

**КОЛЬСКИЙ
НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР**



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**VIII Всероссийская научная конференция с международным участием,
посвященная 300-летию Российской Академии наук
и 35-летию Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН**



ПРОГРАММА

**г. Апатиты
24 - 29 июня 2024 г.**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ СЕВЕРА (ИППЭС КНЦ РАН)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Материалы VIII Всероссийской научной конференции
с международным участием, посвященной
300-летию Российской академии наук и 35-летию
Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

Апатиты, 24–29 июня 2024 г.

Апатиты
Издательство ФИЦ КНЦ РАН
2024

УДК 574.4
ББК 20.17
Э40

Печатается по решению Редакционного совета по книжным изданиям ФИЦ КНЦ РАН

Ответственные редактор
доктор технических наук Д. В. Макаров

Редколлегия:

Е. А. Боровичев, О. И. Вандыш, В. А. Даувальтер, Д. Б. Денисов, И. В. Зенкова, Л. Г. Исаева,
Е. М. Ключникова, В. А. Маслобоев, Т. А. Сухарева

Э40 **Экологические** проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы VIII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 300-летию Российской академии наук и 35-летию Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. Апатиты, 24–29 июня 2024 г. / ответственный редактор Д. В. Макаров. — Апатиты : Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2024. — 293 с.

ISBN 978-5-91137-515-7

VIII Всероссийская научная конференция с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения», приуроченная к 300-летию Российской академии наук и 35-летию Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, посвящена обсуждению и поиску решений основных проблем функционирования арктических экосистем и их возможных трансформаций вследствие воздействия природных и антропогенных факторов. Сборник содержит 185 абстракта, в которых основное внимание уделено антропогенной и природной динамике функционирования тундровых и лесных экосистем, современным тенденциям изменения водных экосистем Арктики, геохимии природных сред и моделированию природных процессов, развитию современных ресурсосберегающих технологий в природоохранной деятельности, влиянию природных и социально-экономических условий на здоровье человека в арктических районах. Обсуждаются вопросы изменения климата Арктики на современном этапе и в перспективе, учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в наземных экосистемах. Рассматриваются проблемы сохранения биоразнообразия арктических экосистем, охраны природных ресурсов, развития сети ООПТ на Северо-Западе России и их рекреационного использования.

Издание представляет интерес для научных работников, преподавателей вузов, учителей и студентов естественнонаучных и гуманитарных специальностей.

УДК 574.4
ББК 20.17

Фотография на обложке — В. Ю. Жиганов

Научное издание
Технический редактор В. Ю. Жиганов

Подписано в печать 19.06.2024. Формат бумаги 60 × 84 1/8.
Усл. печ. л. 33,6. Заказ № 20. Тираж 500 экз.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН».
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14.
Электронная версия: www.inep.ksc.ru.

ISBN 978-5-91137-515-7
doi:10.37614/978-5-91137-515-7

© ФИЦ КНЦ РАН, 2024
© ИППЭС КНЦ РАН, 2024

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL RESEARCH CENTRE
“KOLA SCIENCE CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES”

INSTITUTE OF NORTH INDUSTRIAL ECOLOGY PROBLEMS (INEP KSC RAS)

ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE NORTHERN REGIONS AND WAYS TO THEIR SOLUTION

Materials of the VIII Russian Scientific Conference with international participation “Ecological problems of the Northern Regions and ways to their solution”, dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and 35th anniversary of the Institute of North Industrial Ecology Problems

Apatity, June, 24–29, 2024

Apatity
Kola Science Centre
2024

UDC 574.4
BBC 20.17
E18

Published by resolution of the Editorial Board of the FRC KSC RAS

Editor-in-chief

D. V. Makarov

Editorial Board:

E. A. Borovichev, O. I. Vandysh, V. A. Dauvalter, D. B. Denisov, I. V. Zenkova, L. G. Isaeva,
E. M. Klyuchnikova, V. A. Masloboev, T. A. Sukhareva

E18 **Ecological Problems of the Northern Regions and Ways to Their Solution. Materials of the VIII Russian Scientific Conference with international participation “Ecological problems of the Northern Regions and ways to their solution”, dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and 35th anniversary of the Institute of North Industrial Ecology Problems. Apatity, June, 24–29, 2024 / D. V. Makarov (eds.). — Apatity : Kola Science Centre, 2024. — 293 p.**

ISBN 978-5-91137-515-7

VIII All-Russian Scientific Conference with International Participation "Ecological Problems of Northern Regions and Ways of Their Solution", timed to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and the 35th anniversary of the Institute of Industrial Ecology Problems in the North KSC RAS, is devoted to the discussion and search for solutions to the main problems of functioning of Arctic ecosystems and their possible transformations due to the impact of natural and anthropogenic factors. The conference proceedings contains 185 short communications (abstracts), which focus on anthropogenic and natural dynamics of functioning of tundra and forest ecosystems, modern trends of changes in aquatic ecosystems of the Arctic, environmental geochemistry and modeling of natural processes, development of modern resource-saving technologies in environmental protection activities, influence of natural and socio-economic conditions on human health in the Arctic regions. The issues of climate change in the Arctic at the present stage and in the future, accounting data on the fluxes of climatically active substances and carbon budget in terrestrial ecosystems are discussed. The problems of conservation of biodiversity of Arctic ecosystems, protection of natural resources, development of protected areas network in the North-West of Russia and their recreational use are considered.

The publication is of interest to researchers, university university lecturers, teachers and students of natural sciences and humanities.

UDC 574.4
BBC 20.17

Scientific publication

Technical Editor V. Yu. Zhiganov

Federal Research Centre Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences.
14, Fersman str., Apatity, Murmansk region, 184209, Russia
Electronic version: www.inep.ksc.ru.

ISBN 978-5-91137-515-7
doi:10.37614/978-5-91137-515-7

© FRC KSC RAS, 2024
© INEP KSC RAS, 2024

СОДЕРЖАНИЕ**ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ**

Горшков В. В., Ставрова Н. И., Бакал И. Ю. ЛЕСНЫЕ СООБЩЕСТВА СЕВЕРА КАК ОБЪЕКТ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ГЕОБОТАНИКИ.....	30
Дружинин П. В., Дружинин В. П. ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В СТОЛИЦАХ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ И НА ПЕРИФЕРИИ.....	31
Калабин Г. В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОКРАТИЧЕСКОГО КРИЗИСА ГЕОСФЕР.....	32
Лавриненко И. А., Лавриненко О. В. АКТУАЛЬНОСТЬ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ОХРАНЫ БИОТОПОВ В СОХРАНЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ АРКТИКИ.....	33
Лукина Н. В., Барталев С. А., Лупян Е. А., Курбатова Ю. А., Ершов Д. В., Курганова И. Н., Шанин В. Н., Тебенькова Д. Н., Данилова М. А., Гераськина А. П., Тихонова Е. В., Горнов А. В., Шевченко Н. Е. СОЗДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ.....	35
Мазухина С. И. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА.....	36
Макаров Д. В., Маслобоев В. А., Светлов А. В. ОСНОВНЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ИППЭС ФИЦ КНЦ РАН.....	38
Маслобоев В. А. ПЕРЕРАБОТКА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ.....	38
Моисеенко Т. И. БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК И ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА: ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЛИ ЭВОЛЮЦИЯ?.....	40
Скобелев Д. О. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА И ПРИРОДНЫЙ КАПИТАЛ.....	42
Сорокина Т. Ю., Чащин В. П., Коробицына Р. Д., Варакина Ю. И., Аксенов А. С. ФОРМИРОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АЗРФ (2017–2024 гг.).....	43
Филатов Н. Н. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БЕЛОГО МОРЯ И ВОДОСБОРА ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	45
Probert David OUR INTELLIGENT ARCTIC ENVIRONMENT: 2025–2040.....	46
СЕКЦИЯ 1. НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	
Артёмкина Н. А. СОДЕРЖАНИЕ ЛИГНИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЛИСТЬЯХ КУСТАРНИЧКОВ ХИБИНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА.....	48

Барановская Н. В. РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КРОВИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	49
Бондарев А. И. ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА НАРУШЕННЫХ ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ТАЙМЫРА.....	50
Власов Д. Ю., Кирицели И. Ю., Кобзева У. М., Рябушева У. Д., Родина О. А., Егорова К. А., Ганюшкин Д. А., Тихомирова И. Ю., Лесовая С. Н. МИКРОЭКОСИСТЕМЫ КРИОКОНИТОВ ВЫСОКОГОРИЙ АЛТАЯ (ЛЕДНИК ВОСТОЧНЫЙ МУГУР).....	52
Волкова Е. Н., Лянгузова И. В. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ И ХВОЕ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМБИНАТА «СЕВЕРНИКЕЛЬ».....	53
Гашкова Л. П. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТПИРОГЕННЫХ БОЛОТ В МЕЖДУРЕЧЬЕ ПУРА И НАДЫМА.....	54
Горячев А. А., Компанченко А. А. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ ПЫЛЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД.....	56
Другова Т. П. МХИ ПОСЕЛКА ПЛЕСОЗЕРО (КАНДАЛАКШСКИЙ РАЙОН).....	57
Ершов В. В., Сухарева Т. А., Рябов Н. С. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ И ПОЧВЕННЫХ ВОДАХ В ФОНОВЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	59
Журавлева А. С., Вертебный В. Е., Хомяков Ю. В., Панова Г. Г., Андронов Е. Е., Галушко А. С. ТЕРМОФИЛЬНЫЕ НЕФТЕРАЗЛАГАЮЩИЕ БАКТЕРИИ ПОЧВОГРУНТОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА.....	60
Зайцева И. А., Калинина С. Н., Илюха В. А., Комов В. Т., Панченко Д. В., Антонова Е. П. ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОРГАНИЗМЕ КОПЫТНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ.....	62
Иванова Е. А., Ершов В. В., Сухарева Т. А. СОДЕРЖАНИЕ И ЗАПАСЫ С И N В ОПАДЕ ХВОИ СОСНЫ PINUS SYLVESTRIS L. В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ НА ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	63
Исаева Л. Г., Рябов Н. С. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОСНЫ PINUS CONTORTA В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. МОНЧЕГОРСКА.....	65
Канивец А. В., Мязин В. А. СОРБЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ.....	66
Кашулина Г. М., Литвинова Т. И. РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В ПОЧВАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА. РЕГИОНАЛЬНЫЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ.....	67
Кизеев А. Н., Сюрин С. А., Кульнев В. В. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	69
Ковалева В. А., Виноградова Ю. А., Пристова Т. А., Федорков А. Л. ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В ОПЫТНЫХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ.....	70
Корнейкова М. В., Васенев В. И., Козлова Е. В., Никитин Д. А., Долгих А. В., Сотникова Ю. Л. МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ГОРОДСКИХ ПОЧВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ.....	72
Лавриненко О. В., Лавриненко И. А. ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 25 ЛЕТ.....	73

Левина Н. Б. ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ НАДЫМ-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	74
Литвинова Т. И., Кашулина Г. М. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СЕРОГУМУСОВЫХ ГРУБОГУМУСОВЫХ ПОЧВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН.....	76
Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г., Денева С. В., Холопов Ю. В., Лаптева Е. М. ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА КАРЬЕРАХ В ТАЕЖНОЙ И ТУНДРОВОЙ ЗОНАХ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ.....	78
Лянгузова И. В. СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ.....	79
Мурзаева М. Ш. ПОЛИГОНЫ БИОРЕМЕДИАЦИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ.....	80
Мурзакматов Р. Т. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ЧЕРНОГОРСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА.....	81
Осипов А. Ф., Кузнецов М. А. ЭМИССИЯ СО ₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ ЕЛЬНИКА И СОСНЯКА НА ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ «ЛЯЛЬСКИЙ»: ИТОГИ ПЕРВОГО ГОДА НАБЛЮДЕНИЙ.....	83
Рапуга В. Ф., Сухарева Т. А. ЧИСЛЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ КОМБИНАТА «СЕВЕРНИКЕЛЬ».....	84
Рыбалка Е. П. АНАЛИЗ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В СКВЕРЕ У КИНОТЕАТРА «БОЛЬШЕВИК» Г. КИРОВСК.....	85
Рябов Н. С., Ершов В. В., Иванова Е. А., Сухарева Т. А., Штабровская И. М. ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПОЧВАМИ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	87
Сандимиров С. С., Красавцева Е. А., Кудрявцева Л. П., Черепанов А. А., Летуновская Е. А., Маркова А. И. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЛОВОЗЕРСКОМ РАЙОНЕ.....	88
Святковская Е. А., Салтан Н. В. ОЦЕНКА АБОРИГЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОБЩЕГОРОДСКОГО ЗНАЧЕНИЯ (УЛИЦЫ) В Г. КИРОВСК (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	89
Селиховкин А. В., Мамаев Н. А., Мартирова М. Б., Варенцова Е. Ю. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ: КЛИМАТ, ВРЕДИТЕЛИ, БОЛЕЗНИ.....	91
Сизоненко Т. А. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И БИОМАССА ТОНКИХ КОРНЕЙ ЕЛИ СИБИРСКОЙ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	92
Синюткина А. А. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОСТПИРОГЕННОГО УЧАСТКА НА ПЛОСКОБУГРИСТОМ БОЛОТЕ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ).....	93
Скрябина А. О., Сидорова О. В. ВЛИЯНИЕ САПОНИТА НА ДЛИНУ ПРИРОСТА ПОБЕГОВ HYLOCOMIUM SPLENDENS И RHUTIDIADELPHUS TRIQUETRUS.....	94
Смирнова М. В., Денисов Д. Б. БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДЫ ИЗ ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) С ПОМОЩЬЮ МУХИ ДРОЗОФИЛЫ ЧЕРНОБРЮХОЙ (DROSOPHILA MELANOGASTER).....	96

Смотрина Ю. А., Лаптева Е. М., Далькэ И. В., Захожий И. Г., Скребенков Е. А. ПРОДУКТИВНОСТЬ HERACLEUM SOSNOWSKYI В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (СРЕДНЯЯ ТАЙГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ).....	97
Сорокина Е. П., Дмитриева Н. К., Левина Н. Б., Ткаченко В. А. АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	99
Сошина А. С., Корнейкова М. В. МИКОБИОТА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ НА ПРИМЕРЕ Г. МУРМАНСК.....	101
Сухарева Т. А., Ершов В. В., Рябов Н. С., Иванова Е. А., Живов Д. А. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	102
Терентьева В. В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	103
Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТАЁЖНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ МУРМАНСКОГО ОКРУГА СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	105
Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ АРКТОТУНДРОВЫХ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	107
Харанжевская Ю. А., Синюткина А. А. ПОСТПИРОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	108
Шмакова Н. Ю., Ермолаева О. В., Копейна Е. И. ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭМИССИЯ CO ₂ ИЗ ПОЧВЫ ГОРНО-ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВ ХИБИН.....	110
Штабровская И. М., Зенкова И. В. ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЧВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	111
Штанг А. К., Пономарева Т. И., Скрыбина А. О. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ЛИПИДОВ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ В СФАГНОВЫХ МХАХ В ХОДЕ ВЕГЕТАЦИИ.....	112
Яковлева Е. П. АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТАЁЖНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ УСТЬ-ЛЕНСКОГО ОКРУГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	114
СЕКЦИЯ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ	
Астраханов М. Е. ВЫДЕЛЕНИЕ БАССЕЙНОВ КАНАЛИЗОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ РЕК РОССИИ.....	117
Березина Н. А., Тиунов А. В., Максимов А. А. ДИНАМИКА ПИЩЕВЫХ ЦЕПЕЙ СЕВЕРНЫХ ОЗЕР.....	118
Валькова С. А. РАЗНООБРАЗИЕ ХИРОНОМИД (CHIRONOMIDAE) ОЗЕРА ИМАНДРА.....	120
Вокуева С. И., Денисов Д. Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) МЕТОДОМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА.....	121

