое количество флор из подзоны северной тайги. Впервые многосторонний анализ северных локальных флор проводится на таком боль-

шом массиве данных и для такой обширной территории.

Наиболее чётко зональный градиент проявляется в изменении спектров широтных географических групп и фракций. Проведённый кластерный анализ показал, что по сходству различных параметров, включая и сходство широтной структуры, ЛФ группируются полосами широтного простираения, часто довольно хорошо совпадающими с принятыми подзональными выделами.

Имеющийся обширный материал позволил уточнить типологию северных флор, выявляя на основе кластерного анализа диапазон соотношений широтных фракций, характерный для различных типов северных флор, и скорректировать ранее предлагавшиеся пороговые значения. А. И. Толмачёв [1] выделял три основных типа флор Арктики: гипоарктические, арктические и высокоарктические – по степени участия в них видов

арктической фракции. К высокоарктическим относили флоры, в которых виды арктической фракции занимают >65% от всего состава флоры. Собственно арктическими было принято считать флоры, в которых эти виды занимают преобладающее положение [2–5 и др.] и составляют не менее 45–55% видового состава [6, 7]. Ранее предлагалось флоры с содержанием арктической фракции от 46 до 54% отнести к гипоарктическому типу [6], а флоры, в которых бореальная фракция составляет 45% и более, – к бореальному. Уточнённые нами соотношения и типы флор приведены в таблице 1. По нашим данным, порог доли арктической фракции в высокоарктическом подтипе выше, чем предполагал А. И. Толмачёв [2]. Возможно, и флоры с долей арктической фракции выше 90% заслуживают выделения в отдельный подтип, но их пока в нашей выборке недостаточно. Флоры, которые мы предлагаем отнести к низкоарктическому подтипу, ранее включали в состав гипоарктического типа. Как показал кластерный анализ большого массива данных, по широтной структуре они

присоединяются к флорам арктического типа. Кроме того, в отличие от гипоарктических флоры низкоарктического подтипа не отмечены в подзоне северной тайги. Флоры, которые остались в гипоарктическом типе, значительно отличаются как от арктических в широком смысле слова (к которым их относили раньше), так и от бореальных, поэтому мы пришли к необходимости выделить их на уровне того же ранга. Бореальный тип, несомненно, также имеет несколько вариантов, однако из-за небольшого числа в сети ЛФ бореальных флор, к тому же представляющих самый северный его вариант, мы ограничиваемся только типовыми показателями. Возможно, из бореального типа следует исключить флоры с высокой долей аркто-бореальной группы, но для решения этого вопроса следует привлечь больше материалов по бореальным флорам.

Приуроченность флор разного типа к подзональным выделам тундровой зоны Азиатской Арктики [8] представлена в таблице 2. В разных долготных секторах распределение типов флор по подзонам неодинаковое, но

Таблица 1

Соотношения (%) широтных фракций, характерные для разных типов и подтипов локальных флор по широтной структуре

Типы и подтипы флор	Доли широтных фракций, %		
	арктическая	гипоарктическая	бореальная
Арктический, подтипы:			
высокоарктический (вА)	>70	<20	<11
собственно арктический (А)	56-70	20-28	10-16
низкоарктический (нА)	40-55	<30	<25
Гипоарктический (ГА)	<40	26-36	<40
Бореальный (Б)	<30	27-33	>40

Таблица 2

Распространение типов широтной структуры локальных флор по растительным подзонам в секторах Азиатской Арктики

Секторы		Подзоны (по [8])					
		А	В	С	Д	Е	южнее Е
Ямальский сектор		-	вА*	А, (нА)	нА	(нА), ГА, Б	?
Гыданский сектор		-	?	А, (нА)	(ГА)	ГА, Б	?
Таймырский сектор	западный ¹	-	вА	А	(нА)	(ГА)	?
	центральный + восточный	вА*	вА	вА, (А)	А, нА	?	?
Якутский сектор	западный ²	-	-	?	А	нА, ГА	(нА, ГА), Б
	восточный	-	-	-	нА, ГА	(нА, Б)	(Б)
	Колыма низовья	-	?	(вА, А)	нА	ГА	Б
Чукотский сектор	западный	-	-	-	(А), нА	(А), нА	ГА
	центральный ³	-	вА	(А)	А, (нА)	А, нА, (ГА)	нА, ГА
	восточный	-	-	-	(вА), А, (нА)	-	-

Примечания:

* Обозначения типов флор приведены в таблице 1: () – единичные флоры данного типа в данной подзоне; - – подзона отсутствует в данном секторе; ? – нет данных (нет локальных флор в данной зоне сектора); 1 – до р. Пясины; 2 – до р. Лены; 3 – от Чаунской губы до Чукотского полуострова.

внутри секторов широтные типы имеют довольно строгую зональную приуроченность, а единичные случаи значительного расхождения со схемой подзональных выделов требуют дополнительного изучения. Лучше всего зональная приуроченность широтных типов флор выражена в Ямало-Гыданском секторе; слабее – в горных и приокеанических районах (Чукотка).

Зональный фактор чётко проявляется не только в широтной структуре, но и в других флористических характеристиках – в спектрах долготных групп и особенно фракций [9], а также в большинстве таксономических показателей, например, таких, как богатство, соотношение семейств и родов. Кластерный анализ таксономической структуры северных локальных флор (видового состава, спектров родов и семейств) показал наличие чётких широтных изменений этих параметров. При этом не проявилось строго секторное деление, принятое при выделении флористических провинций в Арктике (рис.) [5]. Как единая фитохория отделилась самая северная территория. По нашим данным, она чётко выделяется пока только в Азиатской Арктике (рис.,

граница А), т. к. в сеть ещё не включены ЛФ других высокоширотных районов (например, архипелагов Новая Земля, Земля Франца-Иосифа, Шпицберген), но предположительно является циркумполярной. Южнее этой границы флоры северных и южных частей одного и того же сектора иногда оказываются в разных кластерах и показывают связи с разными секторами. Ярче всего это проявляется в Ямало-Гыданском секторе, флоры северной части которого по большинству таксономических параметров оказались ближе к таймырским, а южной – к европейским флорам (рис., граница Б). Можно предположить, что в Арктике правильнее не проводить границы флористических провинций и подпровинций по секторам через все подзоны, а придавать высокий ранг и некоторым широтным границам – как, например, это сделано В. Д. Александровой при проведении геоботанического районирования [10].

Отдельный сложный вопрос – ограничение Арктической флористической области. Традиционно в качестве основного критерия для этого используют широтную структуру флор. По А. И. Толмачёву [1], Арктическая область

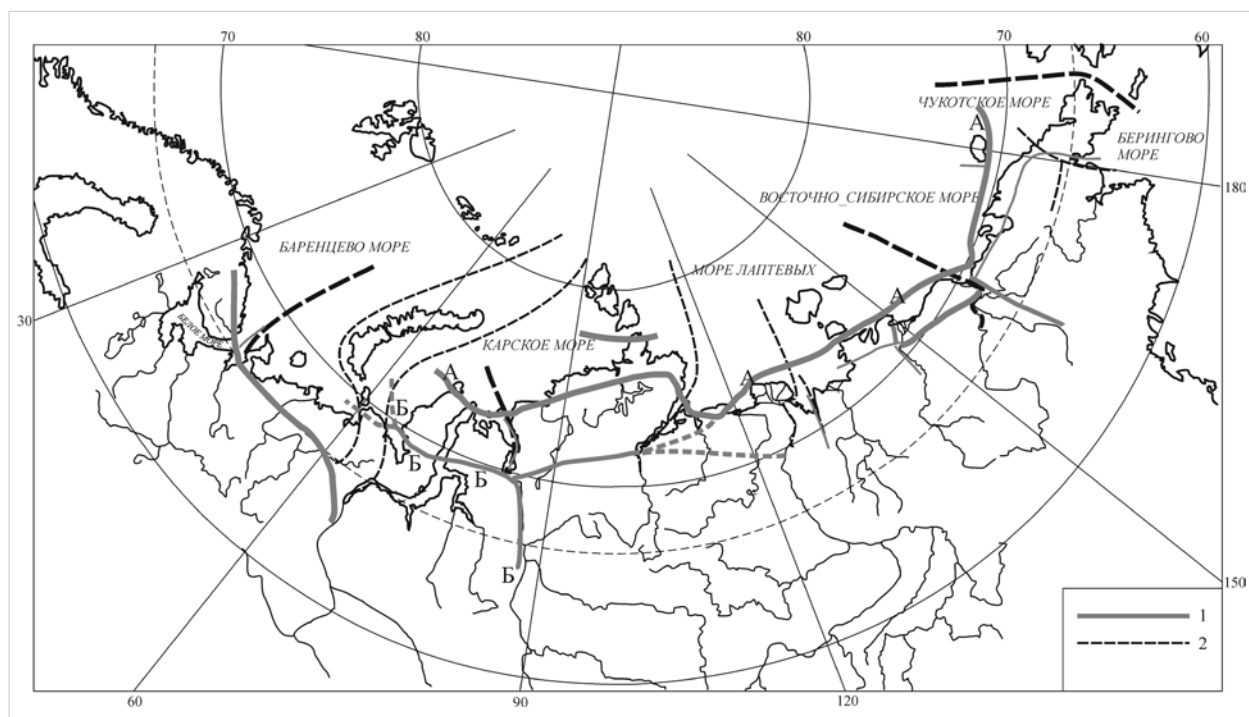


Рис. Обобщённые границы, полученные по таксономическим параметрам локальных флор Российской Арктики и Субарктики

Условные обозначения:

- 1 – обобщённые границы по таксономическим параметрам: сходству по видовому составу и по родо-видовым и семейственно-видовым и семейственно-родовым спектрам (%); мера сходства – коэффициент Сьеренсена-Чекановского. Толщина линий зависит от числа совпадающих границ по отдельным параметрам от 2 до 4. Буквами (А, Б) обозначены границы, на которые есть ссылки в основном тексте статьи;
- 2 – границы флористических провинций (более толстые штрихи) и подпровинций (по [11]).

начинается с территорий, флора которых имеет гипоарктический характер, т. е. её южная граница должна совпадать с южной границей распространения флор гипоарктического типа, а территории с флорами бореального типа следует относить к Бореальной области. А. И. Толмачёв предполагал, что, возможно, к Бореальной области относится южная часть тундровой зоны в Европейском секторе, а по нашим данным к ней следует отнести и крайне южную часть тундр Западной Сибири. Флоры с преобладанием собственно бореальной группы, несомненно, относятся к Бореальной области. Как было отмечено выше, остаётся неясным положение флор с преобладанием видов арктобореальной группы. Ближе ли они к гипоарктическим флорам или к строго бореальным и в какую флористическую область следует отнести территории с их распространением, можно решить только после дополнительных исследований с привлечением материалов по флорам не только северотаёжных территорий, но и более южных подзон, и анализом сходства флор не только по широтной структуре, но и по другим параметрам.

Работа проведена при поддержке гранта РФФИ № 13-04-01682.

Литература

1. Толмачёв А. И. Теоретические проблемы изучения флор Арктики // Проблемы Севера. М.-Л.: Наука, 1964. Вып. 8. С. 5–18.
2. Толмачёв А. И. О количественной характеристике флор и флористических областей // Тр. Сев. Базы АН СССР. М.-Л.: Наука, 1941. Вып. 8. 40 с.
3. Толмачёв А. И. К истории развития флор Советской Арктики // Ареал. М.-Л.: Наука, 1952. Вып. 1. С. 13–19.
4. Ребристая О. В. Флора востока Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1977. 334 с.
5. Юрцев Б. А., Толмачёв А. И., Ребристая О. В. Флористическое ограничение и разделение Арктики // Арктическая флористическая область. Л.: Наука, 1978. С. 9–104.
6. Петровский В. В., Заславская Т. М. К флоре правобережья реки Колымы близ её устья // Бот. журн. 1981. Т. 66. № 5. С. 662–673.
7. Юрцев Б. А. Распределение криофитов во флорах Чукотской тундры // Биологические проблемы Севера: Тезисы докладов 9-го симпозиума. Ч. 1. Сыктывкар. 1981. С. 50.
8. CAVM Team. Circumpolar Arctic vegetation map. Scale 1:7500000. U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, Alaska. 2003.
9. Королёва Т. М., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Долготная структура локальных и региональных флор Азиатской Арктики, 2 // Бот. журн. 2011. Т. 96. № 2. С. 145–169.
10. Александрова В. Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики // Комаровские чтения. Л.: Наука, 1977. Вып. 29. 188 с.
11. Юрцев Б. А., Толмачёв А. И., Ребристая О. В. Флористическое ограничение и разделение Арктики // Арктическая флористическая область. Л.: Наука, 1978. С. 9–104.

УДК 581.9:581.533(211.7)(234.851)

Сравнительный анализ ценофлор горных тундр западного макросклона Северного и Приполярного Урала

© 2014. С. В. Дёгтева, д.б.н., директор, Е. Е. Кулюгина, к.б.н., н.с.,
Ю. А. Дубровский, к.б.н., н.с., А. Б. Новаковский, к.б.н., н.с.,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
e-mail: degteva@ib.komisc.ru, kulugina@ib.komisc.ru

В статье приведены обобщённые сведения о ценоотическом и видовом разнообразии горных тундр западного макросклона Северного и Приполярного Урала. Проанализирован таксономический состав, соотношение географических элементов, жизненных форм и экологических групп, выявлено флористическое ядро горно-тундровых фитоценозов. Показаны их особенности на каждом из изученных отрезков горной страны и изменение на широтном градиенте.

The paper presents the data on coenotical and species diversity of mountain tundra communities of the west macroslope of Northern and Subpolar Urals. Taxonomical composition and proportion of geographic elements, life forms and ecological groups were analyzed. Floristic core of mountain tundra communities was revealed. Their specific features in each part of the Urals and along the latitudinal gradient were found.

Ключевые слова: горные тундры, ценофлора, Северный и Приполярный Урал

Keywords: mountain tundra, coenoflora, Northern and Subpolar Ural

Изучение растительности Северного и Приполярного Урала с научными целями началось с середины XIX века экспедициями А. Кайзерлинга (1843), Э. Гофмана (1847–1850), П. Крузернштерна (1874–1876), А. Журавского (1908) и продолжается до настоящего времени [1]. Однако на основании анализа имеющихся опубликованных данных [2–14] можно заключить, что горные ландшафты западного макросклона Уральского хребта в ботаническом отношении изучены недостаточно полно. В частности, незначительны или носят общий характер сведения о флоре и растительности горно-тундрового пояса Приполярного и Северного Урала. Таким образом, исследование ценоотического и видового разнообразия горных тундр западного макросклона Урала является актуальной задачей.

В течение последних шести лет специалисты Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводят целенаправленное изучение растительного мира в горной ландшафтной зоне двух крупных особо охраняемых природных территорий – национального парка «Югыд ва» (Приполярный Урал, хребты Западные Саледы, Малдынский, Росомахи, Колоколенный, Саблинский) и Печоро-Ильчского государственного природного биосферного заповедника (Северный Урал,

хребты Макара-из, Тондер, Кычиль-из, Маньхамбо, Щука-ёльиз, Маньпупунёр). В статье приведены данные анализа объединённых флор сосудистых растений горно-тундровых сообществ. Списки видов составлены на основе оригинальных геоботанических описаний тундровых фитоценозов (152 для Приполярного и 140 – для Северного Урала). Кроме того, использованы данные, полученные в процессе исследования локальных флор маршрутным методом, а также сведения, имеющиеся в литературе [4, 9, 10].

Списки видового состава документированы гербарными сборами, хранящимися в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (СУКО). При анализе флористического материала использовали сводки Н. А. Секретаревой [15], Г. Элленберга [16], С. В. Дёгтевой и А. Б. Новаковского [17]. Для статистической обработки материала использовали коэффициент Сьеренсена-Чекановского [18] и коэффициент участия [19].

Объединённая флора горных тундр западного макросклона Приполярного и Северного Урала включает 218 видов сосудистых растений из 125 родов и 48 семейств. Для сравнения: Н. А. Секретарева [20] для высокогорной флоры среднего течения р. Пайпудын (Полярный Урал) приводит 263 вида. Для горных тундр Сибирского сектора

Арктики (горы Бырранга) Е. Б. Поспелова [21] указывает 188 видов для восточных высокогорий и 296 видов для горных террас основного хребта. Большинство зарегистрированных таксонов (201 вид) относится к покрытосеменным растениям, среди которых преобладают двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1 : 2,45. Выявлено 16 видов споровых сосудистых растений (папоротники, хвощи, плауны) и 7 видов голосеменных. Уровень видового разнообразия объединённых ценофлор горных тундр на широтном градиенте остаётся практически неизменным. На Приполярном Урале нами отмечено 164 вида, на Северном – 174. Сходство флористических списков оказалось достаточно высоким (величина коэффициента Сьеренсена-Чекановского 0,7). При этом на Приполярном Урале разнообразие папоротников, плаунов и голосеменных в поясе горных тундр ниже, чем на Северном Урале.

Ведущие семейства (табл. 1) объединяют 74,8% всех видов. Лидирующие позиции в спектре семейств занимают Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae. Это типично для локальных флор Европейского сектора Арктики. Высокий ранг сем. Rosaceae отражает положение исследованной части горной страны Урал в таёжной зоне. Среди родов наибольшим числом видов отличаются Carex, Salix, Hieracium, Luzula, Saxifraga. Значительное разнообразие осок типично для флор европейского северо-востока России [22], западного макросклона гор Северного и Припо-

лярного Урала [10, 12]. В других описанных в литературе горных флорах наибольшим разнообразием отличается род Draba [21]. Значительная часть родов (65,3% от общего числа) содержит всего по одному виду, что свидетельствует о миграционном характере флористического комплекса горных тундр исследованной территории.

Анализ соотношения широтных групп показал превалирование видов бореальной фракции (табл. 2), а в ней собственно бореальных (*Pinus sibirica*, *Solidago virgaurea*, *Vaccinium uliginosum* и др.) и арктобореальных (*Veratrum lobelianum* и др.) таксонов. В арктической фракции наиболее разнообразны арктоальпийские виды: *Salix reticulata*, *Loiseleuria procumbens* и др., в гипоарктической – гипоарктомонтанные таксоны (*Arctous alpina*, *Calamagrostis lapponica* и др.). При этом на градиенте север – юг соотношение фракций изменяется. Доля арктических видов закономерно снижается, а бореальных и гипоарктических таксонов – увеличивается.

Соотношение долготных групп типично как для флоры европейского северо-востока России [22], так и для высокогорных флор [20, 21]. Превалируют виды с циркумполярным (42,6% – *Rubus chamaemorus*, *Carex vaginata*, *Avenella flexuosa* и др.), а также евразийским и преимущественно евразийским (25% – *Calamagrostis purpurea*, *Rubus arcticus*, *Pachypleurum alpinum* и др.) распространением. Третье место по численности (19%) принадлежит таксонам с европейскими и преимущественно европейскими ареалами

Таблица 1

Число видов растений (А) в ведущих семействах и родах флоры Урала и занимаемые ими места (Б)

Семейство	Общая флора		Приполярный Урал		Северный Урал		Род	Общая флора		Приполярный Урал		Северный Урал	
	А	Б	А	Б	А	Б		А	Б	А	Б	А	Б
1. Asteraceae	25	1	20	1-2	19	2	1. Carex	15	1	11	1	11	1
2. Poaceae	23	2	20	1-2	21	1	2. Salix	10	2	8	2	10	2
3. Cyperaceae	20	3	14	3-4	14	4	3. Hieracium	7	3	5	4	6	3-4
4. Rosaceae	19	4	14	3-4	16	3	4. Luzula	6	4	6	3	6	3-4
5. Salicaceae	11	5-7	8	6-7	11	5	5. Saxifraga	5	5-6	3	7-12		
6. Caryophyllaceae	11	5-7	6	9	9	6	6. Calamagrostis	5	5-6	3	7-12	4	5-8
7. Ericaceae	11	5-7	10	5	8	7-8	7. Poa	4	7-9	4	5-6	4	5-8
8. Scrophulariaceae	10	8	7	8	6	9	8. Alchemilla	4	7-9	-	-	4	5-8
9. Juncaceae	8	9	8	6-7	8	7-8	9. Rubus	4	7-9	4	5-6	4	5-8
10. Ranunculaceae	5	10-14	5	10	+	+							
11. Polygonaceae	5	10-14	+	+	+	+							
12. Saxifragaceae	5	10-14	+	+	+	+							
13. Pinaceae	5	10-14	+	+	5	10-11							
14. Lycopodiaceae	5	10-14	+	+	5	10-11							

Примечание: (+) – семейство или род не относятся к ведущим.

(*Betula nana*, *Salix lapponum*, *Bistorta major* и др.). Установлено, что в горных тундрах Северного Урала доля европейских видов (21%) заметно выше, чем на Приполярном Урале (14%).

Среди жизненных форм наиболее разнообразны поликарпические травы (76,6%). Доля таксонов древесной жизненной формы существенно меньше и составляет лишь 8,7%. Тем не менее именно они прежде всего кустарнички (*Arctous alpina*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtilus*, *V. uliginosum*) и кустарники (*Betula nana*, *Salix glauca*, *S. lanata*, *S. lapponum*), а также полукустарнички (*Rubus chamaemorus*) определяют облик большинства растительных сообществ горно-тундрового пояса. Выявлено, что кустарнички, обычные на Приполярном Урале (*Diapensia lapponica*, *Loiseleuria procumbens*), при продвижении к югу существенно снижают своё постоянство и обилие, а некоторые из них (*Dryas octopetala*, *Phyllodoce caerulea*, *Harimanella hypnoides*) на Северном Урале

не зарегистрированы. Специфической чертой исследованных фитоценозов горных тундр является присутствие единичных угнетённых экземпляров подроста деревьев, видовое разнообразие которых возрастает при продвижении с севера на юг от 3 до 9 таксонов.

С использованием экологических шкал [16, 17] продемонстрировано, что в составе исследованных ценофлор преобладают виды, которые не отличаются высокими требованиями к обеспеченности почв элементами минерального питания, адаптированы к произрастанию на почвах с высокой кислотностью и в условиях хорошей освещённости. По отношению к фактору увлажнения наиболее типичны мезофиты (71% от общего числа видов).

В результате анализа соотношения эколого-ценотических групп (ЭЦГ) установлено, что в объединённой ценофлоре изученных тундровых сообществ наиболее разнообразны представители горно-тундровой (27% – *Anemonastrum biarmense*, *Bistorta*

Таблица 2

Соотношение широтных географических групп сосудистых растений в сообществах горных тундр Приполярного и Северного Урала

Широтная группа	Объединённая ценофлора		Приполярный Урал		Северный Урал	
	А	Б	А	Б	А	Б
1. Бореальная фракция	94	43,5	72	43,9	79	45,9
Б	54	25	37	22,6	45	26,2
АБ	27	12,5	25	15,2	21	12,2
АБ-М	8	3,7	7	4,3	8	4,7
БС	2	0,9	1	0,6	2	1,2
ПЛ	1	0,5	1	0,6	1	0,6
БН	1	0,5	–	–	1	0,6
Б-М	1	0,5	1	0,6	1	0,6
2. Арктическая фракция	68	31,5	58	35,4	45	26,2
АЛ	40	18,5	34	20,7	28	16,3
пА	12	5,6	11	6,7	5	2,9
МА	9	4,2	7	4,3	8	4,7
А	4	1,9	3	1,8	1	0,6
нА	2	0,9	2	1,2	2	1,2
МА (АЛ)	1	0,5	1	0,6	1	0,6
3. Гипоарктическая фракция	54	25,0	34	20,7	48	27,9
ГА-М	40	18,5	25	15,2	36	20,9
ГА	11	5,1	6	3,7	9	5,2
ГА (АБ)	3	1,4	3	1,8	3	1,8
Всего	216	100,0	164	100,0	172	100,0

Примечание: А – абсолютное число видов, Б – доля, %.

Условные обозначения широтных групп даны по [15]: бореальная фракция: Б – бореальные, АБ – арктобореальные (гипоаркто-бореальные), АБ-М – арктобореально-монтанные, БС – бореально-степные, ПЛ – плюризональные (полизональные), БН – бореально-неморальные, Б-М – бореально-монтанные; арктическая фракция: АЛ – арктоальпийские, характерные для Арктики, субарктических и южных высокогорий, пА – преимущественно арктические, заходящие в субарктические высокогорья, МА – метаарктические (арктогольцовые), А – арктические, нА – низкоарктические локальные эндемики, МА (АЛ) – метаарктические (арктогольцовые); гипоарктическая фракция: ГА-М – гипоаркто-монтанные, южнее характерные для субальпийского и подгольцового поясов гор, ГА – гипоарктические, ГА (АБ) – гипоарктические (арктобореальные).

major, *Carex arctisibirica*, *Empetrum hermaphroditum*, *Hieracium alpinum*, *Juncus trifidus* и др.), в меньшей степени горно-луговой (8% – *Anthoxanthum alpinum*, *Omalotheca norvegica*, *Pachypleurum alpinum* и др.) ЭЦГ. Они типичны для верхних поясов гор Урала на участках, относящихся к бассейну верхнего и среднего течения р. Печора [17]. При этом значительно участие видов таёжно-лесной ЭЦГ (15% – *Avenella flexuosa*, *Betula pubescens*, *Sorbus sibirica* и пр.). Это закономерно и обусловлено положением территории в таёжной зоне, а также относительно небольшой высотой исследованной части Уральского хребта.

При сравнении спектров ЭЦГ ценофлор тундр Северного и Приполярного Урала выявлено, что на широтном градиенте изменяется соотношение двух наиболее значимых групп (рис.). На Приполярном Урале, где климатические условия менее благоприятные, участие видов таёжно-лесной ЭЦГ снижается, доля видов горных тундр и редколесий увеличивается.

Анализ сведений о постоянстве и обилии видов позволил выявить ядро общего флористического списка горно-тундровых фито-

ценозов, включающее 19 таксонов (табл. 3). Из данных таблицы 3 видно, что 10 видов наиболее ценотически активны на Северном Урале, два – на Приполярном Урале. Остальные таксоны флористического ядра сохраняют свою роль в формировании сообществ на обоих исследованных участках Уральского хребта.

Установлено также, что часть видов, характеризующихся невысокой встречаемостью, демонстрирует специфическую приуроченность к определённым широтным участкам горного Урала. За пределы Северного Урала в границах горно-тундрового пояса практически не распространяются некоторые споровые (*Athyrium distentifolium*, *Dryopteris carthusiana*, *D. expansa*, *Equisetum pratense*, *Lycopodium annotinum*, *Phegopteris connectilis*) и голосеменные (*Abies sibirica*, *Pinus sibirica*), а также цветковые (*Melampyrum pratense*, *Populus tremula*) растения. Только на Приполярном Урале в тундровых фитоценозах зарегистрированы *Acomastylis glacialis*, *Armeria scabra*, *Astragalus subpolaris*, *Bartsia alpina*, *Bistorta vivipara*, *Eritrichium villosum*, *Harrimanella hypnoides*, *Hierochloe alpina*,

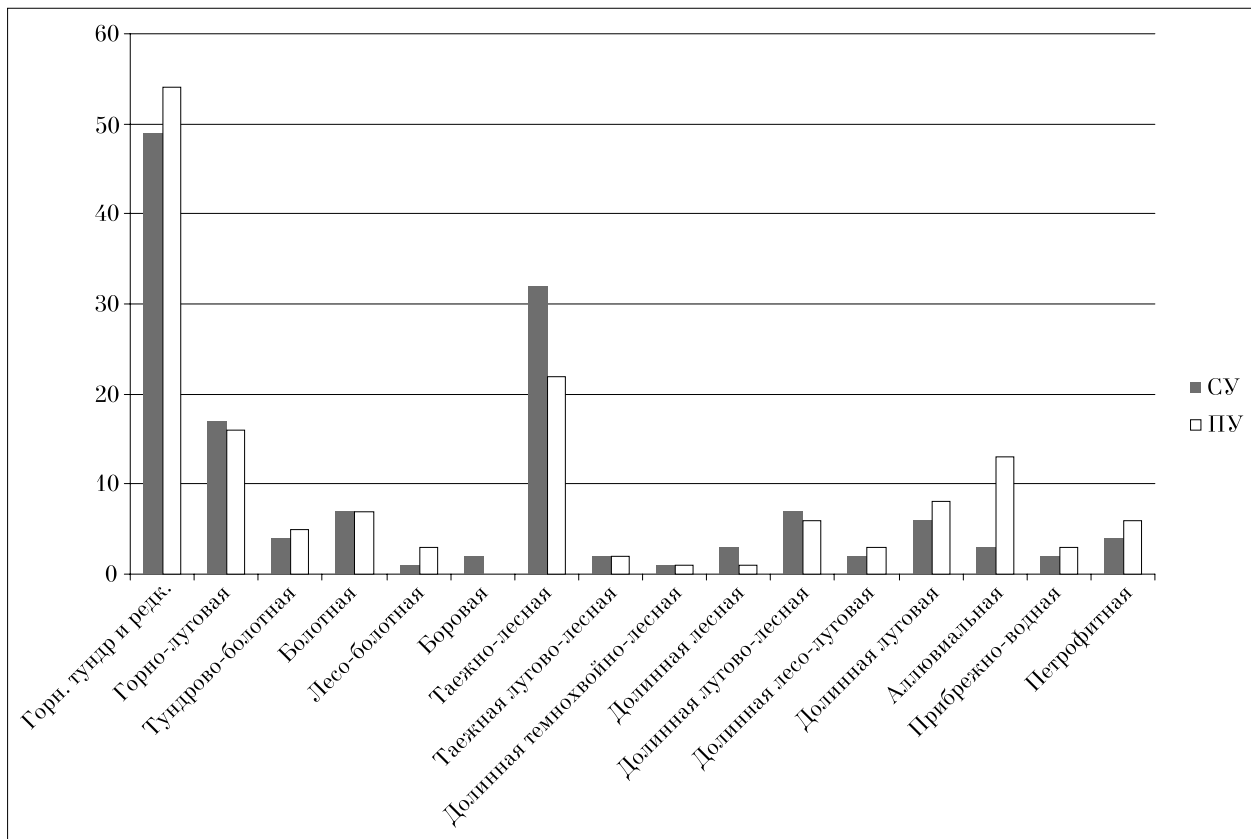


Рис. Соотношение видов разных эколого-ценотических групп в исследованных ценофлорах. По горизонтали – ЭЦГ, по вертикали – доля видов, %. Условные обозначения: СУ – ценофлора горных тундр Северного Урала, ПУ – ценофлора горных тундр Приполярного Урала

Luzula confusa, *Oxyria digyna*, *Oxytropis sordida*, *Phyllodoce caerulea*, *Poa arctica*, *Rhodiola quadrifida*, *Salix polaris*, *Saxifraga oppositifolia*, *Tephrosieris heterophylla*, *Tofieldia pusilla* и некоторые др. При этом для ряда таксонов с низкой встречаемостью (*Arctous alpina*, *Pachypleurum alpinum*, *Nardus stricta*, *Deschampsia glauca*, *Omalothea norvegica*, *Tephrosieris atropurpurea*, *T. integrifolia*) участие в формировании тундровых сообществ остаётся практически неизменным вдоль широтного градиента.

Ценофлора горных тундр включает 31 вид из списков охраняемых и нуждающихся в бионадзоре растений [23]. Один из них имеет категорию статуса редкости 1, шесть – категорию 2, четырнадцать – категорию 3, четыре – категорию 4 и шесть таксонов нуждаются в постоянном контроле численности популяций. К северу наблюдается тенденция увеличения числа редких видов, произрастающих в горно-тундровых сообществах. На Северном Урале в них отмечено 17 охраняемых таксонов, в пределах Приполярного Урала – 22. Исключительно в горных тундрах Северного Урала зарегистрировано 9 видов редких растений, Приполярного Урала – 14 охраняемых таксонов.

В заключение отметим, что для исследованных флористических комплексов харак-

терно невысокое видовое разнообразие. Значительная доля видов, принадлежащих к десяти ведущим семействам, сближает ценофлору горных тундр западного макросклона Приполярного и Северного Урала с арктическими флорами. Горные условия определяют заметное участие арктических и гипоарктических видов в сложении горно-тундровых сообществ. В то же время такие характеристики, как высокий ранг семейства Rosaceae и значительное число бореальных видов, отражают положение исследованной территории в зоне бореальных лесов. При этом на градиенте север – юг закономерно изменяются такие показатели ценофлор, как соотношение широтных элементов, эколого-ценотических групп видов, а также структура флористического ядра. Горно-тундровые сообщества играют важную роль как ключевые местообитания редких видов сосудистых растений. Такие из них, как *Acomastylis glacialis*, *Armeria scabra*, *Diapensia lapponica*, *Eritrichium villosum*, *Harrimanella hypnoides*, *Loiseleuria procumbens*, *Phyllodoce caerulea*, *Rhodiola quadrifida*, встречаются в горах Приполярного и Северного Урала исключительно в тундровых фитоценозах.

Исследования выполнены при частичной поддержке Программы Президиума РАН «Живая природа», проект № 12-П-4-1018 «Видовое, ценотическое и экосистемное раз-

Таблица 3

Показатели встречаемости и значения коэффициента участия видов флористического ядра исследованных ценофлор

Вид	Северный Урал		Приполярный Урал		Объединённая ценофлора	
	А	Б	А	Б	А	Б
<i>Vaccinium myrtillus</i>	71	27	22	2	45	10
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	82	31	63	16	72	23
<i>Bistorta major</i>	89	23	52	5	70	12
<i>Avenella flexuosa</i>	70	20	24	2	46	8
<i>Festuca ovina</i>	64	12	44	4	54	7
<i>Juncus trifidus</i>	51	8	24	1	37	4
<i>Solidago virgaurea</i>	61	7	20	1	39	3
<i>Trientalis europaea</i>	61	7	22	1	40	3
<i>Juniperus sibirica</i>	52	9	11	0	30	3
<i>Carex brunnescens</i>	51	7	16	0	33	3
<i>Betula nana</i>	49	13	61	21	55	17
<i>Ledum decumbens</i>	1	0	37	5	20	1
<i>Carex arctisibirica</i>	61	13	67	15	64	14
<i>Vaccinium uliginosum</i>	56	12	67	13	62	13
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	49	7	59	8	54	8
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	39	4	14	0	26	2
<i>Arctous alpina</i>	21	1	21	1	21	1
<i>Carex vaginata</i>	29	2	13	0	21	1

Примечание: А – встречаемость, %; Б – значение коэффициента участия, умноженное на 100.

нообразии ландшафтов территории объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми», программы фундаментальных исследований «Арктика, № 12-4-7-006-АР-КТИКА и гранта РФФИ № 11-04-00885-а.

Литература

1. Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна р. Кожим (северная часть национального парка «Югыд ва») / Под ред. Е. Н. Патовой. – Сыктывкар. 2010. – 192 с.
2. Говорухин В. С. Флора Урала. Свердловск: Обл. кн. изд-во, 1937. 536 с.
3. Корчагин А. А. Растительность северной половины Печоро-Илычского заповедника. М. 1940. (Тр. Печ.-Илыч. гос. заповедника. Вып. 2). 416 с.
4. Ланина Л. Б. Флора цветковых и сосудистых споровых растений Печоро-Илычского заповедника. М. 1940. (Тр. Печ.-Илыч. гос. заповедника. Вып. 3.). С. 5–149.
5. Юдин Ю. П. Горные тундры / Производительные силы Коми АССР. Сыктывкар. 1954. Т. III. Ч. I. Растительный мир. С. 277–322.
6. Игошина К. Н. Флора горных и равнинных тундр и редколесий Урала // Растительность Крайнего Севера и её освоение. М.-Л.: Наука, 1966. Вып. 6. С. 135–233.
7. Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1974. Т. 1. 275 с.; 1976. Т. 2. 316 с.; 1976. Т. 3. 293 с.; 1977. Т. 4. 312 с.
8. Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 284 с.
9. Влияние разработки россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду. Сыктывкар: Коми НИЦ УрО РАН, 1994. 172 с.
10. Лавренко А. Н., Улле З. Г., Сердитов Н. П. Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. СПб: Наука, 1995. 256 с.
11. Флора и растительность Печоро-Илычского биосферного заповедника / С. В. Дёгтева, Г. В. Железнова, Д. И. Кудрявцева и др. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 385 с.
12. Мартыненко В. А., Дёгтева С. В. Конспект флоры национального парка «Югыд-Ва» (Республика Коми). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 108 с.
13. Проблемы экологии растительных сообществ / Под ред. В. Т. Ярмишко. СПб. 2005. 450 с.
14. Куваев В. Б. Флора субарктических гор Евразии и высотное распределение её видов. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 568 с.
15. Секретарева Н. А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М.: КМК, 2004. 131 с.
16. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Göttingen: Goltze, 1974. 97 p.
17. Дёгтева С. В., Новаковский А. Б. Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 180 с.
18. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Л. 1984. 288 с.
19. Ипатов В. С. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. СПб. 1998. 93 с.
20. Секретарева Н. А. О географической структуре высокогорных флор Полярного Урала (на примере флор среднего течения р. Пайпудына) // Бот. журн. 2011. Т. 96. № 9. С. 1185–1196.
21. Pospelova E. V. Vascular flora of the «Taimyrsky» biosphere reserve // Heritage of the Russian Arctic: Research, Conservation and International Cooperation. Moscow, 2000. P. 233–244.
22. Мартыненко В. А. Флора северной и средней подзон тайги европейского Северо-Востока: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Екатеринбург, 1996. 31 с.
23. Красная Книга Республики Коми. Сыктывкар. 2009. 791 с.

Мхи севера России

© 2014. В. Э. Федосов¹, к.б.н., н.с., Е. А. Игнатова¹, с.н.с.,
М. С. Игнатов², д.б.н., зав. лабораторией,

¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

²Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН,

e-mail: fedosov_v@mail.ru, arctoa@list.ru, misha_ignatov@list.ru

Показано, что бриофлора Арктики не отграничена от бриофлоры Субарктики. Российская Субарктика характеризуется значительным числом специфических видов и 5 эндемиками. При классификации ряда региональных бриофлор Палеарктики по видовому составу Субарктика распадается на европейскую и азиатскую; по соотношению семейств – на аридную и гумидную. Вся специфика Субарктики в целом связана с её континентальными регионами. Предлагается разграничение Субарктики на преимущественно континентальную Эосубарктику и преимущественно Субокеаническую Метасубарктику.

It is demonstrated that mossflora of the Arctic is not separated from those of the Subarctic. Russian Subarctic has many characteristic species and 5 endemics. According to the moss species composition the Subarctic breaks into European and Asian parts; according to the families ratio – into arid and humid. All specificity of the Subarctic is due to its continental regions. We offer to divide the Subarctic in mainly continental Eusubarctic and mainly suboceanic Metasubarctic.

Ключевые слова: Арктика, Субарктика, гипоарктический флористический пояс, флора мхов, рефугиум, Командорские острова, флористическое районирование, биоразнообразие

Keywords: Arctic, Subarctic, Hypoarcticphyto-geographical belt, moss flora, refugium, Commander Islands, floristical division, biodiversity

В отличие от сосудистых растений распространение мхов в меньшей степени определяется температурным фактором, но сильно зависит от влажности и разнообразия каменистых субстратов [1].

Согласно нашим последним данным, бриофлора России включает 1234 вида мхов. Наибольшим разнообразием и спецификой отличаются Кавказ, Дальний Восток и юг Сибири. Большая же часть территории страны характеризуется сравнительно однообразными и бедными бриофлорами с высокой долей видов с циркумполярным распространением. Существенно богаче мхами горные районы за счёт проникновения сюда дизъюнктивных аридных и субокеанических видов.

Для территории севера России, т.е. Российской Арктики и Субарктики в границах, предложенных Юрцевым [2], на сегодня известно 794 вида.

Флора мхов Российской Арктики насчитывает 587 видов [3, 4]. Из них только 9 (*Bryum mirabile*, *B. taimyrense*, *Bucklandiella afoninae*, *Didymodon maximus*, *D. subandreaeoides*, *Heterocladium procurrens*, *Plagiothecium svalbardense*, *Schistidium holmenianum*, *Tayloria hornschurchii*) не встречаются в России

южнее, однако большинство из них известны из более южных регионов за пределами России, а таксономический статус остальных не вполне ясен.

Многие виды (*Didymodon giganteus*, *Funaria polaris*, *Seligeria oelandica*, *S. polaris*, *Sphagnum arcticum*, *S. tundrae*, *Voitia hyperborea*, *Aplodon wormskjoldii*, *Seligeria polaris*) ранее считались арктическими в силу слабой изученности бриофлоры Сибирской Субарктики, но в последнее время были выявлены на её территории. В сущности бриофлора Арктики не отграничена от бриофлоры Субарктики, является результатом закономерного обеднения последней.

Во всех пяти рассмотренных секторах Российской Арктики (европейском, западно-сибирском, восточносибирском без Якутии, якутском и чукотском) встречаются 204 вида. Среди них наиболее разнообразны представители семейств Sphagnaceae, Dicranaceae, Mnieseae и Amblystegiaceae, к которым относятся многие доминанты тундровых и болотных экосистем. Это контрастирует с ведущими семействами всей флоры Арктики – Pottiaceae, Grimmiaceae и Bryaceae, к которым принадлежат большей частью виды каменистых суб-

стратов и почвенных обнажений. Сходная картина наблюдается и в Субарктике с той лишь разницей, что для широко распространённых видов Mniaceae и Amblystegiaceae меняются местами (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, хотя во флоре Арктики наибольшим разнообразием представлены семейства, большая часть видов которых ксерофиты (Pottiaceae и Grimmiaceae), среди широко распространённых видов здесь на первых местах представители семейств Sphagnaceae и Amblystegiaceae, в которых преобладают гигрофиты.

Таксономический анализ наиболее распространённых видов Субарктики (их относительно меньше, 152 из 764) показал сходные результаты: среди распространённых видов лучше представлены Sphagnaceae, Dicranaceae и Amblystegiaceae, а участие Pottiaceae и Grimmiaceae, ведущих в общем списке флоры, существенно снижено. Интересно, что в бриофлорах более южных равнинных средне- и южнотаёжных районов Sphagnaceae и Dicranaceae также часто преобладают. Таким образом, именно их представители формируют основу мохового компонента растительности к северу от неморальной зоны. Эти и некоторые другие семейства (Aulacomniaceae, Hylacomniaceae, Meesiaceae, Polytrichaceae, Scorpidiaceae) существенно повышают своё участие в отдельных региональных бриофлорах по сравнению с Субарктикой в целом.

В отличие от Российской Арктики Российская Субарктика характеризуется значительным количеством специфических видов, не встречающихся ни севернее, ни южнее, в том числе пятью эндемиками (*Barbula jacutica*, *Bryoerythrophyllum rotundatum*, *Myrinia rotundifolia*, *Pohlia alba*, *P. viridis*), однако все они узколокальны, распространение их связано с азиатской Субарктикой.

Различия региональных бриофлор Субарктики заметно выше, чем Арктики. Наибольшей региональной спецификой характеризуются крайние в ряду субокеанические регионы – Мурманская область (32 вида) и Командорские острова (30 видов). В первую очередь эта специфика обусловлена значительным участием в бриофлорах этих регионов субокеанических амфиатлантических и берингийских видов. Также в субокеанические районы на север проникают и неморальные виды, что обусловлено их более мягким климатом.

В то же время все эндемики Российской Субарктики встречаются в континентальных районах – от Енисея до Колымы. Этот район характеризуется сплошным распространением вечной мерзлоты, а также тем, что северная граница леса здесь сформирована лиственничниками, в которых ослаблена эдификаторная роль древесного яруса. Характерной особенностью бриофлоры Азиатской Субарктики является проникновение сюда значительного

Таблица 1

Десять ведущих семейств во флорах мхов Арктики и Субарктики (%)
для всех видов и широко распространённых видов
(встречающихся во всех их рассмотренных долготных секторах)

Семейство	Арктика		Субарктика	
	все виды	широко распространённые виды	все виды	широко распространённые виды
Pottiaceae	9,2 (I)	4,41	10,5 (I)	6,54 (III-VII)
Grimmiaceae	7,37 (II)	-	9,97 (II)	-
Sphagnaceae	6,98 (III)	10,78 (I)	6,04 (IV)	9,15 (I)
Bryaceae	6,81 (IV)	5,39	6,56 (III)	-
Amblystegiaceae	6,64 (V)	6,37 (IV)	5,38 (V)	6,54 (III-VII)
Mniaceae	6,13	6,86 (III)	4,33	6,54 (III-VII)
Dicranaceae	5,62	7,35 (II)	4,72	7,84 (II)
Rhabdoweissiaceae	4,94	4,41	-	5,88
Brachytheciaceae	4,42	-	4,86	5,23
Polytrichaceae	3,41	5,88 (V)	-	6,54 (III-VII)
Plagiotheciaceae	-	5,39	3,54	-
Calliergonaceae	-	5,39	-	3,92
Mielichhoferiaceae	-	-	3,54	4,58

Примечание: римскими цифрами в скобках обозначен порядковый номер мест, занимаемых семействами; «-» – данное семейство не входит в этой группе в десять ведущих.

числа аридных видов, распространённых от восточной части таймырской Субарктики до Чукотки.

Кластерный анализ видового состава флор мхов (рис. 1), включающий относимые к Субарктике регионы (Анабарское нагорье; Якутия, большая часть территории которой относится к Субарктике, Чукотка, Командоры, Мурманская область, Исландия) указывает на наличие крупного флористического рубежа восточнее Урала [5]. Европейские и азиатско-американские (мегаберингийские в смысле Б.А. Юрцева [6]) флоры мхов образуют две отдельные клады. Этот рубеж может быть объяснён ослаблением влияния атлантических воздушных масс к востоку от Урала и протяжённостью лишенной каменных субстратов Западносибирской низменности, затрудняющей миграцию многих видов мхов. Девяносто видов, встречающихся в европейской Субарктике, не проникают к востоку от Урала; но на Урале и в европейской части России не выявлено 219 видов, встречающихся в восточносибирско-американской Субарктике.

Флора мхов Командорских островов наиболее сходна с бриофлорой Камчатки, что объясняется близким их положением, общими климатическими и флорогенетическими особенностями. Результаты анализа флор мхов не свидетельствуют в пользу включения

Командорских островов в состав Субарктики [7], основанного на преобладании здесь тундроподобной растительности (равно как и в Исландии, где встречается ряд теплолюбивых субтропических таксонов мхов).

При анализе тех же флор мхов по соотношению семейств выявляются две резко различающиеся клады, одна из которых объединяет субокеанические регионы, а другая – континентальные (рис. 2).

Субокеанический и континентальный флористические комплексы сосудистых растений описаны Б.А. Юрцевым для хребта Сунтар-Хаята и северо-восточной Азии в целом [8]. Аналогичные комплексы видов мхов обсуждались В.Э. Федосовым и др. [9]. Их контрастность позволяет предложить подразделение евразийской Субарктики на континентальную «Эсубарктику», целиком приуроченную к криолитозоне, с южной границей, соответствующей границе широкого распространения еловых лесов на водоразделах (рис. 2), и «Метасубарктику» – зону постепенного перехода таёжной зоны в тундровую в условиях более мягкого климата, господства тундроподобных сообществ или разреженных еловых лесов и отсутствия вечной мерзлоты.