Гончаров А. В., Палатов Д. М. ЗООБЕНТОС КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОЗ. ИМАНДРА.....	122
Горшкова. А. Т., Семанов. Д. А., Бортникова Н. В., Рыков Р. А., Горбунова В. П. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ДИАТОМОВЫМ ВОДОРΟΣЛЯМ В СУДЕБНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ.....	123
Даувальтер В. А., Денисов Д. Б., Даувальтер М. В., Сандимиров С. С., Слуковский З. И. ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НОВОГО АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД.....	125
Даувальтер В. А., Моисеенко Т. И., Каган Л. Я., Ильяшук Б. П., Ильяшук Е. А., Денисов Д. Б., Слуковский З. И., Косова А. Л., Вокуева С. И. 35-ЛЕТНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА ИППЭС КНЦ РАН.....	126
Денисов Д. Б., Косова А. Л., Вокуева С. И. СОВРЕМЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ АЛЬГОЦЕНОЗОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	127
Дорошенко Ю. В., Бурдян Н. В., Миронов О. А. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ ОСЕНЬЮ 2022 Г.....	128
Зайцев П. А., Зайцева А. А., Шурыгин Б. М., Родин В. А., Федоренко Т. А., Лобакова Е. С., Зверева М. Э., Соловченко А. Е. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ФОСФАТ-РЕЗИСТЕНТНЫХ АЛЬГО-БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ВОДОЕМОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. АПАТИТЫ.....	130
Косова А. Л., Денисов Д. Б. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА КОМАРИНОГО (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	131
Ксенофонтова М. И. МИГРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ РУЧЬЕВ И ВОДОЕМОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЯКУТИИ.....	132
Макаревич П. Р. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЕЛАГИЧЕСКИХ И ДОННЫХ БИОЦЕНОЗОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ.....	133
Макарёноква Н. Н. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ПОДЛЕДНОГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА ВОЖЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	134
Мальшева М. Б., Елизарова И. Р. ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОДНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ SI ИЗ НЕФЕЛИНОВОГО ПЕСКА.....	136
Морозова И. В., Белкина Н. А. МЕТАН В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА.....	137
Мясникова Н. А., Морозова И. В., Белкина Н. А. ВЗАИМОСВЯЗЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УНИЦКОЙ ГУБЫ (ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО) И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАНА.....	138
Панюков А. А., Тетерюк Б. Ю. ФЛОРА КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ВОДОЁМОВ ЮГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ.....	139
Рябова Э. Г., Литвиненко В. В., Мовчан М. А. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКОМ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СРЕД БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО ОСТРОВА.....	141
Соловьёва О. В., Миронов О. А., Тихонова Е. А. КОНЦЕНТРАЦИИ АЛИФАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ КАРСКОГО МОРЯ В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2022 ГОДА.....	142

Тананаев Н. И., Солдатова Е. А., Кривенко Л. А. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛАСНЫХ ОЗЁР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ.....	143
Терентьев П. М., Зубова Е. М., Королева И. М. РЫБНАЯ ЧАСТЬ СООБЩЕСТВА ОЗ. КУЭТСЪЯРВИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ.....	144
Тихонова Е. А., Ткаченко Ю. С., Соловьёва О. В., Алёмова Т. Е. УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД.....	146
Ушаков М. В. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК АРКТИЧЕСКОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ.....	147
Фокина Н. В. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	148
Цывкунова Н. В., Симонова К. И. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОЗЕР БАССЕЙНА Р. ОРТИНА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ И СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ.....	150
Чуйко Г. М., Шаров А. Н., Юдин А. В. ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА (СОС) У БЕЛОМОРСКИХ МИДИЙ <i>MYTILUS EDULUS</i> , ОБИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СОЛЕННОСТИ И ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОГО РЕЖИМА.....	151
Шаров А. Н. ПОДЛЕДНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН И ЕГО ВЕСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ В СЕВЕРНЫХ ОЗЕРАХ.....	154
Яблоков Н. О., Криволуцкий Д. А., Луневский И. В. ПЕРВЫЙ СЛУЧАЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ГОРБУШИ <i>ONCORHYNCHUS GORBUSCHA</i> (WALBAUM, 1792) В ОЗЕРАХ БАССЕЙНА РЕКИ ЕНИСЕЙ (ОЗЕРО ЮНЭ, СИСТЕМА РЕКИ ТАНАМА).....	154
СЕКЦИЯ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АРКТИКИ. НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	
Амосов П. В. ОСОБЕННОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЫЛЕНИЯ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-РАЗНЕСЕННЫХ УЧАСТКАХ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПРИ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРА ФОНОВОЙ СТРАТИФИКАЦИИ И СКОРОСТИ ВЕТРА.....	157
Амосов П. В., Бакланов А. А., Калабин Г. В., Макаров Д. В. РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЫЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ ЛЕСОПОЛОСЫ.....	158
Амосов П. В., Горячев А. А., Макаров Д. В. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ СНИМКОВ ПОВЕРХНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА БАЗЕ RGB-МЕТОДИКИ.....	159
Артемьев А. В., Митрофанова Г. В. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	161
Баева А. П., Митрофанова Г. В. ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА СОСТАВ ОБОРОТНЫХ ВОД.....	162
Беликов М. Л., Локшин Э. П. О ПРИМЕНЕНИИ ТРУДНОРЕАЛИЗУЕМЫХ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	164

Волосатова А. А. ЗЕЛЕННЫЕ ПРОЕКТЫ: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ В РОССИИ.....	165
Горячев А. А., Гусева А. Е., Кудрявцева Л. П., Светлов А. В. ОЧИСТКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ.....	167
Горячев А. А., Компанченко А. А. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ ПЫЛЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД.....	168
Горячев А. А., Макаров Д. В. ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЖИГА С СУЛЬФАТОМ АММОНИЯ.....	170
Горячев А. А., Одинцова Е. А. ПЕРЕРАБОТКА ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД МЕТОДОМ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....	171
Горячев А. А., Олейникова А. Н., Кудрявцева Л. П., Светлов А. В. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД.....	173
Гусева Т. В., Молчанова Я. П. МАРКЕРНЫЕ ВЕЩЕСТВА: ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ И В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ.....	174
Евстигнеева Д. М., Митрофанова Г. В. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФЕЛИНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ГИПЕРГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ РУД.....	175
Калинкин А. М., Калинкина Е. В., Кругляк Е. А., Иванова А. Г. ГЕОПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛОТОТВОРОВ ТЭЦ: ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СЫРЬЯ И УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.....	177
Красавцева Е. А., Поторочин Е. О., Максимова В. В., Макаров Д. В., Лазарева Н. М., Шилиев И. И. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВСЛЕДСТВИЕ ПЫЛЕНИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЗАБРОШЕННОГО РУДНИКА.....	178
Кругляк Е. А., Калинкина Е. В., Иванова А. Г., Калинкин А. М. ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСЕЙ МАГНЕЗИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТОГО ШЛАКА И ЗОЛЫ-УНОСА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩИХ ЩЕЛОЧНОЙ АКТИВАЦИИ.....	179
Латюк Е. С., Горячев А. А. БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ.....	181
Макаров Д. В., Касаткина Е. А., Кирцидели И. Ю., Шумилов О. И. ЭФФЕКТ ГОРМЕЗИСА И ТОКСИЧНОСТЬ НИЗКИХ ДОЗ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ЛОПАРИТОВЫХ РУД НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ.....	182
Макеев М. А. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ CO ₂ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ.....	184
Максимова В. В. ОСОБЕННОСТИ ГИПЕРГЕНЕЗА ТОРИЙ-СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ В ХВОСТАХ ОБОГАЩЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД.....	185
Маслобоев В. А., Бурвилова Ю. Н. РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА «ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ТЕХНОЛОГИЙ»: РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	187
Маслова М. В., Евстропова П. Е. КИНЕТИКА СОРБЦИИ ХРОМОФОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЛИТИЕВЫХ РАСТВОРОВ.....	188

Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Минзанова С. Т. ТОКСИКОТОЛЕРАНТНЫЙ ШТАММ ЧЕРНОГО АСПЕРГИЛЛА	190
Мудрук Н. В., Маслова М. В. КОМПОЗИЦИОННЫЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ ТИТАНА И МАГНИЯ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА.....	191
Мязин В. А., Фокина Н. В., Чапоргина А. А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНЕГО ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.....	193
Невзорова Ю. В. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ КОЛОНИЕОБРАЗУЮЩИХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ.....	194
Поспелова Ю. П., Митрофанова Г. В. ОЦЕНКА ОБОГАТИМОСТИ ТОНКОЗЕРНИСТЫХ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МАГНЕТИТ-АПАТИТОВОЙ РУДЫ КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	195
Сафарян С. А., Беликов М. Л., Фокина Н. В., Сошина А. В. ЭФФЕКТИВНЫЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА В ПРОЦЕССАХ ИНАКТИВАЦИИ БАКТЕРИЙ.....	197
Суворова О. В., Манакова Н. К., Майоров Д. В. УТИЛИЗАЦИЯ НЕФЕЛИНСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	198
Тюкавкина В. В., Цырятьева А. В. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С САМООЧИЩАЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ТИТАНОСИЛИКАТНЫХ ДОБАВОК.....	199
Харыбина А. С., Зеновская А. И., Юмашева А. К. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ О. САХАЛИН.....	201
Чапоргина А. А., Корнейкова М. В., Мязин В. А., Фокина Н. В. ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СООБЩЕСТВ МИКРООРГАНИЗМОВ.....	202
СЕКЦИЯ 4. ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ТАЁЖНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	
Аюбова И. Х., Юнусов О. К. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ В АРКТИКЕ: РОЛЬ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ.....	205
Гилязов А. С. ПРИЧИНЫ СМЕРТНОСТИ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (RANGIFER TARANDUS) И ЛОСЯ (ALCES ALCES) В ЛАПЛАНДСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ И НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ.....	206
Гурба А. Н. СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ МОРСКИХ И ОКОЛОВОДНЫХ ПТИЦ В РАЙОНЕ ПОС. ТЕРИБЕРКА.....	207
Дитц А. А., Конакова Т. Н., Мелехина Е. Н., Таскаева А. А., Кудрин А. А. ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЛЯЛЬСКОГО ПОЛИГОНА (РЕСПУБЛИКА КОМИ).....	209
Ермолаева О. В., Шмакова Н. Ю. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА RANUNCULUS GLACIALIS (L.) A. LÖVE & D. LÖVE.....	210
Зенкова И. В., Рапопорт И. Б. НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАЗНООБРАЗИИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ХИБИНАХ.....	212
Ильина Т. Н., Байшеникова И. В., Якимова А. Е. СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНОВ А И Е В ТКАНЯХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ (EULIROTYRHLA) В КАРЕЛИИ.....	213

Кирцидели И. Ю., Зверева Г. Н. СТИМУЛЯЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛОНИЙ У МИКРОМИЦЕТОВ ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВУФ ИЗЛУЧЕНИЯ.....	214
Ковалева В. А., Виноградова Ю. А., Лаптева Е. М., Денева С. В., Перминова Е. М. ЧИСЛЕННОСТЬ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА.....	215
Королева И. М. ДИНАМИКА ГЕПАТОСОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ОБЫКНОВЕННОГО СИГА В ОЗЕРАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	217
Кравченко А. В., Карпин В. А., Полевой А. В., Предтеченская О. О., Рудковская О. В., Руоколайнен А. В., Тимофеева В. В., Туонен А. В., Фадеева М. А., Хумала А. Э. БИОТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДВУХ КОНТРАСТНЫХ МЕСТНОСТЕЙ СПЕЦИФИЧЕСКОГО ДЕНУДАЦИОННО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО СЕЛЬГОВОГО ТИПА ЛАНДШАФТА (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ).....	218
Краснов Ю. В., Ежов А. В. СОСТОЯНИЕ ОРНИТОФАУНЫ И ЕЁ ИЗМЕНЕНИЯ В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	220
Никифоров А. И., Карпова Л. Н. ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ — МАЛОИЗУЧЕННЫЙ КОМПОНЕНТ РЕЧНОЙ ИХТИОФАУНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	221
Панченко Д. В., Кузнецова А. С., Ильина О. В. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЕСНОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (<i>RANGIFER TARANDUS FENNICUS</i> LONNB.) В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕСТООБИТАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ.....	223
Панькова И. Г., Кирцидели И. Ю., Ильюшин В. А. БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ НА ДРЕВЕСИНЕ ПЛАВНИКЕ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ.....	224
Предтеченская О. О., Руоколайнен А. В. БАЗИДИОМИЦЕТЫ КАРЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ.....	225
Стасюк И. В., Миронов А. Д., Павленя Н. Г. МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ХИБИН.....	227
Трофимова Л. С. АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ТАЗОВСКО-ГЫДАНСКОГО ОКРУГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ.....	228
Шапченкова О. А., Карпенко Л. В., Пляшечник М. А. ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОГРЕБЕННОГО ТОРФЯНИКА В РЕЧНОМ ОБНАЖЕНИИ (П-ОВ ТАЙМЫР).....	229
Шутова Е. В. МАССОВЫЙ ЗАЛЕТ БАБОЧЕК В МУРМАНСКУЮ ОБЛАСТЬ В 2022 ГОДУ.....	231
Шутова Е. В. НАХОДКИ ЖУКОВ-НОСОРОГОВ <i>ORYCTES NASICORNIS</i> (<i>COLEOPTERA, SCARABAEIDAE</i>) В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	232
СЕКЦИЯ 5. ОХРАНА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. РАЗВИТИЕ СЕТИ ООПТ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ И ИХ РЕКРЕАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	
Арашин С. Ю. К ВОПРОСУ О МЕСТОПОЛОЖЕНИИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ООПТ НА Р. СУХОНЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	234
Ахмерова Д. Р., Боровичев Е. А., Петрова О. В. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТИ ООПТ ХИБИНСКИХ И ЛОВОЗЕРСКИХ ГОР (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	235

Богданов Т. В., Алексеева И. Е., Бессонова А. М. РАСЧЕТ СУММАРНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕВЫШЕНИЯ МЕДИАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ В РАМКАХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ СИСТЕМЫ ОЗЁР ОЗЕРЯВКИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ».....	237
Богданова Д. В., Кукуричкин Г. М., Тюрин В. Н. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ СУРГУТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА.....	238
Болотова Н. Л. О ПРОБЛЕМЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК НА ООПТ НА ПРИМЕРЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ МЕСТНОСТИ «ЗЕЛЕНАЯ РОЩА» (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	240
Булыгина И. И. РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ.....	241
Вашков А. А. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	243
Величко Н. В., Макеева А. С., Смирнова С. В. РЕДКИЕ И ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ СЕМ. СНАМАЕСIPHONACEAE, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ НА ООПТ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ.....	244
Максимова Н. Н., Олешкевич М. О., Смышникова Е. Р. ДОБРОВОЛЬЦЫ И НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК: ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА С ПРИРОДНЫМИ ПОЖАРАМИ.....	246
Химич Ю. Р. РАЗНООБРАЗИЕ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБОВ ООПТ КАНДАЛАКШСКОГО РАЙОНА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	247
СЕКЦИЯ 6. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В АРКТИКЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	
Голубятников Л. Л. ВОЗДЕЙСТВИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ.....	250
Игнатъева Ю. И. ИЗМЕНЕНИЕ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН.....	251
Копылов А. И., Заботкина Е. А., Романенко А. В., Сажин А. Ф. МИКРОБНЫЕ ПИЩЕВЫЕ СЕТИ В СИБИРСКИХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В АРКТИКЕ.....	252
Крашенинникова С. Б. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И БИОПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОД БАРЕНЦЕВА МОРЯ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ.....	254
Ларина А. В., Казанцев В. С., Белов А. Е. ЭМИССИИ МЕТАНА ИЗ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ ЮЖНОТУНДРОВОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	255
Тананаев Н. И. СЦЕНАРНЫЙ КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ НА ОСНОВЕ РЕГИОНАЛЬНОГО АНСАМБЛЯ МОДЕЛЕЙ КЛИМАТА ПРОЕКТА СМIP6 ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	257
Тышова Е. А., Казанцев В. С., Усачева А. А. ЭМИССИИ МЕТАНА С ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	258
Шишикин А. С., Люто А. А. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ.....	259

Шумилов О. И., Касаткина Е. А., Поторочин Е. О. ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРНОЙ БЕРЕЗЫ НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ ЛЕСА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ).....	261
СЕКЦИЯ 7. ЧЕЛОВЕК В АРКТИКЕ: СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ	
Белишева Н. К., Дрогобужская С. В. ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ ВОЛОС У ДЕТЕЙ И БОЛЕЗНЯМИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ.....	264
Веселова Д. Н. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СООБЩЕСТВА КОРЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА.....	265
Гилярова Ю. Л. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО МЕТОДА РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ РЕГИОНА: ПРОМЫШЛЕННЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ.....	266
Гололобов Е. И. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ СЕВЕРА СИБИРИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ СТУДЕНТОВ.....	268
Дрогобужская С. В., Мазухина С. И. ГЕОХИМИЯ ВОД И СОСТАВ БИОСУБСТРАТОВ ЖИТЕЛЕЙ АПАТИТСКО-КИРОВСКОГО И ЛОВОЗЕРСКОГО РАЙОНОВ.....	269
Исаев Д. С., Сергеев А. А., Еремин Г. Б. ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	271
Каганский В. Л. КОРОНА ЗЕМЛИ. ЯРКИЙ ЦЕЛЬНЫЙ ПРИРОДНО-КУЛЬТУРНЫЙ МАКРОРЕГИОН.....	272
Канева А. М. ПОЛОВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАРУШЕНИЙ СНА У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА.....	273
Ключникова Е. М. ТЕХНОЛОГИИ ОБЩЕСТВЕННОГО УЧАСТИЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИКЕ.....	275
Ковшов А. А., Никанов А. Н., Еремин Г. Б. ВОЗРАСТНАЯ УЯЗВИМОСТЬ К ВРЕДНЫМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ФАКТОРАМ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	276
Ляхов М. И. КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕВЕРА СИБИРИ И АРКТИКИ (1970–1980 ГОДЫ).....	277
Мазухина С. И., Дрогобужская С. В., Ионов Н. В., Рыбаченко В. В. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДOPPOBODНЫХ ВОД Г. МУРМАНСКА.....	279
Маркова О. Л., Сергеев А. А., Исаев Д. С. ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛНОЦЕННОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДОИСТОЧНИКА ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ОЛЕНЕГОРСКА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	280
Мартынова А. А. ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	282
Михайлов Р. Е. АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ Г. АПАТИТЫ НА ПРИМЕРЕ БОЛЬНИЦЫ КНЦ РАН.....	283
Скобелев К. Д., Доброхотова М. В. РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ ПРОЕКТА «АРКТИКА. ГЕНЕРАЛЬНАЯ УБОРКА».....	285

Соловьевская Н. Л., Белишева Н. К., Юусубова Т. А., Юусубов Р. Р. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГАЗОРАЗЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЖИТЕЛЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ.....	286
Соловьевская Н. Л., Пряничников С. В. ПРОФИЛАКТИКА РАЗВИТИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ У РАБОТНИКОВ АЗРФ В ПРОЦЕССЕ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	287
Сюрин С. А., Кизеев А. Н. ЧЕЛОВЕК И ТРУД В АРКТИКЕ: ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОЛИМОРБИДНОСТЬ У РАБОТНИКОВ НИКЕЛЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	288
Тимофеев М. А., Тананаев Н. И. ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РЕАНАЛИЗА GHSCN-SAMS ДЛЯ АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	290
Фаузер В. В., Смирнов А. В., Фаузер Г. Н. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ АРКТИКИ: ЧИСЛЕННОСТЬ, ОБРАЗОВАНИЕ, ЗДОРОВЬЕ.....	291
Штаборов В. А., Патракеева В. П. ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК НА КРАТКОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕЕ ОХЛАЖДЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ОБЩЕГО ХОЛЕСТЕРИНА В КРОВИ.....	292

CONTENTS**PLENARY SESSION**

Gorshkov V. V., Stavrova N. I., Bakkal I. Yu. FOREST COMMUNITIES OF THE NORTH AS AN OBJECT FOR SOLVING FUNDAMENTAL PROBLEMS OF ECOLOGY AND GEOBOTANY.....	30
Druzhinin P. V., Druzhinin V. P. CHANGES IN THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE CAPITALS OF THE ARCTIC REGIONS AND ON THE PERIPHERY.....	31
Kalabin G. V. THE ECOLOGICAL IMPERATIVE IN THE CONTEXT OF THE MODERN TECHNOCRATIC CRISIS OF THE GEOSPHERES.....	32
Lavrinenko I. A., Lavrinenko O. V. RELEVANCE OF HABITAT MONITORING AND PROTECTION FOR THE CONSERVATION OF ARCTIC BIODIVERSITY.....	33
Lukina N. V., Bartalev S. A., Loupian E. A., Kurbatova Yu. A., Ershov D. V., Kurganova I. N., Shanin V. N., Teben'kova D. N., Danilova M. A., Geras'kina A. P., Tikhonova E. V., Gornov A. V., Shevchenko N. E. ORGANIZATION OF NATIONAL SYSTEM FOR MONITORING OF CARBON POOLS AND GREEN HOUSE GAS FLUXES IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF RUSSIA.....	35
Mazukhina S. I. PHYSICO-CHEMICAL MODELING IN ECOLOGICAL AND MEDICO-ECOLOGICAL STUDIES OF THE KOLA NORTH.....	36
Makarov D. V., Masloboev V. A., Svetlov A. V. MAJOR ACCOMPLISHMENTS AND PROSPECTS OF INEP FRC KSC RAS RESEARCH WORK.....	38
Masloboev V. A. RECYCLING OF MINING WASTE AS PART OF THE CIRCULAR ECONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF NORTHERN REGIONS.....	38
Moiseenko T. I. BIOGEOCHEMICAL DEVELOPMENT OF AQUATIC ECOSYSTEMS UNDER REDUCING ANTHROPOGENIC LOADS AND CLIMATE WARMING: RESTORATION OR EVOLUTION?.....	40
Skobelev D. O. CLIMATE DIALOGUE AND NATURAL CAPITAL.....	42
Sorokina T. Yu., Chashchin V. P., Korobitsyna R. D., Varakina Yu. I., Aksenov A. S. FORMATION OF THE NATIONAL BIOECOLOGICAL MONITORING SYSTEM OF THE RUSSIAN ARCTIC (2017–2024).....	43
Filatov N. N. CURRENT STATE AND CHANGES OF THE SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMICAL SYSTEM OF THE WHITE SEA AND WATERSHED UNDER CLIMATE CHANGE AND ANTHROPOGENIC FACTORS.....	45
Probert David OUR INTELLIGENT ARCTIC ENVIRONMENT: 2025–2040.....	46
SESSION 1. TERRESTRIAL ECOSYSTEMS AFFECTED BY NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS	
Artemkina N. A. THE CONTENT OF LIGNIN AND CELLULOSE IN THE LEAVES OF SHRUBS OF THE Khibiny Mountain Massif.....	48

Baranovskaya N. V. RARE EARTH ELEMENTS IN BLOOD OF MAMMALS OF SIBERIA AND FAR EAST.....	49
Bondarev A. I. RECOVERY DYNAMICS OF DISTURBED FOREST-TUNDRA ECOSYSTEMS OF THE TAIMYR PENINSULA.....	50
Vlasov D. Yu., Kirtsideli I. Yu., Kobzeva U. M., Ryabusheva U. D., Rodina O. A., Egorova K. A., Ganushkin D. A., Tikhomirova I. Yu., Lessovaia S. N. MICROECOSYSTEMS OF CRYOCONITES IN THE HIGH MOUNTAINS OF ALTAI (EASTERN MUGUR GLACIER).....	52
Volkova E. N., Lyanguzova I. V. CONTENT OF HEAVY METALS IN SNOW COVER AND JUNIPER NEEDLES IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE SEVERONICKEL PLANT.....	53
Gashkova L. P. BIOGEOCHEMICAL FEATURES OF POST-PYROGENIC BOGS IN THE INTERFLUEVE REGION OF THE PUR AND NADYM.....	54
Goriachev A. A., Kompanchenko A. A. STUDY OF THE LAWN VEGETATION UNDER THE APATITE-NEPHELINE ORE TAILINGS DUSTING.....	56
Drugova T. P. MOSES OF THE PLESOZERO SETTLEMENT (KANDALAKSHA DISTRICT).....	57
Ershov V. V., Sukhareva T. A., Ryabov N. S. ASSESSMENT OF CARBON CONTENT IN ATMOSPHERIC DEPOSITION AND SOIL WATER IN BACKGROUND FOREST ECOSYSTEMS OF THE MURMANSK REGION.....	59
Zhuravleva A. S., Vertebny V. E., Khomyakov Yu. V., Panova G. G., Andronov E. E., Galushko A. S. THERMOPHILIC OIL-DEGRADING BACTERIA OF RAILWAY SOILS IN THE NORTH-WESTERN REGION.....	60
Zaitseva I. A., Kalinina S. N., Ilyukha V. A., Komov V. T., Panchenko D. V., Antonova E. P. TOXIC ELEMENTS IN THE ORGANISM OF HOOFED MAMMALS OF THE REPUBLIC OF KARELIA.....	62
Ivanova E. A., Ershov V. V., Sukhareva T. A. CONTENT AND RESERVES OF C AND N IN THE NEEDLE LITTERFALL OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. IN PINE FORESTS IN THE BACKGROUND AREAS OF THE MURMANSK REGION.....	63
Isaeva L. G., Ryabov N. S. ASSESSMENT OF THE CONDITION OF <i>PINUS CONTORTA</i> PINE NEAR OF THE MONCHEGORSK.....	65
Kanivets A. V., Myazin V. A. SORPTION-BIOLOGICAL TREATMENT OF OIL-POLLUTED SOIL.....	66
Kashulina G. M., Litvinova T. I. PLANT RESIDUES DECOMPOSITION IN THE SOILS OF THE KOLA PENINSULA. REGIONAL GEOGRAPHIC EXPERIMENT.....	67
Kizeev A. N., Syurin S. A., Kul'nev V. V. RADIOECOLOGICAL RESEARCH IN THE MURMANSK REGION.....	69
Kovaleva V. A., Vinogradova Yu. A., Pristova T. A., Fedorkov A. L. CHARACTERISTICS OF THE FOREST LITTER MICROMYCETES COMPLEX IN EXPERIMENTAL CULTURES OF <i>PINUS CONTORTA</i>	70
Korneikova M. B., Vasenev V. I., Kozlova E. V., Nikitin D. A., Dolgikh A. V., Sotnikova Y. L. MICROBIAL COMMUNITIES OF URBAN SOILS AND INDUSTRIAL TERRITORIES OF THE RUSSIAN ARCTIC.....	72

Lavrinenko O. V., Lavrinenko I. A. TRENDS IN VEGETATION COVER CHANGE IN THE EAST EUROPEAN ARCTIC OVER THE LAST 25 YEARS.....	73
Levina N. B. EXPECTED ASSESSMENT OF LANDSCAPE STABILITY: CASE STUDY OF THE NADYM-TAZ INTERFLUVE, NORTH WEST SIBERIA.....	74
Litvinova T. I., Kashulina G. M. THE TEMPERATURE REGIME OF GRAY HUMUS COARSE HUMUS SOILS OF THE SOUTHWESTERN COAST OF THE ISLAND OF WEST SVALBARD.....	76
Likhanova I. A., Kuznetsova E. G., Deneva S. V., Kholopov Yu. V., Lapteva E. M. FORMATION OF SOILS AND SOIL ORGANIC MATTER IN QUARRIES IN THE TAIGA AND TUNDRA ZONES OF THE EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA.....	78
Lyanguzova I. V. CURRENT LEVEL OF POLLUTION OF FOREST ECOSYSTEMS WITH HEAVY METALS ON THE KOLA PENINSULA.....	79
Murzaeva M. Sh. BIOREMEDIATION POLYGONS AS AN ELEMENT OF ENVIRONMENTAL EDUCATION.....	80
Murzakmatov R. T. ASSESSMENT OF THE CONDITION OF PLANTINGS ON THE TERRITORY OF THE PROJECTED «CHERNOGORSK MINING AND PROCESSING PLANT».....	81
Osipov A. F., Kuznetsov M. A. EMISSION OF CO ₂ FROM THE SOIL SURFACE OF SPRUCE AND PINE FOREST AT THE 'LYALSKY' TEST SITE: RESULTS OF THE FIRST YEAR OF OBSERVATIONS.....	83
Raputa V. F., Sukhareva T. A. NUMERICAL RECONSTRUCTION OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN BIRCH LEAVES IN THE ZONE OF IMPACT OF THE AIR EMISSIONS OF THE SEVERONIKEL SMELTER.....	84
Rybalka E. P. ANALYSIS OF WOOD PLANTS IN A SQUARE AT THE CINEMA «BOLSHEVIK» (KIROVSK).....	85
Ryabov N. S., Ershov V. V., Ivanova E. A., Sukhareva T. A., Shtabrovskaya I. M. CARBON DIOXIDE EMISSIONS OF MURMANSK REGION NORTH TAIGA FOREST SOILS.....	87
Sandimirov S. S., Krasavtseva E. A., Kudryavtseva L. P., Cherepanov A. A., Letunovskaya E. A., Markova A. I. CHEMICAL COMPOSITION OF SNOW COVER IN THE LOVOZERSK REGION.....	88
Svyatkovskaya E. A., Saltan N. V. ASSESSMENT OF NATIVE WOODY PLANTS AT SITES OF CITYWIDE IMPORTANCE (STREETS) IN KIROVSK (MURMANSK REGION).....	89
Selikhovkin A. V., Mamaev N. A., Martirova M. B., Varentsova E. Yu. SPATIAL DYNAMICS OF THE CONDITION OF NORTHERN TAIGA FORESTS: CLIMATE, PESTS, DISEASES.....	91
Sizonenko T. A. ANATOMICAL STRUCTURE AND BIOMASS OF FINE ROOTS OF SIBERIAN SPRUCE IN CONDITIONS OF AEROTECHNOGENIC POLLUTION.....	92
Sinyutkina A. A. ASSESSMENT OF THE POST-PYROGENIC SITE IN PALSAMIRE (WESTERN SIBERIA).....	93
Skryabina A. O., Sidorova O. V. THE EFFECT OF SAPONITE ON THE GROWTH RATE OF HYLOCOMIUM SPLENDENS AND RHYTIDIADELPHUS TRIQUETRUS.....	94
Smirnova M. V., Denisov D. B. BIOTESTING OF WATER FROM LAKE IMANDRA (MURMANSK REGION) USING <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i>	96

Smotrina Yu. A., Lapteva E. M., Dalke I. V., Zakhozhiy I. G., Skrebenkov E. A. PRODUCTIVITY OF <i>HERACLEUM SOSNOWSKYI</i> IN POSTAGROGENIC ECOSYSTEMS (MIDDLE TAIGA OF THE KOMI REPUBLIC).....	97
Sorokina E. P., Dmitrieva N. K., Levina N. B., Tkachenko V. A. ANALYSIS OF LANDSCAPE GEOCHEMICAL MAPS FOR ECOLOGICAL ASSESSMENT OF TERRITORY OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA.....	99
Soshina A. S., Korneykova M. V. URBAN ENVIRONMENT MYCOBIOTA OF THE KOLA SUBARCTIC: THE EXAMPLE OF MURMANSK.....	101
Sukhareva T. A., Ershov V. V., Ryabov N. S., Ivanova E. A., Zhivov D. A. ASSESSMENT OF CARBON AND NITROGEN CONTENT IN BACKGROUND FOREST ECOSYSTEMS OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA (MURMANSK REGION).....	102
Terentyeva V. V. ENVIRONMENTAL CONTROL OF THE TERRITORIES OF INDUSTRIAL FACILITIES IN THE NORTHERN REGIONS ACCORDING TO SPACE SURVEY DATA.....	103
Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. NATURAL AND CLIMATIC RESOURCES ARE THE BASIS OF MODERN AGROBIOTECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF NORTHERN AGRICULTURE OF THE Khibiny Mountain PROVINCE OF THE NORTH TAIGA ZONE.....	105
Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING FOR STUDYING THE BIODIVERSITY OF ARCTIC TUNDRA REINDEER PASTURES IN WESTERN SIBERIA.....	107
Kharanzhevskaya Yu. A., Sinyutkina A. A. WILDFIRE-RELATED CHANGES OF MIRE WATER CHEMISTRY IN WESTERN SIBERIA.....	108
Shmakova N. Yu., Ermolaeva O. V., Kopeina E. I. PRODUCTIVITY AND CO ₂ EMISSIONS FROM THE SOIL OF MOUNTAIN TUNDRA COMMUNITIES OF Khibiny.....	110
Shtabrovskaya I. M., Zenkova I. V. TEMPERATURE REGIME OF FOREST SOILS IN THE MURMANSK REGION.....	111
Shtang A. K., Ponomareva T. I., Skryabina A. O. CHANGES IN THE CONTENT OF BIOGENIC ELEMENTS, LIPIDS, AND WATER-SOLUBLE SUBSTANCES IN THE SPHAGNUM MOSSES DURING THE VEGETATION.....	112
Yakovleva E. P. AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING TO SOLVE THE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF TAIGA AND ARCTIC REINDEER PASTURES OF THE UST-LENA DISTRICT OF THE FAR EAST.....	114
SESSION 2. MODERN TRENDS IN DYNAMICS OF ARCTIC AQUATIC ECOSYSTEMS	
Astrakhanov M. E. ALLOCATION OF SEWERAGE BASINS AS AN INSTRUMENT OF RATIONAL WATER USE FOR THE NORTHERN RUSSIAN RIVERS.....	117
Berezina N. A., Tiunov A. V., Maximov A. A. DYNAMICS OF FOOD WEBS IN NORTHERN LAKES.....	118
Valkova S. A. BIODIVERSITY OF CHIRONOMIDAE OF IMANDRA LAKE.....	120
Vokueva S. I., Denisov D. B. INVESTIGATION OF SPATIAL AND TEMPORAL PATTERNS OF CHANGES IN THE ECOSYSTEM OF THE ARCTIC LAKE IMANDRA (MURMANSK REGION) BY THE METHOD OF DIATOM ANALYSIS.....	121