Предлагаемое подразделение подкрепляется также результатами анализа флор мхов по их зависимости от состава подстилающих

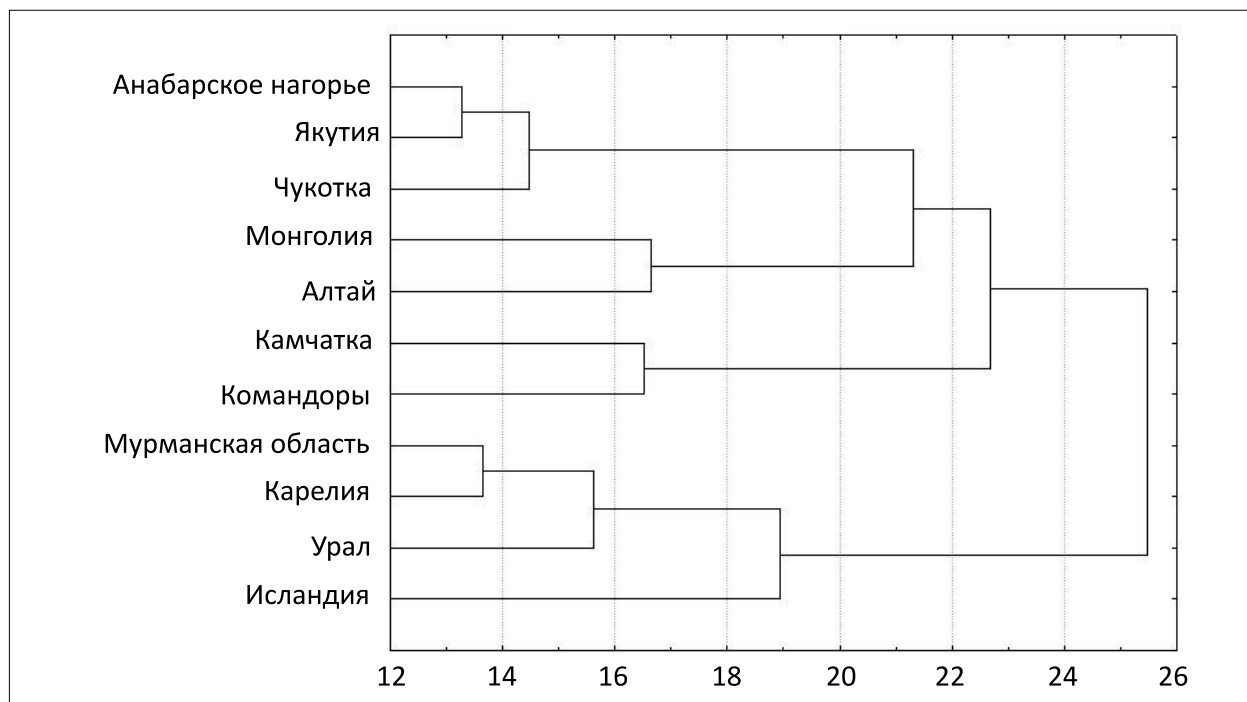


Рис. 1. Кластерограмма некоторых региональных и более крупных флор мхов Палеарктики по видовому составу

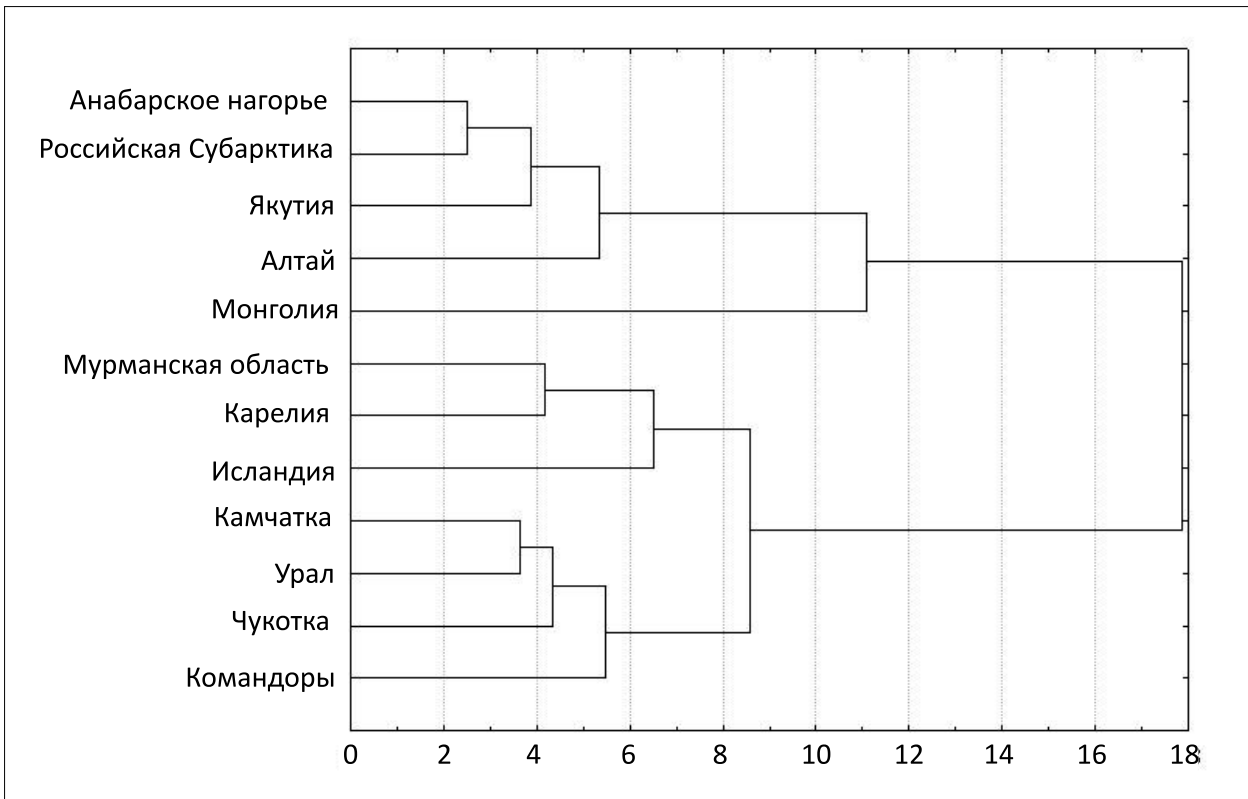


Рис. 2. Кластерограмма некоторых региональных и более крупных бриофлор Палеарктики по соотношению семейств, демонстрирующая разграничение континентальной Эосуарктики (в составе верхней клады) и преимущественно океанической Метасубарктики (нижняя клада)

пород, который показал однонаправленное действие климатических и эдафических факторов. Два наиболее весомых и взаимно противоположных вектора дифференциации петрофитных бриофлор Субарктики оказались комплексными: субокеанический-ацидофильный-олиготрофный и континентальный-базифильный-евтрофный. Мы предполагаем, что микроэволюция и расселение субокеанических (большой частью ацидофильных) и континентальных (в основном кальцефильных) видов в конце третичного и в четвертичном периоде происходили попеременно, в силу чередования холодных и сухих эпох оледенений и тёплых и влажных межледниковий. Такие смены климата приводили к расширению и сужению экологических и географических границ распространения групп континентальных и субокеанических видов. Этим можно объяснить нахождение их в настоящее время в рефугиумах в виде целых комплексов, хотя и несколько обеднённых.

Литература

1. Ignatov M.S. Moss diversity patterns on the territory of the former USSR // *Arctoa*. 1993. V. 2. P. 13–49.
2. Юрцев Б.А. Гипоарктический ботанико-географический пояс и происхождение его флоры. М.: Л. 1966. 93 с.
3. Afonina O.M., Chernyadjeva I.V. Mosses of Russian Arctic: check-list and bibliography // *Arctoa*. 1995. V. 5. P. 99–142.
4. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A., et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa*. 2006. V. 15. P. 1–130.
5. Fedosov V.E. Bryogeographical notes on Russian Subarctic // Thesis of International bryological conference dedicated to 100 years anniversary of R.N. Schlyakov. Apatity. 2012. P. 30–31.
6. Юрцев Б.А. Мегаберингия и криоксерические этапы истории её растительного покрова // Комаровские чтения. Владивосток. Вып. XXXIII. 1986. С. 3–53.
7. Fedosov V.E., Ignatova E.A., Ignatov M.S., Maksimov A.I., Zolotov V.I. Moss flora of Bering Island (Commander Islands, North Pacific) // *Arctoa*. 2012. V. 21. P. 133–164.
8. Юрцев Б. А. Флора Сунтар-Хаята: проблема истории высокогорных ландшафтов северо-востока Сибири. Л.: Наука, 1968. 235 с.
9. Fedosov V.E., Ignatova E.A., Ignatov M.S., Maksimov A.I. Rare species and preliminary list of mosses of Anabar Plateau (Subarctic Siberia) // *Arctoa*. 2011. V. 20. P. 153–174.

УДК 582.21 (481-922.1)

Современный этап и задачи изучения разнообразия печёночников, мхов, лишайников и цианопрокариот архипелага Шпицберген

© 2014. Н. А. Константинова, д.б.н., зав. лабораторией, О. А. Белкина, к.б.н., с.н.с., Д. А. Давыдов, к.б.н., с.н.с., Л. А. Конорева, к.б.н., н.с., А. А. Вильнет, к.б.н., с.н.с., Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН, e-mail: nadya50@list.ru

Подведены итоги 10 лет планомерных исследований разнообразия мхов, печёночников, лишайников и цианопрокариот архипелага Шпицберген коллективом сотрудников Полярно-альпийского ботанического сада-института Кольского НЦ РАН. Территория Шпицбергена изучена достаточно неравномерно и требует дальнейшего обследования, выявленное разнообразие видов по всем изученным группам велико, но, очевидно, неполно. Изучаемые организмы в большинстве случаев характеризуются мелкими размерами и высокой морфологической вариабельностью. Для некоторых групп ранее были описаны многочисленные арктические формы и разновидности. Тем не менее обнаружены образцы, которые невозможно чётко идентифицировать по анатомо-морфологическим данным, использование молекулярно-генетического подхода позволит уточнить систематику родов и видов, и, возможно, выявить новые для науки таксоны.

Results are given of 10-years of systematic research of diversity of mosses, liverworts, lichens and cyanoprokariota by team from Polar Alpine Botanical Garden-Institute (PABGI KSC RAS). The territory of Svalbard has been studied unequally and requires further investigation. The revealed diversity of all the groups of organisms is large, but obviously incomplete. Studied organisms in most cases are small and have high morphological variability. For some of them many arctic forms and variations were described early. Nevertheless, we found samples that can not be clearly identified by anatomical and morphological features. The use of molecular-genetic approach will clarify the taxonomy of genera and species, and possibly identify new taxa for the science.

Ключевые слова: мхи, печёночники, лишайники, цианопрокариоты, Шпицберген, флора, Арктика

Keywords: mosses, liverworts, lichens, cyanoprokaryotes, Svalbard, flora, Arctic

Ботаническое изучение Шпицбергена имеет длительную историю, которая неоднократно освещалась в различных источниках. Обобщение и критический анализ публикаций по разнообразию различных организмов на Шпицбергене выполнены в конце XX века. В том числе были опубликованы критические списки видов мохообразных [1], лишайников [2] и цианопрокариот [3]. Позднее эти списки пополнялись. Наиболее существенные изменения и дополнения были сделаны в отношении лишайников, последняя сводка по которым опубликована относительно недавно [4]. Заметно пополнился список цианопрокариот, история исследований которых и состояние изученности флоры проанализированы одним из авторов ранее [5]. Небольшие дополнения к флоре архипелага опубликованы позже [6 – 9, 29, 30, 35]. Дополнений по мхам и печёночникам, сделанным в XX веке зарубежными исследователями, немного и касаются они преимущественно находок отдельных таксонов [10 – 12].

В 2013 г. исполнилось 10 лет с начала планомерных работ по изучению разно-

образия мхов, печёночников, лишайников и цианопрокариот, проводимых на Шпицбергене сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада-института (ПАБСИ). В задачи исследований коллектива на архипелаге входило уточнение видового состава, включая описание арктических форм; выявление и анализ распространения видов на архипелаге, подготовка точечных карт распространения; изучение особенностей экологии видов на архипелаге; разработка ключей для определения и описаний видов изучаемых групп и подготовка на этой основе иллюстрированных флор.

Материалы и методы

Проведены сборы и сделаны краткие описания местообитаний в 16 пунктах архипелага Шпицберген (рис.). Использован традиционный маршрутный метод, обследованы все возможные местообитания и субстраты. Особое внимание уделяли микростообитаниям. Всего за 10 полевых сезонов собрано около 2500 образцов печёночников, 6000 – мхов, 5000 –

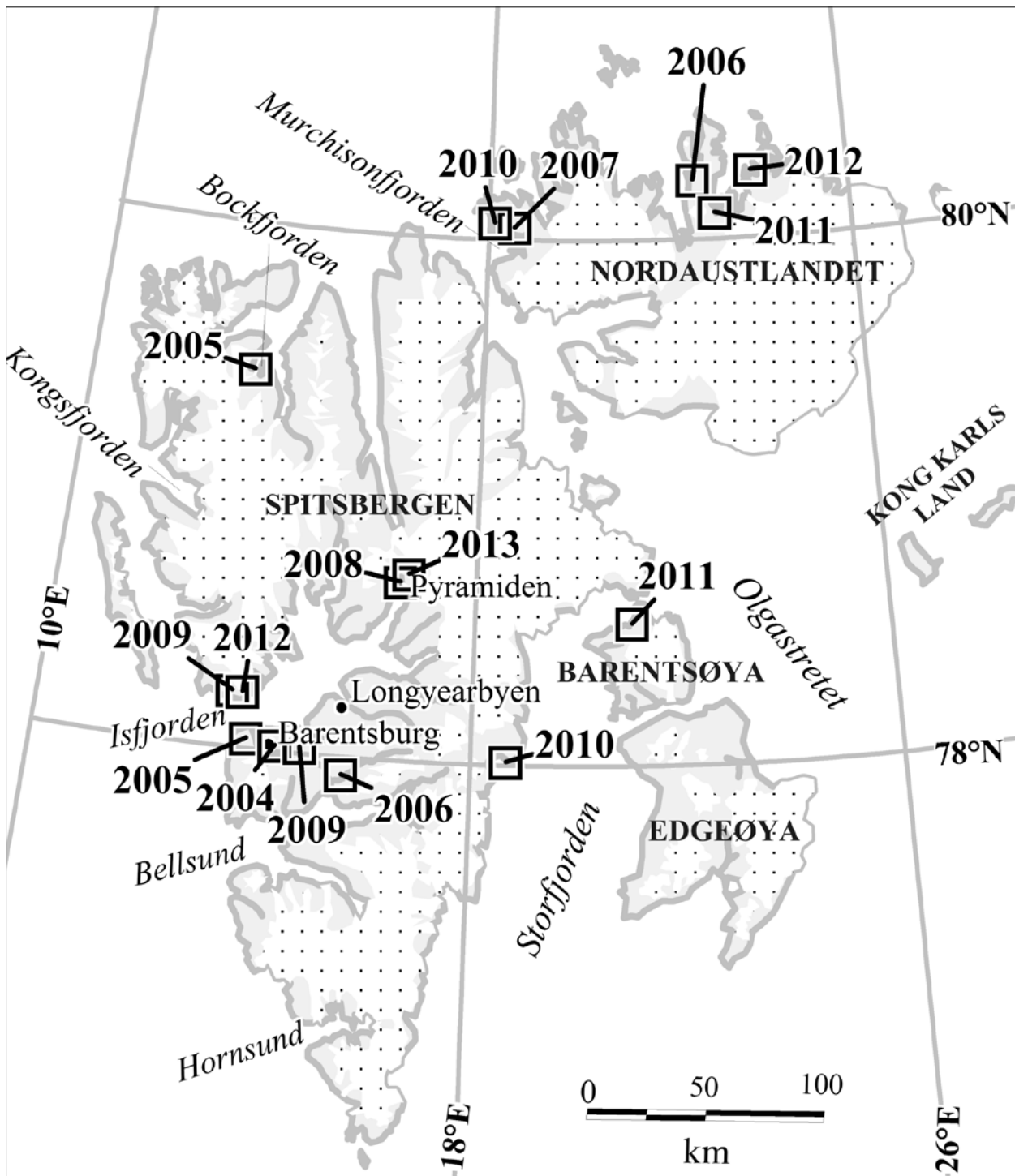


Рис. Места экспедиционных работ коллектива сотрудников ПАБСИ на архипелаге Шпицберген с 2004-го по 2013 год

лишайников и 2000 – цианопрокариот. Эта самая крупная в России и одна из крупнейших в мире коллекций с архипелага Шпицберген хранится в гербарии ПАБСИ КНЦ РАН (КРАВГ). Сведения из этикеток идентифицированных образцов вносятся в разработанные нами базы данных (БД) по мохообразным, лишайникам и цианопрокариотам, она доступна в сети (<http://91.228.200.16/цанопро/>).

Как сбор, так и определение мхов, печёночников, лишайников и цианопрокариот в высокоширотных районах сопряжены со значительными трудностями, на что неоднократно указывали практически все исследователи Арктики. Эти трудности обусловлены как суровыми климатическими условиями, в которых приходится работать, так и спецификой произрастания и облика растений в

Арктике. Мелкие размеры, множество видов в образцах, морфологическая вариабельность и наличие большого числа арктических форм и разновидностей приводят к тому, что идентификация, проводимая по стандартным методикам, с использованием самых современных определителей и монографических обработок, занимает много времени и тем не менее не всегда позволяет более или менее точно определить образец. В связи с этим в последние годы все чаще приходилось прибегать к использованию молекулярно-генетических методов. Методика выделения ДНК, амплификации и секвенирования фрагментов ITS1-2 яд ДНК, *trnL-F* и интрона гена *trnG* хп ДНК, методы молекулярно-филогенетического анализа подробно описаны в опубликованной ранее работе [13].

Результаты

В результате наших работ на архипелаге впервые выявлены 33 вида цианопрокариот [6, 7, 14, 15], 12 – печёночников [16, 17], 7 – лишайников [18], 5 – мхов. Кроме того, подтверждено нахождение на архипелаге по 11 видов печёночников и мхов, указывавшихся для региона ранее, но исключённых при подготовке сводного каталога [1]. Всего в настоящее время с учётом наших данных для Шпицбергена известно 208 видов цианопрокариот, 757 видов лишайников, 310 видов мхов и 108 видов печёночников.

Проанализировано состояние изученности флоры цианопрокариот архипелага [5], подведены итоги изучения локальных флор мхов [19] и лишайников [20]. Существенно уточнены данные о распространении и экологии многих видов, считавшихся здесь редкими или очень редкими [15, 18, 20 – 22 и др.].

Аннотированные списки видов по всем изучаемым группам организмов опубликованы только для восточного берега залива Грен-фьорд [15]. Из-за специфики идентификации видов списки для других обследованных нами территорий составляли по разным группам независимо друг от друга. Более или менее полные сводки подготовлены по цианопрокариотам для восточного берега залива Рийп-фьорд [6, 9, 23] и западного берега залива Грен-фьорд [7]. По печёночникам опубликован относительно полный список для северного побережья Мэрчисон-фьорда [24]. Составлены списки и проведён анализ локальных флор мхов районов долин Линне, Рейндален [19, 25, 26].

Неоднократно были обследованы окрестности пос. Пирамида (рис.). Для этой территории определён видовой состав цианопрокариот, насчитывающий 55 таксонов, в том числе 42 вида, пять таксонов указываются как *conformis*, для восьми не установлена видовая принадлежность. Список лишайников окрестностей пос. Пирамида дополнен 60 видами, среди которых *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy – новый для архипелага, пять видов являются редкими. С учётом новых данных в этом районе в настоящее время известно 143 вида. Это, по нашим оценкам, составляет около половины от общего разнообразия лишайников данного разнообразного в ценотическом и субстратном отношении района. В рассматриваемом районе найдено 118 видов мхов, в том числе 77 отмечено на территории самого посёлка. На стадии завершения находится идентификация образцов печёночников и подготовка аннотированных списков видов всех рассматриваемых групп для этого района.

Особое внимание уделено изучению флоры наименее исследованной территории архипелага – о. Северо-Восточная Земля, на котором обследованы пять локальных флор (рис.). Несмотря на то, что идентификация коллекций с этого острова ещё не завершена, сведения о разнообразии известных для данной территории видов рассматриваемых групп заметно пополнились. Впервые на о. Северо-Восточная Земля найдено 62 вида мхов, в том числе три новых для архипелага, и в настоящее время для этого острова известно 160 видов. Составлены списки мхов для районов залива Нордвика (80 видов) и Земли Принца Оскара (78). Завершена обработка и опубликованы данные о печёночниках северного берега Мэрчисон фьорда, где в окрестностях станции Кинвика зарегистрирован 31 вид; 23 таксона указаны впервые для острова, а два вида и одна разновидность – впервые для архипелага [24].

В результате обследования трёх территорий [27] и частичной обработки собранных материалов список лишайников острова увеличился на 44 вида и включает в настоящее время 267 видов. Среди впервые приведённых для о. Северо-Восточная Земля лишайников *Umbilicaria leiocarpa* DC. является новым для архипелага, *Gyalecta erythrozona* Lettau и *Rinodina terrestris* Tomin. ранее были известны из единичных точек нахождения на Шпицбергене и являются редкими в мире.

Проанализирован видовой состав цианопрокариот полярных пустынь Шпицбер-

гена, проведено сравнение с флорами других территорий (арх. Земля Франца Иосифа, Северная Земля, Новая Земля). Выявлены значительные различия видового состава, обусловленные, вероятно, разной степенью изученности, а не объективными причинами. Наиболее сходными (30%) оказались флоры цианопрокариот полярных пустынь Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа [9].

По большинству обследованных районов о. Западный Шпицберген опубликованы [18, 20 – 22 и др.] или подготовлены к печати только предварительные результаты.

В ходе проведённых исследований выяснилось, что представления о редкости многих видов на архипелаге не соответствуют действительности. Это объясняется как резкой дифференциацией флор, так недостаточной их изученностью. Виды, которые ранее относили к числу редких, нередки, а порой и обильны в подходящих для них местообитаниях. Например, из 28 печёночников, считавшихся очень редкими на Шпицбергене, большинство найдено в ходе наших работ в исследованных регионах, причём 9 из них локально могут быть обильны. С другой стороны, ряд видов, относимых к широко распространённым на Шпицбергене, локально могут быть очень редки или не представлены вовсе. Так, например, один из самых широко распространённых на архипелаге печёночников – *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort. не представлен в окрестностях пос. Пирамида.

При обследовании территории, освобождающейся ото льда в результате быстрого таяния одного из ледников Шпицбергена (Альдегонда), был прослежен процесс постепенного изменения флористического состава цианопрокариот [7] и мхов [28] в ходе первичной сукцессии. Выявлены пионерные виды, а также некоторые особенности заселения обнажившегося субстрата. Впервые на Шпицбергене обследованы популяции, стабильно существующие на льду ледников. В 2009 г. на леднике Восточный Гренфьорд были изучены популяции мхов *Hygrohypnella polare* (Lindb.) Ignatov et Ignatova, *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske [31], а в 2012 г. описано формирование двух- и трёхвидовых куртин мхов на льду.

Начато картирование распространения печёночников на архипелаге. По описанию местонахождений видов, приведённых в каталоге мохообразных Шпицбергена [1], составлена база данных мест сбора редких и очень редких печёночников, регулярно пополняемая новыми данными.

Ряд образцов печёночников, собранных на архипелаге, вовлечены в молекулярно-генетические работы с целью изучения разнообразия, внутривидовой вариабельности, распространения, филогении и систематики отдельных родов. Для 50 образцов печёночников получены последовательности ITS1-2 ядДНК и trnL-F хлДНК. Вариабельность по изученным локусам у шпицбергенских популяций *Barbilophozia hatcheri* (A. Evans) Loeske, *Plectocolea subelliptica* (Lindb. Ex Kaal.) A. Evans, *Lophozia excisa* (Dicks.) Dumort. низка, однако они значительно обособлены от популяций из других регионов [32, 33]. Включение ряда полученных последовательностей в построение филогенетических схем позволило уточнить идентификацию видов из родов *Lophozia* (Dumort.) Dumort., *Tritomaria* Schiffn. ex Loeske, *Jungermannia* L. и др., а также выявить новые для науки виды [34].

Заключение

Территория Шпицбергена изучена пока еще крайне неравномерно, собранные коллекции идентифицированы менее чем наполовину, выявленное разнообразие видов по всем изученным группам велико, но, очевидно, пока неполное. Наблюдается значительное число морфологически или экологически обособленных популяций (экоморф) цианопрокариот, подтверждение таксономического статуса которых требует дополнительных культуральных и молекулярно-генетических исследований. Значительно число образцов печёночников, которые невозможно достоверно идентифицировать по анатомо-морфологическим признакам. Проведение молекулярно-генетических исследований, вероятно, позволит более чётко дифференцировать таксоны, в том числе новые для науки.

В дальнейшем планируется вести работу по всем обозначенным выше направлениям. Будут продолжены обследования ранее неизученных территорий и подготовка аннотированных списков локальных флор. Важной составляющей обобщения результатов исследований останутся внесение информации в базы данных и подготовка на этой основе карт распространения видов. Полученные в предыдущие годы результаты, в том числе данные молекулярно-генетических исследований, позволяют приступить к таксономической обработке отдельных родов. Актуальной представляется подготовка ил-

люстрированных научно-популярных книг, включающих фотографии и дифференциальные описания широко распространённых на Шпицбергене цианопрокариот, лишайников, мхов и печёночников. Широкое распространение, обилие, продуктивность сообществ цианопрокариот на Шпицбергене делают возможным проведение экофизиологических исследований.

Литература

1. Frisvoll A. A., Elvebakk A. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Bryophytes Part 2 // Norsk Polarinstittutt Skifter. 1996. V. 198. P. 57–172.
2. Elvebakk A., Hertel H. Lichens. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Part 6 // Norsk Polarinstittutt Skifter. 1996. V. 198. P. 271–359.
3. Sculberg O.M. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Terrestrial and limnic algae and cyanobacteria. Part. 9 // Norsk Polarinstittutt Skifter. 1996. V. 198. P. 383–395.
4. Øvstedal D. O., Tønsberg T., Elvebakk A. The lichen flora of Svalbard // Sommerfeltia. 2009. V. 33. 393 p.
5. Давыдов Д. А. Цианопрокариота Шпицбергена, состояние изученности флоры // Ботан. журн. 2010. Т. 95. № 2. С. 169–176.
6. Давыдов Д. А. Дополнение к флоре цианопрокариот полярных пустынь Земли Принца Оскара (остров Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген: Матер. X междунар. науч. конф. (Мурманск, 27-30 октября 2010 г.). М. 2010. С. 374–376.
7. Давыдов Д. А. Видовой состав Цианопрокариота западного берега залива Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген) // Ботан. журн. 2011. Т. 96. № 11. С. 1409–1420.
8. Komárek J., Kovacik L., Elster J., Komárek O. Cyanobacterial diversity of Petuniabukta, Billefjorden, central Spitsbergen // Polish Polar Research. 2012. V. 33. P. 347–368.
9. Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota in polar deserts of Rijpfjorden east coast, North-East Land (Nordaustlandet) Island, Spitsbergen // Algological Studies. 2013. V. 142. P. 29–44.
10. Thinggaard K., Damsholt K. Bryological notes from Svalbard // Lindbergia. 2007. V. 31. P. 126–130.
11. Wojtuń B. The first documented record of *Sphagnum riparium* (Bryophyta: Sphagnaceae) from Spitsbergen // Polish Polar research. 2007. V. 28. №. 4. P. 269–276.
12. Hesse C., Jalink L. M., Stech M., Kruijer H.J.D. Contribution to the moss flora of Edgøya and Barentsøya, Svalbard (Norway) // Polish Bot. J. 2012. V. 57. № 1. P. 167–179.
13. Vilnet A.A, Konstantinova N.A, Troitsky A.V. Molecular phylogeny and systematics of the suborder Cephalozieae with special attention to the family Cephalozieaceae s.l. (Jungermanniales, Marchantiophyta) // Arctoa. 2012. V. 21. P. 113–132.
14. Давыдов Д. А. Наземные цианобактерии восточного побережья Грен-фьерда (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 377–382.
15. Королёва Н. Е., Константинова Н. А., Белкина О. А., Давыдов Д. А., Лихачёв А. Ю., Урбанавичене И. Н. Флора и растительность побережья залива Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген). Апатиты. 2008. 111 с.
16. Borovichev E.A. New liverwort records from Svalbard. 1. // Arctoa. 2010. V. 19. P. 280–281.
17. Konstantinova N.A., Savchenko A.N. Contribution to the hepatic flora of Svalbard // Lindbergia. 2008. V. 33. P. 13–22.
18. Konoreva L. Five lichen species new to Svalbard // Graphis Scripta. 2011. V. 23. P. 24–26.
19. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. Некоторые итоги изучения локальных флор листостебельных мхов архипелага Шпицберген // Тезисы конференции по созданию программы Международного полярного десятилетия. – Сочи, 2010а. http://www.onlinereg.ru/ipy2010/Abstracts_ipy2010.doc. С.82-83.
20. Конорева Л.А. Лишайники в локальных флорах архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген: Материалы. X Междунар. науч. конф. (Мурманск, 27-30 октября 2010 г.). М. 2010. С. 402–407.
21. Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П. К изучению лишайников Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты. 2004. Вып. 4. С. 290–295.
22. Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П. Лишайники в высокоширотных экосистемах Западного Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты. 2006. Вып. 6. С. 373–379.
23. Давыдов Д.А. Цианопрокариоты полярных пустынь Земли Принца Оскара (остров Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики: Материалы международной научной конференции. Вып. 8. М. 2008. С. 85–90.
24. Konstantinova N.A., Savchenko A.N. Contribution to the Hepatic flora of the Nordaustlandet (Svalbard). I. Hepatics of the north coast of Murchison Fjorden // Polish Botanical Journal. 2012. V. 57. № 1. P. 181–195.
25. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. К флоре листостебельных мхов долины Рейндален (о. Западный Шпицберген, Ван-Мейен-фьорд). // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики: Матер. VIII Междунар. конф. Вып. 8. (Мурманск, 9-11 ноября, 2008 г.). Мурманск. 2008. С. 33–37.
26. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. Флора листостебельных мхов долины озера Линне (о. Западный Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена: Материалы междунар. науч. конф. Вып.

10. (Мурманск, 27-30 октября 2010 г.). М.: Геос, 2010. С. 362–367.
27. Конорева Л. А., Редкие виды лишайников острова Северо-Восточная Земля (NORDAUSTLANDET), архипелаг Шпицберген // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: Материалы всероссийской конференции. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2013. С. 222–224.
28. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. Изменение видового состава мхов при первичной сукцессии после отступления ледника Альдегонда (о. Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Материалы Междунар. науч. конф. Вып. 11. (Мурманск, 1-3 ноября 2012 г.). М.: Геос, 2012. С. 27–33.
29. Matuła J., Pietryka M., Richter D., Wojtun B. Cyanoprokaryota and algae of Arctic terrestrial ecosystems in the Hornsund area, Spitsbergen // Pol. Polar Res. 2007. V. 28. P. 283–315.
30. Richter D., Matuła J., Pietryka M. Cyanobacteria and algae of selected tundra habitats in the Hornsund fiord area (West Spitsbergen) // Oceanol. Hydrobiol. Stud. 2009. V. 38. P. 65–70.
31. Белкина О.А., Мавлюдов Б.Р. Мхи на ледниках Шпицбергена // Ботан. журн. 2011. Т. 96. № 5. С. 582–596.
32. 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. V. 47. P. 403–418.
33. Vilnet A.A, Konstantinova N.A, Troitsky A.V. Molecular phylogenetic data on reticulate evolution in the genus *Barbilophozia* Löske (Anastrophyllaceae, Marchantiophyta) and evidence of non-concerted evolution of rDNA in *Barbilophozia rubescens* allopolyploid // Phytotaxa. 2012. V. 49. P. 6–22.
34. Bakalin V.A., Vilnet A.A. New combinations and new species of *Solenostoma* and *Plectocolea* (Solenostomataceae) from the Russian Far East // The Bryologist. 2012. V. 115. P. 566–584.

УДК 631.445.11:631.466.3:574.2 (234.851)

Разнообразие почвенных водорослей и цианопрокариот в наземных сообществах Полярного и Приполярного Урала

© 2014. Е. Н. Патова, к.б.н., зав. лабораторией, И. В. Новаковская, к.б.н., н.с.,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
e-mail: patova@ib.komisc.ru, novakovskaya@ib.komisc.ru

Проведено сравнительное изучение разнообразия почвенных водорослей и цианопрокариот растительных сообществ высотных поясов Полярного и Приполярного Урала. Всего выявлено 172 вида водорослей и цианопрокариот из пяти отделов, 10 классов, 27 порядков, 57 семейств и 81 род. Основу альгогруппировок формируют космополитные, эдафотфильные виды из отделов Chlorophyta и Cyanoprokaryota. Ведущие позиции в альгофлоре занимают виды из семейств Phormidiaceae, Chlamydomonadaceae, Chlorococcaceae. Отмечено высокое сходство видового состава изученных почвенных альгофлор Полярного и Приполярного Урала.

Abstract

Diversity of soil algae and cyanoprokaryota in plant communities was studied in altitude zones of Polar and Sub Polar Urals. 172 species of algae and cyanoprokaryota from 5 divisions, 10 classes, 27 orders, 57 families and 81 genera were identified. The basis of algae groups was formed by cosmopolitan and edaphophilic species from divisions Chlorophyta and Cyanoprokaryota. The species from Phormidiaceae, Chlamydomonadaceae, Chlorococcaceae families occupied leading positions in algae flora. The high similarity in specie's composition of the Polar and Sub Polar Urals was noted.

Ключевые слова: почвенные водоросли и цианопрокариоты,
Полярный и Приполярный Урал

Keywords: soil algae and cyanoprokaryota, Polar and Subpolar Urals

Полярный и Приполярный Урал – северные части Уральских гор с суровым, резко континентальным климатом, где выражены в той или иной степени горно-лесной, подгольцовый горно-тундровый и гольцовый вертикальные пояса. Почвенные водоросли являются одними из основных ценозообразователей на обнажённых в результате криогенных процессов грунтах в гольцовом и горно-тундровом высотном поясах. Наряду с другими споровыми растениями и лишайниками они участвуют в круговороте основных биогенных элементов и создании органического вещества почвы горных экосистем. Исследования почвенных водорослей Полярного и Приполярного Урала немногочисленны. В литературе имеются единичные сведения о неподвижных зелёных микроводорослях Полярного Урала [1], о цианопрокариотах западного и восточного склонов Северного и Полярного Урала [2–4], а также о водорослях Приполярного Урала на территории национального парка «Югыд ва» [5]. Цель работы – сравнительный анализ видового разнообразия почвенных водорослей в разных типах растительных сообществ гольцового и горно-тундрового поясов Полярного и Приполярного Урала.

Сборы водорослей проведены в июле-августе 2009–2011 гг. на Приполярном Урале в бассейне р. Балбанью (левый приток реки Кожым), на Полярном Урале в районе г. Константинов Камень и г. Малый Манясей. Сборы выполнены общепринятыми в почвенной альгологии методами. Выявление видового разнообразия проводили прямым микроскопированием криптогамных корочек, а также использовали накопительные культуры с последующим выделением из них монокультур. Выращивание водорослей проводили на жидких и агаризованных средах 3N-BBM и BG 11.

В течение трёх лет в горно-тундровых почвах на Полярном Урале выявлено 163 вида из 75 родов [4], на Приполярном Урале – 146 видов из 71 рода [5], коэффициент флористического сходства Сьёренсена-Чекановского для альгофлор составил 61%. Всего для этих двух районов Урала было выявлено 172 вида водорослей из пяти отделов, 10 классов, 27 порядков, 57 семейств и 81 род. В ходе проведённого исследования выявлены новые виды: *Porphyrosiphon lomniczensis* (Kol) Anagn. et Kom. – для почв России, *Gloeocapsopsis dvorakii* (Novaček) Kom. et Anagn. – для Российской Арктики и Урала, зелёные водоросли *Dictyococcus varians* Gerneck, *Graesiella*

vacuolata (Shihira et Krauss) Kalina et Punč., *Scenedesmus abundans* Meyen, *Pseudococcomyxa* cf. *pringsheimii* (Jaag) Kostikov et al., *Elliptochloris reniformis* (Watanabe) Ettl et Gärtner, *Neocystis broadiensis* Kostikov et al. – для почв европейского Севера. Наибольшее число видов относится к отделам Chlorophyta и Цианопрокариота. Ведущие семейства: *Phormidiaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Chlorococcaceae*. Представители семейств *Leptolyngbyoideae*, *Choricystidaceae* и *Myrmeciaceae* также довольно часто встречались в почвах гольцового и горно-тундрового поясов как Полярного, так и Приполярного Урала. В альгофлорах обоих регионов преобладают виды из родов *Phormidium*, *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*.

В исследованных альгофлорах Полярного и Приполярного Урала высока доля маловидовых (содержащих от 1 до 4 видов) семейств и родов, что свидетельствует об упрощённой организации сообществ водорослей горных почв. Эта закономерность в целом характерна для флор споровых и сосудистых растений в северных широтах [2].

В изученных сообществах водорослей горных местообитаний Урала преобладают в основном типично почвенные виды, незначительна доля гидрофильных и амфибиальных форм. В исследованных пробах достаточно часто встречались типичные обитатели почв: *Leptolyngbya foveolarum* (Rabh. ex Gom.) Anagn. et Kom., *Eustigmatos magnus* (B. Peters.) Hibberd, *Elliptochloris reniformis*, *Chlorella vulgaris* Beijer. var. *vulgaris* и виды рода *Pseudococcomyxa*. Доминирование эдафотрофных видов является характерной особенностью тундровых почв. Ранее она неоднократно отмечена другими авторами [1, 2]. Основная масса выявленных таксонов (более 65% от общего числа видов, для которых известна географическая приуроченность) относится к космополитам. Присутствие в списках арктоальпийских видов (12%) подчёркивает экстремальность условий горно-тундрового пояса Полярного и Приполярного Урала. Водоросли и цианопрокариоты представлены преимущественно коккоидными и нитчатными формами, также встречаются виды с сарциноидными и монадными талломами. Преобладание таксонов с коккоидной организацией в сообществах водорослей горно-тундровых фитоценозов объясняется их высокой устойчивостью к экстремальным условиям среды благодаря мелким размерам, утолщению клеточных оболочек, быстрому размножению и способности многих представителей образовывать слизи-

стые колонии. Нитчатые водоросли активно развиваются на поверхности почвы, формируя тонкие кожистые плёнки и дерновинки. Разнообразие таксонов данной жизненной формы в условиях резких колебаний температуры и влажности определяется свойствами протопласта, а также способностью выделять слизи или формировать полисахаридные чехлы, обеспечивающие устойчивость водорослей к резким перепадам влажности.

На больших высотах доминируют мелкие одноклеточные неподвижные зелёные водоросли из родов *Elliptochloris* и *Pseudococcomyxa* (в основном это лихенофильные виды – фотобионты лишайников). Среди цианопрокариот в гольцовом поясе с высокими частотой встречаемости и обилием отмечаются *Stigonema minutum* (Ag.) Hass. ex Born. et Flah. и виды рода *Nostoc*. С понижением высоты в горно-тундровых почвах становится более разнообразным состав доминантов, появляются крупноклеточные и нитчатые формы из родов *Calothrix*, *Chlamydomonada*, *Mesotaenium*, *Parietochloris*, *Scotiellopsis*, *Klebsormidium* и *Leptosira*.

В горно-тундровых почвах с низким содержанием азота возрастает роль видов-азотфиксаторов. Из 39 выявленных видов цианопрокариот 13 являются гетероцитными видами, способными фиксировать молекулярный азот. Наиболее часто массовое развитие азотфиксаторов в криптогамных корках отмечали в горно-тундровом поясе. Максимальное число азотфиксаторов (4) было обнаружено в альгогруппировках кустарничково-мохового (Полярный Урал) и разнотравно-злаково-ивнякового (Приполярный Урал) сообществ с высокой влажностью почвы. Известно, что для азотфиксирующих видов необходимы относительно высокая влажность, нейтральная реакция среды, а также обеспеченность почвы фосфором и кальцием [6], сочетание этих факторов в горно-тундровых почвах Урала встречается довольно редко.

Максимальное число видов (42 и 37) выявлено в пробах, отобранных на Приполярном Урале в пятнисто-каменисто-лишайниковом (высота около 700 м над ур. м.) и разнотравно-злаково-ивняковым (630 м над ур. м.) сообществах. Наименьшее видовое разнообразие (3 вида) отмечено в пробе из гольцового пояса мохово-лишайникового сообщества Полярного Урала (486 м над ур. м.). При помощи программного модуля «Graphs» [7] рассчитан коэффициент взаимного включения видов (рис.). Максимальное разнообразие водорослей зафиксировано для сообществ горно-

тундрового пояса Приполярного Урала, в список видов которого входит и большинство таксонов, обнаруженных в гольцовом поясе Приполярного Урала (коэффициент включения 70%) и горно-тундровом поясе Полярного Урала (56%). Наименьшее число видов обнаружено в гольцовом поясе на Полярном Урале. Это можно объяснить суровыми экологическими условиями местообитаний данного района Арктики в результате сочетанного воздействия широтной зональности и высотной поясности. Несомненно, экстремальные условия Полярного Урала (короткий вегетационный период, недостаток тепла, резкие перепады температуры и влажности, дефицит основных биогенных элементов в почве) негативно влияют на развитие альгогруппировок. При этом максимальные коэффициенты взаимного включения видов были получены для группировок водорослей, обитающих в соседних высотных поясах в пределах одного географического района (рис.).

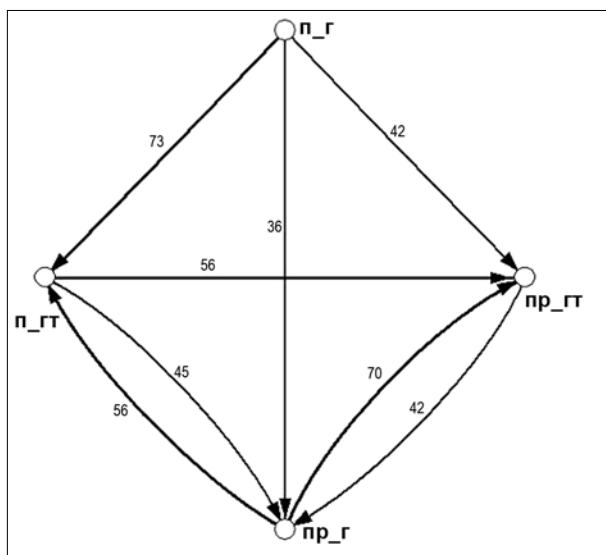


Рис. Коэффициент взаимного включения видов, рассчитанный для гольцового (г) и горно-тундрового (гт) поясов Полярного (п) и Приполярного (пр) Урала.

Заключение

Таким образом, в растительных сообществах гольцового и горно-тундрового пояса Полярного и Приполярного Урала отмечено относительно высокое видовое разнообразие почвенных цианопрокариот и водорослей. Сводный список насчитывает 172 вида из 81 рода, 57 семейств, 27 порядков 10 классов и пяти отделов. Отмечено высокое сходство видового состава изученных почвенных альгофлор Полярного и Приполярного Урала

(коэффициент Сьёренсена-Чекановского составил 61%). В них преобладают в основном космополитные, эдафотфильные виды из отделов Chlorophyta и Cyanoprokaryota. Ведущие позиции в альгофлорах занимают в структуре семейств – *Phormidiaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Chlorococcaceae*, в родовом спектре – *Phormidium*, *Chlamydomonas* и *Chlorococcum*.

Характерной особенностью видового состава почвенных альгогруппировок высотных поясов северных районов Урала является преобладание мелкоклеточных видов и колониальных форм с мощными слизистыми оболочками. Наиболее разнообразны по составу альгогруппировки горно-тундрового пояса Приполярного Урала. Большая часть обнаруженных видов выделена в культуру и поддерживается в живой коллекции водорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 10-04-01446, совместного проекта конкурсных программ научных исследований УрО РАН и СО РАН «Водоросли наземных экстремальных местообитаний арктических и бореальных горных регионов России» (№ 12-С-4-1002) и программе фундаментальных исследований УрО РАН «Арктика», № 12-4-7-006-Арктика.

Литература

1. Андреева В.М., Чаплыгина О.Я. Почвенные неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) Полярного Урала // Новости систематики низших растений. 2007. Т. 41. С. 15–19.
2. Гецен М.В., Стенина А.С., Патова Е.Н. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург. 1994. 148 с.
3. Давыдов Д.А., Патова Е.Н. База данных Cyanoprokaryota европейской части Российской Арктики и прилегающих районов. 2009. http://ib.komisc.ru/add/j2/index.php?option=com_wrapper&Itemid=241
4. Новаковская И. В., Патова Е. Н. Цианопрокариоты и водоросли горно-тундровых почв северной оконечности Полярного Урала // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2013. Т. 118. Вып. 5. С. 57–66.
5. Новаковская И.В., Патова Е.Н., Шабалина Ю.Н. Почвенные водоросли горно-тундровых сообществ Приполярного Урала (национальный парк «Югыд ва») // Бот. журн. 2012. Т.97. № 3. С. 305–320.
6. Lennihan R., Dickson L.G. Distribution, abundance and physiological aspects of *N. commune* in a high Arctic ecosystem // J. Phycology. 1989. 25. № 2. P. 16.
7. Новаковский А.Б. Обзор современных программных средств, используемых для анализа геоботанических данных // Растительность России. 2006. № 9. С. 86–96.

Растительность и структурные грунты Арктики

© 2014. С. С. Холод, к.б.н., зав. лабораторией,
Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
e-mail: sergeikholod@yandex.ru

Рассмотрена связь между растительностью и структурными грунтами на примере арктических тундр острова Врангеля. Проведена ординация синтаксонов в осях гранулометрического состава, диаметра полигонов и превышения центра полигона над окружающей ложбинкой. Установлен стохастический характер связи растительности и структурных грунтов: одному структурно-морфологическому типу грунтов соответствует несколько синтаксонов, а один синтаксон может встречаться в нескольких типах структурных грунтов.

Relation between vegetation and structural grounds is investigated on the example of arctic tundra of Wrangel Island. Ordination of syntaxa in the axes of granulometric composition, polygon diameter and increased of central part of the polygon under its borders were made. It was set a stochastic relationship of vegetation and structural grounds: one structural-morphological type of soil corresponds to several syntaxa and one syntaxon can occur in several types of structural grounds.

Ключевые слова: синтаксоны, структурные грунты, ординация растительности, Арктика

Keywords: syntaxa, structural grounds, ordination of vegetation, Arctic

Структурные грунты (СГ) – формы микро- и нанорельефа, возникающие в результате ряда процессов, характерных для области развития мерзлых грунтов: криостатического напора, пучения, криотурбаций и ряда других. Вопросы воздействия таких грунтов на растительность традиционно находятся в центре внимания отечественных геоботаников и тундроведов [1 – 4].

В настоящее время принята классификация структурных грунтов, в соответствии с которой выделяется пять их основных типов: пятна-медальоны (круги), полигоны, сети, ступени, полосы [5]. При этом три первых типа представляют собой изоморфные образования, элементарной составляющей которых является ячейка. Последние два типа – производные от первых, как правило, вытянуты вдоль по склонам. Каждый из этих типов делится на две категории: сортированные и несортированные. Форма и размеры структурных грунтов, их морфометрические параметры (диаметр полигонов, ширина полос, глубина ложбинки, разделяющей пятна или полигоны, превышение бортика-валика над центром полигона и ряд других) тесным образом связаны с характером поселяющейся на них растительности. Определяется это в основном соотношением факторов увлажнения почво-грунтов, степени заснеженности, глубины сезонно-талого слоя и гранулометрического состава.

Для анализа характера взаимоотношений структурных грунтов с растительностью нами использованы синтаксоны классификации растительности о. Врангеля, на котором достаточно полно представлены все отмеченные выше типы структурных грунтов. Результаты флористической классификации растительности, выполненной для острова [6], позволяют проследить реакцию растительности на морфометрические параметры структурных грунтов с использованием для этого единиц ранга ассоциации, субассоциации, варианта. Особенности такой реакции выявлены на основе методов ординации растительности, в частности, прямого градиентного анализа. Для целей более детального исследования характера взаимоотношений структурных грунтов и растительности пять типов структурных грунтов подразделены на более мелкие единицы – структурно-морфологические типы. Для каждого из них указан синтаксон (или их группа), сообщества которого встречаются в его пределах. Всего выделено 11 структурно-морфологических типов. Основные параметры последних и их растительность представлены в таблице (фрагменте). В качестве примера рассмотрена структура несортированных суглинистых бугров-полигонов с *Artemisia tilesii* и другими травами, где верхушки полигонов возвышаются над днищем ложбинок на 8-10 см (тип 5: табл., рис. 1).

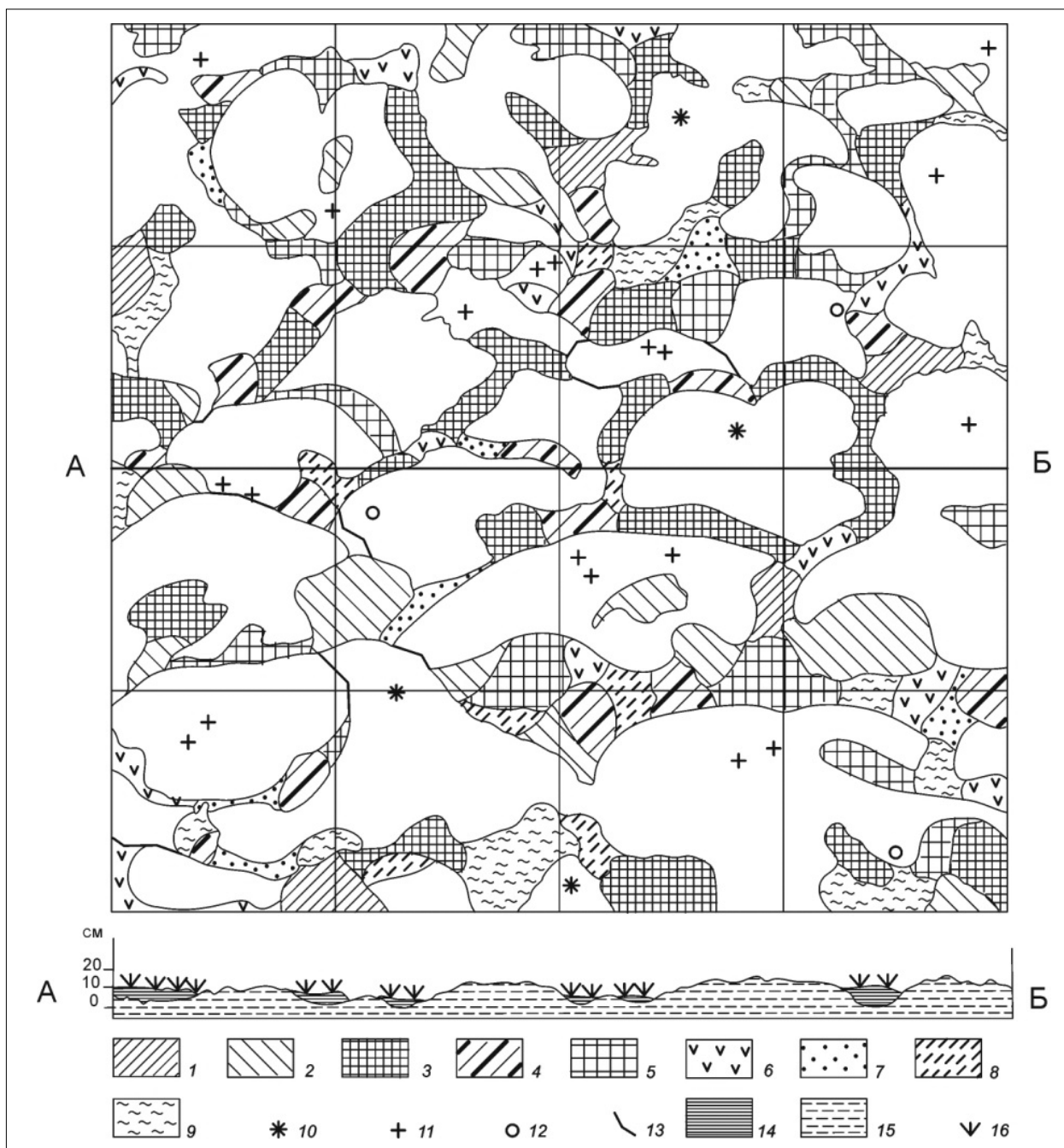


Рис. 1. Несортированные пятна-полигоны с центральной частью, возвышающейся над ложбинкой

Цифрами обозначены:

план: 1 – *Artemisia arctica* subsp. *ehrendorferi*, 2 – *A. tilesii*, 3 – *Saxifraga firma*, 4 – *Oxyria digyna*, 5 – *Potentilla hyparctica*, *Valeriana capitata*, 6 – *Luzula confusa*, 7 – мхи, 8 – лишайники, 9 – ветوشь, 10 – *Deschampsia borealis*, 11 – *Festuca brachyphylla*, 12 – *Rhodiola rosea*, 13 – трещины, разделяющие пятна грунта;

профиль: 14 – слой ветوشи и гумуса, 15 – минеральный грунт, 16 – растительность; А–Б – профиль.

Приведённая таблица позволяет осуществить два важных этапа исследования: 1) выявить синтаксоны, встречающиеся в большом числе типов; 2) установить синтаксономическую ёмкость типов, в частности, выявить типы с максимальным числом синтаксонов. В первом случае (рис. 2) можно

видеть, что синтаксонами, сообщества которых осваивают наибольшее число структурно-морфологических типов, являются ассоциации *Oncophoro wahlenbergii*–*Deschampsietum borealis* субасс. *racomitrietosum lanuginosi* и *Salici polaris*–*Sanionietum uncinatae*: первые встречены в пяти типах, вторые – в четырёх.

Основные параметры структурных форм грунтов (пятна и полигоны) и их растительность (фрагмент данных)

Структурно-морфологический тип	Гранулометрический состав	Степень сортированности	Форма (в плане) и размеры пятен или полигонов	Положение пятна относительно дернины	Трещины и их ширина, см	Синтаксоны
1	Тяжелые суглинки	Несортированные	Пятна неправильной формы, от 0,3 до 0,9 м	Погружено в дернину на 10-20 см	Редкие, мелкие, до 0,5 см или без них	acc. <i>Oncophoro wahlenbergii</i> — <i>Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>racomitrietosum lanuginosi</i>
3	Средние суглинки	Несортированные	Пятна округлые или овальные от 0,25 до 0,40 м	Погружено в дернину на 10-20 см	Отсутствуют	acc. <i>Salici polaris</i> — <i>Sanionietum uncinatae</i>
4	Средние суглинки	Несортированные	Пятна неправильной формы от 0,6 до 1,2 м, вторичные полигоны неправильной формы	Ниже дернины на 8-10 см или вровень с дерниной	Нерегулярные, от 0,5 до 2,0 см	acc. <i>Oncophoro wahlenbergii</i> — <i>Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>racomitrietosum lanuginosi</i>
5	Средние суглинки	Несортированные	Пятна-полигоны, 0,5-0,6 м, вторичные полигоны 0,25-0,40 м	Центральная часть пятна возвышается над ложбиной на 10 см	Регулярные, 8-10 см	acc. <i>Salici polaris</i> — <i>Sanionietum uncinatae</i> , acc. <i>Artemisio tilesii</i> — <i>Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>typicum</i> , A. t.—D. b. субасс. <i>salicetosum reptantis</i> var. <i>inops</i>

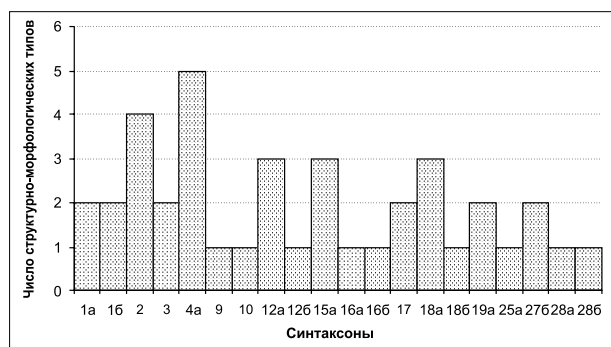


Рис. 2. Число структурно-морфологических типов, осваиваемых сообществами разных синтаксонов

Синтаксоны (нумерация приведена по работе [6]):
 1a – acc. *Carici lugentis*–*Hylocomietum alaskani* var. *inops*, 16 – acc. *C. l.* – *H. A.* var. *typicum*, 2 – acc. *Salici polaris*–*Sanionietum uncinatae*, 3 – acc. *Cladino arbusculae*–*Luzuletum nivalis*, 4a – acc. *Oncophoro wahlenbergii*–*Deschampsietum borealis* субасс. *racomitrietosum lanuginosae*, 9 – acc. *Arctophiletum fulvae* вук. *Warnstorfia fluitans*, 10 – acc. *Carici membranaceae*–*Dryadetum integrifoliae*, 12a – acc. *Parryo nudicaulis*–*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum*, 12b – acc. *P. n.* – *D. p.* субасс. *salicetosum callicarpaeae*, 15a – acc. *Oxytropidi wrangelii*–*Dryadetum integrifoliae* фау. *typica*, 16a – acc. *Salici callicarpaeae*–*Dryadetum chamissonis* var. *typicum*, 16b – acc. *S. c.* – *D. c.* var. *Salix rotundifolia*, 17 – acc. *Melanelio stygiae*–*Umbilicarietum proboscidea*, 18a – acc. *Pseudephebeo pubescentis*–*Bryocauletum divergentis* var. *typicum*, 18b – acc. *P. p.* – *B. d.* var. *Poa malacantha*, 19a – acc. *Oxytropidi czukoticae*–*Salicetum phlebophyllae* var. *ditrichetosum flexicaulis*, 25a – acc. *Saxifrago firmae*–*Luzuletum confusae* субасс. *typicum*, 27b – acc. *Saxifrago oppositifoliae*–*Oxytropidetum gorodkovii* субасс. *salicetosum rotundifoliae*, 28a – acc. *Artemisio tilesii*–*Deschampsietum borealis* субасс. *typicum*, 28b – acc. *A. t.* – *D. b.* субасс. *salicetosum reptantis* var. *inops*.

Сообщества данных синтаксонов формируются в крайне жёстких климатических условиях, которые характерны для южного варианта полярных пустынь и северного варианта арктических тундр. Они преобладают, как правило, в зональных условиях, характерной чертой которых является погодичная и внутрисезонная вариабельность климатических и гидрологических характеристик. Можно предположить, что большой диапазон условий, в которых существуют эти фитоценозы, является предпосылкой освоения ими большого числа структурно-морфологических типов структурных грунтов. Для второго случая (рис. 3) отмечено преобладание типа 7 – сортированных щебнисто-суглинистых пятен с превышением их центра над ложбинками, составляющим 5–7 см. Этот тип СГ по ряду параметров (гранулометрический состав, условия увлажнения и заснеженности) занимает центральные позиции на градиенте ряда факторов среды, что и определяет здесь условия формирования сообществ, относящихся к разным синтаксонам.

Ординация синтаксонов в осях гранулометрического состава и диаметра полигона (рис. 4) позволила выявить две их группы. Первая из них (правая часть схемы) приурочена к тонкодисперсным грунтам (содержание частиц размером <0,125 мм более 50%) и малым диаметром полигонов (менее 90 см), вторая (левая часть) – к грубодисперсным (менее

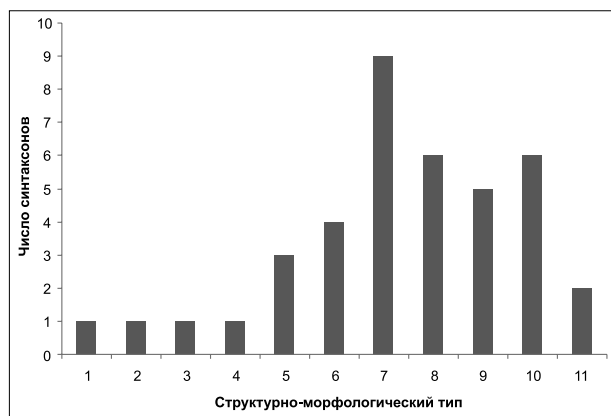


Рис. 3. Синтаксономическая ёмкость структурно-морфологических типов

Цифрами обозначены структурно-морфологические типы: 2 – несортированные средне- и тяжелосуглинистые полигоны, 6-12 – сортированные пятна-полигоны с возрастанием содержания фракции щебня, глыб и плитняка от типа 6 к типу 12. Типы 1, 3-5 отражены в таблице.

30%), с большим диаметром полигонов (более 100 см). В первой группе отмечено наибольшее число синтаксонов, занимающих зональные позиции (травяно-ивово-моховые и дриадо-

вые тундры). Синтаксоны второй приурочены к интразональным позициям, в частности, горным склонам, где преобладают лишайники и петрофитное разнотравье.

Другая ординационная схема (рис. 5) позволяет установить положение синтаксонов в осях диаметра полигонов и высоты центра площадки над ложбинкой. Здесь также можно выделить две группы синтаксонов. В левой части схемы – их максимальное количество (в основном это зональные типы). Это позволяет сделать вывод, что большая часть сообществ формируется на таких структурных грунтах, где перепад высот между центром полигона и дном ложбинки невелик. Причём это могут быть случаи, когда дернина в виде валика возвышается над центром пятна на 5–7 см (пятно «утоплено» в дернину) или, наоборот, центр пятна выше ложбинки на несколько сантиметров. С увеличением диаметра полигонов высота площадки над ложбинкой увеличивается (примерно до диаметра, равного 120 см). Этому случаю соответствуют синтаксоны с господством лишайников и трав (правая часть схемы).

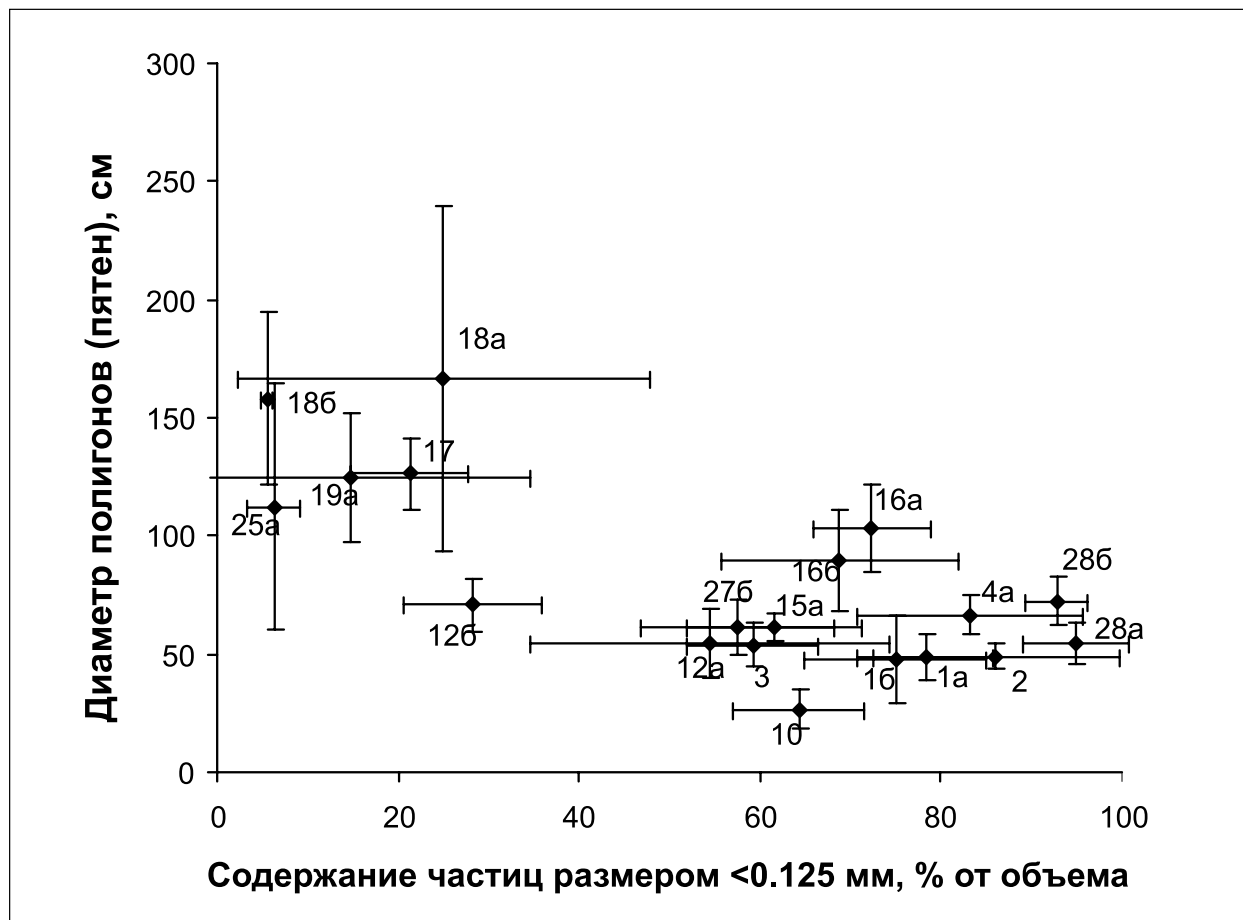


Рис. 4. Ординация синтаксонов в осях гранулометрического состава и диаметра полигонов. Обозначения те же, что и на рис. 2.

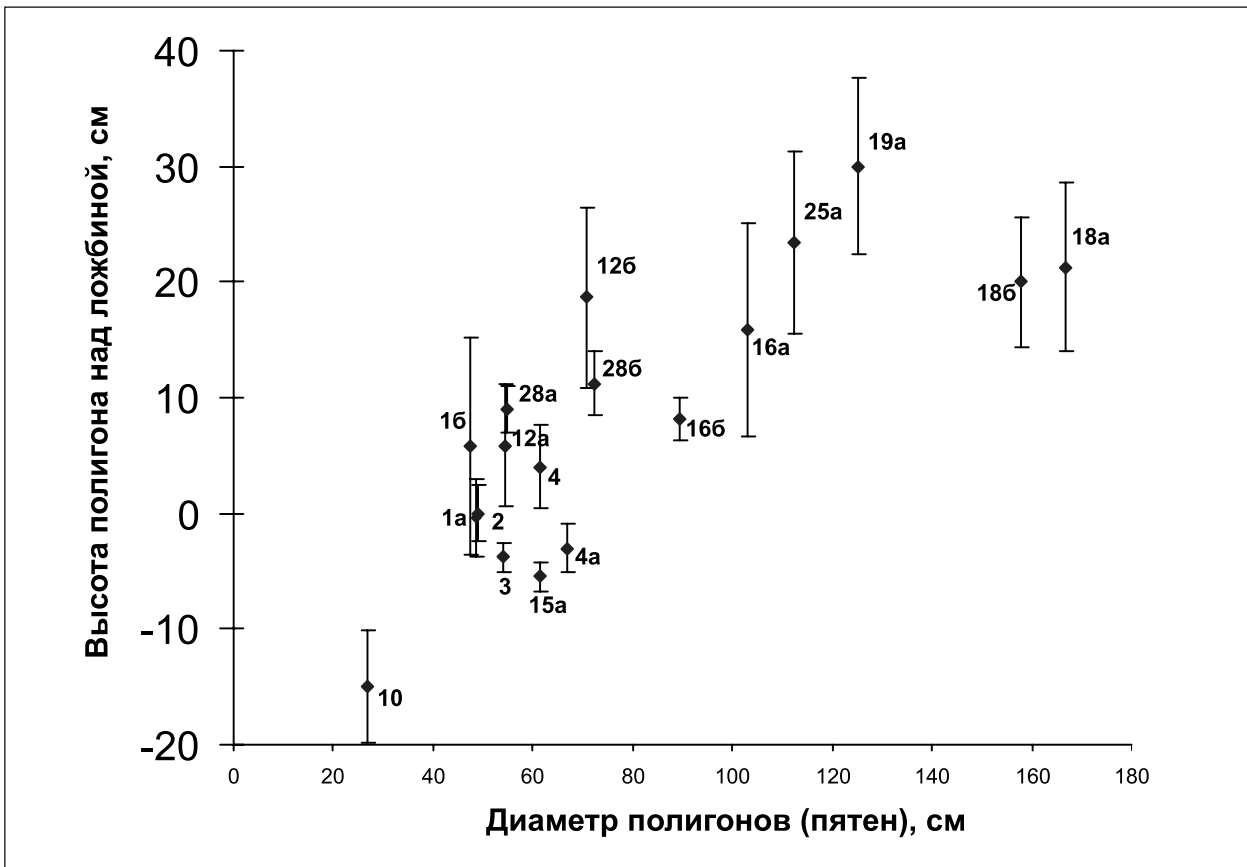


Рис. 5. Ординация синтаксонов в осях диаметра полигонов и высоты полигона над ложбиной
Обозначения те же, что и на рис. 2.

Рассмотренные зависимости позволяют сделать вывод, что связь между растительностью (синтаксономическим спектром) и структурными грунтами носит стохастический характер. Это проявляется в том, что одному структурно-морфологическому типу соответствует несколько синтаксонов, а один синтаксон может встречаться в нескольких типах структурных грунтов. Наибольшее число синтаксонов выявлено для щебнисто-мелкоземистых грунтов (содержание частиц <0,125 мм более 50 %) при диаметре полигонов от 40 до 90 см, с положением бортика-валика относительно центра полигона в диапазоне ± 5 см. К структурным грунтам со средними значениями ряда параметров (гранулометрический состав, увлажнение, степень заснеженности) приурочена основная часть синтаксонов, формирующихся в зональных условиях.

Литература

1. Городков Б.Н. Почвенно-растительный покров острова Врангеля // Растительность Крайнего Севера СССР и её освоение. М.; Л. 1958. Вып. 3. С. 5–58.
2. Говорухин В.С. Пятнистые тундры и пликативные почвы Севера (К 50-летию теории пятнистых тундр В. Н. Сукачева) // Землеведение. 1960. № 5. С. 123–144.
3. Игнатенко И.В., Норин Б.Н. Динамика пятнистых тундр восточноевропейского Севера // Проблемы ботаники. 1969. Вып. 11. С. 72–90.
4. Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М. 1979. 116 с.
5. Уошборн А.Л. Мир холода. Геокриологические исследования. М. 1988. 384 с.
6. Холод С.С. Классификация растительности острова Врангеля // Растительность России. 2007. № 11. С. 3–135.

**Первичные сукцессии на карьерах как натурная модель
для изучения процессов формирования наземных экосистем**

© 2014. О. И. Сумина, д.б.н., зав. кафедрой,
Санкт-Петербургский государственный университет,
e-mail: sumina@bio.spbu.ru

Карьеры стройматериалов – территории со сложным рельефом и набором разнообразных экотопов – удобная натурная модель для изучения процессов формирования растительного покрова в расчлененном ландшафте. В 2 карьерах лесотундры возрастом 3 и 30 лет картировали растительность в 1995, 1999, 2003 и 1999, 2003 гг. соответственно. Анализ 5 карт позволил выявить закономерности первичных сукцессий и создать модель развития растительности на экотопически гетерогенной территории. Основной тренд сукцессии – увеличение площади сообществ умеренно влажных местообитаний и стабилизация условий развивающейся растительностью.

Quarries for the building materials extraction as territories with complex relief and a set of various habitats are a good full-scale model for study of vegetation development processes within heterogeneous landscape. In 2 forest-tundra quarries, where recovering time was 3 and 30 years, vegetation mapping took place in 1995, 1999, 2003 (in the new quarry), and in 1999, 2003 (in the old one). The analyses of the obtained 5 maps allowed revealing the common features of primary successions and formulate the model of vegetation development on heterogeneous territory, where different habitats are adjacent. The main trend of succession is the increasing of areas occupied by communities of moderate moistening habitats, and the environment stabilization by the plant cover.

Ключевые слова: регенерация экосистем, первичные сукцессии, динамика растительности, карьеры, модель первичной сукцессии, прогноз восстановления растительности, Крайний Север

Keywords: ecosystems regeneration, primary successions, vegetation dynamics, quarries, model of primary succession, vegetation recovery prediction, Far North

В условиях усиливающегося антропогенного пресса растёт значение фундаментальных исследований регенеративной функции биосферы, особенно в районах Крайнего Севера, играющих важную роль в её саморегуляции. Лёгкая ранимость и замедленная регенерация северных экосистем усиливают актуальность изучения их восстановления после нарушений. Особенно важны исследования реакции растительности, так как она одновременно служит индикатором и степени нарушения, и регенеративного потенциала экосистемы, т.е. интегральным показателем общего состояния экосистемы и протекающих в ней динамических процессов.

Удобным объектом для выяснения закономерностей стартового этапа формирования наземных экосистем и процессов освоения растительностью свободных территорий могут служить зарастающие карьеры строительных материалов. По сравнению с другими объектами, традиционно используемыми для изучения первичных сукцессий (вулканические лавы, приледниковые территории, карьеры

для добычи полезных ископаемых, отвалы пустой породы), они наиболее близко воспроизводят естественные условия среды, так как не обладают субстратами специфического химического состава (нередко токсичными) и не испытывают влияния холодных вод тающих ледников.

Наиболее точные сведения об изменениях растительного компонента экосистем дают прямые долгосрочные наблюдения. Как правило, их проводят на ключевых участках, размещённых в пределах одного сообщества и обладающих определённой экотопической однородностью. Однако в природе соседствуют различные местообитания, зачастую контрастные по условиям, и это не может не сказываться на сукцессионных процессах, протекающих в них.

Каждый карьер – это гетерогенная территория со сложным рельефом поверхности и набором разнообразных экотопов (рис. 1). Неоднородность среды усугубляется тем, что грунты в карьерах как по своей геологической природе, так и вследствие проводившихся

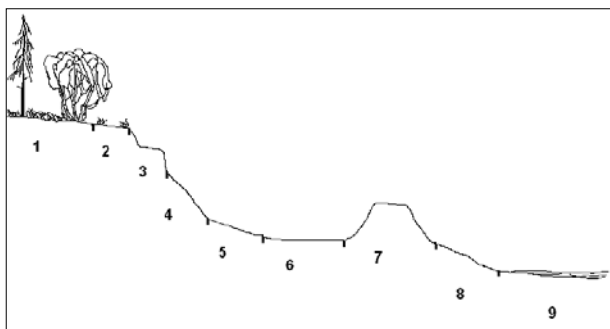


Рис. 1. Разнообразие экотопов карьера

Обозначения: 1 – ненарушенное сообщество, 2 – периферийная часть с фрагментами нарушенной растительной дернины, 3 – ступени на склонах бортов, 4 – крутые склоны, 5 – намывы грунта под склонами, 6 – ровные поверхности днища, 7 – останцы и кучи грунта, 8 – пологие склоны, 9 – водоёмы.

работ часто оказываются смешанными (щебень с прослоями суглинка, песок с примесью гальки и т. п.). Таким образом, самозарастание карьеров, воспроизводящее процесс становления экосистем на свободных минеральных субстратах, может служить натурной аналоговой моделью формирования растительного покрова в пределах расчленённого ландшафта.

Цель наших исследований – выяснить закономерности первичных сукцессий растительности на экотопически гетерогенной территории. Задачи: 1) провести прямые долгосрочные наблюдения за восстановлением растительности на карьерах путём периодического сплошного картирования их растительного покрова, 2) проанализировать динамику растительности и выявить тренды восстановительной сукцессии.

В качестве объекта избраны два разновозрастных песчано-супесчаных карьера лесотундры (г. Лабытнанги Ямало-Ненецкого АО). «Новый» карьер существует с 1991 г. и к началу наблюдений (1994 г.) зарастал три года. На «старом» исследования были начаты в 1998 г., к этому времени зарастание длилось 30 лет. Карьеры площадью 1,3 и 0,8 га соответственно расположены в 7 км друг от друга. Оба возникли на месте берёзово-лиственничных кустарничково-лишайниково-моховых редин.

Для анализа отобраны материалы картирования 1995, 1999, 2003 гг. для нового карьера и 1999, 2003 гг. – для старого. Для пяти картосхем растительности составлена единая легенда, включившая 85 номеров [1]. Контуры в ней сгруппированы по увлажнению (растительность сырых, контрастно влажных, умеренно влажных и сухих местообитаний). В

пределах каждой группы с учётом жизненных форм видов, играющих важную роль в формирующихся сообществах, выделены типы контуров: сообщества трав, сообщества трав с проростками ив, сообщества с преобладанием ив, сообщества с древесным подростом и пр. Так удаётся отразить особенности разных этапов заселения свободных субстратов. При создании картосхем использована программа MapInfo, что позволило оценить в процентах относительную площадь всех выделенных контуров.

В зависимости от приёмов разработки карьера часть его площади (5–15%) может быть занята сообществами, развивающимися там, где сохранились фрагменты старой растительной дернины. На таких участках складываются наиболее благоприятные условия для формирования растительного покрова: общее покрытие достигает здесь 75–90% уже через 3–4 года после окончания эксплуатации карьера. Однако восстановление в этом случае идёт по типу вторичной сукцессии, поэтому в дальнейший анализ такие участки не включены.

Сравнение растительности нового и старого карьеров (табл.) показало, что в них сообщества водоёмов и обсыхающих луж занимают примерно одинаковую площадь (5–8%). Мало различаются и территории, занятые растительностью сухих экотопов, на которые в каждом карьере приходится 20–25%. Заселение сухих участков на «новом» карьере активно шло в 1995–1999 гг.: за 4 года площадь под растительностью здесь увеличилась в 20 раз, но в дальнейшем мало менялась. Площадь сообществ, приуроченных к участкам с контрастным режимом увлажнения (относительно сухие экотопы с временным избыточным увлажнением после дождей и таяния снега), на новом карьере с 1995-го по 1999 г. увеличилась вдвое и в 2003 г. превысила 25%. На старом карьере такая растительность занимает около 15% территории. Наибольшие различия между карьерами выявляются по растительности умеренно влажных экотопов. На «старом» карьере она занимает более 50% площади. На «новом» карьере за первые 4 года наблюдений её площадь выросла до 22%, но в 2003 г. составила 16%. Таким образом, растительность местообитаний с контрастным режимом увлажнения больше представлена на «новом» карьере, а умеренно влажных – на «старом».

Данные о зарастании разновозрастных карьеров позволяют проследить последо-

Таблица

Площадь растительности различных экотопов в разновозрастных карьерах

Карьер	Новый			Старый	
	1995	1999	2003	1999	2003
Год наблюдений	4	8	12	31	35
Время зарастания, лет	4	8	12	31	35
Участки незадернованного грунта	59,5	1,1	-	-	-
Водоёмы и лужи (открытое зеркало воды)	7,9	5,3	-	-	-
Свалки мусора	-	3,4	4,9	-	-
Дороги	2,2	3,6	4,5	-	-
Площадь, занятая растительностью	30,4	86,6	90,6	100	100
в том числе:					
<i>Сообщества водных и околоводных экотопов:</i>	-	5,4	8,2	5,6	5,0
сообщества влаголюбивых трав	-	5,4	8,2	5,6	5,0
<i>Сообщества контрастно влажных экотопов:</i>	11,5	23,6	26,3	14,8	16,7
сообщества трав	1,6	14,8	7,8	0,4	0,6
сообщества трав с участием мхов	0,9	0,8	2,5	3,8	2,2
сообщества с участием ив	9,0	2,1	3,7	10,6	13,9
сообщества с доминированием ив	-	5,9	12,3	-	-
<i>Сообщества умеренно влажных экотопов:</i>	7,9	21,7	15,7	52,1	55,6
сообщества трав	3,3	-	0,1	-	-
сообщества трав с участием мхов	-	-	-	5,1	3,3
сообщества с участием ив	2,5	4,9	-	7,5	5,1
сообщества с доминированием ив	-	13,3	14,4	22,5	8,0
сообщества с участием ольховника, лиственницы и берёзы	2,1	3,5	1,2	0,5	2,0
сообщества с участием лишайников и подроста деревьев	-	-	-	16,5	37,2
<i>Сообщества сухих экотопов:</i>	1,2	21,1	23,9	23,5	17,9
сообщества трав	1,2	17,4	11,6	8,9	6,6
сообщества с участием ольховника, лиственницы и берёзы	-	3,7	12,3	-	-
сообщества с участием лишайников	-	-	-	14,6	11,3
<i>Сообщества участков с фрагментами старой дернины</i>	9,8	14,8	16,5	4,0	4,8

Примечание: указан % от площади карьера.

вательные этапы первичной сукцессии на неоднородной территории со сложным рельефом поверхности. Происходит постепенное смыкание растительного покрова, увеличиваются значения его общего проективного покрытия (рис. 2). Во многих сообществах начинают доминировать кустарниковые ивы, появляется подрост древесных пород, в напочвенном покрове возрастает покрытие мхов и лишайников (табл.). Уменьшается число мелких контуров: площади сообществ увеличиваются, при этом все крупные контуры – это ценозы продвинутых стадий сукцессии. Со временем благодаря эрозии поверхность карьера выполаживается (положительные формы разрушаются, а отрицательные заполняются перемещаемым материалом), что способствует выравниванию условий увлажнения. Параллельно идёт изменение состава доминирующих видов, смыкание сообществ, усложнение их пространственной структуры, что сопровождается формированием более устойчивой фитосреды. Таким образом, основной тренд первичной сукцессии – увеличение площадей под растительностью умеренно влажных местообитаний за счёт уменьшения

площадей сухих и сырых экотопов, что связано с усилением воздействия растительности на условия абиотической среды (рис. 3).

Согласно нашим исследованиям [2], на данных карьерах, возникших на месте редин, взамен одного исходного сообщества можно прогнозировать восстановление и относительно долговременное существование редин, кустарниковых ивняков, зарослей ольховника и прибрежноводных ценозов. Таким образом, гетерогенность растительности на нарушенной территории увеличивается.

Полученные нами результаты позволили построить модель первичной сукцессии, протекающей на территории, обладающей экотопической неоднородностью [3]. Все разнообразие экотопов карьера сводится к пяти основным типам: 1 – автоморфные (элювиальные) экотопы верхней части склонов, где преобладают процессы выноса биофильных элементов; 2 – транзитные трансэлювиальные экотопы средней части склонов, где господствуют процессы миграции биофильных элементов; 3 – трансэлювиально-аккумулятивные экотопы подножий склонов с преобладанием аккумуляции биофильных элементов; 4 – аккумуля-

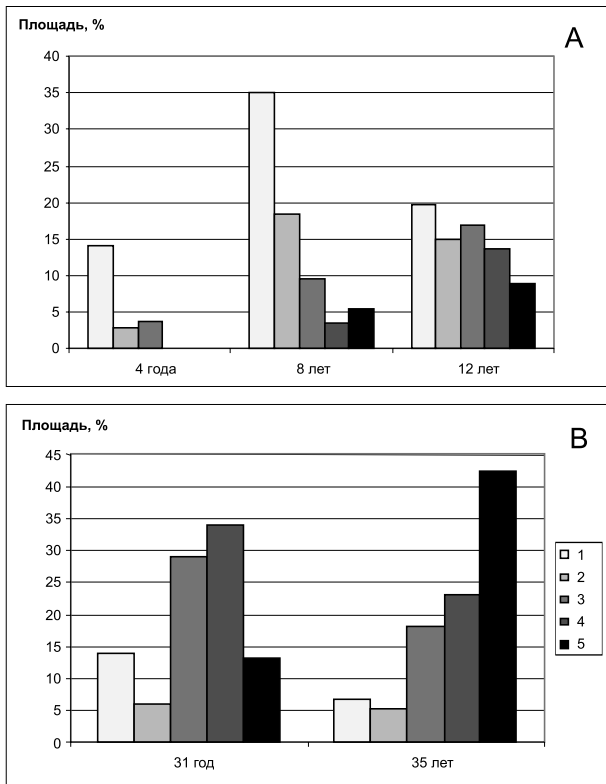


Рис. 2. Площадь (%) сообществ разной сомкнутости в «новом» (А) и «старом» (В) карьерах

Обозначения: 1 – общее покрытие растительности 1–15%, 2 – 16–30%, 3 – 31–50%, 4 – 51–70%, 5 – 71–100%.

тивные экотопы в ровной донной части карьера, где идёт накопление биофильных элементов; 5 – аккумулятивные экотопы водоёмов, в которых происходит аккумуляция веществ, сопровождающаяся снижением их концентрации в водной среде. От первого типа к последнему увеличиваются влажность, кислотность грунтов, доля тонкодисперсных фракций, количество биофильных элементов и трофность местообитаний. В предложенной схеме (рис. 4) последовательные этапы сукцессии выделены для карьера в целом, однако в разных экотопах они имеют разную длительность. Медленнее всего восстанавливается растительность в элювиальных местообитаниях (1), быстрее – в трансэлювиально-аккумулятивных и аккумулятивных (3 и 4), но раньше других устойчивые сообщества формируются в водоёмах (5). «Запаздывание» начала последовательных фаз сукцессии усиливается в ряду местообитаний: 5 → 4 и 3 → 2 → 1. Скорость сукцессионных процессов в разных экотопах различна и, кроме того, меняется со временем. Нулевой этап сукцессии везде одинаков, но уже на стартовом этапе проявляются различия местообитаний. Первый и второй этапы характеризуются высокой скоростью процессов восстановления растительности в зоне аккумуляции веществ. Третий этап сопровождается уменьшением различий между элювиальными

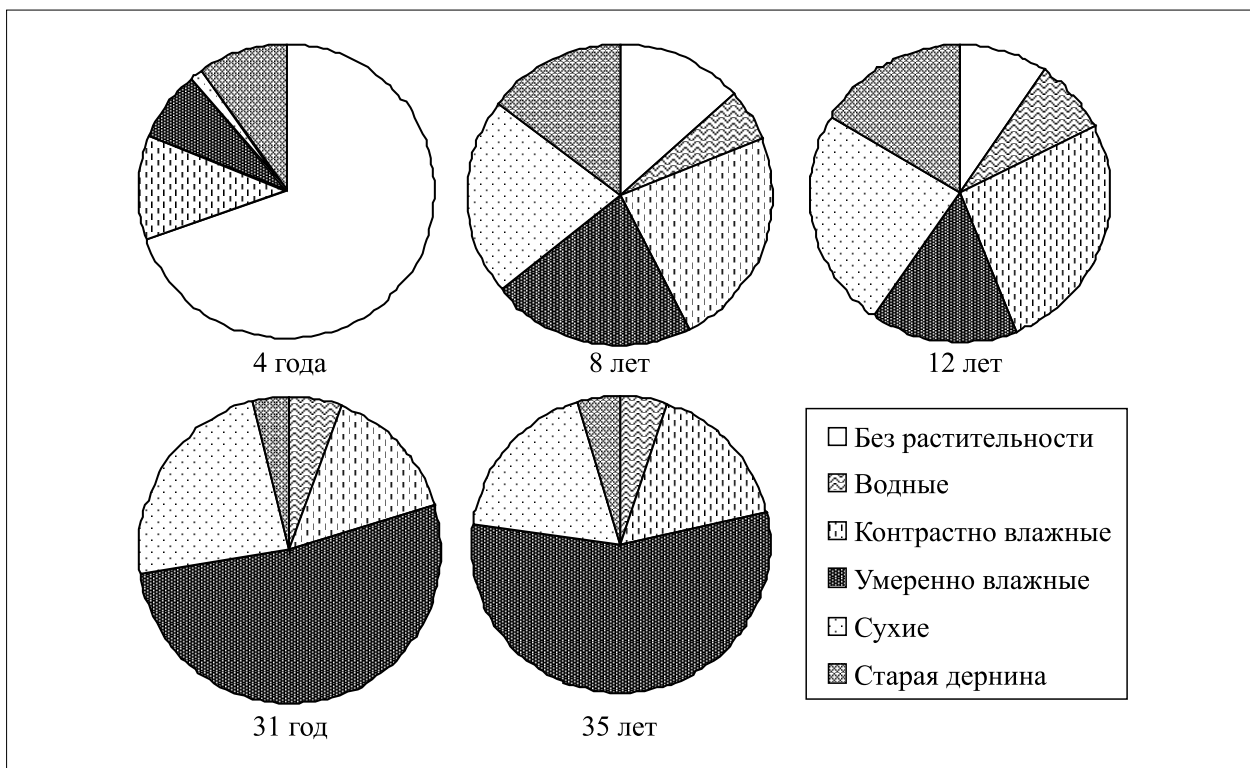


Рис. 3. Соотношение площадей растительности различных экотопов в «новом» и «старом» карьерах

Этапы первичной сукцессии	Типы экотопов карьера				
	1 верхняя часть склонов	2 середина склонов	3 подножье склонов	4 дно карьера	5 водоёмы
5. Финальный	О	Р	И	Р	Гиг
4. Завершающий	О	К-д	И	К-д	Гиг
3. Кустарниковый	Зл-к		И	И	Гиг
2. Злаковый	Т	Т	Зл-к	Зл-к	Гиг
1. Пионерный	П	П	Т	Т	П-гиг
0-1. Стартовый	—	—	П	П	—
0. Нулевой	—	—	—	—	—

Рис. 4. Схема смены сообществ в ходе первичной сукцессии на территории карьера

Обозначения:

— – растительность отсутствует; П – слабосомкнутые сообщества пионерных видов; П-гиг – слабосомкнутые сообщества влаголюбивых трав; Гиг – водные и прибрежноводные сообщества; Т – слабосомкнутые сообщества с плотнодерновинными травами и всходами кустарников; Зл-к – сообщества злаков с фрагментарным кустарниковым ярусом; И – кустарниковые ивняки (различные); О – заросли ольховника; К-д – сообщества с кустарниками и фрагментарным ярусом из подроста деревьев; Р – елово-березово-лиственничные редины (различные); 1–5 – типы экотопов (см. в тексте).

и транзитными экотопами. На четвёртом этапе скорости процессов заметно различаются только в элювиальных и аккумулятивных экотопах. На пятом, финальном этапе, когда сформированы устойчивые сообщества, и растительность контролирует миграцию биофильных элементов и микроклимат, различия местообитаний становятся наименее резкими. До финального этапа проходит длительное время (сотни лет), поэтому он может быть охарактеризован только гипотетически. Вероятно, в долгосрочной перспективе при отсутствии повторных нарушений вся территория бывшего карьера будет занята различными вариантами (от олиготрофных сухих до эвтрофных сырых) елово-берёзово-лиственничных кустарничково-лишайниково-моховых редин. Нельзя полностью отрицать и сохранение участков кустарниковых зарослей из ив и ольховника, а также водных и прибрежноводных сообществ.

Формирование растительного покрова рассмотрено нами на примере карьеров лесотундры, что позволяет с определённой осторожностью экстраполировать полученные результаты на северотаёжные территории и гипоарктические тундры, где процессы вос-

становления будут более длительными [4]. В зависимости от характера местной растительности динамические ряды сообществ могут быть разными, но общие закономерности заселения экотопически гетерогенной территории сохранятся. Реализуются ли эти тенденции в арктических тундрах – вопрос, требующий дальнейших исследований.

Литература

1. Сумина О.И. Формирование растительности на свободных субстратах: итоги многолетних наблюдений за зарастанием двух песчаных карьеров в лесотундре Западной Сибири // Бот. журн. 2010. Т. 95. № 4. С. 562–580.
2. Сумина О.И., Бельдиман Л.Н. Зарастание карьеров лесотундры Западной Сибири: прогноз восстановительных сукцессий // Вестник СПбГУ. 2011. Сер. Биол. Вып. 2. С. 13–27.
3. Сумина О.И. Поливариантная модель первичной сукцессии растительности на экотопически гетерогенной территории (на примере карьеров лесотундры) // Успехи современного естествознания. 2012. 11(1). С. 112–116.
4. Сумина О.И. Формирование растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера России. СПб.: Информ-Навигатор, 2013. 340 с.

Пирогенные сукцессии фитоценозов севера Западной Сибири

© 2014. Н. Г. Москаленко, д.г.н., г.н.с.,
Институт криосферы Земли Сибирского отделения РАН,
e-mail: nat-moskalenko@ yandex.ru

Рассматриваются пирогенные сукцессии фитоценозов северо-таёжных крупнобугристых торфяников и бугров пучения по результатам ежегодных наблюдений на постоянных площадках, проводимых в Надымском районе с 1970 г. Прослежено изменение видового состава, высоты, встречаемости и покрытия видов растений, сопоставленное с ходом температуры воздуха, количеством атмосферных осадков и динамикой мощности сезонно-талого слоя. Отмечается почти полное восстановление травяно-кустарничкового яруса фитоценозов при сохранении значительных различий в напочвенном покрове.

Postfire successions in north-taiga large hummock peats and permafrost peat boils are investigated annually on the monitoring sites observed in the Nadymsky district since 1970. Changes in species composition, height, abundance and cover of plant species were traced and compared with the course of air temperature, precipitation amounts and dynamics of thickness of seasonally thawed soil layer. We also found almost full recover of herb-shrub layer and significant changes in moss-lichen layer.

Ключевые слова: растительность, сукцессия, климат, пожар, рельеф, почва, многолетнемерзлые породы

Keywords: vegetation, succession, climate, fires, relief, soil, permafrost soils

В северной тайге Западной Сибири с 1967 г. ведутся комплексные геоботанические и геокриологические исследования. Наиболее длинный ряд таких наблюдений получен для Надымского района, в котором они проводятся с 1970 г. по настоящее время. Место расположения Надымского участка показано на рисунке 1, на котором даны суммы положительных температур воздуха.

Основное внимание уделялось изучению антропогенной динамики растительности, обусловленной строительством газопровода Надым–Пунга, прокладкой дорог, возведением линии электропередачи и сопутствующими пожарами. Наибольшие площади техногенных нарушений в нефтегазоносных районах приходятся на долю гарей [4].

Имеется обширная литература, посвящённая пирогенным сукцессиям северо-таёжных лесов и тундр [2–7], но отсутствуют работы о восстановлении растительности после пожара на крупнобугристых торфяниках и буграх пучения, лишайниковый покров на которых легко загорается.

В статье рассматриваются стадии восстановления растительности после пожара в фитоценозах торфяников и бугров пучения, широко распространённых в центральной заболоченной части озёрно-аллювиальных

равнин исследованного региона. Показаны особенности восстановления растительности после пожара в зависимости от климатических изменений и геокриологических условий.

Детальные ежегодные описания растительности проводили на двух стометровых закреплённых на местности площадках 10 x 10 м. Регистрировали видовой состав, описывали вертикальную и горизонтальную структуру, определяли фенологическое и жизненное состояние растений, измеряли высоту, встречаемость и проективное покрытие видов на 50 учётных площадках размером 0,1 м². Рядом с постоянными пробными площадями были заложены почвенные разрезы и пробурены 10-метровые скважины, в которых измеряли температуру почв и пород. На участках со скважинами определяли влажность и мощность сезонно-талого слоя (СТС).