Goncharov A. V., Palatov D. M. ZOOBENTHOS OF THE ROCKY LITTORAL IN THE SOUTHERN PART OF THE LAKE IMANDRA.....	122
Gorshkova A. T., Semanov D. A., Bortnikova N. V., Rykov R. A., Gorbunova V. P. EXPERIENCE IN USING THE DATABASE ON DIATOMS IN FORENSIC PRACTICE.....	123
Dauvalter V. A., Denisov D. B., Dauvalter M. V., Sandimirov S. S., Slukovskii Z. I. INFLUENCE OF THE ACTIVITIES OF A NEW APATITE-NEPHELINE ENTERPRISE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATER.....	125
Dauvalter V. A., Moiseenko T. I., <u>Kagan L. Ya.</u> , Ilyashuk B. P., Ilyashuk E. A., Denisov D. B., Slukovskii Z. I., Kosova A. L., Vokueva S. I. 35-YEARS GEOECOLOGICAL INVESTIGATIONS OF LAKE SEDIMENTS OF THE EURO-ARCTIC REGION BY INEP KSC RAS.....	126
Denisov D. B., Kosova A. L., Vokueva S. I. FRESHWATER ALGAECENOSES MODERN TRANSFORMATION IN MURMANSK REGION.....	127
Doroshenko Yu. V., Burdiyan N. V., Mironov O. A. MICROBIOLOGICAL STUDIES IN THE SOUTHWESTERN PART OF THE KARA SEA IN AUTUMN 2022.....	128
Zaytsev P. A., Zaytseva A. A., Shurygin B. M., Rodin V. A., Fedorenko T. A., Lobakova E. S., Zvereva M. I., Solovchenko A. E. COMPARATIVE METAGENOMIC ANALYSIS OF PHOSPHATE-RESISTANT ALGAL-BACTERIAL COMMUNITIES OF RESERVOIRS SURROUNDING THE CITY OF APATITY.....	130
Kosova A. L., Denisov D. B. PRELIMINARY DATA OF DIATOM ANALYSIS OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE KOMARINOE (MURMANSK REGION).....	131
Ksenofontova M. I. MIGRATION ABILITY OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF TECHNOGENIC STREAMS AND RESERVOIRS OF THE ARCTIC ZONE OF YAKUTIA.....	132
Makarevich P. R. MODERN TRENDS IN VARIABILITY AMONG PELAGIC AND BOTTOM BIOLOGIC COMMUNITIES IN THE BARENTS SEA.....	133
Makarenkova N. N. FUNCTIONAL GROUPS OF THE UNDER-ICE PHYTOPLANKTON IN LAKE VOZHE (VOLOGDA REGION).....	134
Malysheva M. B., Elizarova I. R. THE INFUENCE OF PHYSICO-CHEMICAL FACTORS ON THE AQUEOUS LEACHING OF SI FROM NEPHELINE SAND.....	136
Morozova I. V., Belkina N. A. METHANE IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF ONEGO LAKE.....	137
Myasnikova N. A., Morozova I. V., Belkina N. A. RELATIONSHIP OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS IN UNITSKAYA BAY (ONEGO LAKE) AND METHANE DISTRIBUTION.....	138
Panyukov A. A., Teteryuk B. Yu. FLORA OF MUNICIPAL RESERVOIRS OF THE SOUTH OF THE KOMI REPUBLIC.....	139
Riabova E. G., Litvinenko V. V., Movchan M. A. ESTIMATION OF MICROPLASTIC POLLUTION OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTS OF THE BOLSHOY SOLOVETSKY ISLAND.....	141
Soloveva O. V., Mironov O. A., Tikhonova E. A. ALIPHATIC HYDROCARBONS IN THE KARA SEA WATERS IN SUMMER–AUTUMN SEASON OF 2022.....	142

Tananaev N. I., Soldatova E. A., Krivenok L. A. WATER CHEMISTRY OF ALAAS (THERMOKARST) LAKES OF CENTRAL YAKUTIA.....	143
Terentjev P. M., Zubova E. M., Koroleva I. M. FISH COMMUNITY STATUS OF KUETSJARVI LAKE AT THE CURRENT STAGE.....	144
Tikhonova E. A., Tkachenko Yu. S., Soloveva O. V., Alyomova T. E. HYDROCARBON COMPOSITION OF WATER AND SEA BOTTOM SEDIMENTS OF THE KARA SEA NORTHEASTERN PART IN SUMMER.....	146
Ushakov M. V. CLIMATE CHANGES IN RIVER FLOW ON THE ARCTIC SLOPE IN THE NORTH-EAST OF RUSSIA.....	147
Fokina N. V. MICROBIOLOGICAL STUDIES OF LAKES IN THE MURMANSK REGION.....	148
Tsyvkunova N. V., Simonova K. I. ECOLOGICAL AND SPECTRAL-BASED DIFFERENTIATION OF ORTINA RIVER BASIN LAKES.....	150
Chuiko G. M., Sharov A. N., Yudin A. V. INDICATORS OF STATE OF OXIDATIVE STRESS (SOS) IN THE WHITE SEA MUSSELS MYTILUS EDULIS LIVING IN CONDITIONS OF DIFFERENT SALINITY AND TIDAL REGIME.....	151
Sharov A. N. UNDER-ICE PHYTOPLANKTON AND SPRING PHYTOPLANKTON GROWTH IN NORTHERN LAKES.....	154
Yablokov N. O., Krivolutsky D. A., Lunevsky I. V. THE FIRST FINDING OF PINK SALMON ONCORHYNCHUS GORBUSCHA (WALBAUM, 1792) IN THE LAKES OF THE YENISEY RIVER BASIN (LAKE YUNE, TANAMA RIVER SYSTEM).....	154
 SESSION 3. TECHNOLOGICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND TECHNOSPHERIC SAFETY IN THE ARCTIC. NEW SOLUTIONS TO MINIMIZE THE TECHNOGENIC IMPACT OF ENTERPRISES MINING COMPLEX ON THE ENVIRONMENT	
Amosov P. V. FEATURES OF DUSTING INTENSITY IN SPATIALLY SPACED AREAS OF THE TAILINGS DUMP WITH VARIATIONS IN THE PARAMETER OF BACKGROUND STRATIFICATION AND WIND VELOCITY.....	157
Amosov P. V., Baklanov A. A., Kalabin G. V., Makarov D. V. THE RESULTS OF NUMERICAL MODELING OF THE TECHNOGENIC FACILITIES DUSTING PROCESSES WHEN USING THE FOREST BELT CONSTRUCTION.....	158
Amosov P. V., Goriachev A. A., Makarov D. V. PRELIMINARY RESULTS OF PROCESSING DIGITAL IMAGES OF TECHNICAL LIQUIDS SURFACE BASED ON THE RGB-TECHNIQUE.....	159
Artemev A. V., Mitrofanova G. V. STUDY OF THE SURFACE PROPERTIES OF MINERALS IN ORDER TO ORGANIZE NATURE-SAVING TECHNOLOGIES AT PROCESSING PLANTS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION.....	161
Baeva A. P., Mitrofanova G. V. FEATURES OF THE MINERAL COMPOSITION OF APATITE-NEPHELINE ORES THAT AFFECT THE COMPOSITION OF CIRCULATING WATERS.....	162
Belikov M. L., Lokshin E. P. ON THE APPLICATION OF DIFFICULT TO REALIZE LANTHANUM AND CERIUM IN WASTEWATER TREATMENT PROCESSES.....	164

Volosatova A. A. GREEN PROJECTS: PECULIARITIES OF THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION IN RUSSIA.....	165
Goriachev A. A., Guseva A. E., Kudryavtseva L. P., Svetlov A. V. TREATMENT OF THE INDUSTRIAL WASTEWATERS BY ELECTROCOAGULATION TECHNIQUE.....	167
Goriachev A. A., Kompanchenko A. A. STUDY OF THE LAWN VEGETATION UNDER THE APATITE-NEPHELINE ORE TAILINGS DUSTING.....	168
Goriachev A. A., Makarov D. V. PROCESSING OF TECHNOGENIC COPPER-NICKEL RAW MATERIALS BY LOW-TEMPERATURE ROASTING WITH AMMONIUM SULPHATE.....	170
Goriachev A. A., Odintsova E. A. PROCESSING OF TECHNOGENIC COPPER-NICKEL RAW MATERIALS BY LOW-TEMPERATURE ROASTING IN A MIXTURE WITH AMMONIUM SULPHATE PATHWAY.....	171
Goriachev A. A., Oleinikova A. N., Kudryavtseva L. P., Svetlov A. V. USING OF GEOCHEMICAL BARRIERS FOR CONTAMINATED I NDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT.....	173
Guseva T. V., Molchanova Ya. P. MARKER PARAMETERS: APPLICATION IN THE ENVIRONMENTAL TECHNOLOGICAL REGULATION AND ASSESSMENT OF NATURAL ECOSYSTEMS.....	174
Evstigneeva D. M., Mitrofanova G. V. ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF PRODUCING NEPHELINE CONCENTRATE FROM HYPERGENE-ALTERED ORES.....	175
Kalinkin A. M., Kalinkina E. V., Kruglyak E. A., Ivanova A. G. GEOPOLYMERS BASED ON FLY ASH FROM THERMAL POWER PLANTS: INFLUENCE OF RAW MATERIAL COMPOSITION AND SYNTHESIS CONDITIONS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES.....	177
Krasavtseva E. A., Potorochin E. O., Maksimova V. V., Makarov D. V., Lazareva N. M., Shilyaev I. I. ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION DUE TO DUSTING WASTE ENRICHMENT OF AN ABANDONED MINE.....	178
Kruglyak E. A., Kalinkina E. V., Ivanova A. G., Kalinkin A. M. APPLICATION OF MIXTURES OF MAGNESIA-FERRIFEROUS SLAG AND FLY ASH TO PREPARE ALKALI ACTIVATED BINDERS.....	179
Latyuk E. S., Goryachev A. A. BIOHYDROMETALLURGICAL PATHWAYS FOR THE RECOVERY OF NON-FERROUS METALS FROM SULPHIDE RAW MATERIALS IN ARCTIC.....	181
Makarov D. V., Kasatkina E. A., Kirtsideli I. Y., Shumilov O. I. HORMESIS AND LOW-DOSE TOXICITY OF RARE EARTH METALS FOR MICROFUNGI ISOLATED FROM LOPARITE ORE TAILINGS ON THE KOLA PENINSULA.....	182
Makeev M. A. APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO REDUCE MINING TRUCKS CO ₂ EMISSION.....	184
Maksimova V. V. FEATURES OF THORIUM-CONTAINING MINERALS HYPERGENESIS OF RARE-EARTH ORE ENRICHMENT TAILINGS.....	185
Masloboev V. A., Burvikova Yu. N. DEVELOPMENT OF THE «ENCYCLOPEDIA OF TECHNOLOGY» PROJECT: RARE EARTH ELEMENTS.....	187

Maslova M. V., Evstropova P. E. SORPTION KINETICS OF CHROMOPHORE IMPURITIES FROM SATURATED LITHIUM SOLUTION.....	188
Mindubaev A. Z., Babynin E. V., Minzanova S. T. A TOXICOTOLERANT STRAIN OF BLACK ASPERGILL.....	190
Mudruk N. V., Maslova M. V. COMPOSITE SORBENT BASED ON TITANIUM AND MAGNESIUM PHOSPHATES: SYNTHESIS AND PROPERTIES.....	191
Myazin V. A., Fokina N. V., Chaporgina A. A. EFFICIENCY OF BIOREMEDIATION OF HYDROCARBON POLLUTED SOILS IN THE KOLA SUBARCTIC BASED ON THE MULTI-YEAR FIELD EXPERIMENT.....	193
Nevzorova Yu. V. METHODS FOR ASSESSING THE VIABILITY OF COLONY-FORMING MICROALGAE.....	194
Pospelova Yu. P., Mitrofanova G. V. PROCESSIBILITY OF FINE-GRAINED MAGNETITE–APATITE ORE MILL TAILINGS AT KOVDOR DEPOSIT.....	195
Safaryan S. A., Belikov M. L., Fokina N. V., Soshina A. V. EFFICIENT PHOTOCATALYSTS BASED ON TITANIUM DIOXIDE IN BACTERIA INACTIVATION PROCESSES.....	197
Suvorova O. V., Manakova N. K., Mayorov D. V. UTILIZATION OF NEPHELINE-CONTAINING MAN-MADE WASTE INTO EFFECTIVE THERMAL INSULATION MATERIALS.....	198
Tyukavkina V. V., Tsyryatyeva A. V. BUILDING MATERIALS WITH SELF-CLEANING SURFACE BASED ON NANOSIZED TITANOSILICATE ADDITIVES.....	199
Kharybina A. S., Zenovskaya A. I., Yumasheva A. K. ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GEOHAZARDS ON SAKHALIN ISLAND PIPELINE SYSTEMS.....	201
Chaporgina A. A., Korneykova M. V., Myazin V. A., Fokina N. V. RECOVERY OF OIL-POLLUTANTD AREAS OF THE KOLA SUBARCTIC USING COMMUNITIES OF MICROORGANISMS.....	202
SESSION 4. STUDIES AND CONSERVATION OF BIODIVERSITY IN THE ARCTIC	
Ayubova I. X., Yunusov O. K. ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE ARCTIC: THE ROLE OF BIODIVERSITY CONSERVATION.....	205
Gilyazov A. S. CAUSES OF MORTALITY OF REINDEER (RANGIFER TARANDUS) AND ELK (ALCES ALCES) IN THE LAPLAND RESERVE AND THE SURROUNDING AREA.....	206
Gurba A. N. THE MODERN DINAMIC OF MARINE AND NEAR-WATER BIRDS IN THE TERIBERKA AREA.....	207
Ditts A. A., Konakova T. N., Melekhina E. N., Taskaeva A. A., Kudrin A. A. ASSESSMENT OF THE DIVERSITY OF SOIL INVERTEBRATES IN THE FOREST ECOSYSTEMS OF THE LYALSKY TEST AREA (KOMI REPUBLIC).....	209
Ermolaeva O. V., Shmakova N. Yu. ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING THE ADAPTIVE POTENTIAL OF RANUNCULUS GLACIALIS (L.) A. LÖVE & D. LÖVE.....	210

Zenkova I. V., Rapoport I. B. THE FIRST FINDS OF EARTHWORMS <i>APORRECTODEA ROSEA</i> (SAV) AND <i>OCTOLASION CYANEUM</i> (SAV) IN Khibiny Mountains.....	212
Ilyina T. N., Baishnikova I. V., Yakimova A. E. VITAMINS A AND E CONTENT IN THE TISSUES OF SMALL MAMMALS OF THE ORDER EULIPOTYPHLA IN KARELIA.....	213
Kirtsideli I. Yu., Zvereva G. N. STIMULATION OF COLONY FORMATION IN MICROMYCETES OF POLAR REGIONS UNDER THE INFLUENCE OF VUV RADIATION.....	214
Kovaleva V. A., Vinogradova Yu. A., Lapteva E. M., Deeva S. V., Perminova E. M. NUMBER AND TAXONOMIC STRUCTURE OF SOIL MICROMYCETES COMMUNITIES IN HUMMY PEATLANDS OF THE CIRCUMPOLAR URAL.....	215
Koroleva I. M. DYNAMICS OF HEPATOSOMATIC INDEX OF WHITEFISH IN LAKES OF THE NORTH-WEST AREA OF THE MURMANSK REGION.....	217
Kravchenko A. V., Karpin V. A., Polevoi A. V., Predtechenskaya O. O., Rudkovskaya O. V., Ruokolainen A. V., Timofeeva V. V., Tuyunen A. V., Fadeeva M. A., Humala A. E. BIOTIC COMPLEXES OF TWO CONTRASTING TERRAINS OF A SPECIFIC DENUDATION-TECTONIC RIDGE (SELGA) TYPE OF LANDSCAPE (SOUTHERN KARELIA).....	218
Krasnov Y. V., Ezhov A. V. STATUS OF AVIFAUNA AND ITS CHANGES IN THE NORTHERN SEAS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA.....	220
Nikiforov A. I., Karpova L. N. PACIFIC SALMON – A POORLY STUDIED COMPONENT OF THE RIVER ICHTHYOFAUNA IN REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA).....	221
Panchenko D. V., Kuznecova A. S., Iliina O. V. MOVEMENTS OF FOREST REINDEER (<i>RANGIFER TARANDUS FENNICUS</i> LONNB.) UNDER HABITAT TRANSFORMATION IN THE REPUBLIC OF KARELIA.....	223
Pankova I. G., Kirtsideli I. Yu., Iliushin V. A. BIODIVERSITY AND ENZYMATIC ACTIVITY OF MICROFUNGI ON DRIFT WOOD IN THE ARCTIC SEA.....	224
Pradtechenkaya O. O., Ruokolainen A. V. BASIDIOMYCETES IN KARELIAN PART OF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA.....	225
Stasyuk I. V., Mironov A. D., Pavlenya N. G. A MODIFIED METHOD OF SMALL MAMMALS RESEARCH IN Khibiny Mountains.....	227
Trofimova L. S. AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING FOR THE CONSERVATION OF BIODIVERSITY OF TUNDRA AND FOREST-TUNDRA LANDSCAPES OF THE TAZOVO-GYDAN DISTRICT OF EASTERN SIBERIA.....	228
Shapchenkova O. A., Karpenko L. V., Plyashechnik M. A. THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS OF ORGANIC MATTER OF BURIED PEATLAND IN THE RIVER OUTCROP (TAIMYR PENINSULA).....	229
Shutova E. V. MASS MIGRATION OF BUTTERFLIES TO THE MURMANSK REGION IN 2022.....	231
Shutova E. V. FINDS OF RHINOCEROS BEETLES <i>ORYCTESNA SICORNIS</i> (COLEOPTERA, SCARABAEIDAE) IN THE MURMANSK REGION.....	232

SESSION 5. COMPREHENSIVE UTILIZATION AND PROTECTION OF NATURAL RESOURCES. CURRENT ADVANCES IN THE NETWORKING OF PROTECTED AREAS IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

Arashin S. U. ABOUT PROJECTED LOCATION OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORY ON THE SUKHONA RIVER (VOLOGDA REGION).....	234
Akhmerova D. R., Borovichev E. A., Petrova O. V. APPROACHES TO EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE PA NETWORK OF THE Khibiny and Lovozero Mountains (Murmansk Region).....	235
Bogdanov T. V., Alekseeva I. E., Bessonova A. M. CALCULATION OF THE TOTAL INDICATOR OF EXCESS OF MEDIAN VALUES WITHIN THE FRAMEWORK OF ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE CONDITION OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE OZERYAVKI LAKE SYSTEM IN THE SEBEZHSKY NATIONAL PARK.....	237
Bogdanova D. V., Kukurichkin G. M., Tyurin V. N. FUNCTIONAL ZONING OF THE SURGUTBOTANICAL GARDEN.....	238
Bolotova N. L. ABOUT THE PROBLEM OF UNAUTHORIZED LANDFILLS IN PROTECTED AREAS ON THE EXAMPLE OF A TOURIST AND RECREATIONAL AREA «GREEN GROVE» (VOLOGDA REGION).....	240
Bulygina I. I. DEVELOPMENT OF TOURISM IN THE MURMANSK REGION: ECOLOGICAL RISKS AND WAYS TO OVERCOME THEM.....	241
Vashkov A. A. PROSPECTS FOR IDENTIFYING GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL NATURAL MONUMENTS IN THE MURMANSK REGION.....	243
Velichko N. V., Makeeva A. S., Smirnova S. V. RARE AND PROTECTED SPECIES OF CYANOBACTERIA OF THE FAMILY CHAMAESIPHONACEAE, OCCURS IN SPECIALLY PROTECTED AREAS OF NORTHWEST RUSSIA.....	244
Maksimova N. N., Oleshkevich M. O., Smishnikova E. R. VOLUNTEERS AND THE NATIONAL PARK: PREVENTIVE WORK WITH WILDFIRES.....	246
Khimich Yu. R. DIVERSITY OF APHYLLOPHOROID FUNGI IN PROTECTED AREAS OF THE KANDALAKSHA DISTRICT (MURMANSK REGION).....	247

SESSION 6. CLIMATE CHANGE IN THE ARCTIC: CURRENT STATE AND PROSPECTS

Golubyatnikov L. L. CLIMATE CHANGE IMPACT ON THE NET PRIMARY PRODUCTION OF RUSSIAN NORTHERN REGIONS.....	250
Ignateva Y. I. CHANGES IN CYCLONIC ACTIVITY ON THE TERRITORY OF YAKUTIA IN THE SUMMER SEASON.....	251
Kopylov A. I., Zobotkina E. A., Romanenko A. V., Sazhin A. F. MICROBIAL FOOD WEBS IN SIBERIAN ARCTIC SEAS AND CLIMATE CHANGE IN ARCTIC.....	252
Krashenninnikova S. B. BARENTS SEA STRUCTURE AND BIOPRODUCTIVITY POTENTIAL INVESTIGATION UNDER CLIMATE CHANGE.....	254

Larina A. V., Kazantsev V. S., Belov A. E. METHANE EMISSIONS FROM OLIGOTROPHIC FENS IN THE SOUTHERN TUNDRA ZONE OF WESTERN SIBERIA.....	255
Tananaev N. I. SCENARIO-BASED CLIMATE PROJECTIONS BASED ON REGIONAL ENSEMBLE OF CMIP6 GLOBAL CLIMATE MODELS FOR SAKHA (YAKUTIA) REPUBLIC.....	257
Tyshova E. A., Kazantsev V. S., Usacheva A. A. METHANE EMISSIONS FROM OLIGOTROPHIC FENS IN THE SOUTHERN TUNDRA ZONE OF WESTERN SIBERIA.....	258
Shishikin A. S., Lyuto A. A. CLIMATE CHANGE AND POPULATION DYNAMICS OF SMALL MAMMALS.....	259
Shumilov O. I., Kasatkina E. A., Potorochin E. O. DENDROCLIMATIC POTENTIAL OF MOUNTAIN BIRCH AT THE NORTHERN TREELINE ON THE KOLA PENINSULA.....	261
SESSION 7. HUMAN SURVIVAL IN THE HIGH LATITUDES: SOCIAL, ECONOMIC AND MEDICAL ISSUES	
Belisheva N. K., Drogobuzhskaya S. V. POSSIBLE ASSOCIATION BETWEEN THE CONTENT OF RARE EARTH ELEMENTS IN CHILDREN HAIR SAMPLES AND DISEASES OF THE NERVOUS SYSTEM.....	264
Veselova D. N. THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON NORTH INDIGENOUS COMMUNITIES.....	265
Gilyarova Y. L. IMPROVING THE PROGRAM-TARGET METHOD OF IMPLEMENTING THE ECONOMIC AND INDUSTRIAL POLICY OF THE REGION: INDUSTRIAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS.....	266
Gololobov E. I. ENVIRONMENTAL HISTORY OF THE NORTH OF SIBERIA AS A FACTOR OF FORMING THE ECOLOGICAL CONSCIOUSNESS OF STUDENTS.....	268
Drogobuzhskaya S. V., Mazukhina S. I. GEOCHEMISTRY OF WATERS AND COMPOSITION OF BIOSUBSTRATES OF RESIDENTS OF APATITSKO-KIROVSKY AND LOVOZERSKY DISTRICTS.....	269
Isaev D. S., Sergeev A. A., Yeregin G. B. HEALTH RISK ASSESSMENT CAUSED BY THE QUALITY OF DRINKING WATER FROM SURFACE WATER SOURCES IN URBAN SETTLEMENTS OF THE MURMANSK REGION.....	271
Kagansky V. L. CROWN OF THE EARTH. BRIGHT, INTEGRATED NATURAL AND CULTURAL MACROREGION.....	272
Kaneva A. M. SEX AND AGE DIFFERENCES OF SLEEP DISTURBANCES IN RESIDENTS OF THE NORTH.....	273
Klyuchnikova E. M. TECHNOLOGIES OF PUBLIC PARTICIPATION FOR ENSURANCE ENVIRONMENTAL SECURITY IN THE ARCTIC.....	275
Kovshov A. A., Nikanov A. N., Eremin G. B. AGE-RELATED VULNERABILITY TO OCCUPATIONAL HAZARDS IN WORKPLACES IN THE FAR NORTH.....	276

Lyakhov M. I. CONCEPTS FOR CREATING A COMFORTABLE URBAN ENVIRONMENT UNDER THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE NORTH OF SIBERIA AND THE ARCTIC (1970–1980).....	277
Mazukhina S. I., Drogobuzhskaya S. V., Ionov N. V., Rybacenko V. V. ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF TAP WATER OF MURMANSK.....	279
Markova O. L., Sergeev A. A., Isaev D. S. MASSESSMENT OF PHYSIOLOGICAL USEFULNESS OF DRINKING WATER FROM A SURFACE WATER SOURCE IN AN URBAN SETTLEMENT OF MURMANSK REGION.....	280
Martynova A. A. TERRITORIAL ANALYSIS OF ECO-DEPENDENT MORBIDITY IN THE MURMANSK REGION.....	282
Mikhaylov R. E. ANALYSIS OF MORBIDITY AMONG THE POPULATION OF APATITY USING THE EXAMPLE OF THE KSC RAS HOSPITAL.....	283
Skobelev K. D., Dobrokhotova M. V. DEVELOPING REGIONAL ENVIRONMENTAL STUDIES WITHIN THE FRAMEWORK OF «THE ARCTIC. FULL-SCALE GLEANING» PROJECT.....	285
Solovyevskaia N. L., Belisheva N. K., Iusubova T. A., Iusubov R. R. APPLICATION OF GAS-DISCHARGE VISUALIZATION METHOD FOR COMPARATIVE EXPRESS ASSESSMENT OF THE BODY STATE OF RESIDENTS IN SEPARATE ARCTIC TERRITORIES.....	286
Solovevskaya N. L., Pryanichnikov S. V. PREVENTION OF THE DEVELOPMENT OF PSYCHOEMOTIONAL STRESSIN WORKERS OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIAN FEDERATION.....	287
Syurin S. A., Kizeev A. N. MAN AND WORK IN THE ARCTIC: OCCUPATIONAL POLYMORBIDITYIN NICKEL INDUSTRY WORKERS.....	288
Timofeev M. A., Tananaev N. I. ASSESSMENT OF THE CONSISTENCY OF GHCN-CAMS REANALYSIS ACROSS THE ARCTIC RUSSIA.....	290
Fauzer V. V., Smirnov A. V., Fauzer G. N. ARCTIC HUMAN RESOURCES: POPULATION, EDUCATION, HEALTH.....	291
Shtaborov V. A., Patrakeeva V. P. FEATURES OF THE REACTION OF IMMUNOCOMPETENT CELLS TO SHORT-TERM GENERAL COOLING, DEPENDING ON THE LEVEL OF TOTAL CHOLESTEROL IN THE BLOOD.....	292

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ

PLENARY SESSION

**ЛЕСНЫЕ СООБЩЕСТВА СЕВЕРА КАК ОБЪЕКТ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ГЕОБОТАНИКИ**
**FOREST COMMUNITIES OF THE NORTH AS AN OBJECT FOR SOLVING
FUNDAMENTAL PROBLEMS OF ECOLOGY AND GEOBOTANY**

Горшков В. В.^{1,2}, Ставрова Н. И.¹, Баккал И. Ю.¹
Gorshkov V. V.^{1,2}, Stavrova N. I.¹, Bakkal I. Yu.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт
им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: Bakkal@binran.ru

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург; e-mail: Vadim-V-Gorshkov@yandex.ru

Forests are one of the main components of the biosphere, making up its main biomass (>90%) and making a significant contribution (40%) to its productivity. Forest communities are "stabilizers" of the Earth's climate, determining the modern moisture circulation of the land and increasing the amount of precipitation on land by 3 times. According to Le Chatelier's principle, forests that are in dynamic equilibrium – stationary (climax) forests, which represent the final stage of forest vegetation development in specific conditions of the ecotope, have maximum stability. Each ecotope corresponds to a certain program for the formation (or restoration) of the forest community and its subsequent functioning. The totality of research by the staff of the Laboratory of Ecology of Plant Communities (Komarov Botanical Institute) made it possible to make a number of fundamental generalizations and identify the main stages of the restoration dynamics of boreal forest.

Леса — один из главных компонентов биосферы, составляющий ее основную биомассу (>90%) и дающий значимый вклад (40%) в ее продуктивность (Уиттекер, 1980).

Многочисленные (Китредж, 1951; Jarvis et al., 1989; Pehtälä, 2018) исследования показывают, что леса выполняют основную средообразующую функцию на локальном, региональном и глобальном уровнях. Лесные сообщества являются «стабилизаторами» климата Земли, определяя современный влагооборот суши и увеличивая количество выпадающих на суше осадков в 3 раза (Gorshkov et al., 2000). Согласно принципу Ле Шателье, максимальной стабильностью обладают леса находящиеся в динамическом равновесии — стационарные (климаксовые), представляющие собой заключительную стадию развития лесной растительности в конкретных условиях экотопа. Каждому экотопу соответствует определенная программа формирования (или восстановления после разрушений) лесного сообщества и его последующего функционирования в стационарном режиме. Эта программа складывается из геномов всех видов, входящих в сообщество.

Северные леса в силу малой плотности населения и «труднодоступности» являются наименее нарушенными лесами планеты, что позволяет изучать процессы восстановления и формирования лесных сообществ в длительных восстановительных рядах. Совокупность исследований, начатых сотрудниками лаборатории Экологии растительных сообществ под руководством В.А. Алексева, продолженных под руководством В.Т. Ярмишко и проводящихся в настоящее время, позволили сделать ряд фундаментальных обобщений и выделить основные этапы восстановительной динамики бореальных лесных сообществ:

- 15–30 лет — восстановление основного набора видов бореальных лесных сообществ;
- 20–60 лет — восстановление продуктивности сообществ;
- 150–200 лет — восстановление биомассы, характеристик верхних горизонтов почвы, восстановление большинства компонентов сообществ;
- 300–500 (700) лет — полное восстановление сообществ (возрастная структура древесного яруса).

ЛИТЕРАТУРА

Китредж Д. Влияние леса на климат, почвы и водный режим. Перевод с англ. Москва: Изд. иностранной литературы. 1951. 456 с.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер; Сокр. пер. с англ. Б.М. Миркина, Г.С. Розенберга. Москва: Прогресс. 1980. 327 с.

Gorshkov V.G., Gorshkov V.V., Makarieva A.M. Biotic Regulation of the Environment: Key Issue of Global Change. Springer-Praxis Series in Environmental Sciences, Springer Verlag, London. 2000. 367 p.

Jarvis P.G. (ed.). Forests, weather and climate. A discussion organised and ed. by Jarvis P.G. et al. London, 1989. 262 p.

Peh K.S.-H., Corlett R.T., Bergeron Y. (Eds). Routledge Handbook of Forest Ecology (Routledge Environment and Sustainability Handbooks). 2018. Routledge. 668 p.

**ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В СТОЛИЦАХ
АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ И НА ПЕРИФЕРИИ**
**CHANGES IN THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE CAPITALS
OF THE ARCTIC REGIONS AND ON THE PERIPHERY**

Дружинин П. В., Дружинин В. П.
Druzhinin P. V., Druzhinin V. P.

*Институт экономики КарНЦ РАН, ФИЦ Карельский научный центр РАН,
Петрозаводск; e-mail: pdruzhinin@mail.ru; step_by_step@list.ru*

From the Arctic regions, the population moves to the largest agglomerations and to more southern regions. The structure of the economy is changing — the share of the service sector is growing in the capitals of the regions, some industrial enterprises are being closed or moved outside the capitals, some are being modernized. These processes affect the environmental situation in cities and regions. The influence of the factors was determined on the basis of pollution functions. In the 1990s, the dynamics of pollution was determined by dependence only on industrial production. Calculations for the 2000s showed a decisive influence on the reduction of pollution in the capitals of the regions and on the periphery of modernization and structural shifts, which then decreased. In the periphery, industrial growth led to periods of increased pollution and subsequent reduction due to environmental investments.

Из арктических регионов население уезжает в крупнейшие агломерации и в более южные регионы, а из периферии постепенно мигрирует в региональные столицы. Например, по данным переписей население Мурманской области с 1989 по 2021 гг. сократилось на 42%. Одновременно меняется структура экономики — в столицах регионов растет удельный вес сферы услуг, часть промышленных предприятий закрывается или выносится за пределы столиц, часть модернизируется. Эти процессы влияют на экологическую ситуацию в городах и регионах.