Первая площадка располагается на вершине торфяного бугра высотой 2 м с морошково-багульниково-кладониевым фитоценозом. В 1970 г. здесь выполнено описание растительности и измерена мощность СТС. В 1971 г. участок крупнобугристого торфяника выгорел, в том числе и на пробной площади. Через четыре года после пожара пробная площадь была восстановлена, на ней ведутся ежегодные наблюдения за восстановлением рас-

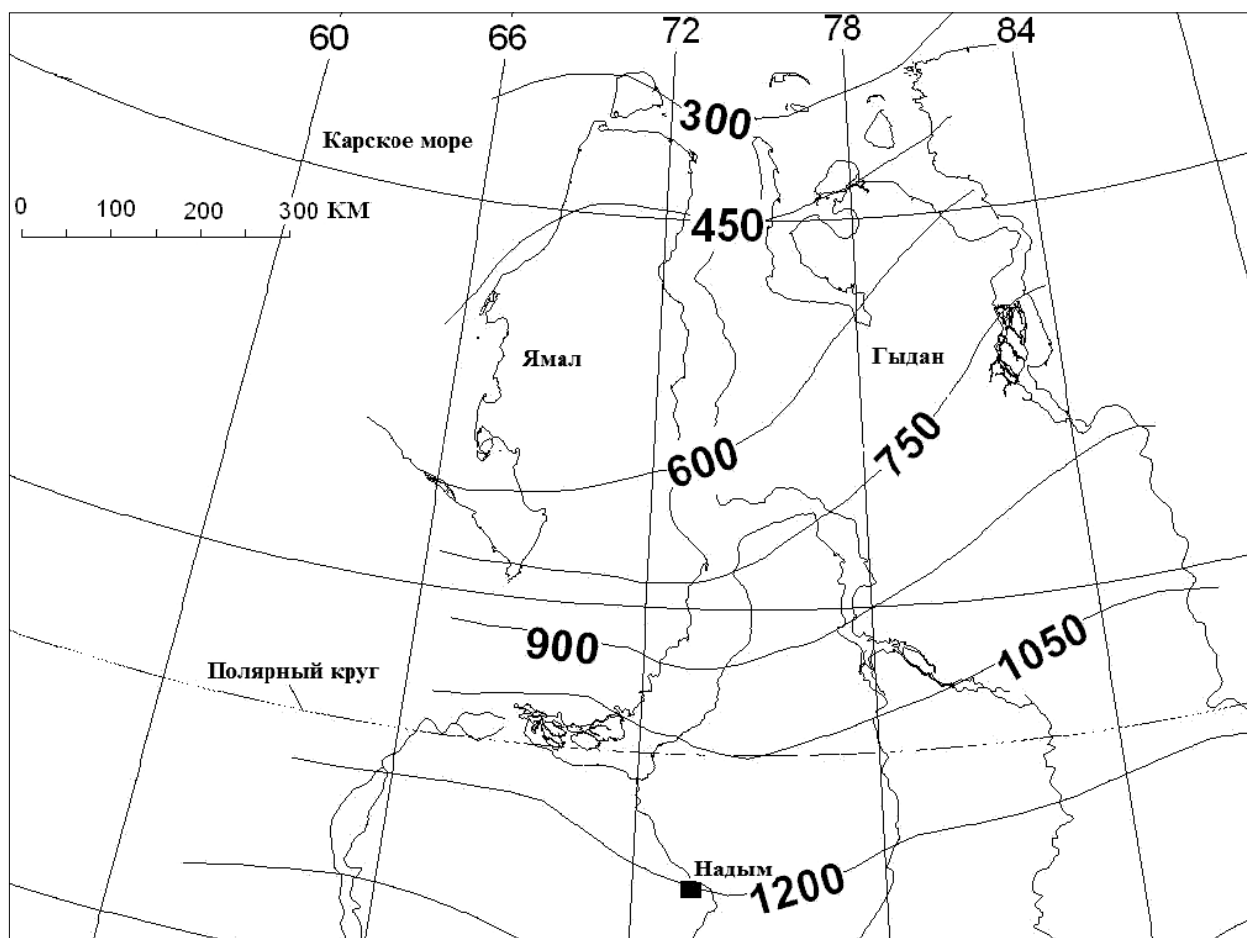


Рис. 1. Место расположения Надымского участка

тительного покрова. На вершине бугра рядом с постоянной пробной площадью пробурена 10-метровая скважина. По данным бурения мощность торфа составляет 1 м, ниже залегает песок с прослоями суглинка, подстилаемый с глубины 3,75 м суглинком.

Через четыре года после пожара на бугре сформировалось пушицево-морошково-политриховое сообщество, в котором покрытие трав составляло 15%, а мхов – 50%. Через шесть лет заметное увеличение участия *Betula nana* привело к смене травяно-мохового сообщества ерниково-морошково-пушицево-политриховым фитоценозом. Покрытие трав и кустарничков в этом сообществе через 14 лет после пожара достигло первоначальной величины. В это время заметную роль в сообществе вновь стал играть *Ledum palustre*. Напочвенный ярус покрывал до 85% поверхности площадки, он по-прежнему состоял из политриховых мхов. Мощность СТС в этом сообществе составляла 0,7 м, тогда как под исходным фитоценозом она была 0,5 м.

На 40-й год покрытие лишайников увеличилось до 18,5% и сформировалось ерниково-

багульниково-морошково-кладониево-политриховое сообщество. Оно отличается от исходного фитоценоза большим постоянством *Betula nana* и меньшим участием лишайников. На рисунке 2 приведены изменения встречаемости *Betula nana* (рис. 2.1) и *Cladonia stellaris* (рис. 2.2). Встречаемость *Betula nana* имеет положительный тренд, а встречаемость *Cladonia stellaris* не восстановилась.

Измерения мощности СТС на крупнобугристом торфянике показали, что она имеет тренд к увеличению (рис. 3.1), обусловленный повышением температуры воздуха (рис. 3.2), тренд которой за период наблюдений составил 0,04°C в год.

Температура многолетнемёрзлых пород на глубине 10 м (слоя с годовыми колебаниями температур) за период исследований на крупнобугристом торфянике повысилась с –1,8° до –0,4°C.

Под влиянием повышения температуры воздуха, почв и пород, а также увеличения мощности СТС на торфянике появились единичные экземпляры деревьев (*Betula tortuosa*, *Pinus sibirica*, *P. sylvestris*) и увеличилась

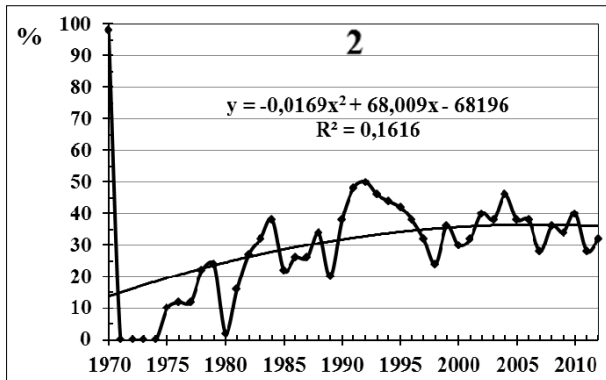
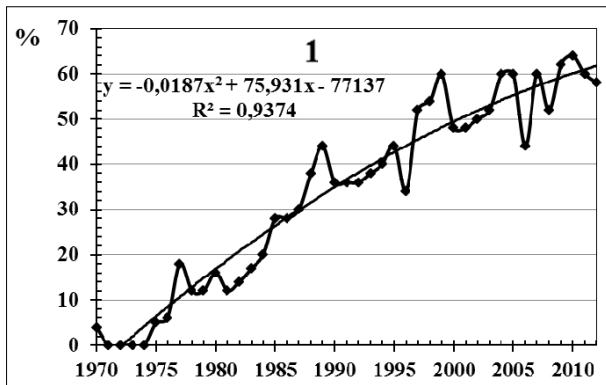


Рис. 2. Изменение встречаемости (%) *Betula nana* (1) и *Cladina stellaris* (2) после пожара

высота кустарничков и покрытие ими поверхности почвы. Особенно значительно (в 2,5 раза) увеличилась высота *Betula nana*. Этому способствовало и увеличение количества атмосферных осадков, наблюдающееся в последнее десятилетие (рис. 4).

Вторая площадка была заложена на вершине бугра пучения высотой 3 м с кедровой багульниково-сфагново-лишайниковой рединой. В 1976 г., который отличался жарким сухим летним сезоном, на площадке полностью выгорели древостой и травяно-кустарничковый покров.

В год пожара на бугре образовалась осоково-морошково-сфагновая группировка, на следующий год сменившаяся морошково-осоково-багульниково-сфагновым сообществом в результате восстановления прежней роли *Ledum palustre*. В этом сообществе через пять лет покрытие трав и кустарничков достигло первоначальной величины (40-50%), но мхи по-прежнему покрывали менее половины поверхности площадки. Встречаемость *Betula nana* увеличилась в 3 раза в связи с повышением температуры воздуха. Участие лишайников в формировании напочвенного покрова, резко уменьшившееся после пожара, в течение 16 лет значительно увеличилось. Так, восстановилась встречаемость *Cladina*

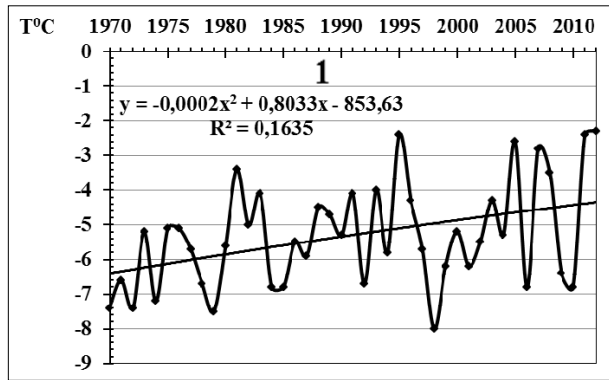
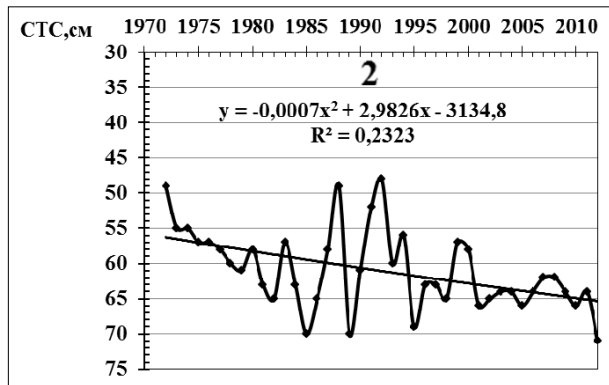


Рис. 3. Среднегодовая температура воздуха (2) и мощность сезонно-талого слоя (1)

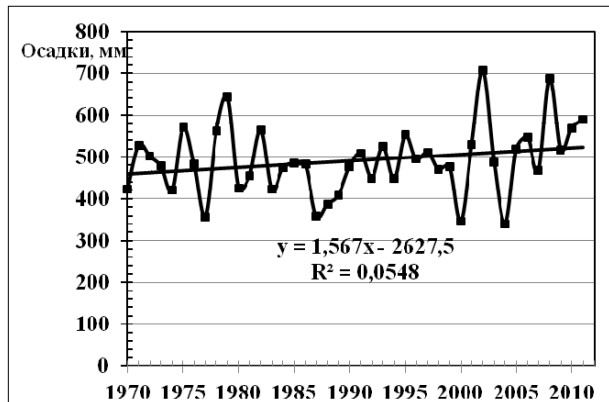


Рис. 4. Среднегодовое количество осадков (мм) за период наблюдений.

stellaris. В последнее десятилетие она вновь снизилась. Аналогичное явление мы наблюдали в ненарушенных сообществах. Причину видим в повышении количества атмосферных осадков. Встречаемость *Sphagnum fuscum* пока остаётся в два раза ниже, чем в исходном сообществе. Через 35 лет после пожара на площадке сформировалось ерниково-багульниково-сфагново-лишайниковое сообщество с подростом кедр высотой 2 м.

Мощность СТС на бугре пучения увеличилась более значительно, чем на торфянике. Это обусловлено меньшей мощностью торфяного

горизонта, составляющего 0,3-0,5 м. Температура пород также повысилась.

Стадии сукцессии растительности после пожара на бугре пучения и крупнобугристом торфянике приведены в таблице. Сравнение темпов восстановления растительного покрова в этих экосистемах показывает, что на плоской слабодренированной вершине бугра пучения растительность восстанавливается быстрее, чем на более дренированном крупнобугристом торфянике. На нём дольше сохраняется доминирование в напочвенном покрове политриховых мхов при меньшей ценотической роли лишайников.

Таблица
Стадии восстановления растительности после пожара

Стадии и их длительность (годы)	Экосистемы	
	I	II
Травяно-моховая (1-5)	1а	1б
Кустарниково-травяно-моховая (6-15)	2а	2б
Кустарниково-травяно-лишайниково-моховая (16-35)	3а	3б
Травяно-кустарниково-мохово-лишайниковая (36-50)	4а	4б

Экосистемы: I – крупнобугристый морошково-багульниково-кладониевый торфяник, II – бугор пучения с кедровой багульниково-сфагново-кладониевой рединой. Растительные сообщества: 1а – пушицево-морошково-политриховое, 1б – осоково-морошково-сфагновое, 2а – ерниково-морошково-пушицево-политриховое, 2б – морошково-осоково-багульниково-сфагновое, 3а – морошково-ерниково-багульниково-кладониево-политриховое, 3б – ерниково-багульниково-сфагново-кладониевое, 4а – морошково-ерниково-багульниково-политрихово-кладониевое, 4б – ерниково-багульниково-сфагново-кладониевое.

Таким образом, многолетний мониторинг пирогенных сукцессий северо-таёжных фитоценозов Западной Сибири позволил выявить стадии восстановления растительного покрова после пожара на торфяниках и буграх пучения

и проследить влияние климатических изменений на сукцессии фитоценозов.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант НШ-3929.2014.5) и Тюменской Губернской Академии, гранта РФФИ № 13-05-00811, проекта CALM (Циркумпольярный Мониторинг Сезонноталого Слоя, грант NSF OPP-9732051 и OPP-0225603), проекта TSP (Тепловое Состояние Мерзлоты, грант NSF ARC-0632400, ARC-0520578).

Литература

1. Москаленко Н.Г., Васильев А.А., Гашев С.Н. и др. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. М.: Институт криосферы Земли СО РАН, 2006. 357 с.
2. Бех И.А. Антропогенная трансформация таёжных лесов. Новосибирск: Наука, 1992. 198 с.
3. Звонкова А.А. Изменение видового состава и запаса мохово-лишайникового покрова в сосняках Севера // Изучение и охрана растительности Севера. Сыктывкар. 1984. С. 98–101.
4. Магомедова М.А. Послепожарное восстановление лишайникового покрова на севере Тюменской области // Биологические проблемы Севера. Сыктывкар. 1981. С. 194.
5. Миронов Б.А., Смолоногов Е.П., Алесенков Ю.М. Антропогенные воздействия на леса Северного Приобья // Устойчивость растительности к антропогенным факторам и биорекультивация в условиях Севера. Сыктывкар. 1984. С. 32–36.
6. Racine C.H. Patterns of vegetation recovery after tundra fires in northwestern Alaska, U.S.A. // Arct. and Alp. Res. 1987. V. 19. № 4. P. 461–469.
7. Van C.K., Viereck L.A. A comparison of successional sequences following fire on permafrost dominated and permafrost-free in interior Alaska // Permafrost: 4th Int. Conf. Proc. (July 17-22, 1983). Washington, D.C. 1983. P. 1286–1291.

Трансформация тундровых экосистем на нефтепромыслах Севера России

© 2014. Л. П. Капелькина, д.б.н., г.н.с.,

Научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН,
e-mail: kapelkina@mail.ru

Освоение территорий Севера под объекты нефтедобычи сопровождается исключением земель из производственного процесса и традиционного природопользования, трансформацией тундровых экосистем. Рассматриваются характерные нарушения экосистем на нефтепромыслах Севера России. Подчеркивается важность работ по рекультивации нарушенных земель и передаче их коренному населению Севера.

Development of North's territories for the oil production facilities is accompanied by exception of lands from the production process and the traditional nature, transformation of tundra ecosystems. The characteristic disturbance of ecosystems in the oil fields of the North of Russia is considered. Emphasizes the importance of the works for land recovery and transfer to indigenous population of the North.

Ключевые слова: техногенное воздействие, нефтепромыслы, тундра, рекультивация, экосистемы, олени пастбища

Keywords: technogenic impact, oil field, tundra, remediation, ecosystems, reindeer pastures

Основными причинами деградации экосистем Севера на протяжении длительного исторического периода были дигрессия пастбищных угодий, обусловленная чрезмерным нарастанием численности оленей, и пожары. В настоящее время основной причиной уничтожения оленьих пастбищ и снижения их продуктивности на значительных площадях является освоение северных территорий под объекты нефтегазодобычи, которое сопровождается исключением земель из производственного процесса и традиционного природопользования, снижением ресурсного потенциала территорий, обеднением источников промысла. Техногенные нагрузки на экосистемы Севера при современных технологиях значительно превышают порог их устойчивости. Ежегодно для проведения геологоразведочных работ, обустройства месторождений, строительства буровых площадок, трубопроводов, дорог, полигонов по захоронению отходов и т.п. отводятся в краткосрочное и долгосрочное пользование сотни и тысячи гектаров земель, преимущественно сельскохозяйственного назначения, используемых в качестве оленьих пастбищ.

Суровые природные условия являются главной причиной ослабления почвенных, биологических и геохимических процессов, развития негативных процессов, замедления и длительности процессов восстановления.

Многообразие экологических функций почв обуславливает в значительной степени биоразнообразие экосистем. Нарушение стабильности почвенно-растительного покрова стимулирует развитие деградиционных процессов. Являясь незаменимым природным ресурсом, обеспечивающим существование практически всех биологических компонентов, почва является связующим звеном, посредством которого осуществляются циркуляция элементов в биосфере, биологический круговорот веществ. При усиливающемся прессинге на почвенно-растительный покров важна качественная и детальная оценка экологических последствий вмешательства человека.

Геокриологический фактор является ведущим для экосистем Севера и функционирование природных комплексов северных регионов зависит от его изменений [1, 2]. В этом регионе процессы антропогенной трансформации литогенной основы ландшафта во многом определяют экологическую безопасность развития различных отраслей народного хозяйства. Важным фактором обеспечения стабильности поверхности и предотвращения негативного влияния на тундровые экосистемы является сохранение режима многолетнемерзлых пород при освоении территорий и обустройстве месторождений. Поэтому для обеспечения экологической безопасности,

защиты земель в условиях криолитозоны необходимо ограничение техногенного воздействия на многолетнемёрзлые породы. Минимизация воздействия заключается в сохранении их устойчивости; запрете использования вездеходного транспорта; устройстве зимников для доставки оборудования, материалов, механизмов; создании насыпных площадей под буровые площадки и разведочные скважины; организации и проведении инженерно-геокриологического мониторинга и производственного экологического контроля на территории месторождений; соблюдении технологических регламентов и своевременном устранении экологических нарушений.

Влияние нефтяной промышленности на природные экосистемы Севера разнообразно. В геологической среде при нефтедобыче могут происходить следующие процессы: загрязнение подземных вод и, как следствие, поверхностных вод, усиление экзогенных физико-геологических процессов, развитие эндогенных геологических процессов, а также оседание дневной поверхности при нефтедобыче вследствие разуплотнения пород, развитие процессов заболачивания, подтопления, термокарста. В отдельных случаях последствия могут иметь катастрофический характер [3]. В таблице представлены характерные нарушения экосистем под влиянием различных видов работ на нефтепромыслах Севера и их последствия. Практически для всех видов работ характерно исключение

земель из производственного процесса. Повышенная опасность и негативные последствия могут быть обусловлены миграционной активностью загрязняющих жидкостей при бурении скважин: буровых сточных вод (БСВ), химических реагентов (ХР), пластовых вод (ПВ); аварийными разливами нефти и горюче-смазочных материалов (ГСМ).

В основе оценки антропогенного воздействия на экосистемы должен быть комплексный мониторинг экосистем, анализ его результатов, учёт допустимых техногенных нагрузок и прогноз появления и развития негативных процессов. Для сохранения режима многолетнемёрзлых пород на всех этапах хозяйственного освоения территорий первостепенное значение имеют экологически обоснованные технологические решения по защите окружающей среды и соблюдение природоохранных норм и правил. Для предупреждения растепления мёрзлых пород должна предусматриваться укладка специальных геотекстильных покрытий, устройство теплоизоляционного слоя из плит полистирольных вспененных экструзионных «Пеноплэкс», для снижения последствий влияния буровых шламов, площадок для временного размещения и складирования ТБО, размещения горюче-смазочных материалов должны применяться гидроизолирующие геомембраны «Carbofol» и другие аналогичные материалы. Для снижения последствий от воздействия транспорта движение строительной техники должно осуществляться только в пределах

Таблица 1

Характерные нарушения экосистем под влиянием различных видов работ на нефтепромыслах севера России и их последствия

Объекты. Виды работ	Характерные нарушения	Последствия
1. Насыпные площадки и дороги	Появление промоин, оплывин, водная и ветровая эрозия откосов, изменение условий поверхностного стока.	Возможность возникновения аварийных ситуаций вследствие оврагообразования. Подтопление.
2. Строительство трубопроводов	Нарушение миграции оленей.	Деграция почвенно-растительного покрова в местах прохода оленей.
3. Нерегламентированное (внедорожное) передвижение техники	Уничтожение растительного покрова, нарушение почвенных режимов.	Термокарст, промоины, оползни, оврагообразование и т.п.
4. Добыча общераспространенных полезных ископаемых	Изменение рельефа. Карьеры.	Затопление выемок. Ветровая и водная эрозия откосов.
5. Строительные работы	Нарушение режима многолетнемёрзлых пород.	Термокарст, оврагообразование, солифлюкция, оползни, подтопление, заболачивание.
6. Аварийные разливы нефти, БСВ, ХР, ПВ, ГСМ и других загрязняющих веществ	Гибель растительности, загрязнение почв, водных источников.	Исключение загрязнённых земель из производственного процесса на длительное время. Ущерб отрасли оленеводства и рыбным ресурсам.

подъездных дорог, а строительно-монтажные работы осуществляться строго в границах отвода земель и преимущественно в зимний период. Предупреждение аварийных ситуаций позволяет снизить последствия разливов нефти, дизельного топлива, ГСМ.

Производственный экологический контроль растительного покрова, почв, геологической среды является залогом предотвращения негативных ситуаций. В плане природоохранных мероприятий нефтегазодобывающих компаний должен предусматриваться комплекс работ по предупреждению и снижению последствий негативного воздействия работ на все компоненты природной среды.

Многолетние комплексные исследования, осуществляемые нами вокруг буровых площадок, находящихся на разных технологических стадиях: сооружения насыпных буровых площадок (стадия строительства), осуществления бурения скважин и на стадии добычи нефти позволили установить и конкретизировать различные виды воздействия (табл.).

Шумовое воздействие носит кратковременный характер и наблюдается на стадии бурения скважин. В стадии добычи нефти оно практически отсутствует, за исключением случаев возникновения аварийных ситуаций. Вокруг буровых площадок и на самих площадках поселяются виды растений с другими экологическими требованиями. В осоково-кустарничковые моховые сообщества внедряются группировки мезофитных растений. На естественно зарастающих насыпных отложениях формируются разнотравно-злаковые группировки. Изменение рельефа и растительности оказывает влияние на животный мир. Появляющаяся на площадках растительность служит кормовой базой для грызунов, зайцеобразных. Насыпные площадки, возвышающиеся над общей территорией, в некоторых случаях служат убежищем для оленей, спасающихся от гнуса.

Север России, занимающий огромную территорию, различен по природно-климатическим и хозяйственным условиям, технологиям добычи углеводородного сырья, характеру использования земель. Наибольшую значимость в плане прогноза развития территорий и их дальнейшего использования имеют земли традиционного природопользования. Важно оценить, сохранится ли прежний уклад жизни коренного населения после ухода нефтяников и газозвиков с отработанных территорий.

В настоящее время экологическая экспертиза проектных материалов, как правило, осуществляется на каждый отдельный объект: буровую площадку, трубопровод, полигон по захоронению отходов и т. д. Допустимости воздействия на окружающую среду судят по каждому отдельно рассматриваемому конкретному объекту. При этом трудно оценить суммарную нагрузку всех строящихся и планируемых к строительству объектов на природные экосистемы. Началу освоения территорий должно предшествовать рассмотрение сводной пояснительной записки – технологической схемы разработки месторождения, в которой была бы отражена долгосрочная реализация проектов обустройства месторождений. Закладываемые в проекты на территориях традиционного природопользования и особо охраняемых территориях мероприятия должны преследовать цель вернуть прежнему землепользователю земли в состоянии, максимально приближенном к первоначальному. Управление природопользованием в нефтедобывающем районе должно базироваться на создании экологического и экономического благополучия коренных народов Севера. К сожалению, в проектах обычно не планируются работы по ликвидации сооружений, срезке или извлечению свай, на которые уложены надземные трубопроводы, не анализируется вопрос сохранения целостности территорий оленьих пастбищ, куда будет вывезен избыточный грунт при ликвидации насыпных промышленных дорог и т.п., не закладываются средства на эти работы.

Работы по восстановлению нарушенных земель после окончания работ по добыче нефти должны предусматриваться и выполняться в обязательном порядке и в полном объеме. Это является гарантией сохранения прежнего уклада жизни коренного населения. Учитывая характер традиционного образа жизни коренного населения по собирательству растений, его миграцию со стадами оленей, целесообразно рассмотрение вопроса о привлечении коренного населения к сбору семян дикорастущих видов растений, пригодных для засеивания нарушенных участков. Посев сложных травосмесей с включением видов местной флоры является эффективным приемом повышения устойчивости фитоценозов при рекультивации земель. Предварительным условием должно быть проведение научно-исследовательской работы с целью уточнения видов и сроков заготовки семян дикоросов.

Учитывая труднодоступность участков, подлежащих рекультивации в условиях бездорожья, отсутствие пахотных угодий и сельскохозяйственной техники в регионах Севера, применение малогабаритной (садовой) техники, погружаемой в вертолёт, является целесообразным приёмом, позволяющим механизировать работы по рекультивации нарушенных земель в условиях Севера.

Практическое осуществление рекультивационных работ на Севере весьма незначительно, возможность механизированного выполнения всего комплекса восстановительных работ по подобию южных районов мало реальна. Требуется разработка технологий, адаптированных к условиям Севера и к конкретным видам нарушений. Вопросы рекультивации нарушенных земель в тундровой зоне на нефтепромыслах Севера России нуждаются в проведении дополнительных

исследований. Они затрагивают интересы коренных народов Севера и хозяйственной отрасли оленеводство.

Литература

1. Тарабукина В.Г. Анализ экологических проблем почвенного покрова территорий при горных разработках // Биологические проблемы криолитозоны: Материалы Всероссийской конференции (Якутск, 30 июля-5 августа 2012 г.). Якутск, 2012. С. 192–194.
2. Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М. 1979. 116 с.
3. Зуева И.Н., Чалая О.Н., Глазнецова Ю.С., Лившиц С.Х. Оценка эффективности рекультивационных работ при ликвидации аварийных разливов нефти // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в Арктике: Матер. Междунар. научно-практ. конф. (Якутск, 26-28 сент. 2011 г.). Часть 2. Якутск, 2012. С. 84–92.

Влияние разработки нефтегазовых месторождений на растительный покров тундровой зоны

© 2014. Л. М. Морозова, к.б.н., с.н.с., С. Н. Эктова, к.б.н., с.н.с.,
Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН,
e-mail: morozova@ipae.uran.ru, ektova@ipae.uran.ru

Анализируется изменение структуры растительного покрова и запаса зелёных кормов в зоне активного освоения Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) в период 1995-2009 гг. Показано, какая доля каждой из выделенных на территории месторождения единиц растительности была утрачена за период строительства, какой тип растительности был задействован при сооружении различных площадных и линейных технологических объектов. Выявлено соотношение застроенных, нарушенных и фрагментированных участков пастбищных угодий. Проведённый анализ позволяет прогнозировать использование пастбищных угодий при освоении следующих НГКМ Ямала.

It analyses the changes in the structure of plant cover, and the supply of green fodder in the zone of active development of the Bovanenkovskoye oil and gas condensate field in the period of the biennium 1995-2009 were made. Shows what percentage of each of the allocated on the territory of the field units of vegetation has been lost during the construction period which type of vegetation has been involved in the construction of various areal and linear technological objects. Revealed ratio of build up, disturbed and fragmented areas of rangeland. The analysis allows to predict rangeland use during the development of the following oil and gas condensate field in Yamal.

Ключевые слова: Ямал, строительство Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения, промзона, растительный покров, тундровая зона, структура растительного покрова, оленеводство

Keywords: Yamal, Bovanenkovo, vegetation, tundra, structure of vegetation cover, reindeer husbandary

На полуострове Ямал открыто более 25 нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ), но пока только одно из них – Бованенковское – в 2010 г. переведено в стадию эксплуатации. Сейчас очень важно проанализировать, как были использованы земельные и растительные ресурсы на территории этого месторождения, а именно – каково соотношение суммарных площадей земельных участков, занятых под технологические объекты (полное изъятие), нарушенных в той или иной степени, не затронутых (или мало нарушенных) тем или иным видом техногенного воздействия и по своему состоянию теоретически пригодных к использованию под выпас оленей. Эти вопросы крайне актуальны с точки зрения традиционного природопользования, поскольку все изъятые и нарушенные земельные участки относятся к землям сельскохозяйственного назначения и являются оленьими пастбищами. В условиях современной высокой численности оленей на полуострове и очевидного дефицита пастбищных угодий в летний период выпаса вопросы землепользования становятся необычайно острыми.

В работе использованы материалы, полученные авторами в процессе исследования растительного покрова Бованенковского НГКМ в 2005-2009 гг., литературные данные, посвящённые оценке ресурсного потенциала на полуострове Ямал [1], электронная геоботаническая карта полуострова [2]. Также изучены фондовые материалы Агропромышленного комплекса Ямало-Ненецкого АО [3]. Электронная карта позволила выявить структуру растительного покрова зоны промышленного освоения, показать площадь распространения всех картируемых единиц растительности и запасы кормов.

Структура растительного покрова лицензионного участка до начала обустройства месторождения

По данным электронной геоботанической карты, общая площадь лицензионного участка Бованенковского НГКМ, покрытая растительностью, составляет 101,4 тыс. га. Площадь современной промзоны (зоны активного освоения) без водных объектов составляет почти 55,4 тыс. га.

Структура растительного покрова, вычисленная в долях от покрытой растительностью площади, до начала активного обустройства месторождения (на 1995 г.), приведена в таблице 1. Площадь болот в 3,5 раза больше площади тундр. Наиболее распространены пушицево-осоково-сфагновые болота. Совокупная доля естественно нарушенных территорий (оползни и пески) всего 0,2%. Площадь антропогенно нарушенных земель (дороги, буровые, посёлки и пр.) в начале 90-х годов (этап изыскательских работ) составляла 996,67 га – 1,8% от покрытой растительностью площади [3].

Растительный покров Бованенковского НГКМ как пастбищные угодья

Растительный покров лицензионного участка до начала промышленного освоения интенсивно использовали в качестве летних пастбищ северных оленей. Общий валовой запас зелёных кормов на территории современной промзоны площадью 55,4 тыс. га составлял около 76,8 тыс. т воздушно-сухого растительного вещества, более 80% этих запасов – травы [1]. При средней оленеёмкости пастбищ 4,4 оленедня/га [3] совокупная оленеёмкость характеризуемой территории

Таблица 1

Структура растительного покрова в зоне активного освоения Бованенковского НГКМ на 1995 г. и доля сокращения площадей распространения за период строительства по каждому номеру легенды

№ легенды и название геоботанических разностей на электронной геоботанической карте [2]	Данные на 1995 г.		Доля изъятых, нарушенных и фрагментированных пастбищ на 2010 г., % от площади на 1995 г.
	площадь, га	доля в растительном покрове, %	
Тундры (15%)			
№ 1. Кустарничково-мохово-лишайниковые полигональные тундры	56,86	0,1	82
№ 2. Кустарничково-лишайниково-моховые пятнисто-бугорковатые тундры	747,86	1,4	28
№ 3. Кустарничково-(травяно)-моховые бугорковатые и пятнисто-бугорковатые	702,49	1,3	49
№ 4. Ерниковые кустарничково-травяно-моховые бугорковатые и пятнисто-бугорковатые	500,24	0,9	62
№ 5. Ерниковые (ивово-ерниковые) кустарничково-травяно-моховые бугристые	2357,6	4,3	58
№ 6. Ивовые травяно-моховые бугристые тундры	1973,29	3,6	65
№ 7. Пушицево-осоково-моховые местами с ивовой и ерником заболоченные тундры	2095,9	3,8	71
Заросли кустарников (19%)			
№ 8. Ивняки травяно-моховые	4594,12	8,3	44
№ 9. Ивняки пойменные осоково-моховые	6129,91	11,1	38
№ 10. Ерники травяно-моховые	10	0,01	-
Болота (53%)			
№ 11. Травяные и травяно-моховые низинные болота	7461,66	13,5	42
№ 12. Пушицево-осоково-сфагновые болота	11725,88	21,2	49
№ 13. Полигональные (комплексные) болота	7966,45	14,4	13
№ 14. Плоскобугристые (комплексные) кустарничково-(лишайниково)-моховые на буграх, пушицево-осоково-гипновые в мочажинах	2186,8	3,9	25
Луговая растительность (2%)			
№ 15. Хасыреи	912,49	1,6	2
№ 16. Пойменные осоковые и разнотравно-осоково-злаковые луга	5,4	0	0
Долинные комплексы небольших рек и проток (11%)			
№ 17. Комплекс ивняков, прибрежной травянистой растительности и болот травяно-моховых	5981,77	11,08	9
Площадь, покрытая растительностью:	55398,62	100	37

составляла около 243,8 тыс. оленедней. Исходя из нормы обеспечения летними пастбищами 1 оленя – 12 га [4], на территории современной промзоны могли бы весь бесснежный период выпастись 4 617 оленей.

Воздействие строительства Бованенковского НГКМ на растительный покров

Уничтожение и нарушение растительного покрова пастбищ. В период обустройства месторождения были построены площадные и линейные технологические объекты, под которые были полностью изъяты или использованы в качестве временной аренды сельскохозяйственные земли. Все объекты строительства рассредоточены по территории промзоны, формируя точечные и локальные очаги техногенных нарушений или полного разрушения почвенно-растительного покрова, а местами и природного ландшафта (карьеры, высокие насыпи). Общая площадь изъятия под технологические объекты составляет, по данным Агропрома ЯНАО, 5,3 тыс. га. Таким образом, за период обустройства месторождения после 1995 г. площадь изъятых земель увеличилась в 5,3 раза, а общая площадь, задействованная в строительстве, с учётом нарушенных в разной степени участков, – в 19 раз и составила в 2009 г. около 19 тыс. га. Рассмотрим, как эта площадь распределилась по закартированным в 1998 г. единицам растительности.

Наибольшая площадь изъятия и нарушения в абсолютных показателях приходится на сфагновые и низинные болота и пойменные ивняки. Однако площади уничтоженных и нарушенных в процессе строительства болот и ивняков составляют менее 50% изначально имевшихся. Очень сильно сократились площади тундры (табл.).

Структура угодий, изымаемых из сельскохозяйственного оборота под технологические объекты разного профиля, несколько различна. При разработке песчаных карьеров уничтожаются преимущественно тундры разных типов, они составляют 62% от площадей, изъятых под карьеры. При этом в разной степени нарушаются и уничтожаются заросли кустарников и болота на прилегающих к карьерам территориях. Так, доля нарушенных и уничтоженных пойменных и водораздельных ивняков в общей площади карьеров составляет 16%, а болот – 18%. При строительстве прочих площадных объектов и всех типов линейных объектов в большей мере

уничтожаются и нарушаются болота (69%) и заросли кустарников (до 26% от совокупной площади объектов).

Фрагментация пастбищ. Поскольку технологические объекты месторождения рассредоточены по территории, а не формируют зону сплошной застройки, между ними остаются фрагменты пастбищ, растительный покров которых не нарушен, нарушен в разной степени или представлен первыми стадиями восстановительных сукцессий после полного уничтожения почвенно-растительного покрова. На значительной площади таких участков растительный покров трансформирован вследствие изменения экологических условий в процессе строительства, прежде всего подтопления или осушения. Площадь фрагментов очень разная, от нескольких десятков квадратных метров до нескольких гектаров. Наиболее крупные участки пастбищ остаются между внутрипромысловыми наземными газопроводами. Теоретически эти участки могут быть использованы для выпаса оленей, поэтому арендатор рассматривает их как пастбищные угодья, т.е. как земли, не изъятые из сельскохозяйственного оборота. Ненцы-кочевники считают, что выпас здесь невозможен, как и выпас на территории промзоны месторождения, поскольку часть угодий находится среди «шумных» технологических объектов, что отпугивает оленей, а другая их часть недоступна вследствие наличия линейных объектов, создающих оленям препятствия при движении [5]. По нашим данным, совокупная площадь таких «пастбищ» в зоне активного освоения составляет 1 689 га, или 3% от площади активного освоения. С учётом фрагментов пастбищ, расположенных внутри промзоны, общая площадь исключённых из оборота угодий составляет почти 20,5 тыс. га.

В соответствии с отменённым ныне Постановлением губернатора ЯНАО от 30 июня 2004 г. № 218 территорию промышленного освоения определяли как единую промзону, её границы проводили по наиболее выступающим объектам застройки. Все участки, оставшиеся незастроенными, также входили в промзону, а плату за использование сельскохозяйственных земель и компенсацию упущенной выгоды оленеводов рассчитывали по её совокупной площади. В настоящее время действует Федеральный закон от 31 марта 1999 г. № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации» (по состоянию на 10.04.2009). Согласно этому закону к изъятим земельным участкам относятся

только площади, непосредственно занятые технологическими объектами, даже охранные зоны вокруг них остаются в пользовании тех собственников, через земли которых проходят трубопроводы или где расположено само месторождение. Этот пункт закона порождает многочисленные конфликтные ситуации между землепользователями и ОАО «Газпром». В условиях Ямала большое недовольство ненцев связано с пониманием того, что площадь потерянных пастбищ гораздо больше, чем официально признанная [5].

Утрата пастбищных кормов. Потери пастбищных территорий при обустройстве Бованенковского НГКМ привели к снижению запасов зелёных кормов в данном районе. Запасы трав и поедаемых кустарничков снизились на 65%, запасы кустарниковых кормов – на 55%. Расчёты сделаны на основе данных продуктивности пастбищ на период 1993-1994 годов. Высокие пастбищные нагрузки в течение последних 18-20 лет, безусловно, снизили запас кормов на единице площади, поэтому современные запасы зелёных кормов ниже.

Заключение

Проведённый анализ нецелевого использования сельскохозяйственных угодий при освоении Бованенковского НГКМ показал, что зона активного освоения составила на 2010 г. 55% от площади всего лицензионного участка. Это свидетельствует о том, что строительство месторождения ещё не закончено. Из оборота изъято около 20,5 тыс. га пастбищ, или почти 40% площади пастбищ зоны активного освоения. При этом официально признаны изъятыми только 5,3 тыс. га, или 26% изъятых из оборота угодий, занятых под технологические объекты (подлежат переводу в земли промышленности); 66% изъятых из оборота пастбищ нарушены в разной степени, часто их растительный покров полностью уничтожен

и представлен посттехногенной растительностью, находящейся на разных стадиях восстановительной сукцессии; 3% изъятых пастбищ остаётся в виде фрагментов внутри промышленной зоны. Расширение зоны активного освоения месторождения увеличит площадь изъятых из оборота пастбищных угодий, но едва ли существенно изменит показанные соотношения площадей.

Проведённый анализ, на наш взгляд, позволяет прогнозировать использование пастбищных угодий при разработке других НГКМ на Ямале.

Работа выполнена при поддержке программ фундаментальных исследований РАН № 30 (проект 12-П-4-1043) и программ УрО РАН (проект 12-4-3-012-Arctic).

Литература

1. Морозова Л.М., Магомедова М.А. Структура растительного покрова и растительные ресурсы полуострова Ямал. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 63 с.
2. Андреяшкина Н.И., Морозова Л.М., Магомедова М.А. Геоботаническая электронная карта Ямальского района. М 1:200000. (Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург; ООО Алгис, Москва). Салехард. 1998.
3. Хозяйственно-геоботаническая карта оленьих пастбищ Ямальского района ЯНАО. М 1: 100000. СПб: Федеральная служба лесного хозяйства России, Северо-Западное государственное лесоустроительное предприятие, 1995.
4. Харамзин Т.Г. Основные направления повышения эффективности оленеводства Тюменской области в условиях развития нефтегазового комплекса: Автореф. дисс. ... канд. экон. наук. Новосибирск. 1988. 16 с.
5. Коренные малочисленные народы и промышленное развитие Арктики (этнологический мониторинг в Ямало-Ненецком автономном округе) / Василькова Т.Н., Евай А.В., Мартынова Е.П. и др. Москва – Шадринск: Издательство ОГУП «Шадринский Дом Печати», 2011. 292 с.

Мониторинг популяции диких северных оленей на основе интеграции наземных, аэрокосмических и климатических данных

© 2014. В. А. Зеленцов¹, д.т.н., в.н.с., Л. А. Колпациков², д.б.н., зав. отделом, И. А. Лавриненко³, к.б.н, с.н.с., В. В. Михайлов¹, д.т.н., в.н.с., А. Н. Петров⁴, д.б.н., зав. лабораторией,

¹Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,

²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крайнего Севера,

³Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, ⁴Университет Северной Айовы (США),

e-mail: zelentsov@iias.spb.su, stnt@yandex.ru, lavrinenkoi@mail.ru,

mwwcari@gmail.com, andrey.petrov@uni.edu

Рассмотрены вопросы мониторинга популяции диких северных оленей с использованием наземных наблюдений и малой авиации. Проанализированы возможности использования аэрокосмических средств и спутниковых радиошейников для слежения за животными, определения численности и половозрастной структуры стад. Представлены результаты анализа изменений растительного покрова Арктики с использованием многозональной космической съёмки, а также метод зооклиматического мониторинга на базе модели теплового баланса животного. Показан способ организации мониторинга, интегральной обработки и представления разнородных данных на основе интеллектуального интерфейса.

Problems of monitoring of reindeer population using field observations and small aircraft are considered. Possibilities of the use of aerospace methods and satellite radio collars to observe the animals and determine the population and sexual structure of the reindeers are analyzed. Results of analysis of the Arctic vegetation changes, using multispectral satellite imagery are presented as well as the method of zooclimatic monitoring based on the model of thermal balance of the animal. It is also showed how to organize monitoring, integrated processing and presentation of heterogeneous data based on the intelligent interface.

Ключевые слова: экологический мониторинг, северные олени, наземные наблюдения, авиаучёты, многозональная космическая съёмка, геоботаническое картирование, зооклиматический мониторинг, интеллектуальный интерфейс

Keywords: ecological monitoring, reindeers, field observations, aerial surveys, multispectral satellite imagery, geobotanical mapping, zooclimate monitoring, intellectual interface

Введение

На протяжении более 40 лет сотрудники Научно-исследовательского института сельского хозяйства (НИИСХ) Крайнего Севера осуществляли систематический контроль состояния таймырской популяции диких северных оленей с использованием наземных учётов и аэрометодов [1]. В результате была разработана методология сбора, предварительной обработки и анализа данных по ключевым параметрам популяции и её пространственно-временной структуре. Выполняли работы по геоботаническому картированию территории и определению кормовой ёмкости пастбищ. Для прогнозирования численности и половозрастной структуры, оценки продукционных показателей популяции использовали моделирование, определения промысловой квоты. Подобный экосистемный мониторинг

позволял держать популяцию под контролем, своевременно принимать необходимые меры по её охране и устойчивому использованию ресурсов. Однако в современных социально-экономических условиях требуется существенная модификация системы мониторинга с использованием как наземных, так и новых аэрокосмических средств наблюдения и сбора данных, современных информационных технологий их обработки. В связи с потеплением в Арктике особое значение приобретает биоклиматический мониторинг популяции. Ниже рассматриваются методологические и структурные вопросы организации интегрированной системы мониторинга стад северных оленей.

Мониторинг численности и половозрастной структуры популяции. Основным методом оценки численности и половозрастной структуры популяций диких северных оленей в Рос-

сии являлись авиаобследования. Авиачёты выполняют во время концентрации животных в многотысячные стада на территориях летних пастбищ при наступлении жаркой безветренной погоды и массовом вылете кровососущих двукрылых насекомых. Методика учётов [2] предусматривает проведение рекогносцировочных и регистрационных полётов. Учёты выполняли на 3–4 самолётах типа АН-2 с участием опытных специалистов. Общие затраты времени на проведение учёта составляют 15–20 дней. На Таймыре с 1966 г. было проведено 20 авиаучётов, в Якутии – 4, на Чукотке – 1 авиаучёт.

Проведение подобных работ в настоящее время крайне затруднено в связи с резким удорожанием авиатранспорта в России, ликвидацией части местных аэропортов, исчерпанием ресурсов использования самолётов АН-2. В этих условиях необходим поиск новых методических, технических и информационных подходов и средств. Рассмотрим некоторые из них.

Использование специальных аэрофотосъёмочных самолётов. Наиболее подготовлен для выполнения учётных работ самолёт АН-26БРЛ «Арктика». Его особенность – оснащение аэросъёмочными люками для установки аппаратуры и блистерами, через которые можно проводить визуальные наблюдения. Время нахождения в воздухе – около 9 часов, дальность полёта 3200 км, высота от 100 до 6000 м при скорости 250–400 км/ч. Аналогичен по характеристикам аэрофотосъёмочный самолёт АН-30Д. Преимуществом применения специальной авиатехники является широкое поле обзора съёмочного оборудования, возможность проведения сплошной съёмки территории нахождения стад с точной географической привязкой и выборочной съёмки фрагментов стад камерами с телеобъективами для определения половозрастной структуры.

Фиксация животных по инфракрасному излучению. Данный метод был успешно применён для учёта численности лосей в Ленинградской области и численности нерпы Белого моря, северных оленей в зимней лесотундре на Кольском полуострове. Работы выполнялись с использованием одноканального тепловизора «Малахит» [3]. Однако при подсчёте северных оленей в летний период возникают сложности, связанные с низкой тепловой контрастностью животных на фоне летней тундры, помех от нагретых камней и открытых участков почвы. В связи с этим необходимы методические и экспериментальные работы, обосновывающие

возможность применения тепловизоров для решения данной задачи.

Использование спутниковых радиоошейников для изучения миграций и выявления мест вероятного нахождения скоплений животных. Спутниковые радиоошейники широко используются в Канаде и на Аляске для слежения за стадами карibu. В Республике Саха (Якутия) проведена апробация мечения диких оленей лено-оленинской популяции спутниковыми ошейниками отечественного производства [4]. В 2013 г. планируется пометить такими ошейниками около 25 оленей на Таймыре. Применение спутниковых радиоошейников позволит не только получить объективные данные о миграции оленей, но и выявить наиболее вероятное расположение летних скоплений животных. Это, в свою очередь, обеспечит снижение затрат полётного времени на проведение авиаучётов и даст возможность автоматизировать настройку спутниковых систем зондирования земной поверхности.

Учёт численности оленей с использованием спутникового зондирования (ДЗЗ). В апреле 2011 г. ИТЦ «СКАНЕКС» проведена успешная спутниковая съёмка стад домашних оленей на территории оленеводческой общины «Сузун» на левобережье Енисея. Однако методика инвентаризации стад диких северных оленей в летний период с использованием средств ДЗЗ требует доработки и апробации. Сложность связана с большой территорией вероятного размещения животных, сильной облачностью, необходимостью применения космоснимков высокого разрешения для выявления животных на фоне летней тундры. Совместное использование данных спутниковых радиоошейников и высокоточных космических снимков является наиболее перспективным направлением в развитии методик ДЗЗ оленьих стад.

Исследование динамики растительного покрова Арктики с использованием методов космического зондирования. Вопросы динамики растительного покрова под влиянием климатических изменений необходимо учитывать при зонировании территории, при расчёте оленеёмкости пастбищ разных сезонов выпаса и при регламентации общей численности оленьих стад для территории. В связи с этим для арктических островов Вайгач и Колгуев был проведён сравнительный анализ сезонной и межгодовой динамики вегетационного индекса (NDVI) в периоды вегетации с 1984-го по 2010 г. (рис. 1).

Сравнительный анализ показателей NDVI по ключевому участку о. Вайгач позволил выявить следующие тенденции:

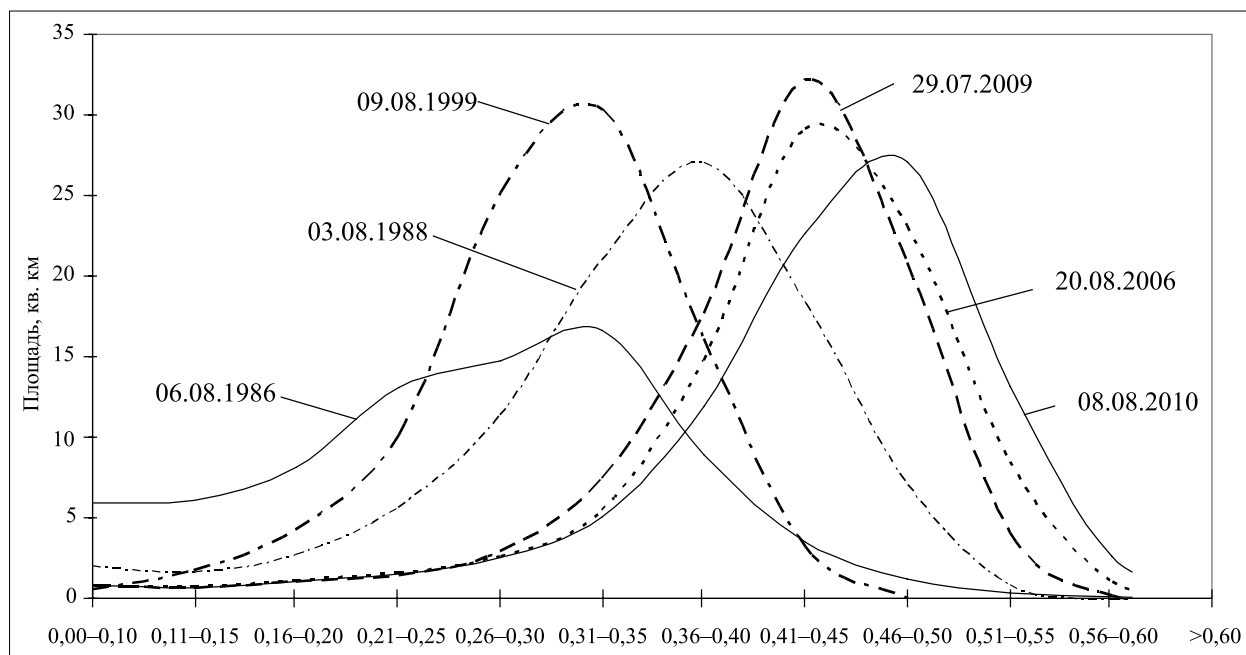
1. Сдвиг сроков накопления максимальной зелёной фитомассы с конца июля – начала августа на вторую декаду августа и увеличение продолжительности активной вегетации примерно на две недели.

2. Увеличение значений NDVI в пик вегетации на подавляющем большинстве гео-

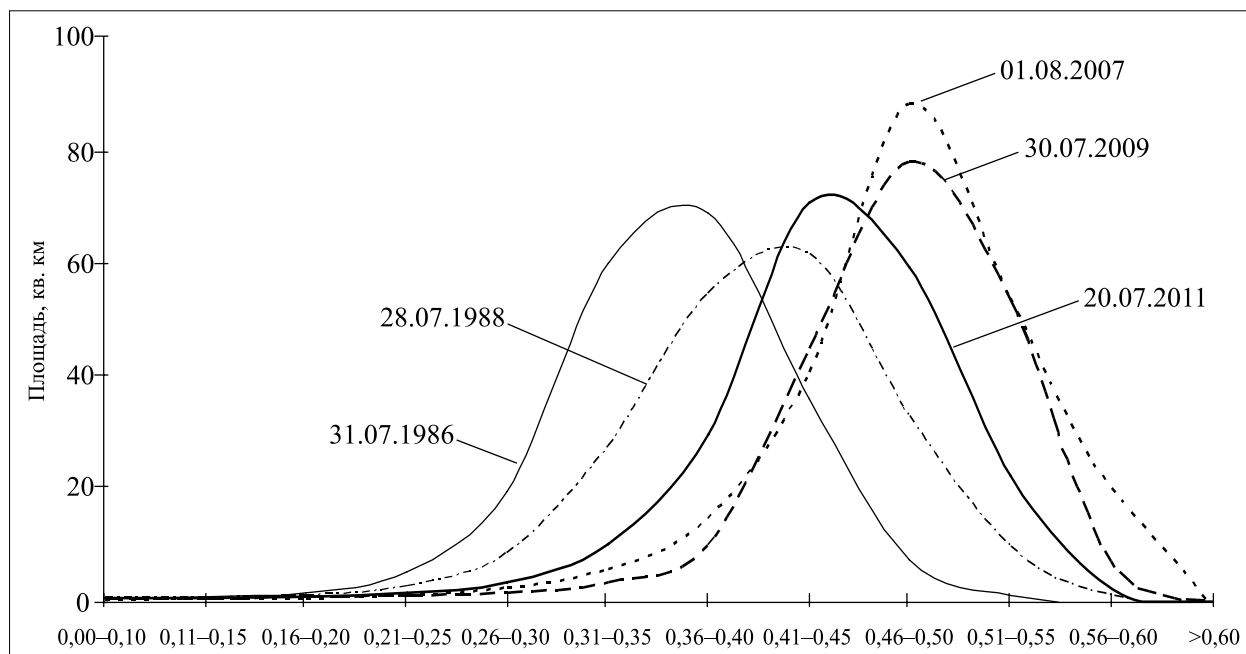
ботанических контуров. В пределах ключевого участка модальные значения NDVI увеличились от 0,30–0,35 до 0,45–0,50.

4. Несмотря на межгодовые колебания вегетационного индекса, тенденция нарастания зелёной фитомассы прослеживается во всех типах растительных сообществ.

Аналогичные изменения произошли и на о. Колгуев. Возрастание зелёной фитомассы тесно коррелирует с ростом средних летних



а



б

Рис. 1. Динамика распределения площадей с разными значениями NDVI в пределах ключевого участка островов: а – Вайгач в период с 1986-го по 2010 г.; б – Колгуев в период с 1986-го по 2011 г. Значения NDVI < 0 в график не включены

температур, увеличением продолжительности вегетационного периода и количеством накопленного за этот период тепла [5]. Выявленные тенденции означают, что за последние 25–30 лет произошло возрастание продуктивности жизненных форм растений с зелёными надземными частями – трав, кустарничков и кустарников.

Зооклиматический мониторинг ареала таймырской популяции диких северных оленей. Задачей зооклиматического мониторинга является определение границ, благоприятных для существования оленей термонейтральных зон, в пределах которых тепловой баланс животных поддерживается за счёт работы физиологической системы терморегуляции (пилоэрекция шерстяного покрова, изменение тканевой теплоизоляции, изменение теплопотерь с дыханием, потоотделение) [6].

В качестве показателя напряжённости воздействия погодно-климатических условий на оленей нами принята нормированная величина обобщённого теплового сопротивления тела животного, равная 0 на верхней границе термонейтральной зоны, и 1 – на нижней. Для определения обобщённого теплового сопротивления используется модель теплового баланса оленя [7, 8]. Входными для расчётов являются данные о температуре воздуха, скорости ветра, облачности, влажности воздуха, высоте и плотности снежного покрова, а также о прямой и рассеянной солнечной радиации и высоте солнца. Построение полей напряжённости и фиксация границ термонейтральной зоны выполняется средствами ГИС [8].

В качестве примера на рисунке 2 показано положение верхней границы термонейтральной зоны (границы перегрева) для телят диких и домашних северных оленей, а также взрослых самцов, рассчитанная по среднемесячным данным июля 1986 г. На картах видно, что с увеличением веса животных снижаются возможности сброса тепла, что приводит к смещению границы перегрева в северную часть ареала.

Программно-аналитический комплекс интегрированного мониторинга. В настоящее время наземная и космические составляющие систем мониторинга функционируют, как правило, разрозненно.

При разработке методологии мониторинга природно-технологических объектов и создании соответствующих прикладных методик, технологий и систем требования унификации, автоматизации и возможности интегрированной обработки разнородных

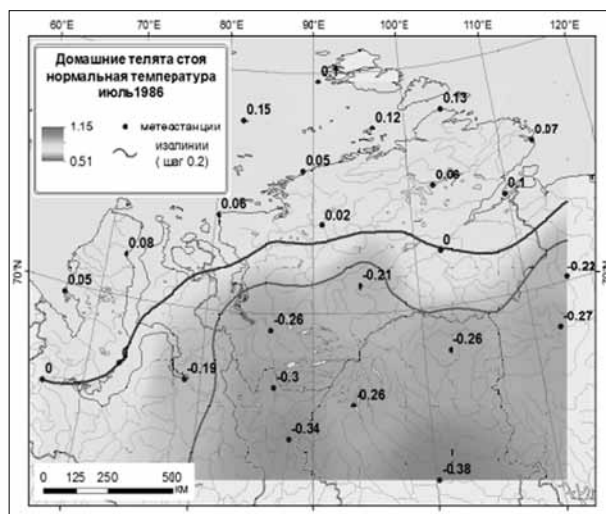
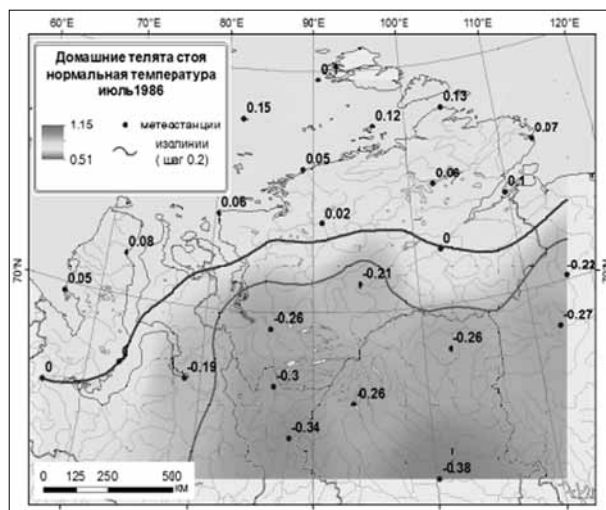
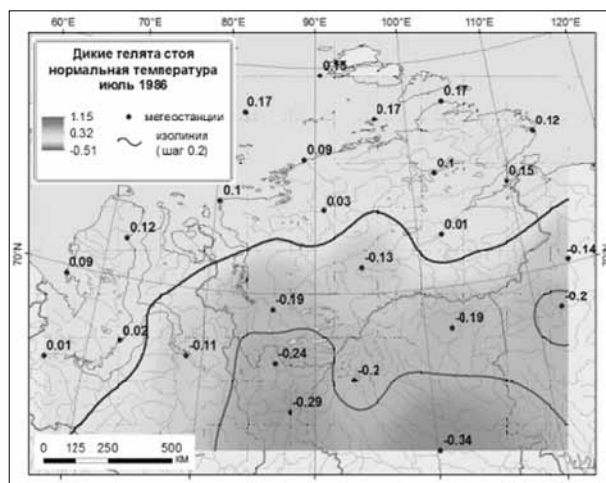


Рис. 2. Поля напряжённости погодно-климатических условий и положение верхней границы термонейтральной зоны: а – для телят диких северных оленей, б – телят домашних оленей, в – взрослых самцов – справа, положение «отдых стоя», июль 1986 г.

данных, а также возможности наглядного представления результатов заинтересованным лицам и организациям рассматриваются

как ключевые. Из этого следует, что создаваемые информационные ресурсы систем мониторинга должны обладать следующими возможностями:

- обеспечивать мониторинг большого количества разнородных природных и техногенных объектов и процессов;

- обеспечивать интегрированную обработку всех доступных данных: наземных, аэро- и космических;

- иметь в своём составе комплекс моделей для определения минимального набора наблюдаемых параметров и составления прогнозов;

- иметь в своём составе развитые аналитические системы и алгоритмическое обеспечение для решения задач мониторинга и поддержки принятия решений по снижению рисков возникновения и последствий экологических катастроф;

- обеспечивать оперативное и наглядное представление информации о результатах мониторинга.

Новое решение состоит в создании интеллектуального интерфейса [9], на базе которого в автоматическом режиме осуществляется интеграция разнородных данных, экспертных знаний, включающего в свой состав необходимые модели и алгоритмы мониторинга, прогнозирования и поддержки принятия решений

Заключение

Мониторинг популяции диких северных оленей является сложной многоаспектной научной задачей, требующей междисциплинарного подхода и комплексного применения различных методов сбора данных и моделей биосистем различного уровня формализации. Интеграцию целесообразно осуществлять на базе интеллектуального интерфейса, обеспечивающего формирование целостного образа наблюдаемых природных явлений.

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 13-08-00702, 13-15-41039, 11-08-01016, 11-08-00767), проектов ESTLATRUS/1.2./ELRI-121/2011/13 «Baltic ICT Platform», CARMA.

Литература

1. Колпащиков Л.А., Михайлов В.В., Мухачев А.Д. Экосистема: северные олени-пастбища-человек. СПб: Изд. Политехн. ун-та, 2011. 336 с.
2. Колпащиков Л.А., Павлов Б.М., Михайлов В.В. Методические рекомендации по авиаучёту численности и определению норм опромышления таймырской популяции диких северных оленей. Норильск. 1999. 24 с.
3. Шилин Б.В., Груздев В.Н., Васильев В.А., Гаврилов Д.С., Хотяков В.В. Основные достижения в развитии тепловой аэросъёмки // Оптический журнал. 2003. Т. 70. № 10. С. 77–83
4. Охлопков И.М., Николаев Е.А., Кириллин Е.В., Кириллин Р.А. Использование спутниковых радиощейников в наблюдении за популяциями диких северных оленей Якутии в 2010 году. <http://bultalt.ru/node/315>.
5. Лавриненко И. А., Лавриненко О. В. Влияние климатических изменений на растительный покров островов Баренцева моря // Труды КарНЦ РАН. Сер. «Экологические исследования». – 2013. (В печати).
6. Соколов А.Я., Кушнир А.Р. Терморегуляция и биоэнергетика северного оленя. Новосибирск: Изд. СО РАН, 1997. 178 с.
7. Mikhailov V. Simulation of Animal's Heat Balance. Trans. of IV Int. Conf. Problems of Cybernetics and Informatics (PCI'2012). Vaku. 2012. P. 47–63.
8. Макеев В.М., Клоков К.Б., Колпащиков Л.А., Михайлов В.В. Влияние изменений климата на северных оленей. СПб.: ЛЕМА, 2013. 236 с.
9. Зеленцов В.А., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Хищенко В.И. Интеграция информационно-телекоммуникационных ресурсов глобальных систем мониторинга на базе единой интеллектуальной платформы // Информационно- управляющие системы. 2012. № 1. С. 12–15.

Разнообразие редких и охраняемых видов в карстовых ландшафтах европейского Севера

© 2014. В. Г. Сергиенко, к.б.н., в.н.с.,
Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства,
e-mail: valerysergienko@mail.ru

Рассмотрен кальцефильный флористический комплекс выходов известняков Беломорско-Кулойского плато, Мезени и Сухоны. Отмечены реликтовые, редкие и охраняемые растения. Обнажения кальцийсодержащих пород играют важную роль в сохранении видового и ценотического разнообразия. Присутствие во флоре обнажений видов разных географических групп указывает на сочетание таёжного и аркто-альпийского генезисов реликтового флористического комплекса.

Calcephylic floristic complex of limestones of White Sea Kuloi Plateau, the Mezen and Suhona Rivers were investigated. Relic, rare and protected plant species were noted. It was showed that outcrops of calcium rich rocks play important role in preserve of species and coenotic diversity. Species from different geographical groups identify combination of taiga and arcto-alpine genesis of the relic floristical complex.

Ключевые слова: карстовый ландшафт, реликтовый флористический комплекс, редкие виды, охраняемые виды, Беломорско-Кулойское плато, Мезень, Сухона

Keywords: karst landscape, relic floristic complex, rare species, protected species, White Sea Kuloi Plateau, Mezen, Suhona

Флора обнажений известняков европейского Северо-Востока включает арктические и арктоальпийские виды, реликтовые для таёжной зоны [1–4]. Рефугиумами для таких видов являются Беломорско-Кулойское плато, Тиманский кряж и другие возвышенности. Известняковые обнажения большинства рек европейского Севера относятся к эрозионному комплексу [5]. Благодаря геохимическим (повышенная эвтрофность субстрата, обогащение его кальцием и магнием) и физическим (высокая теплопроводность) свойствам они играют важную роль в сохранении видового и ценотического разнообразия. Самобытность комплекса проявляется в сохранении в его экотопах ряда реликтовых и редких растений [6].

Нами исследован реликтовый флористический комплекс в ландшафтах Беломорско-Кулойского плато (реки Сотка, Пинега, Кулой), нижнего течения рек Мезень и Сухона. По геологическим и геоморфологическим особенностям уникальных природных территорий особо выделяется северо-таёжный карстовый ландшафт денудационно-аккумулятивной равнины на гипсовых обнажениях рек Беломорско-Кулойского плато [7]. Здесь представлены экотопы с известняковым субстратом и карбонатными почвами. Многообразие форм

рельефа, литологический состав и геологическая история обусловили уникальное сочетание мест обитания растений и богатство флоры реликтовыми видами.

Наиболее характерным ландшафтом является карстовый ландшафт в долине р. Сотки в Пинежском районе. Коренной берег в среднем течении реки сложен карбонатными породами, круто обрывается в воду, заходит в неё осыпью или отделяется от русла реки пойменным лугом или ельником травяным. Вдоль русла тянутся песчано-каменистые отмели в виде бечевников, переходящие в перекаты. Водоразделы заняты лиственничниками, ельниками, сосняками и вторичными после пожаров березняками кустарничково-разнотравными. Известняково-гипсовые обнажения берега, удалённые от русла реки на 100–120 м, имеют пологий склон, в верхней части представленный открытыми известняковыми блоками. На склоне часто встречаются *Antennaria dioica*, *Arctous alpina*, *Astragalus frigidus*, *Bartsia alpina*, *Carex digitata*, *Cypripedium calceolus*, *Dryas octopetala*, *Epipactis atrorubens*, *Hedysarum alpinum*, *Melica nutans*, *Pedicularis lapponicus*, *Pinquicula alpina*, *Polygala amarella*, *Salix reticulata*, *Saxifraga aizoides*, *Thymus talijevii*, *Tofieldia pusilla*. Лога р. Сотки имеют значительную протяжённость и связаны

с подземными полостями, которые создают своеобразный микроклимат, формирующий отличную от плакорных местообитаний растительность и реликтовую флору. Здесь встречаются редкие для таёжной зоны реликтовые виды: *Gypsophila uralensis* subsp. *pinensis*, *Hedysarum arcticum*, *Hieracium virosum*, *Seseli condensatum*, *Poa remota*, *Taraxacum perfiljewii*, *Thalictrum alpinum* и другие, а также ценопопуляции видов, изолированные от границ ареалов или произрастающие на их краях: *Anthoxanthum alpinum*, *Arenaria pseudofrigida*, *Artemisia tanacetifolia*, *Calypso bulbosa*, *Carex alba*, *Cypripedium calceolus*, *Dendranthema zavadskii*, *Dryas punctata*, *Epipactis atrorubens*, *Oxytropis sordida*, *Pinguicula alpina*, *Scorzonera austriaca*, *Thymus talijevii*.

Большая часть бассейна р. Сотки входит в состав Пинежского заповедника, предназначенного для охраны ядра реликтового флористического комплекса. Заповедник играет важную роль в сохранении генофонда флоры Архангельской обл. Здесь охраняются 28 видов – *Anemonoides altaica*, *Artemisia tanacetifolia*, *Cardaminopsis petraea*, *Carex alba*, *Cortusa mathiolii*, *Corydalis capnoides*, *Crepis chrysantha*, *C. multicaulis*, *Cypripedium calceolus*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Dendranthema zavadskii*, *Dryas octopetala*, *D. punctata*, *Gentianopsis doluchanovii*, *Gypsophila uralensis* subsp. *pinensis*, *Hieracium virosum*, *Leucorchis albida*, *Oxytropis sordida*, *Pinguicula alpina*, *Poa remota*, *Pulsatilla patens*, *Salix arbuscula*, *S. recurvigemmis*, *Saxifraga aizoides*, *Taraxacum perfiljewii*, *Thalictrum alpinum*, *Thymus talijevii*, *Viola riviniana*.

На участке в карстовых ландшафтах логов р. Пинеги распространены сосновые и лиственничные редколесья. По кромке и в верхней части склонов логов и на плоских вершинах развиты редкостойные сосняки. В травяно-кустарничковом покрове на обрывистых осыпающихся склонах господствуют *Arctostaphylos uva-ursi*, *Arctous alpina*, *Carex alba*, *Festuca ovina*, *Rubus saxatilis*, *Vaccinium vitis-idaea*. Отмечены арктоальпийские и лесостепные виды, характерные для реликтовых светлохвойных лесов на гипсовых обнажениях: *Anemone sylvestris*, *Astragalus danicus*, *Dryas octopetala*, *D. punctata*, *Scorzonera glabra*, *Thymus talijevii* и др. Мохово-лишайниковый покров фрагментарный.

Второй район с реликтовым флористическим комплексом в ландшафте озёрно-ледниковых равнин исследован в устье р. Вашки (левый приток р. Мезень). Берего-

вые обнажения из пермских красноцветных мергелей образуют отвесные обрывы и крутые склоны высотой до 25 м от уреза реки. По составу флоры обнажения мергелей являются связующим звеном между известняками Беломорско-Кулойского плато и Тиманского кряжа [1, 8]. Здесь встречаются виды реликтовой флоры голоцена: *Anemone sylvestris*, *Aster sibiricus*, *Astragalus gorczakovskii*, *Bartsia alpina*, *Cardaminopsis petraea*, *Carex digitata*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Cystopteris dickieana*, *C. fragilis*, *Equisetum scirpoides*, *Epipactis atrorubens*, *Leucorchis albida*, *Minuartia verna*, *Poa tanfiljewii*, *Polygala vulgaris*, *Scorzonera humilis*, *Thymus serpyllum* subsp. *tanaënsis*, *T. talijevii*, *Veronica spicata*. Редкими для Архангельской области являются *Arenaria serpyllifolia*, *Astragalus gorczakovskii*, *Cardaminopsis petraea*, *Cystopteris diskieana*, *Cotoneaster uniflorus*, *Dianthus deltoides*, *Epipactis atrorubens*, *Minuartia verna*, *Polygala amarella*, *Silene tatarica*, *Otites wolgensis*, *Thymus serpyllum* subsp. *tanaënsis*, *T. talijevii*, *Viola rupestris*. Популяции некоторых из них находятся в отрыве от основной части ареала. На обнажениях произрастают бореально-степные (*Anemone sylvestris*, *Astragalus danicus*, *Eremogone saxatilis*, *Scorzonera humilis*, *Silene tatarica*, *Spirea media*, *Veronica spicata*) и бореально-неморальные (*Carex digitata*, *Lathyrus vernus*, *Melica nutans*, *Milium effusum*) виды. Большая часть видов охраняется в Архангельской области: *Anemone sylvestris*, *Artemisia tanacetifolia*, *Astragalus gorczakovskii*, *Cardaminopsis petraea*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Epipactis atrorubens*, *Eremogone saxatilis*, *Gentianopsis doluchanovii*, *Leucorchis albida*, *Paeonia anomala*, *Pedicularis uralensis*, *Poa tanfiljewii*, *Scorzonera humilis*, *Thymus serpyllum* subsp. *tanaënsis*, *T. talijevii*, *Viola mauritii*.

Кальцийсодержащие породы выходят на поверхность не только в ландшафтах Беломорско-Кулойского плато, Тиманского кряжа, но и в южной полосе среднетаёжных ландшафтов по берегам р. Сухоны. Нами обследованы береговые обнажения реки от г. Великий Устюг до дер. Брусенец в ландшафте моренных равнин [2]. Надпойменная терраса занята лесными сообществами (*Picea obovata* и *Abies sibirica*). К долине реки с севера прилегает территория, рельеф которой представлен плоской слабоволнистой озёрно-ледниковой равниной, переходящей в увалисто-грядово-холмистую равнину Северных Увалов. На крутых обрывистых берегах нижнего течения реки обнажаются породы пермской системы: известняки, мергели и гли-

ны. Например, глубина эрозионного вреза в устье р. Стрельны (правый приток р. Сухоны) достигает 60 м. Такая же высота обрывов при крутизне склона 70° на обнажениях памятника природы «Опоки» у дер. Порог. Мергелистые обнажения у деревень Пуртовино и Исады также образуют крутые склоны. Эти и другие обнажения на р. Сухоне объявлены охраняемыми природными территориями, где охране подлежат как геологические объекты, так и редкие растения.

Только на участке реки от г. Тотьма до г. Великий Устюг произрастают виды *Silene wolgensis*, *Gentiana cruciata*, *Thymus talijevii*, *Anemone sylvestris*, *Anemonoides altaica*, *Lotus peczoricus*, *Oxytropis ambigua*, *Adonis sibirica*. Здесь или вблизи этого района проходит граница распространения некоторых редких для области видов. Так, например, достигли западной границы своего распространения восточноевропейско-азиатский вид *Cacalia hastata* и восточноевропейско-сибирские виды: бореальный *Anemonoides altaica* и степные – *Oxytropis ambigua*, *Adonis sibirica*. Вблизи северной границы распространения находятся популяции бореальных (*Eremogone saxatilis*, *Polygala comosa*, *Agrimonia eupatoria*, *Gentiana cruciata*) и бореально-неморальных (*Onobrychis arenaria*, *Arabis sagittata*, *Galium album*) видов. Своеобразие видового состава флоры обнажений р. Сухоны объясняется наличием видов южного распространения на карбонатных почвах вдоль берегов реки и близостью к предуральскому региону, обогащённому видами сибирского происхождения. Охраняемыми в Вологодской области являются *Adonis sibirica*, *Agrimonia eupatoria*, *Anemone sylvestris*, *Anemonoides altaica*, *Anthyllis arenaria*, *A. vulneraria*, *Arabis sagittata*, *Cacalia hastata*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Cypripedium calceolus*, *Epipactis atrorubens*, *Eremogone saxatilis*, *Gentiana cruciata*, *Gymnocarpium robertianum*, *Hedysarum alpinum*, *Hylothelephium maximum*, *Lotus dvinensis*, *Onobrychis arenaria*, *Origanum vulgare*, *Silene wolgensis*, *Poligala comosa*, *Rubus caesius*, *Scorzonera glabra*, *Silene nutans*, *Seseli libanotis*, *Thymus talijevii*.

Сравнение флоры обнажений сухонских берегов с таковыми рек Сотки, Пинеги, Кулоя, Мезени показало, что часть бореальных видов характерна только для обнажений р. Сухоны. К ним относятся *Silene nutans*, *Eremogone saxatilis*, *Steris viscaria*, *Hylothelephium maximum*, *Agrimonia eupatoria*, *Rubus caesius*, *Anthyllis vulneraria*, *Astragalus arenarius*, *Lathyrus pisiformis*, *Seseli libanotis*, *Gentiana*

cruciata, *Origanum vulgare*, *Plantago lanceolata*, *Carlina biebersteinii*, *Picris hieracioides* и др. К бореально-неморальным видам принадлежат *Luzula multiflora*, *Arabis sagittata*, *Onobrychis aranaria*, *Verbascum thapsus*, *Galium album*. Только здесь отмечены неморальные (*Ajuga reptans* и *Rubus nessensis*) и степные (*Berteroa incana*, *Oxytropis ambigua*) виды. Они не встречаются на обнажениях северных рек и проникли в бассейн Сухоны из южных районов. По-видимому, гораздо раньше произошло расселение в северные районы общих для р. Сухоны и рек Беломорско-Кулойского плато лесостепных видов *Thymus serpyllum* s. l., *Centaurea phrygia*, *Astragalus danicus* и неморального *Lathyrus vernus*. Общими бореальными видами флор сухонских и мезенских обнажений являются *Arenaria serpyllifolia*, *Silene wolgensis*, *Oberna behen*, *Pimpinella saxifraga*, *Knantia arvensis*, *Leontodon autumnalis* и др. Среди них нет типичных кальцефитов. Общими сухонскими и пинежскими видами являются *Cypripedium calceolus*, *Adonis sibirica*, *Hedysarum alpinum*, *Viola canina*, *Thymus serpyllum* s. l., *Tanacetum vulgare*. Более широкое распространение на обнажениях кальцийсодержащих пород имеют общие для рек Сухоны, Пинеги и Мезени бореальные кальцефиты: *Cotoneaster melanocarpus*, *Spiraea media*, *Anthyllis arenaria*, *Thymus talijevii*, *Viola rupestris*, а также лесостепные виды: *Anemone sylvestris*, *Veronica spicata*, *Astragalus danicus*, *Silene tatatica*, *Scorzonera glabra*.

Изучение ареалов видов разных географических групп показало, что во флоре обнажений р. Сухоны отсутствуют виды арктического комплекса. На обнажениях северных рек они входят в состав флор: на Пинеге (*Woodсия glabella*, *Lychnis samojedorum*, *Arenaria pseudofrigida*, *Arabis septentrionalis*, *Erigeron borealis*); на Пинеге и Кулое (*Tofieldia pusilla*, *Salix reticulata*, *Saxifraga aizoides*, *Dryas octopetala*, *Arctous alpina*, *Gentiana arctica*, *Bartsia alpina*, *Pedicularis lapponica*, *Pinguicula alpina*, *Valeriana capitata*); на Пинеге, Кулое и Мезени (*Minuartia verna*, *Viola biflora*, *Saussurea alpina*).

В результате анализа состава, структуры и биогеографических связей флоры исследованных обнажений можно сделать следующее заключение.

Флороценотический комплекс на обнажениях своеобразен как по составу видов, так и по структуре растительных сообществ. Наличие видов во флоре карстовых ландшафтов с разными типами ареалов и экологической

амплитудой указывает на определённые волны миграции видов в разные фазы голоцена. Присутствие теплолюбивых бореальных и арктоальпийских видов определяет сочетание таёжного и арктоальпийского генезисов реликтового флористического комплекса.

Флора обнажений известняков, распространённых по рекам Беломорско-Кулойского плато, гораздо богаче реликтами, чем на реках Мезень, Вашка, Сухона. Значительная доля видов относится к арктическим и арктоальпийским широтным группам, имеющих преимущественно циркумполярное распространение в Арктике и субарктических высокогорьях. Они связаны непосредственно с флорой перигляциальной зоны последнего оледенения. Другая группа растений обнажений относится к бореальным видам, широко распространённым в умеренных широтах Евразии. Они, очевидно, продвигались на север из южных регионов (с юго-востока и юго-запада) вслед за отступавшим ледником. Часть из них имеют сибирские связи. Небольшое число видов относится к южнобореальному, бореально-степному и бореально-неморальному элементам. Виды степного и неморального происхождения также немногочисленны, на р. Сухоне их больше. Эти южные виды могли остаться в более позднее время в рефугиумах на известняках и при изменении

климата в сторону похолодания и увлажнения обогатили флору обнажений.

Литература

1. Лащенко А. Н., Непомилуева Н. И. Редкие растительные сообщества Среднего Тимана, нуждающиеся в охране // Труды Коми филиала АН СССР. Сыктывкар. 1982. Т. 56. С. 28–36.
2. Орлова Н. И., Сергиенко В. Г. К флоре мергелистых береговых обнажений реки Сухоны (Вологодская область) // Бот. журн. 1999. Т. 84. № 9. С. 58–64.
3. Улле З. Г. О флористическом комплексе на известняках в бассейне Белой Кедвы // Труды Коми филиала АН СССР. Сыктывкар. 1982. Т. 56. С. 37–47.
4. Юдин Ю. П. Реликтовая флора известняков Северо-Востока европейской части СССР // Материалы по истории флоры и растительности СССР. М.; Л., 1963. Вып. IV. С. 493–571.
5. Орловская Н. В. Флора известняков устья реки Индиги (Архангельская область) // Бот. журн. 2007. Т. 92. № 12. С. 1885–1894.
6. Кожевников Ю. П. Кальцефилия растений Беломорско-Кулойского плато // Бот. журн. 1983. Т. 68. № 2. С. 152–161.
7. Карст и пещеры Пинежья. М.: Ассоциация «ЭКОСТ», 2001. 208 с.
8. Сергиенко В. Г. К охране флоры выходов мергелей в долине реки Мезень // Бот. журн. 1986. Т. 71. № 1. С. 108–112.

УДК 581.55:574.3:502.753(282.247.114)

Растительный покров и редкие виды каньона реки Ния-ю (Полярный Урал)

© 2014. Е. Е. Кулюгина, к.б.н., н.с., Л. В. Тетерюк, к.б.н., с.н.с.,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
e-mail: *kulugina@ib.komisc.ru, teteryuk@ib.komisc.ru*

В рамках программы по усовершенствованию системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми проведено комплексное обследование каньона в нижнем течении р. Ния-ю (бассейн р. Уса). Каньон протяжённостью 8 км образован крупными выходами известняков по обоим берегам реки. Обширные скальные выходы и каменистые плоские пространства чередуются со склоновыми береговыми участками. По краям водораздела распространены ивняковые и ерниковые тундры, вблизи скалистых выходов – участки полигональных глинистых и щебнистых тундр. Во флоре участка выявлено 29 видов сосудистых растений, охраняемых и нуждающихся в биологическом надзоре на территории республики. Данная территория обладает большим потенциалом как место сохранения редких сосудистых растений на европейском северо-востоке России и может быть рекомендована для включения в систему ООПТ Республики Коми.

The program for the improvement of the system of protected areas (PA) of the Komi Republic conducted a comprehensive survey of the canyon in the lower reaches of the river. Of th (basin . Usa) . 8 km long canyon is formed by large limestone outcrops on both sides of the river. Extensive rocky outcrops and flat spaces alternate with slope coastal areas. Along the edges of the watershed common willow and dwarf tundra near rocky outputs – polygonal areas of clay and gravelly tundra. In the flora area revealed 29 vascular plant species included in the Red Book of the Republic of Komi (2009). This area has great potential as a place to preserve rare vascular plants in the European north-east Russia and can be recommended for inclusion in the PA system of the Republic of Komi .

Ключевые слова: ООПТ Республики Коми, выходы известняков, охрана растений

Keywords: protected areas system of the Republic of Komi, limestone outcrops, plant protection

Работы по усовершенствованию системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми предполагают выделение новых участков, обладающих высоким уровнем биоразнообразия или отражающих зональные черты растительности. Учитывая нарастающие темпы промышленного освоения Севера и уязвимость тундровых экосистем, их недостаточную репрезентативность в системе ООПТ республики, в настоящее время большое внимание уделяется обследованию перспективных для охраны территорий на Полярном Урале, хребте Пай-Хой, в Большеземельской тундре. На Крайнем Севере, как и на всём европейском Северо-Востоке, ботаников привлекают выходы известняков [1–3], которые часто отличаются высоким уровнем видового и ценотического разнообразия растительного покрова. Одним из таких участков является каньон на р. Ния-ю (левый приток р. Уса, Печорский бассейн). Оценка целесообразности включения данной территории в систему ООПТ Республики Коми и была основной целью наших исследований.

Каньон расположен в 8 км выше устья реки Ния-ю при впадении её в р. Уса, имеет протяжённость 5 км и высоту скал до 20-25 м. Здесь выходят на поверхность палеозойские известняки, доломиты, рифобрекчии. Река на всём протяжении каньона изобилует порогами и небольшими водопадами. Отвесные скалы на поворотах русла реки чередуются с пологими задернованными склонами, над которыми возвышаются глыбы известняка [1, 4].

Летом 2010 г. были исследованы особенности растительного покрова территории, проведена инвентаризация флоры, составлены списки редких охраняемых сосудистых растений, определены их основные местообитания, численность и состояние ценопопуляций. Геоботанические описания выполнены в соответствии с общепринятыми методическими разработками [5]. Особое внимание уделяли выявлению редких охраняемых растений, особенностей их распространения по территории каньона, эколого-фитоценотических условий произрастания, определению площади ценопопуляций и численности особей. У некоторых видов были изучены особенности возрастной

и половой структуры ценопопуляций [6, 7]. Численность особей в локальной популяции отмечена по шкале: 1 балл – от 1 до 10 экз., 2 – от 10 до 50 экз., 3 – от 50 до 100 экз., 4 – от 100 до 500 экз., 5 – до 1000 экз. [8]. При составлении списка флоры учтены немногочисленные гербарные сборы с этой территории (гербарий СУКО Института биологии Коми НЦ УрО РАН) и данные литературы [1–3]. Географический и экологический анализ флоры проведён с использованием сводки Н. А. Секретаревой [9].

Растительность. Район работ относится к Восточноевропейско-Западносибирской геоботанической провинции Урало-Пайхойской подпровинции субарктических тундр [10]. Сообщества приурочены к определённым элементам рельефа – одни располагаются на плакорах, другие занимают склоновые поверхности различной экспозиции и скальные выходы коренных пород. Водоразделы, примыкающие к каньону, покрыты полигональными ерничково-осоково-кустарничково-моховыми и кустарничково-лишайниково-моховыми тундрами с доминированием *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana*, *Carex arctisibirica*, кроме них: *Salix glauca*, *Eriophorum scheucheri*, *Pleurosium schreberi*, *Hylocomium splendens* – в первом случае, *Arctous alpina*, *Polytrichum strictum*, *Aulacomium turgidum*, *Cladonia arbuscula* – во втором.

На вершинах обрывов, верхних частях холмов возле каньона распространены разреженные кустарничково-дриадовые сообщества сформированные *Dryas octopetala*, *Salix nummularia*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*, *Arctous alpina*, *Racomitrium lanuginosum*, *Sphaerophorus globosus*. Здесь произрастают некоторые редкие виды: *Tofieldia coccinea*, *Rhodiola quadrifida*, *Silene paucifolia*.

На пологих склонах, расположенных между отвесными скалами, встречаются разнотравно-кустарничково-моховые луговины, отличающиеся богатством видового состава (до 40 видов на пробную площадь). Ценозообразователями выступают *Salix glauca*, *Salix reticulata*, *Vaccinium uliginosum*, *Dryas octopetala*, *Hedysarum arcticum*, *Festuca ovina*, *Poa pratensis*.

Над скалами обычны кустарничково-моховые сообщества из *Betula nana*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, которые тянутся прерывающимися полосами вдоль каньона.

На задернованных склонах в ложбинках между выходами известняков формируются кустарничково-разнотравные и разнотравно-

моховые группировки, состоящие из ив (*Salix dasyclados*, *S. glauca*, *S. lanata*), видов разнотравья (*Angelica archangelica*, *Cirsium helenioides*, *Filipendula ulmaria* и др.), мхов (*Hylocomium splendens*). В последних, кроме разнотравья, постоянны осоки и злаки.

В средней части каньона на склонах южной экспозиции растёт группировка из *Picea obovata* высотой до 2 м, появление которой в пределах каньона, возможно, связано с расселением её из островной популяции ели с южного склона хребта Енганэпэ. Рядом растёт берёзовое редколесье из *Betula tortuosa* (площадью около 1 га), в котором встречен *Vaccinium myrtillus*. Отдельные деревья берёзы извилистой встречаются на склонах каньона на расстоянии до 1 км от этого сообщества. Аналогичные ценозы отмечены в центральной части восточного склона хребта Енганэпэ в пределах заказника «Хребтовый» [11].

Рядом со снежниками развиваются нивальные группировки, в сложении которых принимают участие стелющиеся формы ив (*Salix polaris*, *S. reticulata*) и травы (*Carex lachenalii*, *C. juncella*, *Lagotis minor*, *Pedicularis oederi*, *Sibbaldia procumbens*, *Viola biflora*).

На выходах известняков отмечены открытые травяные и кустарничково-травяные группировки скального комплекса. Они изменчивы по составу, но объединяют группы видов со сходными экологическими требованиями. В трещинах скал и на мелкозёме селятся *Lloydia serotina*, *Oxyria digyna*, *Rhodiola rosea*, *Saxifraga cespitosa*, *S. nivalis* и др. виды. В небольших сырых гротах и трещинах скал обитают папоротники: *Cystopteris dickieana*, *Cryptogramma stelleri*, *Woodsia glabella*. Для вершин скал южной экспозиции характерны группировки с участием охраняемых видов: *Arnica iljinii*, *Potentilla kuznetzowii*, *Silene paucifolia*, *Thephrosia heterophylla*. У подножия скал в сухих экотопах обычны сообщества с *Chamaenerion angustifolium*, *Galium boreale*, *Poa alpina*, *Rosa acicularis*.

Таким образом, в пределах каньона существует широкий спектр растительных сообществ, включающий зональные тундровые фитоценозы и интразональные – луговины, специфические группировки скальной и островки древесной растительности.

Флора. Согласно флористическому районированию [12] территория находится в тундровой зоне, подзоне субарктических тундр. По результатам наших исследований флора каньона р. Ния-ю насчитывает 218 видов из 124 родов 52 семейств. Более половины при-

ведены для исследуемого участка впервые. Здесь сконцентрирована треть таксонов всего Полярного Урала [13]. По общему видовому разнообразию изученная флора сравнима с локальными флорами Полярного Урала, занимающими гораздо большие площади (табл. 1). Столь высокое видовое богатство обусловлено наличием выходов коренных пород и разнообразием экотопов.

Систематическую структуру флоры района исследования определяют 10 наиболее насыщенных видами семейств: Poaceae (23), Asteraceae (21), Cyperaceae (19), Ranunculaceae, Rosaceae (по 14), Salicaceae, Saxifragaceae (по 9), Scrophulariaceae (8), Equisetaceae (7), Brassicaceae, Polygonaceae (по 6). Ведущие семейства включают более половины (62%) от общего числа видов. Это свойственно и для других изученных пунктов и Полярного Урала в целом (табл. 1) и характеризует флору каньона как занимающую промежуточное положение между типичными арктическими [15–16] и бореальными флорами [13, 14, 17]. Высокая видовая насыщенность ведущих семейств указывает на специфические условия формирования и развития флоры, её биогеографическое положение [18]. Бореальные черты данной локальной флоре придаёт присутствие в числе ведущих семейств Rosaceae и Ranunculaceae. Северный горный характер подчеркивает лидирующее положение семейств Cyperaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae и родов *Saxifraga*, *Pedicularis*, *Poa*, *Draba*, *Luzula*.

Географический спектр широтных элементов сложен преимущественно (52%) видами арктической и гипоарктической фракций, при заметном (42%) разнообразии бореальных таксонов. Сходное соотношение характерно и для изученных локальных флор Полярного Урала и Урало-Новоземельской флористической подпровинции в целом [11, 14]. Пре-

обладание видов северного распространения подчёркивает горный характер и широтную приуроченность территории. Заметное участие в сложении флористического разнообразия каньона видов бореального распространения объясняется историей формирования современного растительного покрова тундры, в процессе которого значительная часть бореальной флоры сохранилась по долинам рек и выходам известняков [1]. Среди долготных групп наибольшее видовое разнообразие приходится на виды с циркумареалами (47%). Нахождение территории на стыке Европы и Азии определяет наличие таксонов с евразийским (27%), преимущественно с европейским (7%) и азиатским (11%) ареалами.

В экологическом спектре флоры по отношению к увлажнению преобладают влаголюбивые (40%) и мезофитные (38%) таксоны. Только 14% видов предпочитают более сухие экотопы. Достаточно велико и разнообразие видов, растущих в широком спектре экологических условий (7%). Для флоры заказника «Хребтовый» характерна аналогичная экологическая структура [11], что связано с близким географическим положением и сходным набором экотопов этих территорий.

Жизненные формы сосудистых растений представлены деревьями, кустарниками, кустарничками и травами. Наиболее разнообразны поликарпические травы (80%), среди которых наиболее существенны доли короткокорневищных (22%), стрелкокорневых (9%) и плетнедерновинных (6%) растений. Только три таксона относятся к одно-двулетним травам.

Несмотря на то, что в целом характеристики флоры изученного участка отражают её географическое положение, высокое видовое разнообразие растительного покрова подчёркивает уникальность этого природного объекта.

Охраняемые виды и состояние их ценопопуляций. В пределах исследованного участка

Таблица 1

Показатели видового разнообразия различных районов западного макросклона Полярного Урала

Показатели	Каньон р. Ния-ю	Заказник «Хребтовый» ¹	Оз. Щучье ¹	Оз. Есто-то ¹	Оз. Очеты ¹	Полярный Урал ¹
Площадь, га	300	4000	2500	2000	2000	2500000
Число видов	218	208	153	108	155	630
Число родов	124	116	96	68	100	228
Число семейств	52	46	43	32	39	72
Доля ведущих семейств, %	62	67	64	64	64	63
Число редких видов	30	18	17	19	17	82
Редкие виды, % к флоре	14	9	11	18	11	13

Примечание: 1 – данные приведены по литературе [11, 13, 14].

выявлено 29 видов сосудистых растений, подлежащих охране или нуждающихся в биологическом надзоре на территории Республики Коми [19] и смежных регионов (табл. 2). Большая часть из них представлена краевыми популяциями северных (арктических, арктоальпийских, голарктических) видов с сибирским, азиатским и азиатско-американским распространением (*Arnica iljinii*, *Bromopsis pumpelliana*, *Crepis chrysantha*, *Delphinium middendorffii*, *Pedicularis amoena*, *Potentilla gelida* subsp. *boreo-asiatica*, *Saxifraga spinulosa*, *Thephroseris heterophylla*, *Tofieldia coccinea*) на западной границе ареала. Присутствуют горные виды северного полушария: на территории каньона отмечены наиболее северные местонахождения *Woodsia glabella* и *Galium densiflorum* в уральском фрагменте их ареала, одно из редких местонахождений *Saxifraga tenuis* на Урале и *Cryptogramma stelleri* – на северо-западной границе распространения вида в Европе. Здесь произрастает *Gentiana verna* var. *arctica* – эндемичная для северо-востока Европы разновидность арктического европейского вида. Один из редких видов (*Rhodiola rosea*) охраняется на федеральном уровне [25]. Основные местообитания этих видов связаны со скальными выходами каньона и прилегающими участками водоразделов шириной 100-200 м. Большое значение в распределении растений имеет экспозиция скал: одни тяготеют к тёплым южным склонам правого берега р. Ния-ю, другие – к северной стороне каньона (левый берег), где всё лето сохраняются снежники.

Большая часть видов спорадически встречается на всей территории каньона. Общая численность особей в их локальных популяциях, как правило, высокая, достигает 1000 и более особей (табл. 2). Единственные местонахождения были выявлены для ряда видов. *Cryptogramma stelleri* (криптограмма Стеллера) обнаружена лишь в одном из гротов правого берега каньона. Площадь популяции 1-2 м², численность – несколько сотен вай. *Crepis chrysantha* (скерда золотистая) встречена на плоской вершине скальных выходов правого берега р. Ния-ю. Ценопопуляция малочисленная (до 100 особей), заходит на бровку водораздела и занимает площадь около 100 м². Особи располагаются небольшими группами с плотностью 7-12 шт./м². Около половины растений (48%) в период наблюдений находились в генеративном состоянии, остальные – вегетировали.