Цель доклада — на основе анализа данных по столицам и периферии арктических регионов выявить факторы, влияющие на изменение экологической ситуации в них и на основе построения эколого-экономических моделей оценить степень их воздействия.

Для исследования использовались данные Росстата, Росгидромета и Росприроднадзора, рассматривались экономические и экологические показатели столиц и периферии регионов за 1990–2022 гг. Анализировалось влияние развития промышленности столицы и периферии региона, кумулятивных инвестиций и изменения структуры экономики на основные экологические показатели. Экономический рост ведет к увеличению загрязнений, а модернизация предприятий и изменение структуры экономики могут способствовать их снижению.

На основе полученных данных строились функции загрязнения, и определялось влияние факторов на состояние окружающей среды. Рассматривались три показателя — выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сброс загрязненных сточных вод и потребление свежей воды.

После спада в 1990-х годах промышленное производство росло, но лишь в Архангельской области в 2022 г. оно превышало уровень 1990 г. В тоже время отношение рассматриваемых экологических показателей к объемам промышленного производства столиц и периферии регионов росло до середины 1990-х годов, затем стало снижаться. Повлияли модернизация, изменение структуры экономики и природоохранные инвестиции. В настоящее время в структуре экономики столиц регионов значительный удельный вес стала занимать энергетика, и снижавшееся ранее отношение загрязнений к промышленному производству стабилизировалось или стало немного расти. При разной динамике промышленного производства на периферии промышленный рост приводил к периодам роста загрязнений и последующему их снижению благодаря природоохранным инвестициям.

В 1990-е годы динамика загрязнений определялась зависимостью только от промышленного производства. Наименее конкурентоспособными оказались слабо воздействующие на окружающую среду предприятия, и уменьшение воздействия на окружающую среду оказалось небольшим в условиях падения инвестиций в экономику и охрану окружающей среды. Расчеты за 2000-е годы показали определяющее влияние на снижение загрязнений в столицах регионов и на периферии модернизации и структурных сдвигов, которое затем уменьшилось. Надо отметить, что если в 1990-х годах зависимость экологических показателей от экономических была близка у всех регионов, то в дальнейшем она сильно различалась.

Исследования выполняются при поддержке РНФ, проект № 23-28-00446 «Влияние формирования агломерации на развитие экономики региона в целом».

ЛИТЕРАТУРА

Замятина М.Ф. Эколого-экономическое развитие регионов в контексте современных вызовов // Экономика и управление. 2019. № 3(161). С. 23–31.

Пыжжев А.И., Шарафутдинов Р.А., Зандер Е.В. Экологические последствия развития крупных промышленных городов в ресурсных регионах (на примере Красноярска) // ЭКО. 2021. № 7. С. 40-55.

Копосова Н.Н., Волкова А.В. Особенности развития устойчивой городской среды // Успехи современного естествознания. 2020. № 12. С. 98–103.

Дружинин П.В., Морошкина М.В., Седова К.Е. Влияние на загрязнение атмосферы перемещения промышленной деятельности из регионального центра на периферию // ЭКО. 2023. № 12. С. 150–169.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОКРАТИЧЕСКОГО КРИЗИСА ГЕОСФЕР THE ECOLOGICAL IMPERATIVE IN THE CONTEXT OF THE MODERN TECHNOCRATIC CRISIS OF THE GEOSPHERES

Калабин Г. В.

Kalabin G. V.

*Институт проблем комплексного освоения недр им. акад. Н. В. Мельникова РАН,
Москва; e-mail: kalabin.g@gmail.com*

Some research results are presented to substantiate the prospects for greening the technological paradigm for the development of the mineral resource complex, taking into account the limitations and requirements of the environmental imperative, providing equal opportunities for the development of the technosphere and biosphere. In particular, the results of the implementation of one of the main principles of the formation of convergent mining technologies are presented - the principle of a closed cycle of circulation of lithosphere matter, which was carried out for the territory where cryozone mining enterprises are located. When creating the proposed technology, first of all, multivariate heat transfer problems associated with changes in the aggregate state of matter were solved. For this purpose, the classical Stefan problem of phase transitions was used, adapted for use in the thermal processes of formation of a frozen technogenic massif, by placing briquettes in the form of spheres frozen on the surface in the mined-out space, followed by clogging of the voids with enrichment production pulp having a positive temperature.

Стремительно растущие потребности развивающейся технократической цивилизации вступили, в настоящее время, в противоречие с ограниченными ресурсными возможностями всех геосфер нашей планеты. Главной особенностью, созданной Техносферы, является практически полная зависимость всех её показателей от состояния минерально-сырьевого комплекса. При этом, принятая технологическая парадигма добычи необходимых полезных ископаемых, предусматривает масштабное техногенное нарушение состояние природных экосистем.

В конце девятнадцатого века сформировалась новая форма развития биосферы экосистемы планеты Земли — антропогенный кризис, связанная, с появлением в составе этой экосистемы биологического вида — Homo Sapiens. Такие кризисы возникали на всех этапах формирования человеческой цивилизации, они имели разный характер, но одну причину: несоответствие между уровнем потребления человека и ресурсными возможностями естественной биоты Земли.

Поэтому неизбежная перспектива развития минерально-сырьевого комплекса должна происходить в условиях обязательных ограничений экологического императива. Создание равных возможностей, параллельного и неразрушительного, развития двух несовместимых, природных и горнотехнических систем можно построить путем технологического обеспечения их коэволюции на основе изучения биологических принципов функционирования и определения аналогов в технологических конструкциях и их взаимодействия.

Применительно к проблемам недропользования, можно говорить о создании технических систем с новыми качествами за счет функционального сближения (конвергенции) их с системами биологическими, которые уже обладают этими качествами.

Как известно, эволюция биосферы идёт по пути совершенствования замкнутого биотического круговорота. Поэтому одной из центральных проблем при создании конвергентных горных технологий становится принцип формирования замкнутого цикла обращения вещества литосферы. Реализация этого, одного из основных принципов формирования конвергентных горных технологий, выполнено для территории размещения горнодобывающих предприятий криолизоны. При создании предлагаемой технологии, в первую очередь, решались многовариантные задачи, связанные с термодинамическими процессами воссоздания нарушенной горными работами многолетней мерзлоты. При решении задач теплопереноса, связанных с изменением агрегатного состояния вещества использовалась классическая задача Стефана о фазовых переходах, адаптированная применительно к тепловым процессам формирования мерзлого техногенного массива, путем размещения в выработанном пространстве замороженных на поверхности брикетов в виде сфер, с последующей кольматацией пустот пульпой обогатительного производства, имеющей положительную температуру.

Практическая реализация предлагаемой технологии позволит, с одной стороны, минимизировать негативное влияние размещения отходов горнодобывающих предприятий в природных экосистемах Арктических регионов, а с другой – сыграть положительную роль при решении современных проблем, связанных с мероприятиями по предотвращению деградации криотитозоны в условиях глобального потепления климата.

ЛИТЕРАТУРА

Моисеев Н.Н. Природный фактор и кризисы цивилизации//ОНС: Общественные науки и современность. 1992. № 5. С. 84–85.

Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Калабин Г.В. Особенности методологии создания и применения природоподобных геотехнологий при освоении минеральных ресурсов Арктики. Ж. ФТПРПИ, № 3, 2019. С. 53–61.

Калабин Г.В., Галченко Ю.П., Хачатрян К.С. Теплообменные процессы восстановления массива многолетней мерзлоты из отходов обогащения при освоении недр // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2022. № 5. С. 70–78.

АКТУАЛЬНОСТЬ МОНИТОРИНГА И ОХРАНЫ БИОТОПОВ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ АРКТИКИ RELEVANCE OF HABITAT MONITORING AND PROTECTION FOR THE CONSERVATION OF ARCTIC BIODIVERSITY

Лавриненко И. А., Лавриненко О. В.
Lavrinenko I. A., Lavrinenko O. V.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: lavrinenkoi@mail.ru*

Conservation of Arctic biodiversity is a priority in the context of industrial development. The area of nature reserves and national park is 227000 km² or 4.7 per cent of the entire land territory of the Russian Arctic, which is clearly insufficient. Given the positive experience of European scientists in implementing a large number of habitat (biotope) protection projects (Habitats Directive, 1996; NATURA 2000 and others), this approach is promising for the Russian Arctic. Using East European tundra as an example, we developed a habitat classification and proposed a draft habitat catalogue. Large-scale mapping of habitats is underway and categories with large numbers of rare animal and plant species

and high resource significance are being identified. Monitoring the state of such habitats can be an important addition to conservation policy in the Arctic. Organization of monitoring over such a vast territory is quite feasible using remote sensing methods.

Арктические территории РФ испытывают значительную антропогенную нагрузку в связи с разработкой месторождений полезных ископаемых, строительством промышленных объектов и элементов инфраструктуры. В то же время, Арктика — это территория высокой концентрации видов биоты, нуждающихся в охране, популяций водоплавающих птиц и млекопитающих, имеющих международный статус охраны. Это территория, где широко распространены традиционные виды деятельности коренных народов Севера: оленеводство, охотничий промысел, рыболовство, собирательство дикоросов. В условиях промышленного освоения вопросы охраны природных экосистем и сохранение биологического разнообразия Арктики имеют приоритетное значение.

На территории Российской Арктики организовано 164 ООПТ общей площадью 587 тыс. км², включая 26 федерального значения (388 тыс. км²). Доля последних, без учета морской акватории (162 км²), составляет лишь 4.7% от площади суши арктических территорий РФ (4.8 млн. км²). Для сохранения биоразнообразия Арктики этого явно недостаточно, учитывая высокую чувствительность ландшафтов и биоты к воздействию техногенных и климатических факторов, а также локальное распространение ООПТ, не охватывающее важнейшие категории местообитаний. Ситуация также осложняется труднодоступностью многих охраняемых территорий и серьезными финансовыми затратами на их содержание и охрану.

Учитывая опыт европейских ученых, включая коллег из Белоруссии, в реализации большого числа региональных и общеевропейских программ и проектов, направленных на изучение и охрану местообитаний или биотопов (EU Habitats Directive 92/43/, 1996; NATURA 2000; создание национальных и Красных каталогов местообитаний и мн. др.), можно утверждать о высокой перспективности такого подхода в России и, прежде всего, в Арктике. Биотопы являются основой существования ее животного и растительного мира, а учитывая, что в этом регионе многие виды находятся на пределе своего существования, даже незначительное влияние на местообитания способно привести к снижению численности популяций или к их полному уничтожению.

Первым шагом для реализации данного подхода является инвентаризация биотопов, которой предшествует их предварительная классификация. Применение европейских классификаций (CORINE, EUNIS) для Российской Арктики на практике проблематично, в связи с их слабой представленностью в Западной Европе и отсутствием отчетливых диагностических критериев для многих типов тундровых биотопов. Тем не менее, как и в перечисленных европейских классификациях, в качестве важнейшего диагностического показателя при выделении местообитаний, мы использовали синтаксономический состав растительности, поскольку лучшим индикатором их состояния являются растительные сообщества. На примере восточноевропейских тундр мы предложили многоуровневую классификацию местообитаний, в основу которой положены их местоположение на геоморфологическом профиле и экологические особенности, которые диагностируются синтаксономическим составом растительности. К числу важнейших характеристик биотопов отнесена их ресурсная значимость для видов биоты и человека. Каталог местообитаний восточноевропейских тундр представляет собой оригинальную иерархическую систему, разработанную на основе преимущественно отечественных подходов в геоботанике и ландшафтоведении, которая позволяет выделять и диагностировать разные типы биотопов. В настоящее время на ключевых участках восточноевропейских тундр выполняется крупномасштабное картографирование биотопов, выделяются категории, имеющие высокую ресурсную значимость и высокую численность редких и нуждающихся в охране объектов животного и растительного мира. Придание таким местообитаниям статуса ООПТ какого-либо ранга, учитывая их многочисленность и рассеянность по территории Арктики, нецелесообразно. Однако серьезным дополнением к природоохранной политике может служить контроль состояния арктических биотопов, нуждающихся в первоочередной охране. Учитывая современные дистанционные методы с применением спутниковых снимков высокого и сверхвысокого разрешения, организация мониторинга таких объектов на столь обширной территории вполне реализуема.

ЛИТЕРАТУРА

EU Habitats Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora, [1979] OJ L206/7 ('Habitats Directive'). Official Journal of the European Communities. 1992. P. 7–50.

Natura 2000. https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm

СОЗДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ
ORGANIZATION OF NATIONAL SYSTEM FOR MONITORING OF CARBON POOLS AND GREENHOUSE GAS FLUXES IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF RUSSIA

Лукина Н. В.¹, Барталев С. А.², Лупян Е. А.², Курбатова Ю. А.³, Ершов Д. В.¹,
 Курганова И. Н.⁴, Шанин В. Н.⁴, Тебенькова Д. Н.¹, Данилова М. А.¹,
 Гераськина А. П.¹, Тихонова Е. В.¹, Горнов А. В.¹, Шевченко Н. Е.¹
 Lukina N. V.¹, Bartalev S. A.², Loupian E. A.², Kurbatova Yu. A.³, Ershov D. V.¹,
 Kurganova I. N.⁴, Shanin V. N.⁴, Teben'kova D. N.¹, Danilova M. A.¹,
 Geras'kina A. P.¹, Tikhonova E. V.¹, Gornov A. V.¹, Shevchenko N.E.¹

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва; e-mail: lukina@cepl.rssi.ru

²Институт космических исследований РАН, Москва; e-mail: bartalev@d902.iki.rssi.ru

³Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва; e-mail: kurbatova.j@gmail.com

⁴Пуцинский научный центр биологических исследований РАН, Пуцино, Московская обл.; e-mail: ikurg@mail.ru

Assessing the influence of biogeocoenotic cover dynamics on the net absorption of greenhouse gases is highly relevant, for which a national system for monitoring of climate-active substances is needed. In 2022, in Russia the most important innovative project of national importance “Unified National System for Monitoring Climate-Active Substances” was approved. The consortium “Carbon in Ecosystems: Monitoring” is responsible for developing a national system for monitoring carbon pools and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. The system is based on the integration of ground-based monitoring data, remote sensing and mathematical modeling. The consortium is addressing two main tasks: 1- improving the accuracy of estimating net absorption of greenhouse gases by forest and other terrestrial ecosystems; 2- obtaining updated forecast estimates of net absorption of greenhouse gases by forests and other terrestrial ecosystems.

Человек оказывал и оказывает влияние на концентрации парниковых газов в атмосфере в результате: 1) сжигания ископаемого топлива и других промышленных процессов, что ярко выражено в последнее столетие; 2) преобразования биогеоценотического покрова на протяжении всей истории развития человечества. Биота — тонкая пленка жизни, компонент биогеоценотического покрова, относится к мощным регуляторам содержания как углеродсодержащих, так и других парниковых газов, которые накапливаются в атмосфере. Регулирование концентраций парниковых газов осуществляется в результате сложных взаимодействий между биотическими (растения, животные и микроорганизмы), биокосными (почва) и абиотическими (воздух, вода) компонентами экосистем. Полагают, что именно леса, впервые появившиеся в девоне (средний девон, плангий по Г.А. Заварзину), способствовали значительному снижению содержания углекислого газа в атмосфере. Человек на протяжении всей истории развития цивилизации оказывал мощное негативное воздействие на леса, в которых формируют местообитания около 80% видов всей наземной биоты. По оценкам ФАО, в настоящее время уничтожается не менее 10 млн. га лесного покрова в год. Степные экосистемы России преобразованы в наиболее значительной степени: на большей части территории степной зоны они представлены сельскохозяйственными экосистемами (пашни, залежи, пастбища), естественные экосистемы представлены лишь фрагментарно. Болота изменены на значительных площадях при лесной мелиорации. Осушение болот проводилось в основном для сельского хозяйства, добыча торфа оказала существенное негативное воздействие. В последние десятилетия происходят сокращение и фрагментация тундровых экосистем.

Высокую актуальность имеют оценки влияния динамики биогеоценотического покрова на нетто — поглощение парниковых газов, для чего необходима национальная система мониторинга климатически активных веществ в наземных экосистемах. Существующие оценки отличаются значительной неопределенностью как в учете земель различных категорий, так и в оценках вклада биогеоценозов различных типов и их компонентов в процессы поглощения, накопления и хранения углерода. В 2022 году утвержден важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». Консорциум «Углерод в экосистемах: мониторинг», состоящий из 22 организаций, выполняет исследования по ВИП ГЗ в части разработки национальной системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов и создания системы учета данных по потокам парниковых газов и бюджету углерода в наземных экосистемах РФ. Система мониторинга создается на основе интеграции данных наземного мониторинга, дистанционного зондирования и математического моделирования, Консорциум в настоящее время решает две основные задачи.