Особенности популяционной структуры были исследованы также для ряда охраняемых

видов, массово произрастающих на территории каньона. Локальная популяция *Arnica iljinii* (арники Ильина) в каньоне Ния-ю отличается очень высокой численностью. Вид встречается преимущественно на правом берегу каньона в двух типах местообитаний – на платообразных прирусловых каменистых площадках и на вершинах скалистых выходов известняков. Площадь ценопопуляций достигает нескольких сотен квадратных метров, численность растений (за счётную единицу принят побег) – 500 особей и более, плотность растений в скоплениях варьирует от 37 до 63 шт./м². Доля генеративных особей в разных местообитаниях составляет от 6 до 22%. Поддержание численности в ценопопуляциях осуществляется преимущественно за счёт вегетативного размножения, частично – семенами. Лабораторная всхожесть семян, сформировавшихся в 2010 г., составляла от 40 до 60%.

Potentilla kuznetzowii (лапчатка Кузнецова) – встречается преимущественно на правом берегу реки Ния-ю, на стенах скальных обнажений и их вершинах. Обследование ценопопуляций показало, что на плоских вершинах скал (ЦП 1) плотность растений *P. kuznetzowii* составляет 4–5 (в скоплениях – до 15) шт./м². На островершинных выступах (ЦП 2) растения скучены на мелкозёме, заполняющем пространство между камнями. Здесь плотность особей достигает 24,3 шт./м². В онтогенетической структуре ценопопуляций доминируют молодые генеративные (ЦП 1 – *j:im:v:g1:g2:g3:ss:s:sc=13:22:26:31:4:4:0:0:0*) или взрослые вегетирующие особи (ЦП 2 – *j:im:v:g1:g2:g3:ss:s:sc=0:22:42:26:10:0:0:0:0*). Отмечено успешное семенное возобновление вида. Общая численность *P. kuznetzowii* в районе каньона оценена в несколько тысяч особей.

Rhodiola quadrifida (родиола четырёхчленная) – произрастает на участках полигональных тундр, примыкающих к скальным выходам коренных пород (шириной по 100–150 м по левому и правому берегам реки Ния-ю). Обследованы две ценопопуляции: на глинистых полигонах близ скал северной экспозиции (ЦП 1) и щебнистых полигонах над скалами южной экспозиции (ЦП 2). Плотность растений на полигонах составляет от 2,2 до 7,8 шт./м², максимальная – до 40 особей. Онтогенетические спектры неполноценные (отсутствуют сенильные и отмершие растения), левосторонние – с преобладанием имматурных, виргинильных и молодых генеративных особей. Были выявлены некоторые различия возрастной и половой структуры

Таблица 2

Редкие и охраняемые виды во флоре каньона р. Ния-ю

Вид, семейство	Географические группы ¹	Категория статуса охраны вида на европейском северо-востоке России и прилегающих северных территориях		Основные местообитания вида на территории каньона Ния-ю	Численность (баллы)/счётная единица					
		РК ²	НАО ²			АрхО ²	ЯНОА ²	ТюМО ²	ХМАО ²	
<i>Arnica iljinii</i> (Maguire) Pjtin, сем. Asteraceae	а / с	3	3	–	–	3	–	–	Вершины скал южной экспозиции, прирусловые каменистые площадки	>5/побег
<i>Bromopsis pumPELLIANA</i> (Scribn.) Holub s.l., сем. Poaceae	га/с	3	–	–	3	–	3	–	Разнотравно-кустарничково-моховые луговины, скальные выходы южной экспозиции	>5/побег
<i>Carex glacialis</i> Mackenz., сем. Cyperaceae	а/ц	3	био-надзор ³	–	био-надзор	–	–	–	Отвесные скалы и вершины останцов южной экспозиции, прирусловые каменистые площадки	>5/побег
<i>Cirsium helenioides</i> (L.) Hill, сем. Asteraceae	б/с	3	–	–	–	–	–	–	Образует обширные монодоминантные заросли в долинах ручьёв правого берега	>5/особь
<i>Crepis chrysantha</i> (Ledeb.) Turcz., сем. Asteraceae	аа/с	3	–	3	–	–	–	–	Вершины скальных выходов южной экспозиции и бровка водораздела по правому берегу	2–3/особь
<i>Cryptogramma stelleri</i> (S. G. Gmel.) Prantl, сем. Cryptogrammaceae	га/с	3	био-надзор	–	–	2	3	–	Небольшой грот на выходах известняков правого берега	4–5/вайя
<i>Delphinium middendorffii</i> Trautv., сем. Ranunculaceae	га/с	4	3	–	био-надзор	–	–	–	Скальные выходы южной экспозиции и луговины правого берега	3/особь
<i>Draba fladnizensis</i> Willd. ⁴ , сем. Brassicaceae	аа/еаз	4	–	–	–	–	3	–	–	–
<i>Draba glacialis</i> Adams ⁴ , сем. Brassicaceae	а/еаз	4	3	–	–	–	–	–	–	–
<i>Gentiana verna</i> L. var. <i>artica</i> (Grossh.) Tolm., сем. Gentianaceae	а/е, энд.	2	био-надзор	2	–	–	–	–	Окраины водораздела правого берега, в кустарничково-лишайниково-моховых и кустарничково-дриадовых тундрах	4/особь
<i>Minuartia rubella</i> (Wahlenb.) Hiern, сем. Caryophyllaceae	а/ц	4	–	–	–	–	–	–	На вершинах скальных выходов и останцах	4/особь
<i>Oxyria digyna</i> (L.) Hill, сем. Polygonaceae	аа/ц	3	–	–	–	–	–	–	На скалах северной экспозиции, в нивальных группировках около снежников	4–5/парц. куст
<i>Pedicularis amoena</i> Adams ex Stev., сем. Scrophulariaceae	аа/с	3	–	–	–	–	–	–	В нивальных группировках около снежников на скальных выходах северной экспозиции	4–5/особь
<i>Poa glauca</i> Vahl, сем. Poaceae	аа/ц	3	3	–	–	–	–	–	Скалы южной экспозиции	4/побег
<i>Polemonium boreale</i> Adams subsp. <i>nudipedum</i> (Klok.) R. Kam., сем. Polemoniaceae	а/с	4	–	–	3	3	4	–	Луговины и скальные выходы южной экспозиции, по краю водораздела правого берега	4–5/особь
<i>Potentilla gelida</i> C. A. Mey. subsp. <i>boreo-asiatica</i> Jurtz. & R. Kam., сем. Rosaceae	аа/еаз	4	био-надзор	–	–	–	–	–	Скалы южной экспозиции на правом берегу	3–4/особь

<i>Potentilla kuznetzovii</i> (Gorov.) Juz., сем. Rosaceae	aa/e	3	2	–	био-надзор	–	био-надзор	–	Вершины и стенки скальных обнажений преимущественно южной экспозиции	>5/особь
<i>Rhodiola quadrifida</i> (Pall.) Fisch. & C. A. Mey., сем. Crassulaceae	aa/c	2	3	–	3	–	3	3	Участки полигональных тундр, примыкающие к скальным выходам	>5/особь
<i>Rhodiola rosea</i> L., сем. Crassulaceae	га/еаз	2	2	2	2	–	2	3	Скальные стенки правого берега	4/особь
<i>Saxifraga tenuis</i> (Wahlenb.) H. Smith, сем. Saxifragaceae	а/еаз	4	био-надзор	–	–	–	–	–	Скальные стенки правого берега	3–4/парц. побег
<i>Silene paucifolia</i> Ledeb., сем. Caryophyllaceae	aa/c	3	3	–	–	–	–	–	Вершины скал южной экспозиции; участки полигональных тундр левого берега	4–5/особь
<i>Tofieldia coccinea</i> Richards., сем. Melanthiaceae	aa/c	3	3	–	–	–	–	–	Скалы, прирусловые каменистые площадки, участки полигональных и щебнистых тундр	>5/парц. куст
<i>Woodсия glabella</i> R.Br.	aa/ц	3	б/н	3	био-надзор	3	3	3	Гроты, отвесные скалы южной экспозиции	4/ парц. куст
<i>Galium densiflorum</i> Ledeb., сем. Rubiaceae	aa/c	био-надзор	1	–	–	–	–	–	Луговины, прирусловые каменистые площадки правого берега	3–4/ парц. куст
<i>Hedysarum arcticum</i> B. Fedtisch., сем. Fabaceae	а/еа	био-надзор	–	–	–	–	–	–	Разнотравно-моховые луговины левого берега	4–5/ парц. куст
<i>Saxifraga spinulosa</i> Adams, сем. Saxifragaceae	aa/c	био-надзор	–	–	–	–	–	–	Скалы южной экспозиции	
<i>Xamilenis acaulis</i> L. Tzvel. (<i>Silene acaulis</i>), сем. Caryophyllaceae	aa/e	био-надзор	–	–	–	–	–	–	Кустарничково-лишайниково-моховые тундры по окраинам водораздела (преимущественно по правому берегу)	>5/особь
<i>Thepbroseris heterophylla</i> (Fisch.) Konechn, сем. Asteraceae	aa/c	био-надзор	3	–	–	–	–	–	Бровки водораздела вблизи скал южной экспозиции	4/парц. куст
<i>Thalictrum alpinum</i> L., Ranunculaceae	aa/ц	био-надзор	–	био-надзор	–	–	–	–	Прирусловые каменистые площадки, скалы	5/парц. куст

Примечания: 1 – географические группы (широтная/долготная) приводятся по работе О.В. Ребристой [15]; а – арктические виды, aa – арктоальпийские виды, га – гипоарктические виды, б – бореальные виды, ч – циркумполярные виды, еаз – евразийские виды, с – сибирские виды (в том числе азиатские и азиатско-американские виды), е – европейские (в том числе американо-европейские) виды, энд – эндемик. 2 – по региональным Красным книгам Республики Коми [19], Архангельской области [20], Ненецкого АО [21], Ямало-Ненецкого АО [22], Тюменской области [23], Ханты-Мансийского АО [24]. 3 – виды, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендуемых для биоаудора. 4 – виды включены в список по литературным данным [1].

ценопопуляций. На глинистых полигонах отмечено небольшое преобладание молодых имматурных особей и женских растений (рис. 1, 2), а на щебнистых полигонах (ЦП 2) возрастает доля виргинильных особей при равном соотношении мужских и женских растений. Несмотря на небольшую плотность генеративных растений, в ценопопуляциях наблюдается успешное семенное возобновление. Общая численность популяции родиолы четырёхраздельной на территории каньона можно оценить в 1–5 тысяч особей.

Silene paucifolia (смолёвка малолистная) – многолетнее стержнекорневое травянистое растение; в районе каньона спорадически

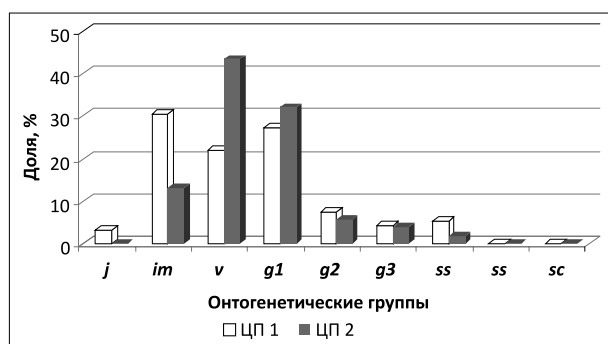


Рис. 1. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Rhodiola quadrifida*.
Условные обозначения онтогенетических групп:
j – ювенильная; im – имматурная;
v – взрослая вегетативная (виргинильная);
g1 – молодая генеративная; g2 – взрослая (зрелая) генеративная; g3 – старая генеративная;
ss – субсенильная; s – сенильная;
sc – отмершие особи.

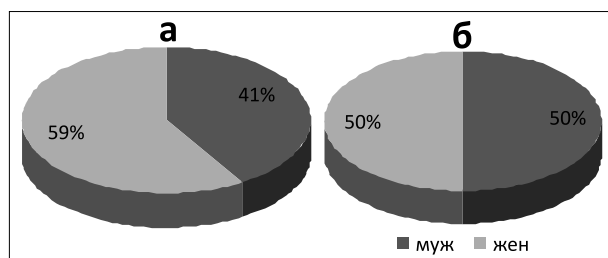


Рис.2. Половая структура ценопопуляций *Rhodiola quadrifida* (а– ЦП1, б– ЦП2).

встречается на вершинках скал и в полигональных тундрах, прилегающих к скальным выходам. Нами обследованы ценопопуляции вида в типичных местообитаниях: ЦП 1 – на краю водораздела в полигональных тундрах, ЦП 2 – на плоской вершине скалы. Несмотря на примерно одинаковую численность особей (около 100–200 растений), распределение растений в ценозах отличается. На участках полигональных тундр смолёвка малолист-

ная произрастает на значительной площади (несколько гектаров), особи располагаются здесь с крайне низкой плотностью – примерно одно растение на 5 м². На плоских вершинах скал площадь ценопопуляций смолёвки мала (до 100 м²), плотность размещения особей выше (2–3 шт./м²). В скальных ценопопуляциях выявлено наличие проростков и более полный онтогенетический спектр (ЦП 2 – j:im:v:g1:g2:g3:ss:s:sc = 12:36:20:24:8:0:0:0), что указывает на более благоприятные условия произрастания и возобновления вида. В зональных тундровых сообществах на трансектах были представлены лишь генеративные онтогенетические группы (ЦП 1 – j:im:v:g1:g2:g3:ss:s:sc = 0:0:0:87:13:0:0:0). Общую численность вида на территории каньона можно оценить в 500–1000 особей.

Tofieldia coccinea (тофиельдия красная) встречается на участках полигональных и щебнистых тундр, на скалистых выходах известняков, плоских каменистых площадках вблизи русла реки и в других экотопах. Общая численность локальной популяции достигает нескольких тысяч особей. Особенности популяционной структуры *T. coccinea* исследованы на участке щебнистых полигональных тундр правого берега р. Ния-ю. Площадь сообщества достигает нескольких гектаров, численность вида превышает тысячу парциальных кустов. Они произрастают как на полигонах, так и пространствах, заросших кустарничками. Средняя плотность растений составила 18–19 шт./м², в скоплениях – до 50 шт./м². Возрастной спектр левосторонний с преобладанием молодых особей семенного и вегетативного происхождения (j:im:v:g1:g2:g3:ss:s:sc = 6:18:49:16:9:1:1:0:0). Самоподдержание в ценопопуляциях смешанное – осуществляется как за счёт вегетативного, так и семенного возобновления.

Обследованная территория выполняет важную роль в сохранении редких видов сосудистых растений Севера. На небольшой площади каньона сконцентрировано более трети редких видов Воркутинского района республики [4]. Популяции большей части из них находятся в краевой части ареала, имеют очень узкую эколого-ценотическую амплитуду и нуждаются в охране.

Таким образом, исследования показали, что горный характер обследованной территории с широким диапазоном геохимических и почвенных условий способствует формированию широкого спектра экотопов и развитию как типичных тундровых, так и интразональ-

ных сообществ. Растительный покров каньона отличается высоким ценотическим и видовым разнообразием. Данная территория обладает большим потенциалом и как место сохранения редких сосудистых растений европейского северо-востока. Считаем, что включение каньона Ния-ю в систему ООПТ Республики Коми будет способствовать сохранению в тундровой зоне ландшафтов с высоким уровнем биологического разнообразия.

Исследования выполнены при частичной поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН «Арктика», проект № 12-А-7-006-АРКТИКА. Авторы благодарны к.б.н. Б. Ю. Тетерюку за помощь в организации и проведении полевых исследований.

Литература

- Кулиев А.Н. Редкие растительные сообщества верховий реки Усы // Охрана редких объектов растительного мира. Сб. науч. тр. М. 1986. С. 25–30.
- Кулиев А.Н., Морозов В.В. Флористические находки на востоке Большеземельской тундры и на Полярном Урале // Бот. ж. 1988. Т. 73. № 3. С. -447.
- Морозов В.В., Кулиев А.Н. О некоторых флористических рубежах в свете новых находок на востоке Большеземельской тундры и западном макросклоне Полярного Урала // Бот. ж. 1989. Т. 74. № 3. С. 339–349.
- Воркута – город на угле, город в Арктике. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2011. 512 с.
- Кучеров И.Б., Паянская-Гвоздева И.И. Методы описания состояния растительности // Антропогенная динамика растительного покрова Арктики и Субарктики: принципы и методы изучения. СПб. 1995. С. 51–63.
- Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 215 с.
- Ценопопуляции растений (Развитие и взаимоотношения). М.: Наука, 1977. 183 с.
- Денисова Л.В., Никитина С.В., Заугольнова Л. Б. Программа и методика наблюдения за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР. М.: ВАСХНИЛ, 1986. 34 с.
- Секретарева Н.А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 131 с.
- Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л.: Наука, 1977. 189 с.
- Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Вып. 7: Природные комплексы заказника «Хребтовый». Сыктывкар. 2010. 141 с. (Коми научный центр УрО РАН).
- Юрцев Б.А., Толмачев А.И., Ребриская О.В. Флористическое ограничение и разделение Арктики // Арктическая флористическая область. Л. 1978. С. 9–104.
- Растительные покровы и растительные ресурсы Полярного Урала / Л.М. Морозова, М.А.Магомедова, С.Н. Эктова, А.П. Дьяченко, М.С. Князев и др. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. 796 с.
- Биоразнообразие экосистем Полярного Урала. Сыктывкар. 2007. 252 с.
- Ребриская О.В. Флора востока Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1977. 334 с
- Ребриская О.В. Особенности распространения сосудистых растений на п-ве Ямал (Западносибирская Арктика) // Сравнительная флористика на рубеже III тысячелетия: достижения, проблемы, перспективы. СПб. 2000. С. 170–198.
- Мартыненко В.А., Дёгтева С.В. Конспект флоры национального парка «Югыд-Ва» (Республика Коми). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 108 с.
- Толмачёв А. И. Введение в географию растений. Л.: ЛГУ, 1974. 244 с.
- Красная книга Республики Коми. Сыктывкар. 2009. 791 с.
- Красная книга Архангельской области: официальное издание. Архангельск: Администрация Архангельской обл. 2008. 351 с.
- Красная книга Ненецкого автономного округа. Нарьян-Мар. 2006. 50 с.
- Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа: Животные, растения, грибы. Екатеринбург: «Баско», 2010. 307 с.
- Красная книга Тюменской области. Животные, растения, грибы. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 496 с.
- Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа. Екатеринбург: «Пакрус», 2003. 376 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

УДК 58:581.9:502.4(234.851)

Первые итоги комплексного исследования растительности и флоры хребта Маньпупунёр (Северный Урал, Печоро-Илычский заповедник)

© 2014. С. В. Дёгтева, д.б.н., директор, В. А. Канев, к.б.н., н.с.,
И. И. Полетаева, к.б.н., с.н.с.,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
e-mail: degteva@ib.komisc.ru

В статье представлены сведения о разнообразии растительности и флоры сосудистых растений хребта Маньпупунёр. Особое внимание уделено охраняемым и редким видам. Приведены данные о местах их произрастания, состоянии и возрастной структуре ценопопуляций.

The data about vegetation and vascular plants flora of Manpupuner Ridge are represented. Rare and protected species are objects of special attention. The results of investigations of their key habitats, populations status and age structure are represented.

Ключевые слова: растительность, флора, сосудистые растения, редкие виды, заповедник, Северный Урал

Keywords: vegetation, flora, vascular plants, rare species, zapovednik (reserve), Northern Urals

Республика Коми, расположенная на европейском северо-востоке России, выгодно отличается от соседних субъектов Российской Федерации хорошо развитой сетью особо охраняемых территорий [1]. Она включает 240 объектов, занимающих площадь 5 431 873,3 млн га, или порядка 13% от общей площади республики. Два из них (Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник и национальный парк «Югыд ва») имеют федеральный статус, остальные – региональное подчинение.

Печоро-Илычский заповедник организован в 1930 г. На протяжении нескольких десятилетий этот крупный резерват, включающий ландшафты Печорской равнины, предгорий и гор Северного Урала, оставался единственной особо охраняемой природной территорией республики. В 1932 г. заповедник получил статус научно-исследовательского учреждения. С этого времени проводится планомерное исследование разнообразия природных комплексов и мониторинг их состояния [1].

Обобщение имеющихся в литературе сведений [2–6] показывает, что растительный мир резервата изучен недостаточно, поэтому выполнение углублённых целенаправленных геоботанических и флористических исследований остаётся актуальным. Наименее исследовано разнообразие растительного мира горной ландшафтной зоны. В 2007–2011 гг. специалистами Института биологии обследо-

ваны ключевые участки, расположенные на хребтах Щука-Ёльиз, Кычильиз, Макар-из и Турынья-нёр, Маньхамбо. В 2012 и 2013 гг. выполнено комплексное обследование растительного покрова и почв на хребте Маньпупунёр. В настоящей статье приведены первые результаты исследования ценоотического и видового разнообразия, в том числе ценопопуляций редких видов.

Объекты и методы

Хребет Маньпупунёр расположен в восточной части заповедника, вытянут в меридиональном направлении. Долина реки Печора отделяет его от хребта Коренной поясовой камень (вершина Печерья-Талыхчахль), по которому проходят граница заповедника и административная граница Республики Коми, долина ручья Лягавож – от горного массива Яныпупунёр. Протяжённость хребта Маньпупунёр относительно невелика (порядка 11 км). Отметки абсолютных высот на плато варьируют от 718,5 до 840,5 м над уровнем моря. По данным В. А. Варсанюковой [7], хребет Маньпупунёр сложен серицитово-кварцитовыми сланцами, в южной оконечности массива они прорваны основными породами, которые подверглись интенсивной метаморфизации. Отличительная особенность хребта – наличие в его северной части останцов («столбов») выве-

тривания. Они имеют высокую эстетическую ценность и являются своеобразной визитной карточкой заповедника. Климат территории умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха -1°C . Осадки выпадают преимущественно в тёплый период года (апрель – октябрь), их общая годовая сумма – от 800 до 1000 мм. Устойчивый снежный покров образуется 8–10 октября и сохраняется в среднем 252 дня. Продолжительность безморозного периода составляет лишь 80–83 дня, в отдельные годы – около 50 дней [8].

При сборе материала применяли комплекс традиционных и современных методов геоботанических и флористических исследований [9–11]. Использован метод описания пробных площадей вдоль экологических профилей, заложенных вдоль высотных градиентов. В ходе обследования пробных площадей выявлены особенности вертикальной, горизонтальной структуры растительных сообществ, разнообразие и обилие сосудистых растений, мохообразных, лишайников. Изучение локальной флоры выполняли маршрутным методом с обследованием всех встречающихся на хребте Маньпупунёр местообитаний и типов растительности. Протяжённость радиальных маршрутов составляла 5–8 км. Списки видового состава локальной флоры документированы гербарными сборами, хранящимися в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Определение растений выполнено с использованием монографии «Флора северо-востока европейской части СССР» [12].

При изучении состояния ценопопуляций редких видов сосудистых растений на пробной площади закладывали серию мелких учётных площадок (40 шт.) размером 50 x 50 см или 1,0 x 1,0 м. По доле площадок, на которых отмечен вид, определяли частоту его встречаемости (%) в фитоценозе. На каждой учётной площадке подсчитывали число особей изучаемого вида и регистрировали их онтогенетическое состояние. На основании этих данных рассчитывали значения плотности и определяли онтогенетическую структуру ценопопуляций. Описание онтогенетического развития большинства видов проведено по Т.А. Работнову [13] с дополнениями А.А. Уранова [14] и его учеников [15, 16]. Для характеристики возраста ценопопуляции рассчитывали значения показателей возрастности [17], эффективности и определяли тип возрастного спектра [18].

Результаты и их обсуждение

К началу наших исследований хребет Маньпупунёр в силу его удалённости и труднодоступности оставался практически неизученным в ботаническом отношении. Детальные сведения об особенностях его растительного покрова в литературе отсутствуют. Систематическое изучение флоры не проводилось. В 1925 и 1926 гг. В. С. Говорухин в процессе маршрутных исследований посетил северную оконечность хребта. В 1935 г. А. М. Леонтьев проложил маршрут в верховьях Печоры с посещением Большой Порожней, хребта Яныпупунёр и центральной части хребта Маньпупунёр. Л. Б. Ланина в 1935–1937 гг. провела исследования в бассейне реки Ыджыдьяга, побывала на хребтах Маньпупунёр, Кос-из и горе Печерья-Тальяхчалль [19]. В. В. Федотов, изучавший флору заповедника в 1975–1980 гг., приводит сведения о редких видах сосудистых растений, встречающихся в предгорном и горном районах, в том числе на хребте Маньпупунёр. В работах, посвящённых анализу флоры сосудистых растений резервата [4, 19, 20], можно найти сведения лишь о 70 таксонах, зарегистрированных здесь в разные годы. Упоминания некоторых видов, например, *Carex atrata* [21], *Woodsia ilvensis*, нуждаются в подтверждении [4].

В результате геоботанических исследований, выполненных в 2012–2013 гг., установлено, что на горном массиве Маньпупунёр отчётливо выражена вертикальная поясность. Облик растительности горно-лесного пояса определяют еловые леса зелёномошного и травяного типа, которые включают три растительные ассоциации: *Piceetum fruticulosohylocomiosum*, *P. aconitosum* и *P. expansae dryopteridosum*. Растительность подгольцового высотного пояса характеризуется самым высоким уровнем ценогенетического разнообразия. Наиболее характерным её элементом являются еловые (асс. *Piceetum myrtillosohylocomiosum*) и берёзовые (асс. *Montano-Betuletum aconitosum*, *M.-B. calamagrostidosum*, *M.-B. avenellosum*, *M.-B. albiflorigeraniosum*, *M.-B. dryopteridosum*, *M.-B. gymnocarpiosum*, *M.-B. mixto-herbosum*) редколесья. Реже отмечены редколесья и редины из *Abies sibirica*, единично – из *Pinus sibirica*. Ассоциации *Montano-Betuletum dryopteridosum*, *M.-B. gymnocarpiosum* описаны впервые для территории Печоро-Илычского заповедника. Кустарниковая растительность представлена ивняками травяными (асс.

Salicetum albiflori geraniosum, *S. mixto-herbosum*), развитыми по ложбинам стока, зарослями *Betula nana* (группы ассоциаций *Nano-Betuleta hylocomioso-cladinosa*, *Nano-Betuleta hylocomiosa*, *Nano-Betuleta sphagnosa*) и *Juniperus sibirica* (группа ассоциаций *Junipereta hylocomiosa*), формирующимися на дренированных участках. Горные луга не занимают больших площадей, приурочены к влажным экотопам с относительно богатыми почвами и представлены сообществами ассоциаций *Calamagrostidetum geraniosum*, *Geranietum mixto-herbosum*, *Aconitetum mixto-herbosum*. Сообщества горных тундр распространены в верхних частях склонов, на нагорных террасах и плато. Представлены преимущественно фитоценозами лишайникового типа (ассоциации *Nanae betuloso-flavocetrariosum*, *Fruticulososo-flavocetrariosum*, *Myrtillosocetrariosum*). Отмечены также зелёномошные (асс. *Caricoso-hylocomiosum*) и луговинные (асс. *Myrtillososo-avenelloso-cetrariosum*, *Avenelloso-hylocomioso-polytrichosum*, *Majori bistortoso-polytrichosum*) тундры.

В результате проведённых в 2013 г. флористических исследований существенно дополнены сведения о разнообразии сосудистых растений для территории хребта Маньпупунёр. Установлено, что здесь произрастают 239 видов высших сосудистых растений из 140 родов и 51 семейства. Наиболее разнообразны семейства Poaceae (26 видов), Asteraceae (25), Cyperaceae (24), Rosaceae (17), Ranunculaceae (14), Salicaceae (11), Scrophulariaceae (10), Ericaceae (9), Caryophyllaceae (8), Apiaceae (7). Высокое разнообразие семейств Poaceae и Cyperaceae подчёркивает горный характер флоры. Десять наиболее насыщенных в видовом отношении семейств объединяют 61,9% видового состава. Среди родов максимальным числом таксонов представлены Carex (19) и Salix (10). Заметным разнообразием характеризуются также роды Hieracium (6 видов), Poa, Rubus (по 5), Equisetum, Luzula, Eriophorum, Pedicularis (по 4), Dryopteris, Vaccinium (по 3). Значительная часть родов (95) содержит всего по одному виду, что отражает миграционный характер флоры. Среди растений, произрастающих на хребте Маньпупунёр, преобладают представители северных широтных групп: бореальной (138 видов, или 57,3% от общего числа зарегистрированных таксонов), арктической, арктоальпийской и гипоарктической (в совокупности 86 видов, или 36%). Виды с южным распространением

значительно менее многочисленны. Отмечены 8 таксонов, принадлежащих к неморально-бореальной группе, и 1 лесостепной вид, на доли которых в локальной флоре приходится 3,3 и 0,4% соответственно. Выявлено 5 видов полизонального элемента. Их малая доля (2,1%) отражает низкую степень антропогенной трансформации экосистем. Среди долготных элементов преобладают голарктический и евразийский, объединяющие 40,6 и 32,6% от общего числа видов соответственно. Доли европейских и азиатских (сибирских) видов примерно равны (12,8 и 13,4%). Это является закономерным следствием положения изученной территории на границе Европы и Азии.

На хребте Маньпупунёр зарегистрировано 11 видов сосудистых растений, занесённых в Красную книгу Республики Коми [22]. Еще 6 таксонов нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение к региональной Красной книге. Приводим характеристику мест их произрастания.

Dryopteris filix-mas – категория статуса редкости 3. Северная часть хребта, средняя часть склона северо-западной (СЗ) экспозиции вершины 809 м в каньон, заросли можжевельника (62°15'23,8" с.ш., 59°18'22,8" в.д., высота 710 м над ур. м.), берёзовое редколесье аконитовое (62°15'29,2" с.ш., 59°18'24,4" в.д., высота 680 м над ур. м.), берёзовое редколесье разнотравно-вейниковое (62°15'31,2" с.ш., 59°18'26,1" в.д., высота 660 м над ур. м.). Нижняя часть склона восточной (В) экспозиции вершины 840 м к долине ручья, нивальная луговина (62°14'26,9" с.ш., 59°19'15,2" в.д., высота 720 м над ур. м.), заросли можжевельника (62°14'26,3" с.ш., 59°19'25,4" в.д., высота 665 м над ур. м.; 62°14'09,3" с.ш., 59°19'47,8" в.д., высота 670 м над ур. м.), луговины и ивняки в ложбине стока (62°14'22,4" с.ш., 59°19'24,8" в.д., высота 690 м над ур. моря; 62°14'05,5" с.ш., 59°19'38,9" в.д., высота 710 м над ур. м.), березняк аконитово-вейниковый (62°14'19,0" с.ш., 59°19'54,0" в.д., высота 640 м над ур. м.). Удельное покрытие до 5%.

Polypodium vulgare – категория статуса редкости 3. Северная часть хребта, плато вершины 840 м, останцы выветривания (62°13'56,8" с.ш., 59°19'10,0" в.д.). Единичные особи.

Pinus sibirica – категория статуса редкости 2. Северная часть хребта. Пологий склон северной (С) экспозиции, кедровая редина ерниково-лишайниковая (62°15'52,6" с.ш., 59°17'15,9" в.д., высота 665 м над ур. м.), верхняя часть пологого склона северо-северо-

восточной (СВ) экспозиции, кедровая редина осоково-голубичная (62°15'57,6" с.ш., 59°17'18,4" в.д., высота 630 м над ур. м.), кедровая редина кустарничково-ерниково-лишайниковая (62°15'59,6" с.ш., 59°17'09,5" в.д., высота 630 м над ур. м.), кедровое редколесье кустарничково-осоковое (62°16'01,7" с.ш., 59°16'59,4" в.д., высота 630 м над ур. м.). Окрестности останца на вершине 603 м, верхняя часть склона северо-западной (СЗ) экспозиции, елово-кедровое редколесье кустарничково-зелёномошное (62°16'05,4" с.ш., 59°16'54,5" в.д., высота 632 м над ур. моря). От единичных особей до доминанта насаждений.

Crepis chrysantha – категория статуса редкости 3. Северная часть хребта, средняя часть склонов юго-западной (ЮЗ), западной (З), СЗ экспозиции вершины 809 м, еловая редина ерниково-лишайниково-зелёномошная (62°15'0,63" с.ш., 59°18'15,4" в.д.), ерниково-зелёномошно-лишайниковая тундра (62°15'24,3" с.ш., 59°18'43,1" в.д.), ивняк разнотравно-зелёномошный (62°15'19,6" с.ш., 59°18'28,6" в.д.), луговинная тундра (62°15'07,6" с.ш., 59°18'17,5" в.д.). Единичные особи.

Scorzonera glabra – категория статуса редкости 2. Северная часть хребта, плато и склон ЮЗ экспозиции вершины 840 м, карнизы на останцах выветривания, луговинные тундры (62°13'56,8" с.ш., 59°19'10,0" в.д.; 62°13'46,5" с.ш., 59°19'13,3" в.д.). Единичные и немногочисленные особи.

Rhodiola rosea – категория статуса редкости 2. Северная часть хребта, средняя часть склона СЗ экспозиции вершины 809 м в каньон, ивняк разнотравно-зелёномошный (62°15'19,6" с.ш., 59°18'28,6" в.д., высота 770 м над ур. м.), луговина (62°15'20,8" с.ш., 59°18'23,5" в.д., высота 730 м над ур. м.), заросли можжевельника (62°15'23,8" с.ш., 59°18'22,8" в.д., высота 710 м над ур. м.), берёзовое редколесье аконитовое (62°15'29,2" с.ш., 59°18'24,4" в.д., высота 680 м над ур. м.), берёзовое редколесье разнотравно-вейниковое (62°15'31,2" с.ш., 59°18'26,1" в.д., высота 660 м над ур. м.), средняя часть склона В экспозиции вершины 809 м горная луговина (62°15'13,5" с.ш., 59°19'23,0" в.д., высота 700 м над ур. м.). Нижняя часть склона В экспозиции вершины 840 м к долине ручья, ивняк травяной (62°14'05,5" с.ш., 59°19'38,9" в.д.), верхняя часть склона южной (Ю) экспозиции, луговинная тундра (62°13'46,5" с.ш., 59°19'13,3" в.д.), верхняя часть склона С экспозиции, кустарничково-ерниково-зелёномошная тун-

дра (62°14'02,8" с.ш., 59°19'02,7" в.д., высота 800 м над ур. м.). Единичные и немногочисленные особи.

Potentilla kuznetzowii – категория статуса редкости 3. Северная часть хребта, плато вершины 840 м, карнизы на останцах выветривания (62°13'56,8" с.ш., 59°19'10,0" в.д.). Немногочисленные особи.

Anemonastrum biarmiense – категория статуса редкости 2. Горно-тундровый и подгольцовый пояса на всём протяжении хребта. Горные тундры, заросли кустарников, редколесья, луга. От единичных особей до ранга содоминанта.

Paeonia anomala – категория статуса редкости 2. Северная часть хребта, нижняя часть склона В экспозиции, высота 530 м над ур. м., долина р. Печора, еловый разнотравный лес; перегиб между северной и южной частями хребта, в верхней части склона В экспозиции, высота 660 м над ур. м., берёзовый крупнотравный лес (62°14'06,0" с.ш., 59°22'16,3" в.д.; 62°12'35,5" с.ш., 59°18'45,2" в.д.). Единичные особи.

Lagotis uralensis – категория статуса редкости 4. Северная часть хребта. Средняя часть склонов ЮЗ, З экспозиции вершины 809 м еловая редина ерниково-лишайниково-зелёномошная (62°15'0,63" с.ш., 59°18'15,4" в.д.), луговинная тундра (62°15'07,6" с.ш., 59°18'17,5" в.д.), ивняки разнотравно-зелёномошные (62°15'19,6" с.ш., 59°18'28,6" в.д.; 62°14'52,3" с.ш., 59°18'26,6" в.д.), ерник мохово-лишайниковый (62°15'07,3" с.ш., 59°18'07,0" в.д.). Верхняя часть склона В экспозиции вершины 809 м, луговинная тундра (62°15'14,4" с.ш., 59°19'02,2" в.д.). Седловина между вершинами 809 и 840 м, мелкотравная луговина (62°14'59,7" с.ш., 59°18'19,8" в.д.), ивняк (62°14'46,1" с.ш., 59°18'30,1"). Единичные особи.

Eleocharis quinqueflora – категория статуса редкости 4. Северная часть хребта, средняя часть склона В экспозиции, у снежника в долине ручья на высоте 680 м над ур. м. (62°14'43,6" с.ш., 59°19'12,6" в.д.). Единичные особи.

Thalictrum alpinum – вид рекомендован для биологического надзора. Северная оконечность хребта, верхняя часть склона СЗ и З экспозиции вершины 804 м, кустарничково-лишайниково-зелёномошная тундра, луговинная тундра (62°15'09,4" с.ш., 59°18'18,0" в.д.; 62°14'56,8" с.ш., 59°18'23,2" в.д. на отметках абсолютных высот 750–780 м над ур. м. Единичные особи.

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Loiseleuria procumbens – вид рекомендован для биологического надзора. Северная часть хребта, нагорная терраса около останцов, кустарничково-лишайниковая тундра с пятнами-медальонами (62°15'18,3" с.ш., 59°18'04,8" в.д.; 62°15'25,7" с.ш., 59°17'54,9" в.д.). Верхняя часть склона ЮЗ

экспозиции вершины 809 м, кустарничково-лишайниковая тундра (62°15'07,0" с.ш., 59°17'46,0" в.д.). Единичные особи.

Hedysarum arcticum – вид рекомендован для биологического надзора. Северная часть хребта, верхняя часть склонов З, СЗ, С и В экспозиции вершины 809 м, ивняк разнотравно-

Таблица

Показатели состояния ценопопуляций редких растений хребта Маньпупунёр

Показатели вид / № ЦП	Местообитание, фитоценоз	Площадь ценопопуляции, м ²	Численность, экз.	Плотность, экз./м ²	Степень генеративности, %
<i>Anemonastrum biarmiense</i>					
ЦП 1	Нивальное сообщество среди каменных россыпей	600	500	15,5	42,6
ЦП 2	Подгольцовый пояс, разнотравная луговина	130	500	24,8	24,1
ЦП 3	Подгольцовый пояс, разнотравная луговина	100	300-500	22,7	29,8
ЦП 4	Горно-тундровый пояс, чернично-зелёномошная тундра	500	500	11,6	49,8
ЦП 5	Горно-тундровый пояс, луговинная тундра	1600	1000	23,3	28,0
ЦП 6	Горно-тундровый пояс, кустарничково-лишайниковая тундра	2000	100	6,6	24,2
ЦП 7	Горно-тундровый пояс, луговинная тундра	3000	1000	18,0	49,1
ЦП 8	Подгольцовый пояс, ивняк разнотравный	60	300	9,4	51,1
ЦП 9	Горно-тундровый пояс, чернично-зелёномошная тундра	500	500-1000	13,4	37,1
ЦП 10	Подгольцовый пояс, разнотравная луговина	1500	1000	9,2	57,6
ЦП 11	Подгольцовый пояс, луговиково-разнотравная луговина	1000	1000	19,9	33,2
ЦП 12	Горно-тундровый пояс, луговинная тундра	600	1000	23,7	35,0
ЦП 13	Горно-тундровый пояс, чернично-зелёномошная тундра	400	500	10,7	33,6
ЦП 14	Горно-тундровый пояс, нивальная луговина	150	300	17,1	26,7
<i>Rhodiola rosea</i>					
ЦП 15	Горно-тундровый пояс, кустарничково-ерниково-зелёномошная тундра	20	<20	1,1	61,9
ЦП 16	Горно-тундровый пояс, нивальная луговина	5	10	2,2	72,7
ЦП 17	Горно-тундровый пояс, нивальная луговина	95	50	3,4	44,7
ЦП 18	Горно-тундровый пояс, растительные группировки среди каменных россыпей	10	10	3,4	100
ЦП 19	Подгольцовый пояс, горная луговина в нижней части склона в каньон	1000	400	7,2	70,6
<i>Scorzonera glabra</i>					
ЦП 20	Горно-тундровый пояс, растительные группировки у подножия останца выветривания, западная экспозиция	2	<100	50,2	13,7
ЦП 21	Горно-тундровый пояс, растительные группировки по карнизам останца выветривания, юго-восточная экспозиция	3,5	150	43,1	19,9
ЦП 22	Горно-тундровый пояс, растительные группировки по карнизам останца выветривания	4	70	18,0	9,7
ЦП 23	Горно-тундровый пояс, растительные группировки среди каменных россыпей	7,5	70	9,5	10
<i>Crepis chrysantha</i>					
ЦП 24	Горно-тундровый пояс, нивальная луговина	150	100	8,6	31,4
ЦП 25	Горно-тундровый пояс, луговинная тундра	15	100	14,9	52,1
<i>Potentilla kuznetzowii</i>					
ЦП 26	Растительные группировки у подножия останца выветривания	4,5	70	15,1	64,7
ЦП 27	Растительные группировки по карнизам останца выветривания	4,0	50	13,0	73,0

зеленомошный (62°15'19,6" с.ш., 59°18'28,6" в.д.), нивальная луговина (62°15'19,9" с.ш., 59°18'23,7" в.д.), кустарничково-лишайниковая тундра (62°15'25,0" с.ш., 59°18'38,6" в.д.), ивково-зеленомошная тундра (62°15'22,3" с.ш., 59°18'53,6" в.д.), луговинные тундры (62°15'14,4" с.ш., 59°19'0,22" в.д.; 62°15'16,8" с.ш., 59°19'06,8" в.д.). Плато вершины 840 м, горная зеленомошная тундра у останца выветривания (62°13'56,8" с.ш., 59°19'10,0" в.д.), верхняя часть склона Ю экспозиции, луговинная тундра (62°13'46,5" с.ш., 59°19'13,3" в.д.). Единичные особи.

Cardamine macrophylla – вид рекомендован для биологического надзора. Северная оконечность хребта, нижняя часть склона В экспозиции, 560 м над ур. м., долина р. Печора, еловый разнотравный лес (62°14'32,8" с.ш., 59°21'00,7" в.д.). Единичные особи.

Dactylorhiza maculata – вид рекомендован для биологического надзора. Северная оконечность хребта, горно-лесной пояс, ключевые осоково-сфагновые болота в средней части склона В экспозиции, высота 600-680 м над ур. м. (62°14'34,0" с.ш., 59°19'48,2" в.д.; 62°15'02,6" с.ш., 59°19'38,9" в.д.).

Poa sibirica – вид рекомендован для биологического надзора. Северная оконечность хребта, средняя часть склона С экспозиции вершины 840 м, луговинная тундра (62°14'27,1" с.ш., 59°18'46,3" в.д.). Единичные особи.

В процессе исследований получены оригинальные данные об экологии, фитоценологии, биологии и структуре 27 ценопопуляций редких видов сосудистых растений (*Anemonastrum biarmiense*, *Rhodiola rosea*, *Scorzonera glabra*, *Potentilla kuznetzovii*, *Crepis chrysantha*), произрастающих в горно-тундровом и подгольцовом поясах хребта Маньпупунёр (табл. 1). На основе критерия абсолютного максимума и по классификации «дельта-омега» [18] ценопопуляции *Anemonastrum biarmiense* (14), *Scorzonera glabra* (4) и *Crepis chrysantha* (1) относятся к группе «молодых», ценопопуляции *Anemonastrum biarmiense* (2), *Rhodiola rosea* (2), *Potentilla kuznetzovii* (1), *Crepis chrysantha* (1) – к группе «зреющих», ценопопуляции *Rhodiola rosea* (2), *Potentilla kuznetzovii* (1) – к группе «зрелых», одна ценопопуляция *Rhodiola rosea* – к группе «переходных». Их онтогенетические спектры приведены на рисунке 1. Установлено, что самоподдержание популяций изученных видов осуществляется семенным и вегетативным размножением. Ослабленное семенное возобновление *Potentilla kuznetzovii* и *Rhodiola rosea* связано, возможно, с низкой семенной продуктивностью растений, периодичностью плодоношения, недостаточностью пригодных для прорастания семян местообитаний и выносом семян при таянии снега, медленным развитием растений на начальных этапах онто-

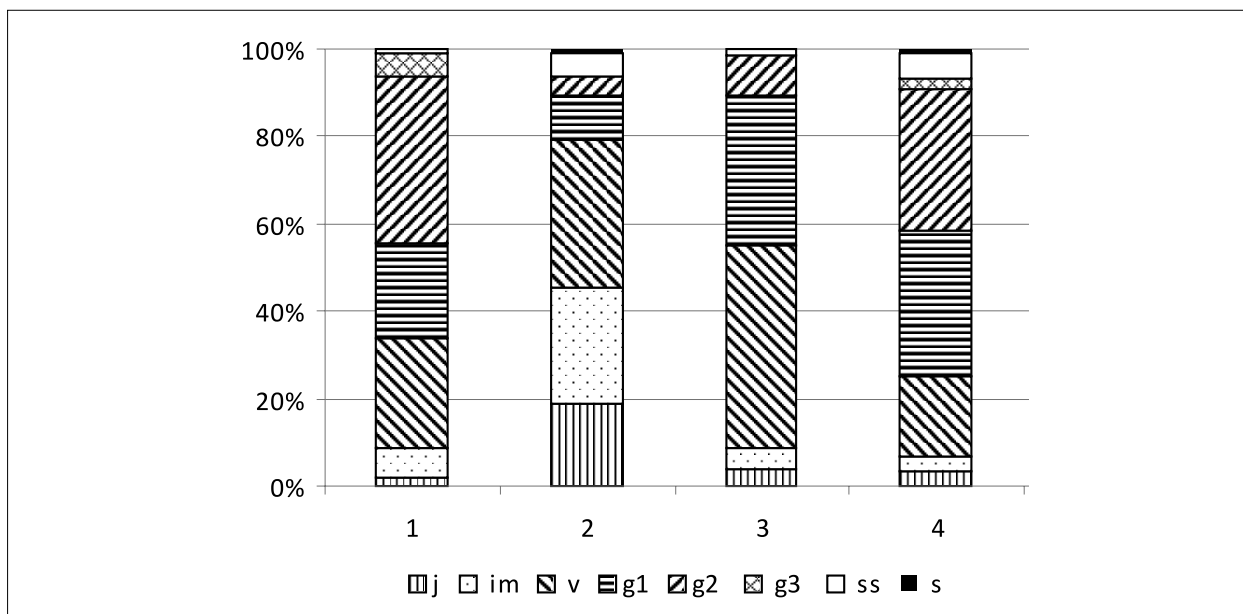


Рис. 1. Онтогенетические спектры *Rhodiola rosea* (1), *Scorzonera glabra* (2), *Crepis chrysantha* (3), *Potentilla kuznetzovii* (4).

Условные обозначения. По вертикали – доля особей того или иного онтогенетического состояния от их общего числа, по горизонтали – онтогенетические состояния: j – ювенильные, im – имматурные, v – вегетативные, g1 – молодые генеративные, g2 – зрелые генеративные, g3 – старые генеративные, ss – субстерильные растения, s – стерильные растения.

генеза. Состояние ценопопуляций *Scorzonera glabra* и *Potentilla kuznetzovii* критическое, из-за малой численности растений и небольшой площади их произрастания. Состояние ценопопуляций *Anemonastrum biarmiese* удовлетворительное. Стабильное преобладание особей молодых онтогенетических групп в структуре ценопопуляций и сохранение возрастных спектров, близких к базовому (рис. 2), свидетельствует об устойчивости их онтогенетической структуры. При изучении ценопопуляций *Anemonastrum biarmiese* выявлено, что наиболее приближённые к популяционному оптимуму условия произрастания вида складываются на разнотравных луговинах. В данных фитоценозах отмечены максимальная численность, плотность растений *Anemonastrum biarmiese* и наибольшая доля генеративных особей. По доле генеративных особей от общего числа взрослых растений составлен ряд, отражающий ухудшение условий произрастания данного вида: разнотравные луговины – чернично-моховые тундры – кустарничково-лишайниковые тундры – луговинные тундры.

Помимо видов сосудистых растений, занесённых в региональную Красную книгу и приложение к ней, в процессе исследований выявлены таксоны, которые являются редкими для территории Печоро-Ильчского заповедника [4]. Приводим сведения о выявленных местах их произрастания.

Dryas octopetala – северная часть хребта, кустарничково-лишайниково-зелёномошные

и кустарничково-лишайниковые тундры, расположенные на высотах 770 м над ур. м. в верхней части склона вершины 804 м СЗ экспозиции (62°15'24,3" с.ш., 59°18'43,1" в.д.; 62°15'25,0" с.ш., 59°18'38,6" в.д.). Удельное покрытие до 20%.

Astragalus frigidus – северная часть хребта, верхняя часть склона З экспозиции вершины 809 м, ивняк разнотравно-зелёномошный (62°15'19,6" с.ш., 59°18'28,6" в.д.). Единичные особи.

Salix reticulata – северная часть хребта, луговинные и ивково-зелёномошные тундры, расположенные на высотах 770-780 м над ур. м. в верхней части склонов вершины 809 м С, СЗ и З экспозиции (62°15'24,3" с.ш., 59°18'43,1" в.д.; 62°15'24,4" с.ш., 59°18'36,1" в.д.; 62°15'25,0" с.ш., 59°18'38,6" в.д.; 62°15'22,3" с.ш., 59°18'53,6" в.д.; 62°15'14,4" с.ш., 59°19'02,2" в.д.; 62°15'07,6" с.ш., 59°18'17,5" в.д.). Удельное покрытие 1–5–30%.

Pedicularis lapponica – северная часть хребта, горные луговинные тундры, расположенные на высотах 700-760 м над ур. м. (62°14'45,8" с.ш., 59°18'44,9" в.д.; 62°15'07,6" с.ш., 59°18'17,5" в.д.). Единичные особи.

Pedicularis oederi – северная часть хребта, верхняя часть склонов вершины 804 м В, ЮВ, ЮЗ, З и СЗ экспозиции, 740–770 м над ур. м. еловая редина ерниково-лишайниково-зелёномошная, луговинные тундры, кустарничково-лишайниковая тундра, ерниково-лишайниковая тундра, кустарничково-зелёномошная тундра, ивняк

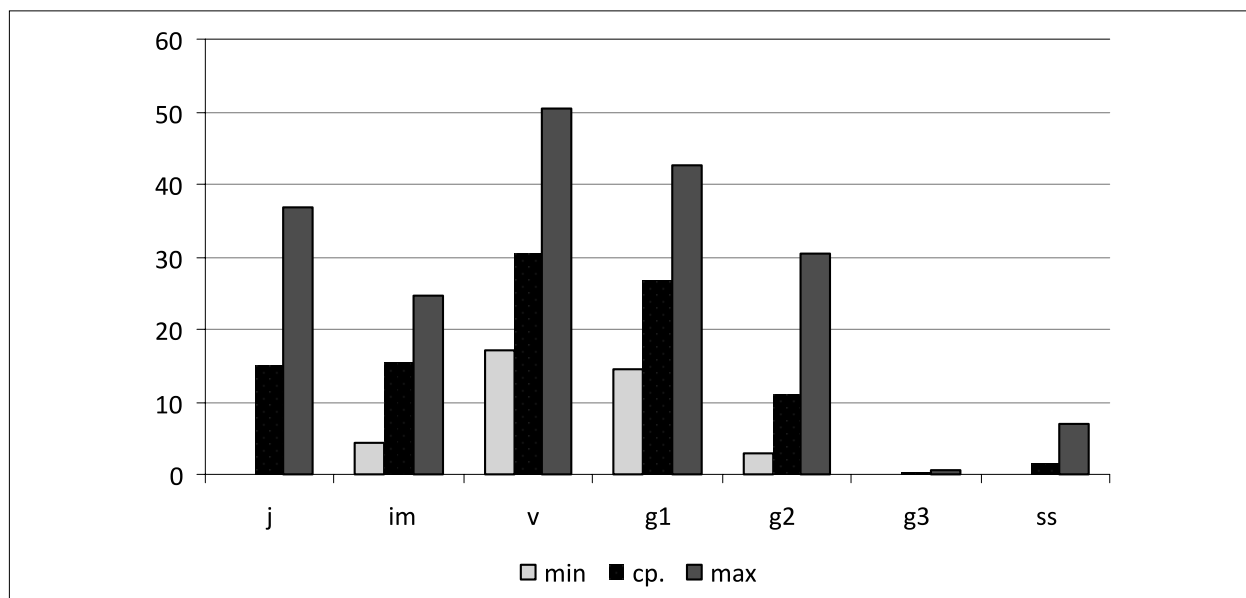


Рис. 2. Базовый онтогенетический спектр *Anemonastrum biarmiese* на хребте Маньпупунёр. По вертикали – минимальные, средние и максимальные доли особей различных онтогенетических состояний, %. Остальные обозначения как на рисунке 1.

разнотравно-зелёномошный, ерник мохово-лишайниковый (62°15'06,3" с.ш., 59°18'15,4" в.д.; 62°15'07,6" с.ш., 59°18'17,5" в.д.; 62°15'14,4" с.ш., 59°19'02,2" в.д.; 62°15'24,3" с.ш., 59°18'43,1" в.д.; 62°14'50,7" с.ш., 59°18'33,2" в.д.; 62°15'25,0" с.ш., 59°18'38,6" в.д.; 62°15'26,3" с.ш., 59°18'46,2" в.д.; 62°15'22,3" с.ш., 59°18'53,6" в.д.; 62°15'19,6" с.ш., 59°18'28,6" в.д.; 62°15'07,3" с.ш., 59°18'07,0" в.д.). Единичные особи.

Gastrolychnis apetala – северная часть хребта, верхняя часть склонов вершины 804 м ЮЗ, З, СЗ и С экспозиции, 760–780 м над ур. моря еловая редина ерnikово-лишайниково-зелёномошная, ерnikово-лишайниковые, кустарничково-зелёномошные, луговинные тундры (62°15'06,3" с.ш., 59°18'15,4" в.д.; 62°15'26,3" с.ш., 59°18'46,2" в.д.; 62°15'22,3" с.ш., 59°18'53,6" в.д.; 62°15'07,6" с.ш., 59°18'17,5" в.д.). Единичные особи.

Carex sabynensis – северная часть хребта, средняя часть склона З, В и С экспозиции в межгорную долину, ивняк разнотравно-гераниевый, горная луговина, осоково-кустарничково-ивняково-зелёномошная тундра, луговинная тундра; плато вершины 840 м, останец выветривания (62°15'19,6" с.ш., 59°18'28,6" в.д.; 62°15'13,5" с.ш., 59°19'23,0" в.д.; 62°15'22,3" с.ш., 59°18'53,6" в.д.; 62°13'56,8" с.ш., 59°19'10,0" в.д.; 62°14'56,8" с.ш., 59°18'23,2" в.д.; 62°14'50,2" с.ш., 59°18'24,1" в.д.; 62°15'09,4" с.ш., 59°18'18,0" в.д.) расположенные на отметках абсолютных высот 700–780 м над ур. м. Единичные особи.

Lloydia serotina – северная часть хребта, верхняя часть склона вершины 804 м СЗ и В экспозиции, кустарничково-лишайниково-зелёномошная тундра, ерnikово-лишайниковая тундра, луговинная тундра (62°15'24,3" с.ш., 59°18'43,1" в.д.; 62°15'26,3" с.ш., 59°18'46,2" в.д.; 62°15'14,4" с.ш., 59°19'02,2" в.д.), расположенные на отметках абсолютных высот 770–780 м над ур. м. Единичные особи.

Cerastium jenisejense – северная часть хребта, плоская нагорная терраса в верхней части склона З экспозиции вершины 804 м, луговинная тундра (62°15'07,6" с.ш., 59°18'17,5" в.д.). Единичные особи.

Carex rupestris – северная часть хребта, плато вершины 840 м, останец выветривания (62°13'56,8" с.ш., 59°19'10,0" в.д.).

Bromopsis vogulica – северная часть хребта, плато вершины 840 м, горная зелёномошная тундра у останца выветривания (62°13'56,8" с.ш., 59°19'10,0" в.д.). Единичные особи.

Заключение

Изучение растительности и флоры хребта Маньпупунёр выявило их значительное разнообразие и специфику. Здесь встречаются редкие для заповедника растительные сообщества: кедровые редколесья, горные ивковые и дриадовые тундры. В составе флоры выявлено 11 видов сосудистых растений, занесённых в Красную книгу Республики Коми, и 6 видов, включённых в приложение к ней. Установлено, что состояние ценопопуляций эндемичного для Урала вида – *Anemonastrum biarmiense*, удовлетворительное. Ценопопуляции *Scorzonera glabra* и *Potentilla kuznetzovii* отличаются малой численностью растений и занимают небольшие площади, что делает их весьма уязвимыми. Данные о местах произрастания редких видов могут использоваться для мониторинга их ценопопуляций и ведения региональной Красной книги.

Исследования выполнены при поддержке программы Президиума РАН «Живая природа», проект № 12-П-4-1018 «Видовое, ценопопуляционное и экосистемное разнообразие ландшафтов территории объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми»».

Литература

1. Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар. 2011. 256 с.
2. Взаимосвязи компонентов лесных и болотных экосистем средней тайги Приуралья. Л. 1980. 254 с.
3. Железнова Г.В., Шубина Т.П. Мохообразные Печоро-Илычского заповедника (аннотированный список видов) // Флора и фауна заповедников. М. 1998. Вып. 65. 34 с.
4. Лавренко А.Н., Улле З.Г., Сердитов Н.П. Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. СПб. 1995. 255 с.
5. Корчагин А.А. Растительность северной половины Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илыч. гос. заповедника. М. 1940. Вып. 2. 416 с.
6. Флора и растительность Печоро-Илычского биосферного заповедника // С.В. Дёгтева, Г.В. Железнова, Д.И. Кудрявцева, Н.И. Непомилуева, Я. Херманссон, Т.П. Шубина. Екатеринбург. 1997. 385 с.
7. Варсанюфьева В.А. Геологическое строение территории Печоро-Илычского государственного заповедника // Тр. Печоро-Илыч. гос. заповедника. М. 1940. Вып. 1. 134 с.
8. Атлас Республики Коми. М. 2011. 448 с.
9. Ипатов В.С. Описание фитоценоза. СПб. 1998. 151 с.

10. Полевая геоботаника. М.; Л. 1964. Т. III. 530 с.
11. Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики. Пермь. 1991. 80 с.
12. Флора северо-востока европейской части СССР. Л. 1974. Т. I. 257 с.; 1976. Т. II. 316 с.; 1976. Т. III. 293 с.; 1977. Т. IV. 312 с.
13. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. М.; Л. 1950. Вып. 6. С. 77–204.
14. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функции времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.
15. Ценопопуляции растений: Основные понятия и структура. М.: Наука, 1976. 215 с.
16. Ценопопуляции растений: Очерки популяционной биологии. – М.: Наука, 1988. 184 с.
17. Уранов А.А. Вопросы изучения структуры фитоценозов и видовых ценопопуляций // Ценопопуляции растений. М. 1977. С. 8–20.
18. Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
19. Ланина Л.Б. Флора цветковых и сосудистых растений Печорско-Ыльчского заповедника // Тр. Печ.-Ыльч. гос. заповедника. 1940. Вып. 3. С. 5–149.
20. Улле З.Г. Флористическая изученность территории Печоро-Ильчского заповедника // Тр. Печоро-Ильчского заповедника. Сыктывкар. 2005. Вып. 14. С. 34–46.
21. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 1995. 990 с.
22. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар. 2009. 721 с.

Визуализация данных климатических изменений растительных сообществ Мезенской и Канинской тундр по материалам спутниковых съёмок

© 2014. В. В. Елсаков, к.б.н., зав. лабораторией,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
e-mail: elsakov@ib.komisc.ru

Опробованы возможности использования способов визуализации для выявления участков значимых климатических изменений фитоценозов Мезенской и Канинской тундры по данным съёмок Modis и Landsat разных лет. За двадцатилетний период наблюдений (1988–2009 гг.) наибольшие изменения в составе фитоценозов отмечены на окраинах сквозных таликов и связаны с формированием сомкнутых ивняков и еловых ерниковых редколесий. Для периода 2000–2009 гг. 62% площади характеризовались отсутствием изменений, слабый положительный рост индекса NDVI отмечен на 30–34% площади.

The possibility of using the visualization methods for identify areas of significant climate changes of plant communities in Mezenskaya and Kanin tundra was tested on basis of Modis and Landsat data over the period of 1988-2009 years. The greatest changes in the plant communities for period of twenty years observations were noted at the borders of taliks zone with forming willows, dwarf birch and spruce forests. For the period 2000-2009 years near the 62% of the area characterized as a stable. Weak positive growth index NDVI is marked on 30-34% of the area.

Ключевые слова: климатические изменения, растительный покров, спутниковый мониторинг

Keywords: climate changes, vegetation cover, satellite monitoring

В последние десятилетия экосистемы криолитозоны европейского северо-востока России (ЕСВР) демонстрируют наличие отчётливых трендов деградации многолетне-мёрзлых пород (ММП), связанных с ростом среднегодовых температур воздуха, годовых атмосферных осадков, мощности снежного покрова [1]. Такие территории испытывают существенные перестройки мерзлотных условий. Это диктует необходимость их дополнительных исследований, в том числе и для анализа возможностей обустройства и безопасной эксплуатации инженерных и транспортных сооружений.

Особый интерес представляют исследования экотонных зон, компоненты которых часто выступают в качестве индикаторов интенсивности и направленности протекающих изменений. Растительный покров, являясь основным звеном биогеоценоза, определяющим его продуктивность, находится в тесной связи с физико-географическими и климатическими условиями и выступает в качестве одного из интегрирующих показателей, обладающих определённой инерцией, маркируя происходящие экосистемные изменения.

Развитие технологий спутникового мониторинга, создание банков данных разнов-

ременных изображений, организация систем оперативного наблюдения за земной поверхностью, выполняемая с привлечением съёмок среднего и низкого пространственного разрешения: AVHRR (1,1 км пространственного разрешения, период съёмки 1981–2006 гг.), GIMMS (8 км, 1981–2006 гг.), SPOT-VGT (1 км, 1998–2011 гг.), MODIS (250 м, 2000–2013 гг.) позволили существенно расширить возможности анализа причин и трендов временных изменений количественных показателей фитоценозов. Как было ранее показано для Западной Сибири [2], Югорского п-ва [3], участки существенных изменений количественных характеристик фитоценозов часто маркируют интенсивно изменяющиеся геокриологические условия экосистем и связаны с деградацией неглубоко залегающих пластовых подземных льдов. Цель настоящей работы состояла в анализе возможностей использования материалов спутниковых съёмок и алгоритмов визуализации данных для выявления особенностей временных изменений фитоценозов Мезенской и Канинской тундр. Выбор района работ определён следующими причинами: 1) подробной геокриологической изученностью территории и наличием

исторических данных, характеризующих интенсивность и направленность криогенных процессов; 2) наличием набора безоблачных спутниковых сцен *Landsat*, полученных для разных лет съёмки; 3) положением района на границе редкоостровного и массивно-островного типов распространения ММП в условиях крайнего северо-западного положения ММП на Русской равнине.

Материалы и методы

Вследствие эпизодичности и отсутствия достаточного количества разносезонных съёмок *Landsat*, их редкой годовой повторяемости выполнение межгодовых и сезонных оценок изменений количественных показателей фитоценозов проводили преимущественно с привлечением более доступных, но имеющих более низкое пространственное разрешение сенсоров Terra-MODIS (MOD13Q1.005). Размер пикселя данных изображений составляет 0,25 x 0,25 км, период временного охвата – 2000–2009 гг. (источник данных: modis.gsfc.nasa.gov). Временные композиты изображений NDVI сенсоров MODIS составлены из максимальных значений, полученных для каждого вегетационного периода, что в целом соответствует периоду наибольшего развития наземной фитомассы. На основании полученных величин рассчитывали тренды изменений индекса NDVI_{max} за 10-летний период наблюдений (β) и отображали их в виде тематического изображения (рис.1). Показатель был разделен на пять классов в соответствии с ранее представленными в Goetz et. al. [4]: сильные отрицательные изменения ($\beta < -0,006$), слабые отрицательные ($-0,006 \leq \beta < -0,003$), незначительные ($-0,003 \leq \beta < 0,003$), слабые положительные ($0,003 \leq \beta < 0,006$) и сильные положительные ($0,006 \leq \beta$) изменения, отмеченные за год.

Для уточнения локализации участков изменений, для различных фитоценозов, представленных на территории, рассчитывали значения показателя нарушенности (*Disturbance Index, DI*) [5] по данным более высокого разрешения *Landsat* временного интервала 10.07.1988–28.07.2009 гг. данный индекс достаточно широко используется при выявлении антропогенных нарушений, особенно американскими исследователями, и рассчитывается по формуле:

$$DI = Br - (Gr + Wr) \quad (1), \text{ где}$$

Br, Gr, Wr – масштабированные значения величин «Brightness», «Greenness» и

«Wetness», полученные в результате преобразований:

$$Br = (B - B_m) / B\sigma$$

$$Gr = (G - G_m) / G\sigma \quad (2),$$

$$Wr = (W - W_m) / W\sigma \quad (2), \text{ где}$$

B, G, W – значения пикселей; B_m, G_m, W_m – средние значения величин и B σ , G σ , W σ – их стандартные отклонения. Значения B, G, W получены для изображений в результате стандартной процедуры преобразования Tasseled Cap для сенсоров TM и ETM+.

Для выявления влияния климатических изменений на формирование характеристик растительного покрова были собраны данные по основным метеорологическим параметрам (среднесуточные температуры приземного воздуха и количество осадков) по метеостанции Канин Нос и рассчитаны значения отклонений средних декадных значений от средних величин, полученных за весь период наблюдений (ib.komisc.ru/climat).

Результаты и обсуждение

Как было показано ранее [6, 7], ММП Двинско-Мезенской равнины и п-ова Канин находятся в состоянии деградации. Присутствие отчётливых признаков современной деградации ММП в регионе ЕСВР проявляется в смещении границ их распространения, повышении температуры мёрзлых грунтов. С 1837 г. для территории Мезенской тундры отмечено смещение границ ММП приблизительно на 45 км [7]. В настоящее время на территории встречаются ММП позднеголоценового возраста островного и редкоостровного типов распространения, с интервалом варьирования температур от $-0,51^\circ\text{C}$ на юге до $-1,0^\circ\text{C}$ на севере района [6]. Отсутствие видимых проявлений криогенных процессов, оцененных по изменениям количества и размеров термокарстовых озёр за период 1980–2001 гг. [8], в отличие от территорий востока Большеземельской тундры [9] косвенно показывает относительную стабильность современных мерзлотных условий территории.

Для территории Мезенской и Канинской тундр характерно отсутствие значимых изменений количественных показателей растительного покрова, рассчитанных по значениям MODIS за 2000–2009 гг. в отличие от Югорского п-ва, где изменения достаточно сильно выражены [3] (рис.1). Общий тренд изменений значений NDVI_{max} тундровых фитоценозов показал, что для территории характерны незначительные (62,1% террито-

рии Канинской и 62,7% Мезенской тундры) и слабые положительные (30,9 и 34,6% соответственно) изменения. Сильные положительные трансформации, соответствующие росту надземной зелёной фитомассы в пределах от 7 до 30 кг С·га год⁻¹ [10], немногочисленны и выявлены на участках, занимающих 4,2 и 2,6% общей площади. Для Югорского п-ва с распространением преимущественно сплошных ММП преобладание контуров растительности с несущественными трендами изменений отмечено на 53,0% площади, положительными – на 40,4%.

Анализ отклонений средних декадных значений от средних величин, полученных за весь период наблюдений по показателям среднесуточных температур приземного воздуха и количества осадков по м. ст. Канин Нос демонстрирует, что на территории фиксировались как периоды с более высокими значениями показателей, так и интервалы их снижения (рис. 2). Последние десятилетия характеризуются преимущественно ростом температур и количеством выпадающих осадков, что особенно заметно, начиная с 2000 г. Положительный тренд изменений NDVI формируется преимущественно за счёт пиков значений, отмеченных в 2007 и 2008 гг., несмотря на то, что данные годы не отличались наиболее высокой температурой в течение вегетационного периода. Отметим, что 2007 г. характеризовался и прежним абсолютным минимумом площади (4,25 млн км²) поверхности арктических льдов (www.ijis.iarc.uaf.edu).

Более детальный анализ изменений, выполненный с использованием индекса DI, показал, что наиболее существенные изменения за двадцатилетний период наблюдений (1988–2009 гг.) отмечены на участках, приуроченных к окраинам сквозных таликов, территориям, примыкающим к торфяным массивам (рис. 3). Верификация изменений, выполненная с привлечением материалов детального разрешения, полученных из открытых источников Google Earth, показала, что в большинстве случаев изменения фитоценозов связаны с формированием сомкнутых ивняков, еловых редколесий, берёзовых криволесий.

Таким образом, установлено, что для фитоценозов Мезенской и Канинской тундры за период 2000–2009 гг. характерны преимущественно несущественные (порядка 62% площади) и слабые положительные (30–35%) тренды изменений индекса NDVI_{max}, связан-

ные с запасом фотосинтетически активной фитомассы. Наиболее существенные изменения за двадцатилетний период наблюдений (1988–2009 гг.) отмечены на участках, приуроченных к окраинам сквозных таликов, и связаны с формированием сомкнутых ивняков и фрагментов еловых редколесий, берёзовых криволесий. Ответная реакция криолитозоны на потепление, выявленная на основании анализа исторических спутниковых данных на территорию ЕСВР, имеет внутрорегиональные различия. В широтно-долготном градиенте происходит её ослабление по направлению от массивно-островной зоны к южным границам распределения ММП и запаздывание временного отклика в направлении распределения прерывистых – сплошных ММП. Участки изменений достаточно чётко визуализируются на материалах спутниковых съёмок с использованием базовых алгоритмов выявления изменений и в дальнейшем могут быть подробно охарактеризованы при проведении полевых исследований.

Работа выполнена в рамках программы научных исследований УрО РАН «Реакция экосистем криолитозоны европейского Севера и Западной Сибири на климатические флуктуации последних десятилетий» (12-С-4-1018).

Литература

1. Оберман Н. Г., Шеслер И. Г. Современный прогноз изменений мерзлотных условий европейского северо-востока РФ // Проблемы Севера и Арктики РФ. Научн.-инф. бюлл. М. 2009. Вып. 9. С. 96–106.
2. Елсаков В.В., Телятников М.Ю. Межгодовые изменения индекса NDVI на территории Европейского северо-востока России и Западной Сибири в условиях климатических флуктуаций последних десятилетий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 3. С. 260–271.
3. Елсаков В.В., Кулюгина Е.Е., Щанов В.М. Тренды изменений растительного покрова Югорского полуострова последнего десятилетия: сопоставление результатов дистанционных и полевых исследований // Геоботаническое картографирование / Под ред. Т.К. Юрковской, И.Н. Сафроновой, С.С. Холода. СПб: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. С. 93–111.
4. Goetz Sc., Bunn A.G., Fiske G.J., Houghton R.A. Satellite-observed photosynthetic trends across boreal North America associated with climate and fire disturbance // PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America). 2005. V. 102. № 38. P. 13521–13525.
5. Healey, S. P. Comparison of Tasseled Cap-based Landsat data structures for use in forest disturbance

detection / S.P. Healey, W.B. Cohen, Y. Zhiqiang, O.N. Krankina // Remote Sensing of Environment. 2005. V. 97. P. 301–310.

6. Игловский С.А. Техногенные изменения гео-криологических условий Двинско-Мезенской равнины и полуострова Канин // Криосфера Земли. 2008. Т. XII. № 1. С. 24–28.

7. Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н., Игловский С.А. Изменения климата и их влияние на окружающую природную среду европейского Севера России // Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. VI. Изменения клима-

та: влияние внеземных и земных факторов. Монография. М.: ИФА РАН, 2008. С. 80–98.

8. Кравцова В.И., Быстровой А.Г. Изучение динамики термокарстовых озёр России // Геоинформатика. 2009. № 1. С. 44–51.

9. Елсаков В.В., Марущак И.О. Межгодовые изменения термокарстовых озёр северо-востока европейской России // Исследования Земли из космоса. 2011. №5. С. 45–57.

10. Елсаков В.В. Материалы спутниковых съёмок в анализе значений хлорофилльного индекса тундровых фитоценозов // Исследования Земли из космоса. 2013. № 1. С. 60–70.

**ЕЛСАКОВ В. В. «ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МЕЗЕНСКОЙ И КАНИНСКОЙ ТУНДР
ПО МАТЕРИАЛАМ СПУТНИКОВЫХ СЪЁМОК» (С. 83)**

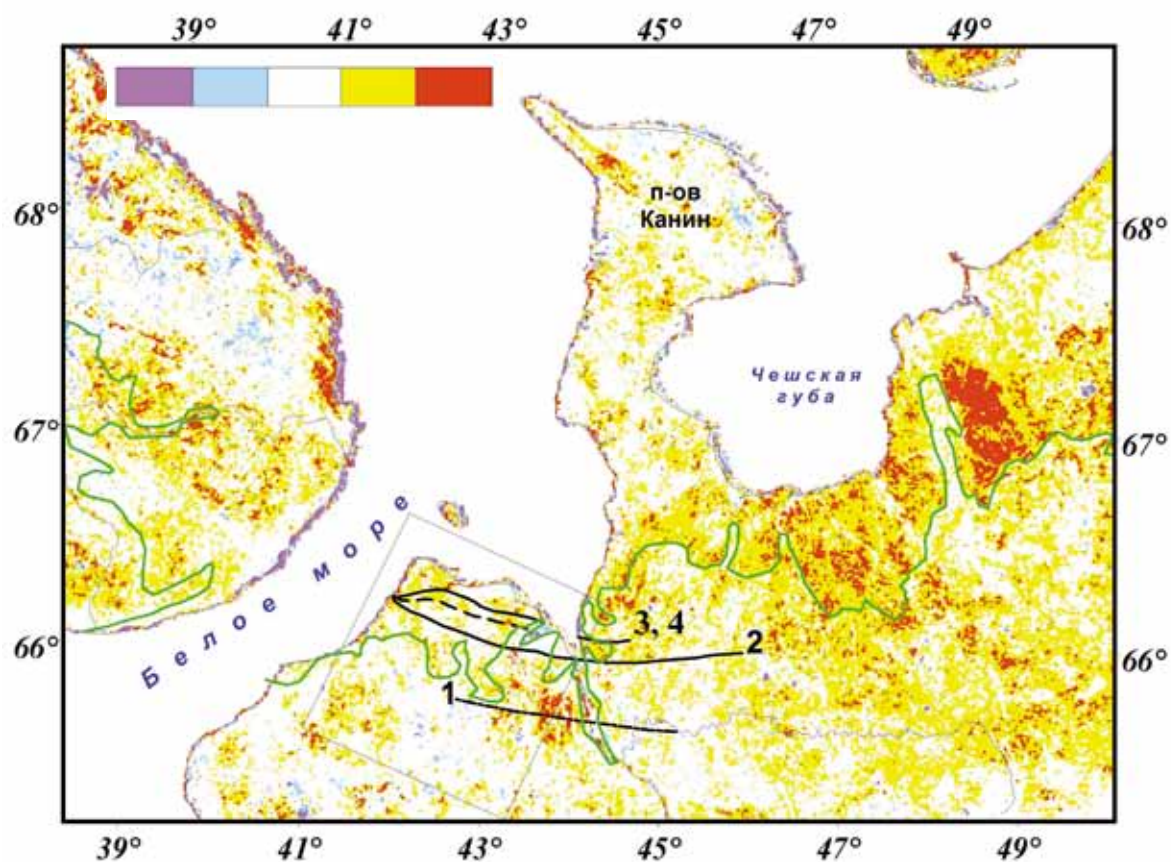
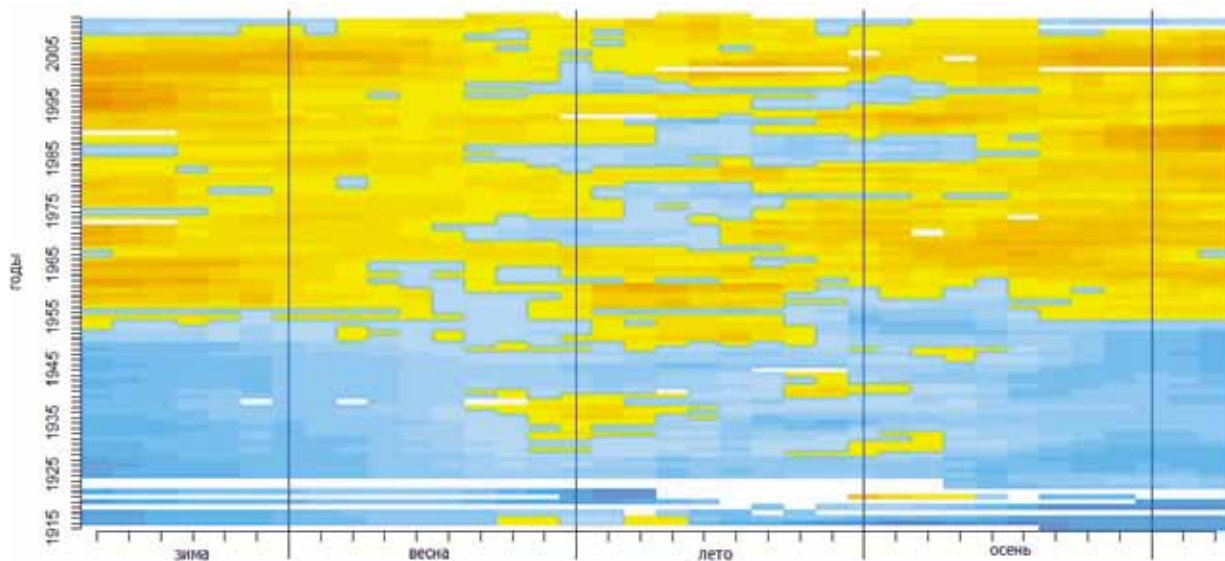


Рис. 1. Тренды межгодовых изменений максимальных значений индекса NDVI (β). Данные обработки MODIS. Линиями отмечены граница леса и граница распространения многолетне-мёрзлых пород, отмеченные разными авторами [по: 6, 7]. 1 – экспедиция А.И. Шренка 1837 г., 2 – экспедиции Н.Г. Датского 1933 г., 3 и 4 – данные геологоразведочных работ по материалам фондовых отчетов. Градация величин β представлена в тексте работы



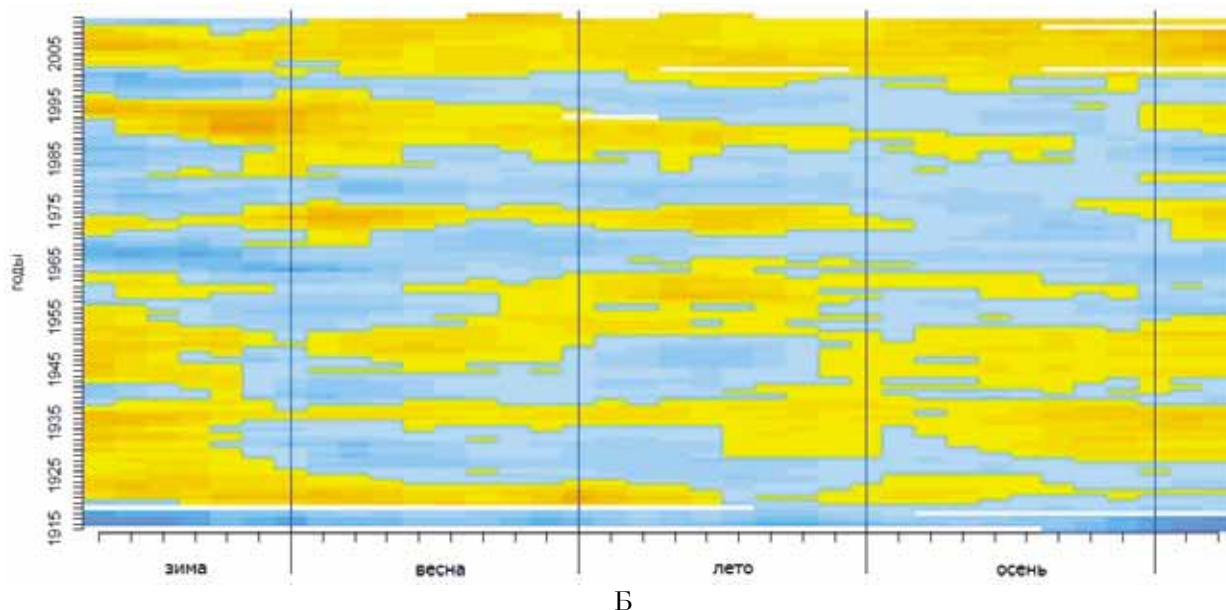
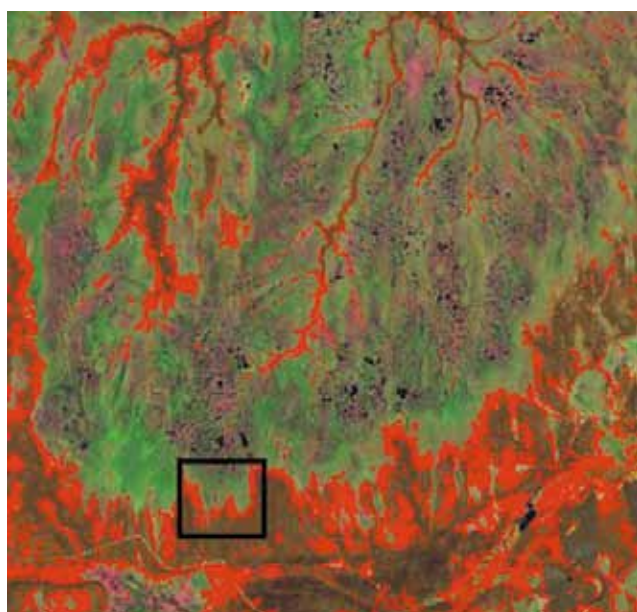


Рис. 2. Отклонение средних декадных значений от средних величин, полученных за весь период наблюдений для показателей осадков (А) и температуры (Б) по м.ст. Канин Нос. Цветом показаны отклонения от средних величин:



А



Б

Рис. 3. Итоговое изображение, полученное после расчёта индекса DI (А). Отклассифицированный RGB-синтез с использованием съёмки 10.7.1988, 28.7.2009 гг. Верификация участков изменений по данным Google Earth (Б)

Индикационная роль тундровой растительности при составлении крупномасштабных почвенных карт (на примере Тазовского полуострова)

© 2014. Н. В. Кобелева, к.б.н., доцент, К. А. Бахматова, к.с.-х.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный университет, e-mail: nella@mail.ru

В статье обсуждаются закономерности пространственного распределения растительности и почв, выявленные при детальном картографировании территории южных тундр центральной части Тазовского полуострова. Сопоставлено расположение почвенных и растительных выделов, показана их приуроченность к определённым формам рельефа. Показана роль криогенных процессов в дифференциации почвенно-растительного покрова изучаемой территории.

Article discusses patterns of distribution and development of vegetation and soil determined through detailed mapping of the south tundra territories of the central part of the Taz peninsula. Comparative analysis of the soil and vegetation covers in correlation with specific relief. Illustrates the role of cryogenic processes in classification of soil and vegetation of the studied territory. The indicating role of the tundra vegetation in creating large-scale soil maps.

Ключевые слова: тундры, детальное картографирование, почвенный покров, растительный покров, многолетнемёрзлые породы, криогенные процессы

Keywords: tundra, detailed mapping, soil cover, vegetation cover, permafrost, cryogenic processes

Первые работы, посвящённые почвам тундры, появились в начале XX века. Среди наиболее фундаментальных монографий последних десятилетий, посвящённых почвенному покрову регионов Крайнего Севера, можно отметить труды [1 – 3]. В настоящее время актуальность изучения почв тундры обусловлена тем, что для экологического сопровождения разведки и эксплуатации газовых месторождений, сооружения магистральных трубопроводов и других инженерно-технических работ, проводимых на Крайнем Севере, необходимы крупномасштабные карты почвенного покрова.

Объекты и методы

Для изучения особенностей структуры почвенного и растительного покрова был выбран участок подзоны южных низкокустарниковых тундр Тазовского полуострова. Рассматриваемая территория расположена в субарктической зоне. Климат здесь характеризуется суровостью термического режима: средние годовые температуры в заполярной части составляют -8° , -11°C . В тёплое время радиационный баланс положителен с наи-

большими величинами в июне-июле. В районе выпадает в среднем 394 мм осадков [4]. Исследованный участок расположен на морской равнине. Почвообразующие породы представлены морскими, прибрежно-морскими отложениями различного гранулометрического состава. Многолетнемёрзлые породы занимают почти всю площадь Тазовского полуострова, отсутствуют лишь под наиболее крупными озёрами. Их мощность, по данным бурения, составляет от 200 до 400 м. Широко распространены мерзлотные явления в виде бугристых торфяников, термокарстовых провалов, гидроскладчатости, суффозии и солифлюкции.

В связи с широким распространением почвенных комплексов для анализа структуры почвенного покрова было избрано картографирование в детальном масштабе (1:1000). Дифференциация почвенного покрова связана с дифференциацией мерзлотных форм рельефа, при амплитудах относительных высот в пределах одного или нескольких дециметров. Наиболее детальное сечение рельефа на топографических картах 0,5–1,0 м, поэтому для адекватного отражения структуры почвенного покрова наряду с топографической

основой использовали выделы растительного покрова, выявляемые при дешифрировании материалов аэрофотосъёмки. Названия почв даны в соответствии с [5, 6].

Результаты и их обсуждение

Тазовский п-ов расположен в зоне тундровых глеевых и тундровых иллювиально-гумусовых почв Субарктики, в Северо-Сибирской провинции [7]. Для тундры в целом характерны низкая зольность опада растений, малое содержание оснований в составе золы оснований и крайне низкая скорость разложения растительных остатков, вследствие чего формируются слабо разложившиеся торфяно-подстилочные горизонты. Широко распространено оглеение, в том числе надмерзлотное. Глеезёмы тундры обладают такими специфическими чертами, как криогенное ожелезнение, вызванное миграцией восстановленных соединений железа к фронтам промерзания и осаждением на окислительном барьере и проявляющееся образованием охристой каймы на верхней границе глеевого горизонта. На морфологию и свойства почв значительное влияние оказывают криогенные процессы: морозобойное растрескивание, морозное пучение, термокарст.

По особенностям строения растительного и почвенного покрова на изучаемой территории можно выделить следующие типы местностей:

1. Лишайниковая трещиновато-полигональная тундра (рис. 1). Полигоны имеют выпуклую поверхность и на аэрофотоснимках окрашены в светлые тона с тёмными пятнами пучения. Трещины в зависимости от растительности имеют оттенки от серого до чёрного. В лишайниковой тундре распространены в основном альфегумусовые почвы, представленные подбурями и подзолами (в том числе криотурбированными и мерзлотными). При альфегумусовом почвообразовании мобилизация, миграция и аккумуляция железа и алюминия происходит преимущественно в виде комплексных соединений с подвижными фульватными фракциями гумуса [8]. Эти почвы имеют песчаный или супесчаный гранулометрический состав, кислую реакцию. Диагностический для отдела горизонт ВНФ – горизонт альфегумусового иллювиирования, окрашенный в кофейно-коричневые или ржаво-охристые тона. В подзолах между подстильно-торфяным горизонтом (О) и альфегумусовым горизонтом выделяется белесый

подзолистый горизонт (Е). Интенсивность подзолообразования в тундре низкая, поэтому мощность горизонта Е невелика. Криотурбированный подтип выделяется при наличии признаков смятия горизонтов в складки, вихревого рисунка минеральной массы и т.д., вызванных мерзлотным перемешиванием. К мерзлотному подтипу относят почвы с залеганием мерзлоты на глубине не более 1 м. В случае подбуров и подзолов, несмотря на то, что верхняя часть их профиля не оглеена, над кровлей мерзлоты обычно наблюдается оглеение.

Типичным динамическим процессом на изучаемой территории является пятнообразование, когда из-за мерзлотных процессов на поверхности формируются пятна обнажённого грунта. На инициальных стадиях зарастания этих пятен образуются первичные почвы: на песчаных породах – псаммозёмы, на суглинистых и глинистых – пелозёмы. Профиль таких слаборазвитых почв состоит из маломощной подстилки, лежащей прямо на породе.

2. Плоскобугристые торфяники (рис. 2). Бугристые болота возникают при сочетании процессов мерзлотного пучения, эрозии, термокарста и торфонакопления. В буграх под слоем торфа залегает сильнольдистое минеральное мёрзлое ядро [9]. Обычно на таких буграх растительный покров состоит из сфагновых и дикрановых мхов с некоторым участием *Polytrichum* и лишайников. Нередко развит и травяно-кустарничковый ярус, образованный *Betula nana*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Empetrum nigrum*. В мочажинах развиты осоково-сфагновые сообщества. На аэрофотоснимках плоскобугристые торфяники дешифрируются по белесым и светло-серым вытянутым контурам бугров, чаще с изрезанными краями, на фоне мочажин тёмно-серого и чёрного цвета. Плоскобугристые болота расположены в понижениях водораздела и в притеррасных частях речных долин. Здесь распространены торфяные эутрофные мерзлотные почвы, торфяно-криозёмы глееватые и торфяно-глеезёмы мерзлотные. Профиль торфяно-криозёмов состоит из торфяного горизонта, криотурбированного горизонта СR (грязновато-серого цвета, из смеси минерального и органического материала, с вихревым рисунком минеральной массы) и глееватой породы, на глубине 30-50 см подстилаемой мерзлотой. Торфяно-глеезёмы мерзлотные состоят из торфяного горизонта с мощностью торфа менее 50 см, глеевого горизонта, переходящего в оглеённую породу.

3. Крупнобугристые торфяники (рис. 3) имеют полигональный рисунок. Косвенным дешифровочным признаком служит соседство с озером или хасыреем. Массив крупнобугристого торфяника чётко отделяется на снимках от соседних сообществ. Крупнобугристые торфяники характеризуются торфяными эутрофными мерзлотными почвами. Степень разложения торфа увеличивается на буграх в связи с большей мощностью зоны окисления и разложения торфа. На верхней части крупнобугристых торфяников часто встречаются трещины, также заполненные торфяным материалом. Бугры и обводнённые ложбины различаются по характеру растительности и мощности сезонно-талого слоя.

В поймах торфяники сложены торфяными аллювиально-слоистыми почвами, особенностью которых является переслаивание торфяной толщи минеральным аллювием.

4. Среднебугристо-западинные (или мочажинные) комплексы (рис. 4) дешифрируются по чётко выраженным светлым контурам бугров, натуральная высота которых 60-100 см, а диаметр – от 80-500 см. На буграх произрастают кустарничково-лишайниковые сообщества. Бугры бывают различной конфигурации: от круглых до зигзагообразных. Форма бугров и своеобразие растительного покрова в межбугорных понижениях коррелируют с почвенным покровом и дешифрируются через степень насыщения оттенков от серого до чёрного цветов. Так, если в понижениях произрастают кустарниковые моховые сообщества на глеезёмах криогенно-ожелезнённых, то на аэрофотоснимке это отражается серым цветом с рябью, а если в мочажинах развиты осоково-сфагновые сообщества на глеезёмах типичных, то на снимках они имеют темно-серую или чёрную окраску.

5. Хасыреи на водоразделах (рис. 5). Хасыреи на снимках имеют правильную круглую форму и тёмно-серую окраску. Их контуры окружены чёткой валикообразной границей, которая светлее самого контура хасырея. В центре хасырея могут быть булгунняхы, остаточные озерца, плоскобугристые болота. На водоразделах хасыреи характеризуются распространением глеезёмов и торфяно-глеезёмов. Профиль глеезёма состоит из подстильно-торфяного горизонта О, мощность которого не превышает 10 см, и глеевого горизонта, переходящего в оглеенную породу. Наиболее дренированные участки со злаковыми сообществами заняты серогумусовыми почвами.

6. Поймы и хасыреи в поймах (рис. 6). Поймы на аэрофотоснимках выделяются веерообразным рисунком грив и межгривных понижений. Почвообразующими породами на речных террасах являются аллювиальные отложения верхнеплейстоценового и голоценового возраста. Голоценовые аллювиальные отложения занимают поймы рек Пойловояхи и Себетьяхи. Аллювий представлен переслаиваемыми песками и супесями, на глубине 5–10 м подстилаемыми суглинками. Глубина сезонного протаивания в поймах составляет 0,6–1,1 м. На дренированных позициях здесь распространены аллювиальные серогумусовые почвы, а при наличии заболачивания – аллювиальные торфянисто-глеевые. В прирусловой части поймы залегают слабо развитые аллювиальные слоистые песчаные и супесчаные почвы. Нередко встречаются участки обнажённых песков, раздуваемых ветром.