Задача 1: Повышение точности оценки нетто-поглощения парниковых газов лесными и другими наземными экосистемами. Решение этой задачи выполняется в трех направлениях: 1) создание сети мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня; 2) создание признанных на международном уровне методов интеграции данных наземных измерений, дистанционного зондирования и математического моделирования для оценки пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России; 3) создание единой информационно-аналитической системы для сбора, хранения, обработки и анализа данных мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России — ИАС «Углерод-Э».

Задача 2: Получение уточненных прогнозных оценок нетто-поглощения парниковых газов лесными и другими наземными экосистемами: разрабатываются прогнозы динамики пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России при разных сценариях землепользования и изменений климата на разных пространственных уровнях.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА

PHYSICO-CHEMICAL MODELING IN ECOLOGICAL AND MEDICO-ECOLOGICAL STUDIES OF THE KOLA NORTH

Мазухина С. И.

Mazukhina S. I.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: simazukhina@mail.ru*

The application of the method of physico-chemical modeling for different objects of the Murmansk region allowed:
— within the framework of the “water-rock-gas-organic matter” system, to establish the causes of substandard groundwater in the Khibiny massif and the influence of concentrations of F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻. This affects the mobility of lanthanum, cerium and other elements due to the formation of complexes with them (Lovozersky massif);
— within the framework of the “solution — crystalline substance” system, taking into account environmental conditions and physiological parameters of the human body, to determine the conditions of precipitation of mineral phases (under conditions of low and high acidity) that can be transported from the stomach to other organs and tissues, to identify the form of migration of uranium replacing calcium in bone tissue.

В рамках работ НИР и грантов РФФИ в КНЦ РАН уже более 30 лет используется метод физико-химического моделирования (ПК «Селектор»). Для решения поставленной проблемы разработана физико-химическая (ФХМ) модель взаимодействия «вода–порода–газ–ОВ», адаптированная к условиям Мурманской области и позволяющая оценивать экологическую обстановку при наличии природного или антропогенного влияния.

Проведенные исследования с помощью физико-химического моделирования позволили установить:

— причины некондиционности подземных вод Хибинского массива: время взаимодействия вода-порода и температура оказывают основной вклад в изменение окислительно-восстановительных условий, которые способствуют содообразованию и связанным с этим резким всплеском концентраций гидрокарбоната, фтора и алюминия (Мазухина и др., 2020);

— увеличение степени взаимодействия «вода-порода» в результате процессов выветривания Ловозерского массива приводит к увеличению в растворе концентраций F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , что сказывается на подвижности La, Ce и других элементов за счет образования с ними комплексов. Относительно высокое содержание фтора, фосфора, HCO_3^- (слабых и средних кислот) в растворе способствует растворению металлов и силикатов, разрывая связи Si-O и высвобождая Si, Al, P в раствор. Мониторинг воды, поступающей из затопленного рудника, где происходит увеличение степени взаимодействия воды с породой, показал более высокие значения pH, концентраций Na, HCO_3^- , F^- , P, Al, Si, V, U, La, Ce.

Исследования системы «раствор–кристаллическое вещество» с учетом условий окружающей среды и физиологических показателей организма человека, где раствор — природные питьевые воды, желудочный сок (ЖС), смесь питьевых вод и желудочного сока, а кристаллическое вещество — новообразованные фазы, равновесные с раствором, установили:

— параметры pH, Eh модели желудочного сока в условиях пониженной кислотности и их изменения; химические формы миграции элементов, составы минеральных фаз, которые могут быть транспортированы из желудка в другие органы и ткани; формы миграции U, заменяющие Ca в костной ткани, La, Ce и др. элементов (Мазухина и др., 2020).

Химический состав ЖС жителей Апатитско-Кировского района содержит такой же набор химических элементов, что и природные воды, но в больших концентрациях. В составе ЖС присутствуют лантаноиды, установлено селективное накопление элементов в желудочном соке разных возрастных групп: U, Ce, Nb, Sr, Ba, Zn, Cu преобладают в 1-й группе (12–22 г); Mo — во 2-й группе (32–55 лет); Zr, La — в 3-й (60–79 лет) (Мазухина, Дрогобужская, 2023).

ЛИТЕРАТУРА

Мазухина С.И., Максимова В.В., Чудненко К.В., Маслобоев В.А., Сандимиров С.С., Дрогобужская С.В., Терещенко П.С., Пожиленко В.И., Гудков А.В. Качество вод Арктической зоны Российской Федерации: физико-химическое моделирование формирования вод, формы миграции элементов, влияние на организм человека: монография / Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2020. 158 с.: ил. ISBN 978-5-91137-437-2

Мазухина С.И., Сандимиров С.С., Дрогобужская С.В., Пожиленко В.И. Влияние фтора на формы миграции лантаноидов в природных и загрязненных водах Ловозерского массива/ Материалы XIII Международной биогеохимической школы-конференции «Эволюция биосферы, биогеохимические циклы и биогеохимические технологии: связь фундаментальных и прикладных исследований», посвященной 160-летию со дня рождения В.И. Вернадского/ Товарищество научных изданий КМК. Пушино: 2023. С. 233–236.

Мазухина С.И., Дрогобужская С.В. Геохимия вод и химический состав биосубстратов жителей Апатито-Кировского района (Мурманская область) / Материалы XIII Международной биогеохимической школы-конференции «Эволюция биосферы, биогеохимические циклы и биогеохимические технологии: связь фундаментальных и прикладных исследований», посвященной 160-летию со дня рождения В.И. Вернадского / Товарищество научных изданий КМК. Пушино: 2023. С. 230–233.

**ОСНОВНЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ
ИППЭС ФИЦ КНЦ РАН**

MAJOR ACCOMPLISHMENTS AND PROSPECTS OF INEP FRC KSC RAS RESEARCH WORK

Макаров Д. В., Маслобоев В. А., Светлов А. В.
Makarov D. V., Masloboev V. A., Svetlov A. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: d.makarov@ksc.ru*

The main results of the institute's scientific work are summed up and promising areas of work are highlighted.

Основной целью работы Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН (ИППЭС КНЦ РАН) является проведение фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области создания научных основ экологической оптимизации природопользования в промышленно развитых регионах Арктической зоны Российской Федерации. Подведем некоторые итоги работы института и рассмотрим наиболее важные научные достижения за последние три года.

Установлены общие закономерности и тенденции современного функционирования наземных и водных экосистем Мурманской области как наиболее промышленно освоенного региона АЗРФ.

Изучены содержание элементов питания и вторичных метаболитов у 15 видов растений и лишайников в горных и зональных природных экосистемах Мурманской области.

Впервые выполнено детальное обследование интродуцентов *Pinus sibirica* Du Tour, *Larix sibirica* Ledeb. и *Pinus pumila* (Pall.) Regel на 10 особо охраняемых природных территориях Мурманской области.

На примере 11 озер Северной Фенноскандии установлена положительная зависимость численности и темпов роста и созревания окуня *Perca fluviatilis* (L.) от повышения среднегодовой температуры вод в последние десятилетия.

Разработана и апробирована комплексная биотехнология очистки нефтезагрязненных побережий арктических морей, включающая сорбционную очистку и биоремедиацию.

Разработана «Концепция функционирования и развития сети особо охраняемых природных территорий Мурманской области до 2024 года и на перспективу до 2035 года».

Изучена биогеохимическая миграция и биоаккумуляция химических элементов в подогреваемых водах Кольской АЭС и малых озерах АЗРФ.

В городских озерах Арктической зоны РФ (Мурманская область) выявлено повышенное содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) в верхних (возрастом до 100 лет) слоях донных отложений.

Для горных предприятий Арктической зоны Российской Федерации разработаны инновационные технологии охраны окружающей среды, направленные на снижение азротехногенных выбросов, очистку сточных (шахтных) вод, переработку хвостов обогащения как техногенных месторождений, восстановление нарушенных, загрязненных нефтепродуктами экосистем. Технологии позволяют минимизировать техногенные воздействия на окружающую среду и увеличить комплексность использования минерального сырья. Обоснована целесообразность использования концепции «зеленого роста» для разработки политики экономического развития в Арктике.

**ПЕРЕРАБОТКА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ ЭКОНОМИКИ
ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ**

**RECYCLING OF MINING WASTE AS PART OF THE CIRCULAR ECONOMY
FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF NORTHERN REGIONS**

Маслобоев В. А.
Masloboev V. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.masloboev@ksc.ru*

The necessity to develop recommendations for the creation of the internal market of the closed-cycle economy for the products of the mining complex, the development of nature-like (with closed loops of resource and energy flow)

technologies for processing mineral raw materials and wastes of the mining complex of the Arctic zone of the Russian Federation, the creation of industrial symbiosis schemes based on the principles of integrated processing of mineral raw materials has been substantiated. For the scientific substantiation of the necessary recommendations the most effective is the interdisciplinary approach, combining the approaches of knowledge in chemical technologies, biology, ecology, economics and social sciences.

В настоящее время в РФ осуществляется трансформация системы хозяйства с целью экологизации экономики. Страна переходит на экономику замкнутого цикла (Паспорт федерального проекта, 2022; Министерство экономического развития РФ, 2021), стремится к углеродному переходу (Федеральный закон № 296-ФЗ, 2021), крупные компании внедряют международные стандарты (GRI, ESG и др.), согласно промышленной политике государства, направленной на внедрение наилучших доступных технологий (Федеральный закон № 7-ФЗ, 2002), разрабатывают и реализуют планы реконструкции.

В рамках перехода к экономике замкнутого цикла Правительство РФ ставит целью к 2030 году добиться, чтобы отходы недропользования стали вторичным материальным ресурсом с помощью применения соответствующих технологий. Таким образом, подтверждаются выдвинутые нами в 2018 году предположения (Ключникова, 2018) о необходимости разработки рекомендаций по созданию внутреннего рынка экономики замкнутого цикла для продукции горнопромышленного комплекса, разработки природоподобных (с замкнутыми петлями потока ресурсов и энергии) технологий переработки минерального сырья и отходов ГПК, создания схем промышленного симбиоза на базе принципов комплексной переработки минерального сырья. Для научного обоснования необходимых рекомендаций используется междисциплинарный подход, комбинирующий подходы отраслей знаний по химическим технологиям, биологии, экономики и социальным наукам.

Комплексные технологии замкнутого цикла базируются на разработке энергоэффективных и ресурсоэффективных технологических схем и процессов, которые потребляют минимальное количество реагентов и приводят к минимальному количеству отходов. Применение подходов замкнутого цикла включает новые способы мышления о том, как гидрометаллургия применяется для переработки как первичных, так и вторичных ресурсов. В обоих случаях упор должен быть сделан на регенерацию и повторное использование каждого реагента, использованного в процессе. Это относится к кислотам и основаниям, используемым для выщелачивания или контроля pH, а также к любым восстановителям, окислителям и другим вспомогательным реагентам. Потребление воды и энергии должно быть сведено к абсолютному минимуму. Концепция гидрометаллургических схем замкнутого цикла основывается на 12 принципах, повышающих устойчивость, соответствующих мировым стандартам (ESC и др.) и способствующих достижению стратегических целей РФ по переходу к экономике замкнутого цикла.

Этими принципами являются: регенерация реагентов; замкнутые водные контуры; предотвращение отходов; максимальная эффективность массы, энергии, пространства и времени; интеграция материальных и энергетических потоков; безопасное извлечение потенциально опасных элементов (загрязняющих веществ); снижение энергии активации; электрификация процессов везде, где это возможно; использование неопасных химических веществ; сокращение химического разнообразия; внедрение цифровых технологий управления процессами; сочетание гидрометаллургии замкнутого цикла с безотходной добычей полезных ископаемых.

Последствия изменения климата для предприятий горнопромышленного комплекса в зонах интенсивного природопользования АЗРФ необходимо прогнозировать и учитывать в следующих аспектах:

— ускоренное развитие гипергенных процессов, протекающих в отходах горнодобывающей промышленности и приводящих к миграции в окружающую среду токсичных элементов и тяжелых металлов, флотационных реагентов, генерирующих кислые стоки (AMD);

— изменение технологических свойств потенциально извлекаемых минералов из отходов горнопромышленного комплекса как техногенных месторождений и возможности интенсификации гидрометаллургических геотехнологий для переработки некондиционного сырья природного и техногенного генезиса;

— пыление хвостовых отвалов и связанное с этими процессами загрязнение атмосферы, водоемов и почв.

ЛИТЕРАТУРА

Паспорт федерального проекта «Экономика замкнутого цикла». Электронный ресурс URL: https://news.solidwaste.ru/wp-content/uploads/2022/07/EZTs_pasport.pdf

Министерство экономического развития РФ, 2021 г. Экономика замкнутого цикла: обзор международных подходов. // Электронный ресурс <https://www.economy.gov.ru/material/file/55fc716c49b06e62a652d101b1be8442/220414.pdf>

Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 N 296-ФЗ

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ, Глава V. Нормирование в области охраны окружающей среды, Статья 28.1. Наилучшие доступные технологии

Ключникова Е.М., Макаров Д.В., Маслобоев В.А. Концептуальная основа стратегии минимизации влияния отходов горной промышленности на окружающую среду в Арктике. // В сборнике: Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения — 2018. Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Р.В. Бадылевича, Л.О. Залкинд. 2018. С. 40.

**БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ
СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК И ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА:
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЛИ ЭВОЛЮЦИЯ?**

**BIOGEOCHEMICAL DEVELOPMENT OF AQUATIC ECOSYSTEMS UNDER REDUCING
ANTHROPOGENIC LOADS AND CLIMATE WARMING: RESTORATION OR EVOLUTION?**

Моисеенко Т. И.

Moiseenko T. I.

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, Москва; e-mail: moiseenko.ti@gmail.com

The presentation is devoted the anthropogenic variability through the levels of the living organization. The key anthropogenic impacts leading to disturbances in the biotic cycle are identified. The hypothesis of ongoing variability is discussed, which is carried out according to the ascending system of energy transfer: from organisms to populations and ecosystems. Examples of evolutionary transformations in historical polluted lakes due to the selection of the most tolerant individuals which are given. This reduces the ability of the population to withstand variations in natural factors. Ecosystems are being transformed towards increasing numbers of pollution-resistant species. Based on the analysis of scientific literature, it is shown that ecosystems do not return to natural indicators due to the stability of newly formed biogeochemical cycles. It is shown that the modern period of anthropogenic loads changes the historically laws of nature.

Под воздействием антропогенной деятельности происходят изменения биогеохимических циклов в региональном и глобальном масштабах. Вовлеченные в биогеохимический круговорот биогенные и токсичные элементы из антропогенных источников изменяют условия жизни органического мира и его биоразнообразие. Эволюционные процессы затрагивают не только организмы и экосистемы, но и высший уровень организации — биосферные циклы. Предсказанное В. И. Вернадским изменение законов природы под влиянием человеческой деятельности проявятся в возникновении адаптаций организмов и эволюционных процессов в популяциях животных и экосистем.

Исследование малых арктических озер Кольского Севера выявили изменения их биогеохимического статуса в период с 1990–2023 гг., как ответ на снижение выпадений кислот от медно-никелевых производств и потепление климата. Восстановилась кислотонейтрализующая способность вод озер (ANC), снизилось содержание сульфатов и металлов. Изменился режим биогенных элементов: наблюдается нарастание органического углерода, содержания фосфора и азота и снижение концентраций кремния. Полученные результаты свидетельствуют о необратимом повышении трофического статуса малых озер.

Озеро Имандра, в прошлом интенсивно загрязняемый водоем тяжелыми металлами, является уникальной моделью для исследования физиологических ре-адаптаций рыб и развития экосистем в условиях снижения поступления металлов. Продолжительное воздействие металлов в период высокой

токсичности на популяцию обитающих здесь сига сформировало у них механизмы контроля гомеостаза металлов в организме, а также компенсаторные реакции на нарушенные функции, позволяя рыбам выжить и выдерживать воздействия высоких концентраций в прошлом. Доказано повышение эффективности работы антиоксидантных систем организма, как основного эволюционного механизма защиты организма. Смещение отношения S:Se в сторону увеличения у сига из Большой Иmandры указывает на преобладание селеноцистеина над селенометионом и активацию селеноферментов в том числе антиоксидантных, что имеет решающее значение в защите как миелоидных и эритроидных клеток, так и других клеток и тканей (Gashkina et al., 2022). В конечном итоге это приводит к изменению генетического пула популяции.