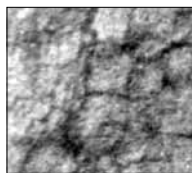


Рис. 1.
Аэрофотоизображение растительного покрова лишайниковой трещиновато-полигональной тундры

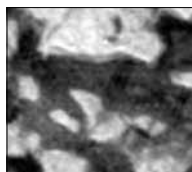


Рис. 2.
Аэрофотоизображение растительного покрова плоскобугристых торфяников

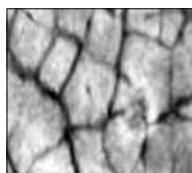


Рис. 3.
Аэрофотоизображение растительного покрова крупнобугристых торфяников

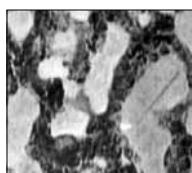


Рис. 4.
Аэрофотоизображение растительного покрова среднебугристо-мочажинных комплексов

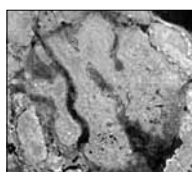


Рис. 5.
Аэрофотоизображение растительного покрова хасыреев

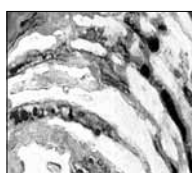


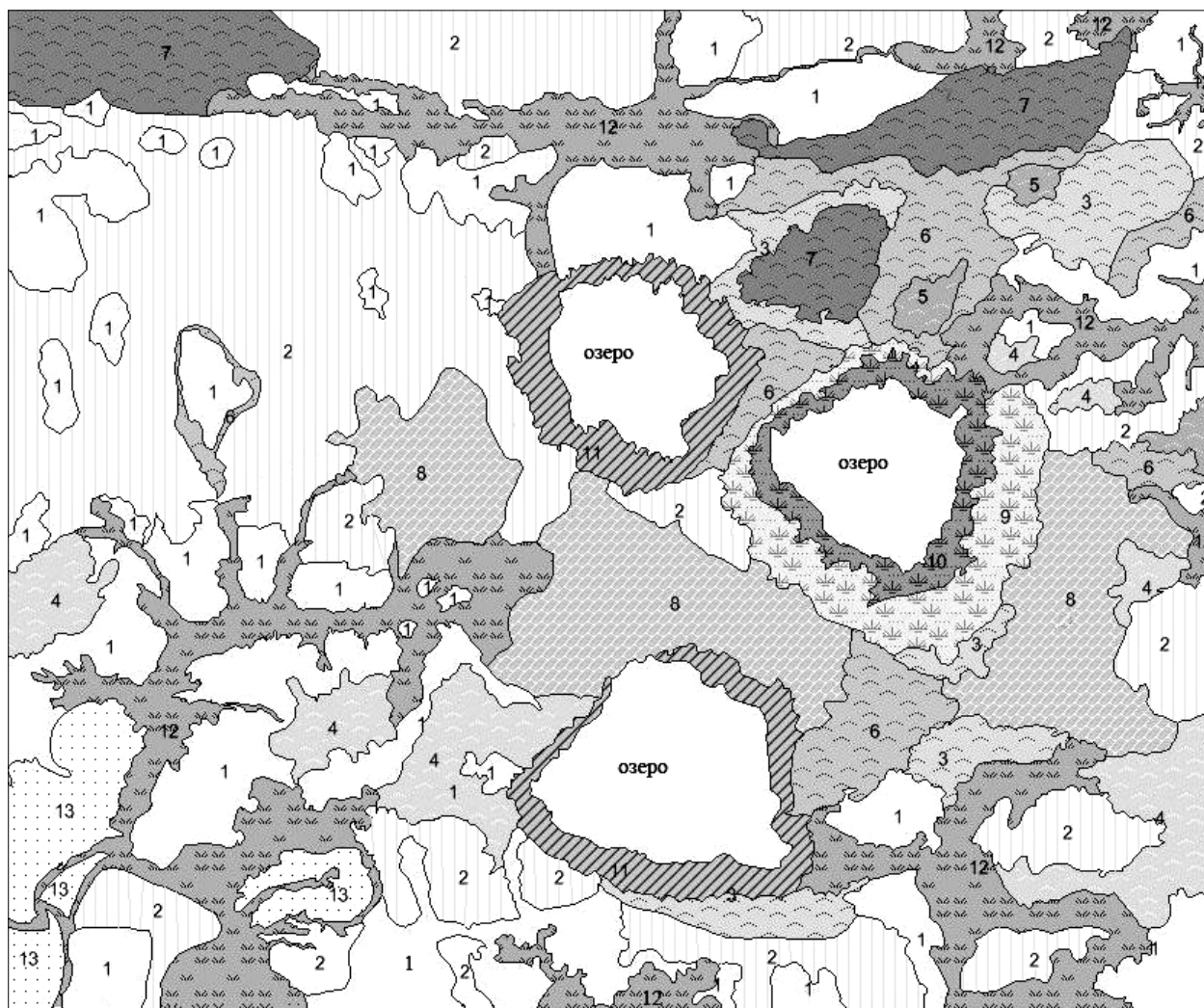
Рис. 6.
Аэрофотоизображение растительного покрова пойменных сообществ

Особенностью хасыреев в поймах является слоистое строение почв и почвообразующей толщи. В толще органогенного (торфяного или перегнойного материала) встречается примесь минерального материала, распределённого равномерно или в виде прослоек. Здесь встречаются аллювиальные серогумусовые почвы (на дренированных участках под злаковыми сообществами), аллювиальные иловато-перегнойно-глеевые и аллювиальные торфянисто-глеевые почвы.

На Тазовском полуострове в тундрах территории, которая была использована нами в качестве примера индикационной

роли тундровой растительности при составлении крупномасштабных почвенных карт, по площади преобладают плоскобугристые, среднебугристо-мочажинные болота и среднебугристо-западинные, полигонально-лишайниковые тундры. Болота встречаются на всей территории Тазовского полуострова, но большие по площади территории они занимают в центральной и восточной частях Тазовского полуострова. Лишайниковые тундры отмечены в основном в его приподнятой восточной части.

Для иллюстрации выявленных закономерностей приводим крупномасштабную



Обозначения типов выделов на почвенно-геоботанической карте 1–13 – типы выделов (характеристика типов выделов приводится ниже)

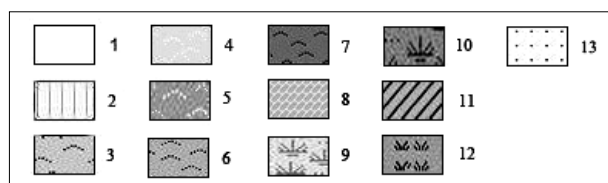


Рис. 7.

Крупномасштабная почвенно-геоботаническая карта модельного участка междуречья верховья Нгарка-Адлюдр-Епоко и Нюда-Адлюдр-Епоко М 1:8000 (Тазовский полуостров)

почвенно-геоботаническую карту междуречья верховья Нгарка-Адлюдр-Епоко и Нюда-Адлюдр-Епоко (рис. 7), на которой отражаются следующие типы сообществ.

1. Лишайниково-пятнистая тундра с *Betula nana*, *Ledum decumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *Equisetum arvense*, *Hierochloë alpina*, *Bistorta major*, *Alectoria nigricans*, *Flavocetraria cucullata*. Почва – подбур оподзоленный турбированный.

2. Лишайниковая полигональная тундра с *Betula nana*, *Empetrum subholarcticum*, *Ledum decumbens*, *Salix nummularia*, *Hierochloë alpina*, *Bistorta major*, *Aconogonon ochreatum* var. *riparium*, *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cladonia arbuscula*, *C. stellaris*, *C. rangiferina*, *Flavocetraria cucullata* на песчаных и супесчаных подбургах с глеезёмом криогенно-ожелезнённым в трещинах.

3. Среднебугристая низкокустарниковая лишайниковая тундра с *Betula nana* (20%), *Luzula confusa* (10%), *Cladonia arbuscula* (40%), *C. rangiferina* (20%) на буграх и с *Eriophorum polystachion* (1%), *Luzula confusa* (1%), *Vaccinium uliginosum* (1%), *Aulacomnium turgidum* (1%), *Cladonia arbuscula* (1%) в межбугорных понижениях на песчаных почвах (СТС 80-90 см) тундра. Почвенный покров представлен комплексом: подбуры глееватые на буграх; криозёмы глеевые в понижениях.

4. Среднебугристая западная тундра с *Betula nana* (30%), *Ledum decumbens* (3%), *Carex concolor* (3%), *Alectoria ochroleuca* (60%), *Bryocaulon divergens* (5%), *Cladonia stygia* (3%) на буграх и с *Salix phylicifolia* (2%), *Vaccinium uliginosum* (2%), *Salix lanata* (1%), *S. glauca* (1%), *Eriophorum* sp. (1%), *Aulacomnium turgidum* (8%), *Drepanocladus* sp. (5%) в западинах. Почвенный покров представлен подбурами глееватыми на буграх и глеезёмами криогенно-ожелезнёнными в западинах.

5. Среднебугристая заболоченная тундра с кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью из *Betula nana*, *Salix glauca*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Cladonia stellaris*, *C. rangiferina*, *C. amauracraea* на буграх и ивово-ерниково-моховой растительностью из *Betula nana*, *Salix glauca*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum* мохово-лишайниковая с *Polytrichum commune*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum piliferum* в межбугорных понижениях. Почвенный покров представлен комплексом: глеезёмы криогенно-ожелезнённые на буграх, глеезёмы типичные в мочажинах.

6. Ерниковая мохово-лишайниковая тундра с *Betula nana*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Arctous alpina*, *Polytrichum commune*, *P. piliferum*, *Hylocomium splendens* var. *alaskanum*, *Cladonia stellaris*, *C. rangiferina*, *C. amauracraea*, *C. pleurota*, *Flavocetraria cucullata*, *Stereocaulon paschale*. Почвы супесчаные и песчаные, альфегумусовые.

7. Среднебугристая тундра с мочажинами с *Betula nana* (15%), *Ledum decumbens* (10%), *Rubus chamaemorus* (7%), *Salix myrtilloides* (5%), *Cladonia stygia* (35%), *C. arbuscula* (25%), *Alectoria ochroleuca* (15%) на буграх и с *Salix myrtilloides* (3%), *Ledum decumbens* (3%), *Betula nana* (2%), *Eriophorum* sp. (30%), *Carex concolor* (10%), *Drepanocladus* sp. (15%), *Ptilidium ciliare* (5%) в мочажинах. Почвенный покров представлен комплексом: глеезёмы криогенно-ожелезнённые на буграх, глеезёмы типичные в мочажинах.

8. Плоскобугристые болота с *Ledum decumbens* (25%), *Rubus chamaemorus* (10%), *Eriophorum* sp. (7%), *Betula nana* (5%), *Vaccinium vitis-idaea* (5%), *Empetrum subholarcticum* (5%), *Alectoria ochroleuca* (10%), *Cladonia stygia* (10%), *C. arbuscula* (10%), *Flavocetraria cucullata* (7%), *Dicranum* sp. (5%) на буграх и с *Betula nana* (10%), *Salix myrtilloides* (7%), *Eriophorum scheuchzeri* (65%), *Sphagnum* spp. (90%) в межбугорных понижениях. Почвенный комплекс: глеезёмы торфянистые криогенно ожелезнённые на плоских буграх, глеезёмы торфяные в мочажинах.

9. Мелкоосоково-сфагновые болота с *Carex aquatilis*, *C. rariflora*, *C. chordorriza*, *Eriophorum polystachion*, *E. russeolum*, *Polytrichum jensenii*, *Sphagnum compactum*, *S. balticum*, *S. lenense*, *Drepanocladus revolvens* с крупными лишайниковыми буграми (40% площади) с *Andromeda polifolia*, *Betula nana*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum*, *Cetraria islandica*, *Flavocetraria nivalis*, *F. cucullata*, *Cladonia stellaris*, *Sphagnum balticum*, *Dicranum scoparium*. Почва аллювиальная серогумусовая глееватая.

10. Крупноосоковые болота с *Carex aquatilis*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Warnstorfia fluitans*, *Straminergon stramineum* на аллювиальной серогумусовой глееватой почве.

11. Злаковые болота с *Arctophila fulva*.

12. Мелкоосоково-моховые сообщества с *Carex globularis* (25%), *Warnstorfia fluitans* (10%) с редкими лишайниково-моховыми буграми с *Ledum decumbens* (10%), *Carex globularis* (15%), *Rubus chamaemorus* (15%),

Cladonia rangiferina (30%), *Flavocetraria nivalis* (25%).

13. Зарастающий раздув (общее проективное покрытие – 25%. *Arctous alpina*, *Festuca rubra*, *Equisetum arvense*, *Salix glauca*) со слабо развитыми почвами (псаммозёмы).

Заключение

В тундре наблюдается комплексное строение почвенного и растительного покрова, для которого характерно чередование малых по занимаемой площади контрастных выделов. Возможность отражения однородных типов выделов может быть реализована только при картографировании в масштабе 1:100.

Структура растительного и почвенного покрова практически полностью соответствует друг другу, т. к. ведущими факторами, определяющими пространственный рисунок и компонентный состав комплексов, являются почвообразующие породы и криогенный микро- и нанорельеф. Растительный покров тундры имеет ярко выраженные дешифровочные признаки. Пойма распознаётся по полосчатым и веерообразным контурам. Округлые контуры характерны для хасыреев, сетчатые – для лишайниково-полигональных тундр. Крупнобугристые торфяники имеют ячеистое строение. Низинные болота на снимках окрашены в оттенки от серого до чёрного и имеют вогнуто-полигональную структуру; трещины чёрные, очень тонкие, валики, окаймляющие полигон, очень светлые.

При крупномасштабном картографировании почвенного покрова рекомендуется использование выделов растительности, полученных при дешифрировании материалов аэрофотосъёмки, в качестве индикаторов приуроченных к ним почвенных комбинаций.

Литература

1. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 227 с.
2. Игнатенко И.В. Почвы восточноевропейской тундры и лесотундры. М.: Наука, 1979. 280 с.
3. Горячкин С.В. Почвенный покров Севера (структура, генезис, экология, эволюция). М.: ГЕОС, 2010. 414 с.
4. Масалкин С.Д., Ребриская О.В., Кобелева Н.В., Ильина И.С. и др. Характеристика геологических и почвенно-растительных особенностей территории газоконденсатного месторождения севера Тюменской области. М. 1989. 98 с.
5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
7. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд. Московского ун-та, 2006. 460 с.
8. Прейс Ю.И. Инверсионные грядово-мочажинные комплексы низинных болот криолитозоны Средней Сибири // Изв. Томского политехн. ун-та, 2004. Т. 307. № 4. С. 64–70.
9. Тонконогов В.Д. Автоморфное почвообразование в тундровой и таёжной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 304 с.

Эмиссия метана в растительных сообществах мезо-олиготрофного болота средней тайги

© 2014. М. Н. Мигловец, аспирант, С. В. Загирова, д.б.н., зав. отделом, О. А. Михайлов, аспирант,

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
E-mail: miglovec@bk.ru; zagirova@ib.komisc.ru; mikter@mail.ru

В статье приведены результаты изучения скорости эмиссии метана камерным методом в разных растительных сообществах мезо-олиготрофного болота средней тайги в летне-осенний период. Установлена корреляционная зависимость скорости потока метана от уровня грунтовых вод (УГВ), температуры воздуха и почвы для растительных сообществ, приуроченных к разным элементам микроландшафта.

The article presents the results of methane flux investigations using the chamber technique in different plant communities of meso-oligotrophic peatland of middle taiga during the vegetation period. The correlation between the rate of methane flux and water table level and air and soil temperature was found in plant communities in different relief elements.

Ключевые слова: болото, растительные сообщества, метан, эмиссия, уровень грунтовых вод, температура

Keywords: peatland, plant communities, methane, emission, water table level, temperature

Концентрация метана (CH_4) в атмосфере в течение последних 10000 лет возросла от 580 до 730 ppb, а за последние два столетия – на 1000 ppb [1]. Вклад болотных экосистем в глобальную эмиссию CH_4 может достигать 15% от суммарной эмиссии всех известных источников антропогенного и биогенного метана [2]. Эмиссионный поток метана (E – нетто эмиссия) с поверхности болота является результирующей двух основных процессов – продукции метана (G) метаногенными бактериями и его поглощения метанотрофами (U) [3]:

$$E = G - U$$

Эмиссия CH_4 с поверхности болот характеризуется высокой пространственной и временной изменчивостью [4] и зависит от таких экологических факторов, как уровень грунтовых вод, температура воздуха и почвы, атмосферное давление. По мнению некоторых авторов [5, 6], сосудистые растения (макрофиты) являются важным «коридором» транспорта метана в атмосферу из болота, поэтому ботанический состав исследуемых сообществ может существенно влиять на скорость его эмиссии. Цель наших исследований состояла в характеристике сезонной динамики потоков метана в атмосферу с поверхности болота в зависимости от абиотических факторов.

Методика

Изучение потока метана проводили на мезо-олиготрофном болоте Медла-Пэв-Нюр (Республика Коми) на нескольких участках, различающихся по микрорельефу и видовому составу растительности (табл. 1), с июня по октябрь 2008 г.

Отбор проб производили с использованием алюминиевой камеры объемом 0,108 м³, установленной на алюминиевые рамки (600x600 мм) с желобом (заполняемым водой во избежание потерь воздуха) (рис. 1), углублённых в торфяную залежь на 400 мм [7–9]. Газ собирался в пластиковые шприцы объемом 60 мл в определённые промежутки времени суток с общей экспозицией 20 минут. Камеры укомплектованы электрическими вентиляторами для охлаждения и нагревания воздуха, термометрами и пластиковой трубкой для поддержания нужного атмосферного давления внутри камеры. Шприцы и пробка камеры снабжены сдерживающими кранами.

Анализ проб проводили на газовом хроматографе HP (Hewlett Packard – 5890 (II)), с использованием плазменно-ионизационного детектора. Микроклиматические параметры на болоте регистрировали автоматической метеостанцией фирмы Campbell Scientific

Таблица 1

Характеристика исследуемых участков

№ участка	Сообщество	Тип микрорельефа	Видовой состав и обилие видов*
1	Олиготрофное травяно-кустарничко-сфагновое	Мочажина	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Scheuchzeria palustris</i> (10%) и <i>Oxycoccus palustris</i> (5%). <i>Carex limosa</i> , <i>Drosera rotundifolia</i> и <i>Chamaedaphne calyculata</i> встречаются единично. В моховом ярусе всё пространство занимают мхи рода <i>Sphagnum</i> (100%).
2	Мезотрофное травяно-кустарничко-сфагновое	Осоково-сфагновый ковёр	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Carex rostrata</i> (10%), <i>Oxycoccus palustris</i> (10%) и <i>Carex limosa</i> (10%). Незначительное пространство занимают <i>Andromeda polifolia</i> (4%) и <i>Scheuchzeria palustris</i> (4%). В моховом ярусе доминируют мхи рода <i>Sphagnum</i> (100%).
3	Мезо-евтрофное кустарничко-травяно-сфагновое	Кочка	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Andromeda polifolia</i> (10%), <i>Oxycoccus palustris</i> (7%), <i>Carex rostrata</i> (5%) и <i>Scheuchzeria palustris</i> (5%). Незначительное пространство занимают <i>Betula nana</i> (4%) и <i>Carex limosa</i> (3%). В моховом ярусе доминируют мхи рода <i>Sphagnum</i> (100%).
4	Мезо-евтрофное травяно-сфагновое	Топь	В травяно-кустарничковом ярусе доминируют <i>Scheuchzeria palustris</i> (до 50%) и <i>Utricularia intermedia</i> (20%). Незначительное пространство занимают <i>Oxycoccus palustris</i> (4%), <i>Menyanthes trifoliata</i> (4%), <i>Carex limosa</i> (4%) и <i>Andromeda polyfolia</i> (3%). Единично встречается <i>Betula nana</i> . Моховой ярус представлен мхами рода <i>Sphagnum</i> (80%).

Примечание: *видовые названия высших сосудистых растений даны по [10], обилие видов определяли по шкале Друде [11].

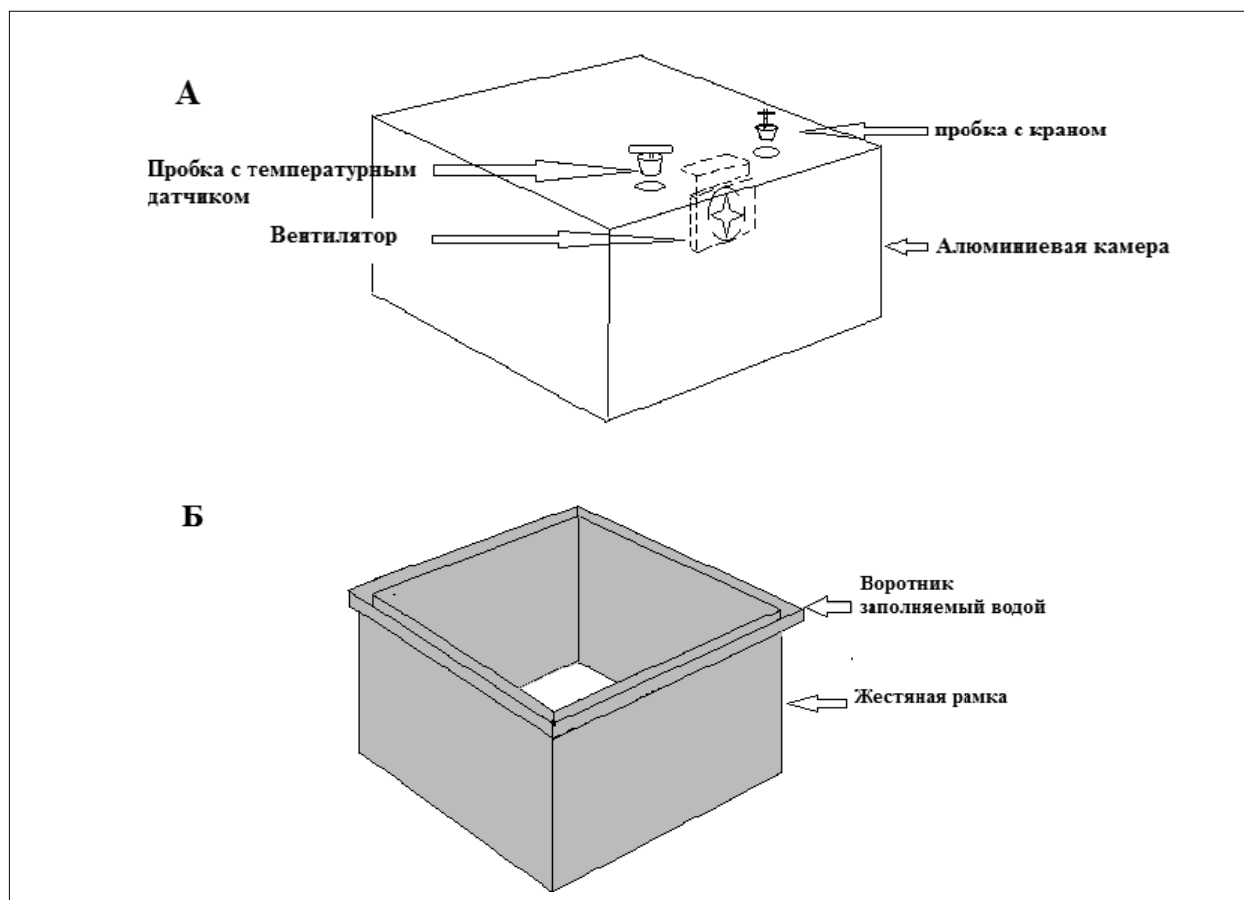


Рис. 1. Схема строения камеры (А) и ограничивающей рамки (Б)

(Великобритания). Температуру почвы на участках на глубине 30 см измеряли автоматическими датчиками фирмы Hobo (США). Для определения уровня грунтовых вод использовали пластмассовые трубки, установленные в верхних горизонтах почвы.

Определение скорости эмиссии проводилось с помощью уравнения идеального газа, учитывая объём камеры и микроклиматические характеристики:

$$F_{CH_4} = \frac{M_{CH_4} \cdot p \cdot V \cdot dC/dt}{R \cdot A \cdot T}$$

где F_{CH_4} – величина эмиссии метана ($\mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$); M_{CH_4} – молярная масса метана ($16,043 \text{ г моль}^{-1}$); p – атмосферное давление на момент измерения (Па); V – объём камеры ($0,108 \text{ м}^3$); dC/dt – изменение концентрации газа во времени t ; R – универсальная газовая постоянная ($8,314472 \text{ Па м}^3 \text{ моль}^{-1} \text{ К}$); A – площадь рамы, ограничивающей поверхность ($0,36 \text{ м}^2$); T – температура внутри камеры на момент измерения (К).

По данным агрометеорологического бюллетеня Коми республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [12], погодные условия в 2008 г. были неустойчивыми, тёплые периоды чередовались с периодами резкого снижения среднесуточных температур воздуха. Начало периода вегетации было отмечено на полмесяца позже обычного. Тёплая погода установилась только во второй декаде июня, когда среднедневная температура составила $+14...+15^\circ\text{C}$. Количество осадков в начале лета ($50\text{--}77 \text{ мм}$) было больше многолетней нормы для района исследований. В июле преобладала жаркая погода без осадков со среднемесячной температурой $+16...+19^\circ\text{C}$. В период с 14 по 23 июля максимальная температура воздуха повышалась до $+28...+33^\circ\text{C}$. В первой декаде августа было прохладно, среднемесячная температура находилась в пределах $+13...+15^\circ\text{C}$. Во второй декаде августа установилась дождливая погода, осадков выпало в 2–3 раза больше обычного ($137\text{--}143\%$ от нормы). Продолжительность летнего периода была на 2–3 недели короче многолетней нормы. Сентябрь характеризовался прохладной погодой со среднемесячной температурой $+5...+7^\circ\text{C}$, что на $1\text{--}2^\circ\text{C}$ ниже нормы. Октябрь по сравнению с сентябрём был менее дождливым.

Результаты и их обсуждение

За период наблюдений скорость эмиссии метана с поверхности разных участков болота варьировала от $0,033$ до $14 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ и в среднем за сезон составила $4,1 \pm 2,1 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Это в несколько раз выше результатов, полученных другими авторами. Так, в мезотрофных болотах средней тайги Западной Сибири [3] эмиссия метана достигает $1,57 \pm 1,2 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, что почти в 2,5 раза ниже полученных нами значений.

Скорость эмиссии возрастала с конца июня до начала августа, после чего произошло резкое её снижение на всех участках на фоне снижения температуры почвы на глубине 30 см (рис. 2). В октябре отмечены минимальные и отрицательные значения потока метана, что может быть результатом активизации процессов жизнедеятельности метанотрофов и угнетения метаногенных микроорганизмов вследствие понижения среднесуточных температур [13].

Разные растительные сообщества, приуроченные к определённым формам микрорельефа, характеризовались разной скоростью эмиссии метана (рис. 2). Более интенсивное выделение метана отмечено с поверхности мезо-евтрофной травяно-сфагнутой проточной топи (№ 4) и мезотрофного кустарничко-травяно-сфагнутого ковра (№ 2), что согласуется с данными других авторов для сходных типов сообществ [3, 9, 14]. Менее активный поток отмечен с поверхности мезо-евтрофной кочки (участок № 3) и олиготрофной травяно-сфагнутой мочажины (участок № 1). В целом за весь вегетационный период средняя скорость эмиссии с поверхности мезотрофного и мезо-евтрофного участков составила $5,27 \pm 0,5$ и $5,35 \pm 0,5 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ соответственно. С поверхности олиготрофной мочажины средняя скорость эмиссии составила $4,19 \pm 0,5 \mu\text{гCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, что в 3–4 раза выше, чем в сходных сообществах Западной Сибири [16] и в 2 раза выше, чем в сходной сфагнуто-шейхцериевой мочажине Иласского болотного массива Архангельской области [15].

Средняя для четырёх участков скорость эмиссии метана за сутки тесно коррелировала с температурой почвы на глубине 30 см, в меньшей степени – с температурой воздуха (рис. 3), что согласуется с данными других авторов [17].

В течение сезона прослеживается положительный отклик скорости эмиссии на разных участках на увеличение температуры

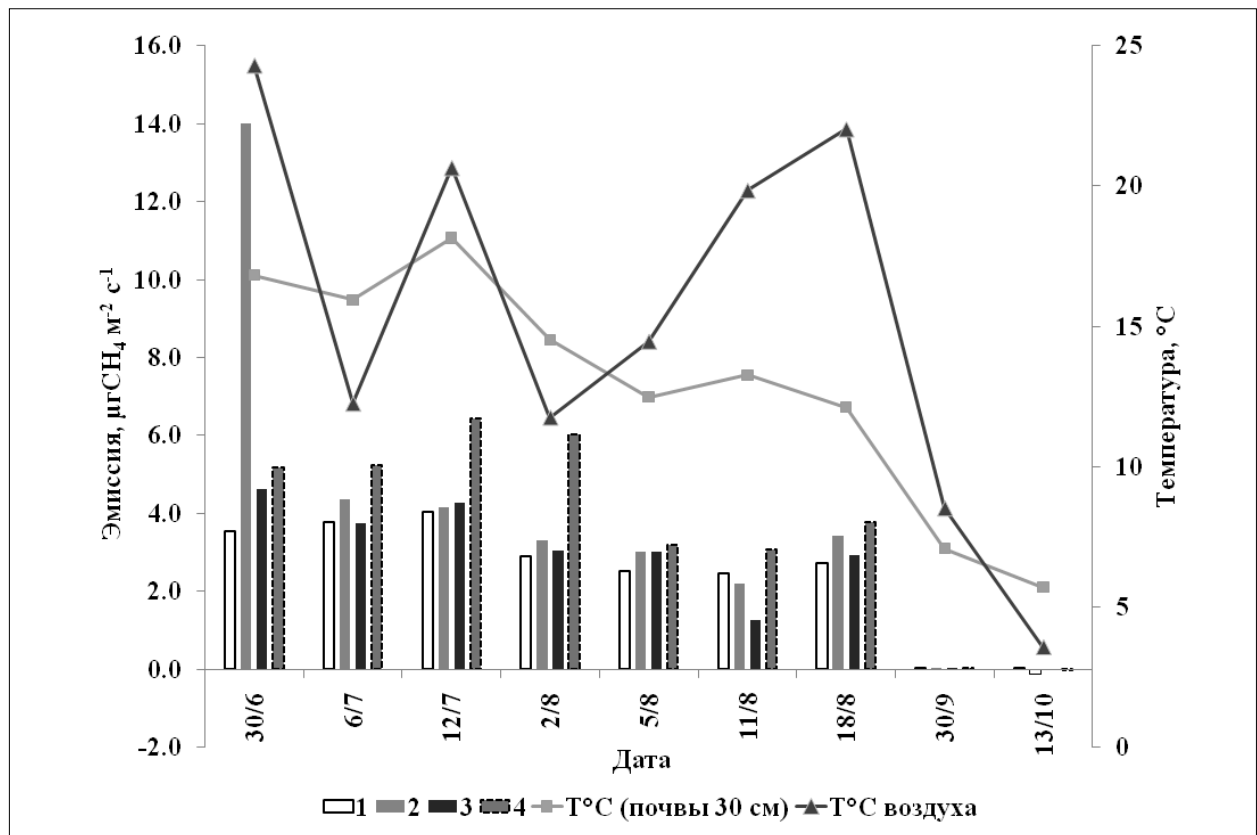


Рис. 2. Динамика скорости эмиссии метана, температуры воздуха на высоте 1,5 м и почвы на глубине 30 см (1–4 соответствуют номерам участков в табл. 1)

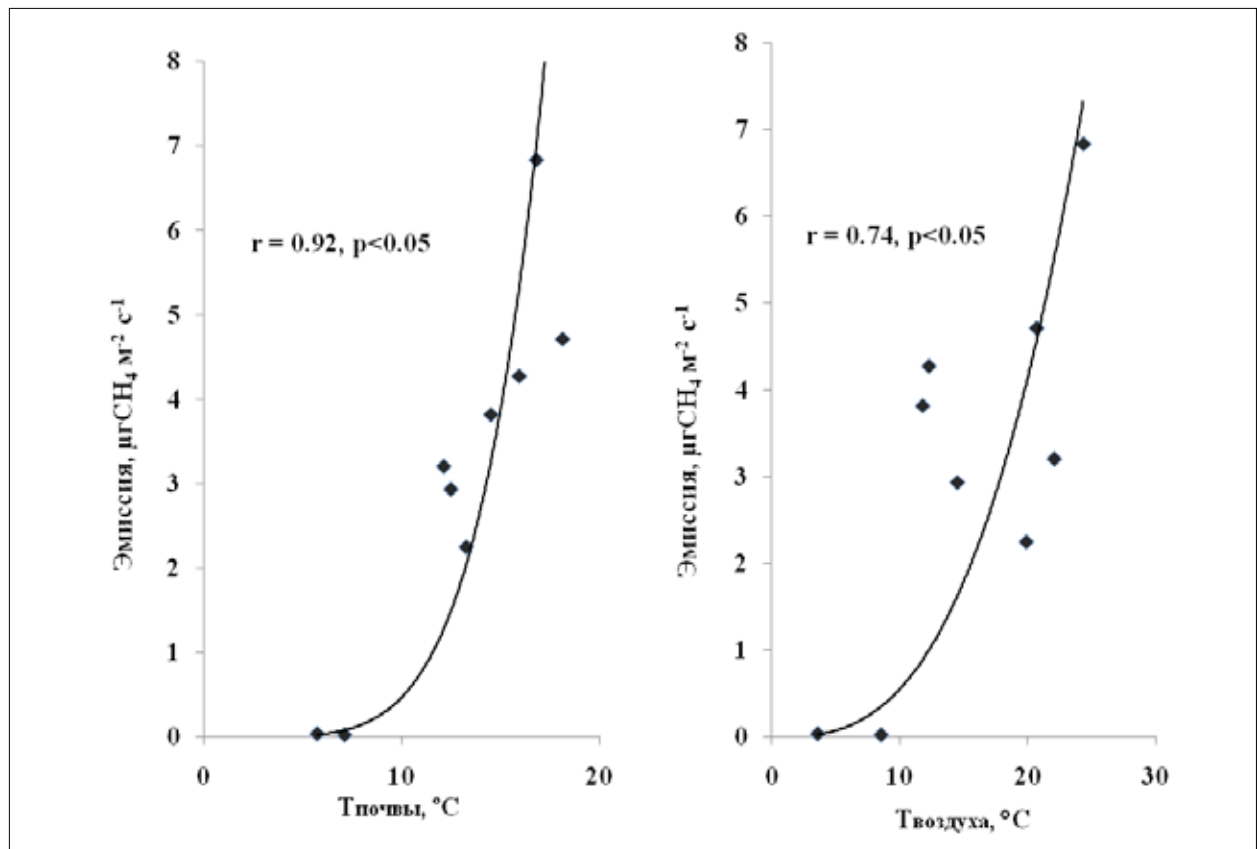


Рис. 3. Зависимость средней для всех участков скорости эмиссии метана от средневенной температуры почвы (Т_{почвы}) и воздуха (Т_{воздуха})

Таблица 2

Зависимость скорости эмиссии метана от температуры почвы и воздуха на исследуемых участках болота

№ участка	Температура почвы		Температура воздуха	
	r	p	r	p
1	0,98	0,00007	0,72	0,02
2	0,61	0,08	0,68	0,04
3	0,90	0,0007	0,69	0,03
4	0,95	0,00007	0,62	0,07

Примечание: r – коэффициент корреляции, p – уровень значимости (величина значима при $p < 0,05$)

(рис. 3) как воздуха, так и почвы. Однако скорость эмиссии с поверхности обильно увлажнённых участков (табл. 2) имела более высокий коэффициент корреляции с температурой почвы.

Уровень грунтовых вод (УГВ) в течение сезона варьировал от -4 до -10,5 см на обводнённом участке мезоевтрофной топи и от -13 до -18 см на олиготрофной мочажине. В сезонной динамике при высоком уровне грунтовых вод происходило увеличение потока метана в атмосферу (рис. 4), что отмечали также другие авторы [14, 18, 19]. В начале осени, несмотря на увеличение УГВ, скорость эмиссии метана оставалась низкой, что могло быть связано с понижением среднесуточных температур и замедлением процессов метаногенеза.

Корреляционный анализ эмпирических данных за сезон подтвердил положительную зависимость потока метана от УГВ. В большей степени она характерна для олиготрофного участка мочажины ($r = 0,92$), где снижение обводнённости усиливает аэрацию торфа, соответственно, создаются более благоприятные условия для окисления метана метанотрофами [9].

Заключение

За период наблюдений на мезо-олиготрофном болоте средней тайги скорость эмиссии метана возрастала с июня до начала августа и снижалась в августе-октябре. Максимальные значения эмиссии метана отмечены с поверхности осоково-сфагнового ковра мезотрофного участка и мезо-евтрофной топи.

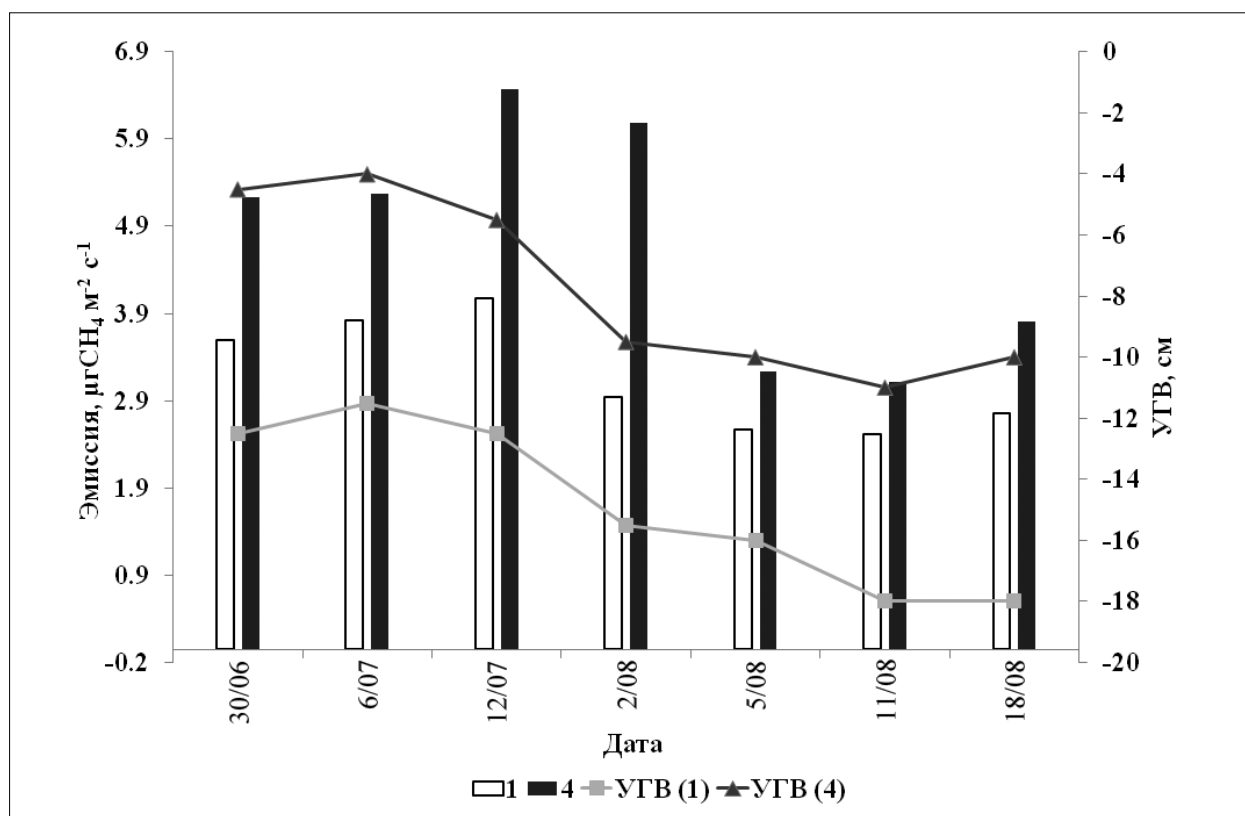
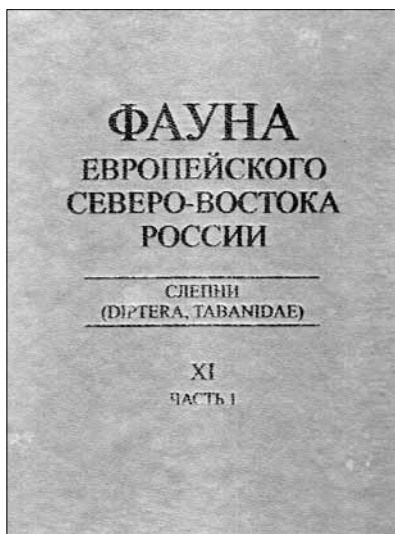


Рис. 4. Динамика скорости эмиссии метана и УГВ для топи (участок №4) и мочажины (участок №1)

В результате проведённых исследований была установлена положительная корреляция скорости эмиссии с температурой почвы ($r=0,92$) и с уровнем грунтовых вод ($r= 0,92$ для мочажины, $r= 0,65$ для топи).

Литература

1. IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change). Climate Change 2001 // The Scientific Basis. 2001. Cambridge University Press. Cambridge. 881 p.
2. Александров Г.А., Голицын Г.С., Мохов И.И., Петухов В.К. Глобальные изменения климата и регулирующая роль болот // Изв. РАН. Сер. географическая. 1994. № 2. С. 5–15.
3. Panikov N.S., Dedysh S.N., Kolesnikov O.M., Mardini A.I. and Sizova M.V. Metabolic and environmental control on methane emission from soils: mechanistic studies of mesotrophic fen in west Siberia // Water, Air, and Soil Pollution. 2001. № 1. P. 415–428.
4. Roulet N.T., Ash R., and Quinton W. CH₄ flux from drained northern peatlands: Effect of persistent water table lowering on flux // Global Biogeochemical Cycles. 1993. № 7. P. 749–769.
5. Whiting, G.J. and Chanton, J.P. Control of the diurnal pattern of CH₄ emission from emergent aquatic macrophytes by gas transport mechanisms // Aquatic Botany. 1996. № 54. P. 237–253.
6. Shannon, R.D., White J.R., Lawson, J.E. and Gilmour, B.S. CH₄ efflux from emergent vegetation in peatlands // Journal of Ecology. 1996. № 84. P. 239–246.
7. Bubier J., T. Moore, K. Savage, and P. Grill. A comparison of methane flux in a boreal landscape between a dry and a wet year // Global Biogeochemical Cycles. 2005. № 19. P. 1–11.
8. Christensen T. R., S. Jonasson, T. V. Callaghan, and M. Havstrom. Spatial variation in high-latitude methane flux along a transect across Siberian and European tundra environments // Journal of Geophysical Research. 1995. № 100. P. 35–45.
9. Kutzbach L., D. Wagner, and E.-M. Pfeiffer. Effect of microrelief and vegetation on methane emission from wet polygonal tundra, Lena Delta, Northern Siberia // Biogeochemistry. 2004. № 69. P. 341–362.
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.
11. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
12. Агрометеорологический бюллетень 2007-2008 сельскохозяйственного года Республики Коми // Коми республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2008. Сыктывкар. 160 с.
13. Наумов А.В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 208 с.
14. Schimel, J.P. Plant transport and methane production as controls on methane flux from arctic wet meadow tundra // Biogeochemistry. 1995. № 28. P. 183–200.
15. Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Хромов М.И. Эмиссия метана с торфяных залежей Иласского болотного массива Архангельской области // Известия РГО. 2008. Т. 140. Вып. 5. С. 40–46.
16. Sabrekov A. F., Kleptsova I. E., Glagolev M. V., Maksyutov Sh. Sh., Machida T. Methane emission from middle taiga oligotrophic hollows of Western Siberia // Вестник ТГПУ. 2011. Вып. 5 (107). С. 135–143.
17. Глаголев М.В., Головацкая Е.А., Шнырёв Н.А. Эмиссия парниковых газов на территории Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 2007. № 2. С. 197–210.
18. Moore, T.R., and Roulet N.T. Methane flux: water table relations in northern wetlands // Geophysical Research Letters. 1993. № 20. P. 587–590.
19. Bartlett K.B., Harriss R.C. and Sebacher D.I. Methane flux from coastal salt marshes // Journal of Geophysical Research. 1985. № 90(D3). P. 5710–5720.



Пестов С. В., Долгин М. М. Слепни (Diptera, Tabanidae). Фауна Европейского Северо-Востока России. Слепни. Т. XI, ч. 1 (СПб.: Наука, 2013. 190 с.).

В монографии приводятся сведения о распространении, численности, фенологии, внешней морфологии 39 видов слепней европейского Северо-Востока России. Дана характеристика ареалогической структуры фауны. Приведены определительные таблицы для имаго, куколок и личинок слепней региона.

Книга предназначена для энтомологов, зоологов, экологов, преподавателей вузов и студентов биологических специальностей.



Минеев Ю. Н., Минеев О. Ю. Птицы Большеземельской тундры и Югорского полуострова (СПб.: Наука, 2012. 383 с.).

Монография подводит итоги исследований фауны птиц малоизученного региона восточноевропейских тундр России более чем за 100-летний период. Обобщены материалы о распространении, статусе, численности и биологии птиц Большеземельской тундры и Югорского полуострова. На изученной территории выявлено 200 видов из 14 отрядов птиц. Проанализированы зонально-ландшафтное распределение и закономерности расширения ареалов птиц. Орнитофауна региона представляет зоогеографический интерес как гетерогенная, состоящая из европейских, сибирских, арктических и широко распространенных видов.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, орнитологов, биологов, экологов, зоогеографов, специалистов в области природопользования и охраны природы.



Шамрикова Е. В. Кислотность почв таёжной и тундровой зон Европейского Северо-Востока России (СПб.: Наука, 2013. 157 с.).

В монографии представлены закономерности пространственно-временного варьирования показателей кислотно-основного состояния почв подзолистой и тундровой зон. По данным признакам определено сходство и различие между изучаемыми объектами в связи с проблемой классификации почв. Выявлен состав индивидуальных органических и неорганических компонентов, обуславливающих разные виды кислотности почв с использованием, как фундаментальных законов химии, так и новейших инструментальных физико-химических методов.

Книга предназначена для специалистов в области почвоведения, экологии, биологии, охраны окружающей среды и агрохимии.



Скупченко Л. А., Ширшова Т. И., Зайнуллина К. С. Виды барбариса (*Berberis L.*) в культуре на Севере (Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 148 с.).

В монографии представлены итоги интродукционных исследований видов и разновидностей барбариса (*Berberis L.*) в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. Исследованы особенности развития, сезонного роста побегов, изменчивость морфологических признаков, зимостойкость и долголетие видов в культуре. Рассматриваются анэкология, ультраскульптураспермодермы семян для выявления таксономической принадлежности вида, онтогенез отдельных видов. Приведены данные о содержании биологически активных веществ и составе микронутриентов у некоторых видов *Berberis*.

Книга может быть полезна специалистам в области интродукции растений, лесного хозяйства, зелёного строительства и декоративного садоводства, ботаники, биологических ресурсов, фитохимии.



Сенькина С. Н. Водный режим сосны и ели в фитоценозах Севера (Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 104 с.).

На основе обширного фактического материала, полученного в результате многолетних стационарных исследований, характеризуется водный режим основных лесообразующих пород Севера – сосны обыкновенной и ели сибирской. Обобщены данные об интенсивности транспирации, оводнённости, водном дефиците, водном потенциале и устьичном сопротивлении хвои обеих пород. Доказана зависимость водообмена от условий среды обитания, климатических факторов, возраста хвои и положения её в кроне. Рассчитаны энергопродукционные показатели влагообмена в хвойных фитоценозах (транспирационные коэффициенты, продуктивность и экономность транспирации). Определены потенциальные запасы свободной воды в хвое древостоев разных типов леса и скорость её расходования.

Книга предназначена для специалистов в области физиологии растений, экологов, а также аспирантов, магистрантов и студентов биологических и лесохозяйственных профилей высших учебных заведений.



Оценка баланса углерода на севере России: прошлое, настоящее и будущее / Под ред. П. Кури и В. Пономарёва (Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2013. 64 с.).

В издании представлены основные итоги международного проекта «Оценка баланса углерода на севере России: прошлое, настоящее и будущее», профинансированного VI Рамочной программой Европейского Союза в 2006–2010 гг. и нацеленного на определение количества выбросов парниковых газов на севере России. Работа над проектом объединила более 50 учёных из 17 учреждений Великобритании, Германии, Дании, Нидерландов, Финляндии, России, США и Швеции. В работе обобщены современные знания в области изучения климата и окружающей среды прошлых эпох, проведены комплексные исследования растительности, почв и многолетней мерзлоты, составлены карты, охарактеризованы потоки парниковых газов и гидрологический режим рек, выполнены экосистемное, гидрологическое и климатическое моделирование, а также экстраполяция и интеграция данных.

Издание рассчитано на самый широкий круг читателей.



Открытие конференции
(слева направо: С. В. Дёгтева, С. Л. Гераймович,
А. Н. Попов, Н. В. Матвеева)



На пленарном заседании



Пленарный доклад д.б.н. Н. В. Матвеевой



Стендовая сессия



Обсуждения за круглым столом



Экскурсия в Этнокультурный парк
«Финноугория»

Индекс 82027, 48482



I S S N 1995-4301



9 771995 430004