Изменчивость экосистем характеризуется изменением структуры и функций вследствие гибели или снижения численности уязвимых видов к загрязнению и выживанию наиболее устойчивых (Moiseenko et al., 2009; Моисеенко, Денисов, 2021). Исходя из экологической теории и термодинамических законов упорядочения вещества в биологических системах, ведущим механизмом стабильности модифицированной экосистемы являются ее новые свойства и устойчивость биогеохимических циклов, которые препятствуют «возврату» к природным показателям. Вследствие нарушения линейности процессов небольшая ошибка в передаче энергии усиливаются итерациями так, что результат через некоторое число итераций в биологических системах практически непредсказуем (Галимов, 2009). К таким ошибкам можно отнести «сбои» в воспроизводстве популяций или функционировании экосистем в условиях загрязнения, поэтому направленность и скорость эволюционного процесса в современной биосфере являются неопределенными (на современном уровне знаний).

В ряде последних работ поднимается вопрос — возможно ли восстановление природных систем или будет ли происходить дальнейшая необратимая изменчивость (эволюция)? Приводятся примеры, что развитие новой модификации экосистемы после снижения токсичного загрязнения согласуются с закономерностями сукцессий экосистем: от природной через критическую стадию к более стабильной ее модификации, но отличной по структуре от природной. Поэтому, термин «восстановление экосистем» в данном случае нельзя отождествлять с понятием возвращения к природному состоянию, скорее он может трактоваться как эволюция экосистемы в новое устойчивое состояние.

Возможно, ли воссоздать природное состояние тех или иных экосистем, и насколько это оправдано? Переход через критическое состояние (точку или последовательность точек бифуркации) приводит к необратимой изменчивости и формированию новых модификаций экосистем. Ученые (Palmer et al., 2007) поднимают вопрос — надо ли стремиться воссоздать природные характеристики экосистем? Исходя из анализа исследований, можно заключить, что основная цель улучшения состояния природных объектов должна быть направлена на поддержание основных показателей структуры и функций природной экосистемы, ее биоразнообразия и продуктивности.

Работа выполнена по гранту РФФ № 22-17-00061.

ЛИТЕРАТУРА

Галимов Э.М. Предпосылки и условия возникновения жизни. Задачи исследования // Геохимия. 2005. (5). С. 467–484.

Моисеенко Т.И., Денисов Д.Б. Возможно ли восстановление озерной Арктической экосистемы после длительного загрязнения? // Арктика: экология и экономика. 2019. Т. 4, № 36. С. 16–25. doi: 10.25283/2223-4594-2019-4-16-25

Gashkina N.A., Moiseenko T.I., Shuman L.A., Koroleva I.M. Biological responses of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) to reduced toxic impact: Metal accumulation, haematological, immunological, and histopathological alterations. // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2022. Vol. 239. P. 113659. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113659>

Moiseenko T.I., Sharov A.N., Vandish O.I. Long-term modification of arctic lake ecosystem: reference condition, degradation and recovery // Limnologia. 2009. 39(1). P. 1–13.

Palmer M.A., Ambrose R.F., Poff N.I. Ecology theory and community restoration ecology // Restoration Ecology. 2007. Vol. 5, № 4. P. 291–300.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА И ПРИРОДНЫЙ КАПИТАЛ CLIMATE DIALOGUE AND NATURAL CAPITAL

Скобелев Д. О.
Skobelev D. O.

*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
Мытищи, Московская область; e-mail: info@eipc.center*

The article describes a new approach to accounting spatial resources and ecosystem services. The reason is that the ability of ecosystems to absorb carbon is particularly significant in the context of climate projects. Linking climate (green) projects to measurable physical quantities will make it possible to direct investments to improve the environmental situation and quality of life. This approach should be of interest for the resource-rich countries. As part of the modern climate agenda, it is necessary to formulate a unifying idea to conserve the natural capital. Within the framework of BRICS+, it will be possible to form a system of climate (green) units (similar to emission trading ones). Generation of such units will have to occur through the projects, results of which can be assessed on the basis of measuring the ecosystem services of the territory in terms of carbon absorption and (or) self-regenerating abilities.

Человечество переживает сегодня «тройной» экологический кризис, кризис (1) изменения климата, (2) деградации природных систем и утраты биоразнообразия, а также (3) роста загрязнения окружающей среды и количества отходов (Malekpour et al., 2023). Попытки монетизировать ущерб до настоящего времени не привели к заметному сокращению загрязнения на глобальном уровне или замедлению климатических изменений (Malekpour et al., 2023). Развивая технологии повышения ресурсной эффективности экономики и сокращения негативного воздействия на окружающую среду, человечество, тем не менее, вынуждено использовать само очищающую способность экосистем, комплекс процессов, в результате которых восстанавливается равновесие (гомеостаз) системы при воздействии антропогенных и природных факторов.

В связи с этим появляется возможность капитализировать недооценённый пространственный ресурс, ресурс природных экосистем, и сделать это можно через механизм климатических или эколого-климатических проектов. Таким ресурсом в полной мере обладают Россия и другие страны БРИКС. Новый механизм капитализации может принципиально отличаться от всех предыдущих подходов, и для этого необходимо предложить систему измерения такого свойства экосистем, как способность к восстановлению. Способность экосистем депонировать углерод особенно значимы в контексте климатических проектов, но необходимо научиться измерять эти «способности». Привязка климатических проектов к измеримым физическим величинам позволит направлять инвестиции в улучшение экологической ситуации и качества жизни, а такая «новая» валюта, как климатические или экологические единицы, будет обеспечена реальным (пространственным) ресурсом. При этом «поддержка» экосистем, содействие их восстановлению (например, вторичное обводнение осушенных торфяников, лесовосстановление с учётом обеспечения видового разнообразия и др.) могут рассматриваться как климатические (эколого-климатические) проекты.

Природный капитал включает в себя природные ресурсы и экосистемные услуги. Принцип пользования природным капиталом как дарственным фондом (жить на генерируемые им «проценты») пока считается нереализуемым на практике, и это будет продолжаться до тех пор, пока технологии работают в таких масштабах и режимах, что природа не может ассимилировать результаты их «работы». Одна из основных причин — чрезмерная концентрация мощностей, превышающая возможности экосистем к самовосстановлению.

В рамках современной климатической повестки необходимо сформулировать объединяющую идею, которая смогла бы *интегрировать в себя более ранние идеи, но принципиально вела бы к восстановлению природного капитала*. Предложение состоит в изменении подхода к системе торговли углеродными единицами таким образом, чтобы сформировать целостную систему учёта позиций всех отдельных заинтересованных сторон (государства, бизнеса, общества, финансовых структур), создать условия для коллаборации.

Пространственный ресурс совершенно недооценён хотя бы потому, что он не торгуется на рынке [2]. При этом создание подходов к измерению способности экосистем на определённой территории к самовосстановлению позволит привязать климатические проекты к реально обеспеченной единице.

В рамках БРИКС+ можно будет создать систему торговли углеродными (климатическими, экологическими) единицами, которые будут обеспечены пространственным экосистемным ресурсом (Данилов-Данильян, 2015). Генерация таких единиц должна будет происходить через эколого-климатические проекты, оцениваемые на основе измерения экосистемных услуг территории по депонированию углерода и (или) способностями к самовосстановлению.

ЛИТЕРАТУРА

Malekpour S., Allen C., Sagar A., Scholz I., Persson Å., Miranda J.J., Bennich T., Dube O.P., Kanie N., Madise N., Shackell N., Montoya J.C., Pan J., Hathie I., Bobylev S.N., Agard J., Al-Ghanim K. What Scientists Need to Do to Accelerate Progress on the SDGs // *Nature*. 2023. Vol. 621. P. 250–254.

Данилов-Данильян В.И. Структура стоимости и структура экономики в Век глобализации // *Век глобализации*. 2015. № 1. С. 3–20.

ФОРМИРОВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АЗРФ (2017–2024 гг.)

FORMATION OF THE NATIONAL BIOECOLOGICAL MONITORING SYSTEM OF THE RUSSIAN ARCTIC (2017–2024)

Сорокина Т. Ю., Чашин В. П., Коробицына Р. Д., Варакина Ю. И., Аксенов А. С.
Sorokina T. Yu., Chashchin V. P., Korobitsyna R. D., Varakina Yu. I., Aksenov A. S.

Лаборатория арктического биомониторинга ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», Архангельск; e-mail: t.sorokina@narfu.ru

This paper presents a description of the research conducted by the scientific team of the Arctic Biomonitoring Laboratory of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov in the field of biological and environmental monitoring in the Arctic zone of the Russian Federation. The authors identify challenges and growth points for the development of such research topic. Such as the need to ensure unification of sampling and analytical work, and the systematic modernization of the research protocol in order to obtain timely response to contemporary scientific questions.

С 2017 г. в Северном (Арктическом) федеральном университете им. М.В. Ломоносова проводятся исследования по оценке рисков для здоровья жителей Арктики, связанных с неконтролируемым переносом химических загрязнителей мигрирующими видами рыбы, птицы и диких животных, которые формируют традиционную диету северян. Действующие сегодня на государственном уровне системы контроля и мониторинга (контроль качества продуктов питания, сельскохозяйственный, экологический и социально-гигиенический мониторинг) не исследуют указанные объекты по токсикологическим показателям. Перед коллективом лаборатории, созданной в вузе для реализации мегагрант-проекта, стояла задача заполнить этот пробел и обеспечить реализацию провозглашенного Всемирной организацией здравоохранения подхода «Единое здоровье» (англ. — One Health). В качестве приоритетного региона для формирования и внедрения биомониторинговых исследований не случайно была выбрана Арктика. Это было обусловлено сразу несколькими причинами. Так, рацион жителей Арктики до 80% состоит из традиционных продуктов питания, которые люди добывают самостоятельно. Именно в Арктику приплывают и прилетают многие виды рыб и птиц для размножения и выращивания потомства. При этом самый северный регион подвержен серьезным антропогенным загрязнениям как локального характера вследствие деятельности расположенных здесь промышленных предприятий и военных объектов, так и трансграничного — вследствие того, что многие крупные реки нашей страны впадают в моря Северного Ледовитого океана и приносят своими течениями загрязнители из более южных регионов.

За восемь лет работы коллективом лаборатории организовано более тридцати экспедиционных выездов в отдаленные населенные пункты Арктической зоны Российской Федерации, в ходе которых отобрано более тысячи проб арктической рыбы, около ста восьмидесяти проб мигрирующих

и мигрирующих птиц, почти шестьсот проб биологических жидкостей человека. В названных объектах исследования определяли концентрации стойких органических загрязнителей (ПХБ, ДДТ, ГХЦГ и др.) (Lakhmanov et al., 2020; Varakina et al., 2021; Varakina et al., 2022), эссенциальных (таких, как I, Zn, Se, Co, Cu и др.) и неэссенциальных (например, Hg, As, Pb, Cd и др.) элементов (Sobolev et al., 2019). Всего исследованиями по единому протоколу охвачены Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Чукотский автономные округа, Архангельская область, Красноярский край.

Последующая реализация подобных исследований требует выполнения двух, на первый взгляд, взаимоисключающих, условий, что одновременно является и вызовом, и точкой роста. С одной стороны, необходимо обеспечить единообразие при проведении таких исследований, так как это существенно облегчит возможность сравнения полученных результатов работ, проведенных в разные временные периоды и в разных регионах российской Арктики. То есть желательно, чтобы мониторинг проводился по единому согласованному протоколу. В то же время, ученые испытывают острую потребность в систематической модернизации протокола исследований с целью обеспечения необходимости реагирования на новые и острые вопросы. Так, в начале своего пути исследовательская группа, опираясь на имеющиеся опубликованные данные в высокорейтинговых международных научных изданиях, исходила из тезиса о том, что наибольшему риску воздействия токсикантов подвержены именно коренные народы Севера, нежели пришлое население. Однако исследование показало, что образ жизни и питания людей, проживающих в одном населенном пункте, как правило, одинаковый независимо от национальной принадлежности и длительности проживания людей на одной территории. Это потребовало расширения круга лиц, включаемых в выборку участников исследований. Одним из первых результатов внедрения биологического мониторинга человека в Арктике стал вывод о том, что наибольшие риски для здоровья северян связаны вовсе не с воздействием химических загрязнителей, а с дефицитами эссенциальных элементов и витаминов (Sobolev et al., 2019; Sorokina et al., 2022). На следующем этапе возникла необходимость оценки рисков, связанных с воздействием паразитов и патогенов, переносимых рыбами, птицами и животными, потребляемыми в пищу местным населением, так как известно, что воздействия токсикантов и имеющиеся дефицитные состояния имеют иммуносупрессивные последствия. А одновременное воздействие указанных факторов вкупе с неблагоприятным климатом образуют так называемый «арктический коктейль», риски, от воздействия которого еще никогда не были в должной мере оценены. Помимо этого, мы наблюдаем также необходимость учета экологических и социально-экономических факторов при анализе получаемых результатов. Таким образом, биологический мониторинг человека в Арктике сегодня представляет собой масштабные систематические биоэкологические исследования.

Работа выполнена в рамках государственного задания FSRU-2023-0004.

ЛИТЕРАТУРА

Lakhmanov D., Varakina Yu., Aksenov A., Sorokina T., Sobolev N., Kotsur D., Plakhina E., Chashchin V., Thomassen Y. Persistent Organic Pollutants (POPs) in Fish Consumed by the Indigenous Peoples from Nenets Autonomous Okrug // *Environments*. 2020. 7. ISSN 2076-3298

Sobolev N., Aksenov A., Sorokina T., Chashchin V., Ellingsen D.G., Nieboer E., Varakina Y., Veselkina E., Kotsur D., Thomassen Y. Essential and non-essential trace elements in fish consumed by indigenous peoples of the European Russian Arctic // *Environmental Pollution*. 2019. 253. P. 966–973. doi:10.1016/j.envpol.2019.07.072

Sorokina T., Sobolev N., Belova N., Aksenov A., Kotsur D., Trofimova A., Varakina, Yu., Grjibovski, A., Chashchin, V., Korobitsyna, R., Thomassen, Y. Diet and Blood Concentrations of Essential and Non-Essential Elements among Rural Residents in Arctic Russia // *Nutrients*. 2022. 14. 5005. <https://doi.org/10.3390/nu14235005>

Varakina Yu., Aksenov A.S., Lakhmanov D., Trofimova A., Korobitsyna N., Belova N., Kotsur D., Sorokina T., Grjibovski A.M., Popova L., Chashchin V., Odland J.O., Thomassen Y. Geographic and Ethnic Variations in Serum Concentrations of Legacy Persistent Organic Pollutants among Men in the Nenets Autonomous Okrug, Arctic Russia // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. 19. 1379. doi:10.3390/ijerph19031379

Varakina Yu., Lakhmanov D., Aksenov A., Trofimova A., Korobitsyna R., Belova N., Sobolev N., Kotsur D., Sorokina T., Grjibovski A., Chashchin V., Thomassen Y. Concentrations of persistent organic pollutants in women's serum in the European Arctic Russia // *Toxics*. 2021. 9. 6; doi: 10.3390/toxics9010006

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БЕЛОГО МОРЯ И ВОДОСБОРА ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

CURRENT STATE AND CHANGES OF THE SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMICAL SYSTEM OF THE WHITE SEA AND WATERSHED UNDER CLIMATE CHANGE AND ANTHROPOGENIC FACTORS

Филатов Н. Н.

Filatov N. N.

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск; e-mail: Nfilatov@rambler.ru

The present status and long-term changes in the White Sea ecosystem and processes occurring on the catchment in the economy, environment and social sphere are presented. Approaches to the study of a complex socio-ecological-economic system are considered, which are necessary for understanding the functioning of this complex system and solving the problems of managing this system of the White Sea and the its catchment. For this purpose, the authors' developments were summarised in monographs (White Sea and Watershed, 2007); patterns of changes in climate, hydrological conditions and fisheries were studied; the necessary information support was created: geoinformation systems, databases, complex electronic and paper atlases of the White Sea and its watershed.

Представлено современное состояние и многолетние изменения экосистемы Белого моря и процессов, происходящих на водосборе в экономике, окружающей среде и социальной сфере. Рассмотрены подходы к изучению сложной социо-эколого-экономической системы, необходимые для понимания функционирования этой сложной системы решения задач управлению этой системой Белого моря и его водосбора (для краткости — Беломорья). Для этого выполнено обобщение разработок авторов в монографиях (Белое море и водосбор, 2007); изучены закономерности изменений климата, гидрологических условий и рыболовства; создано необходимое информационное обеспечение: геоинформационные системы, базы данных; комплексные электронный и бумажный атласы Белого моря и его водосбора (Филатов и др., 2018), разработаны оригинальные 3-D математические модели термогидродинамики и экосистемы моря (Савчук, Неелов, 2007; Чернов, Толстиков, 2018), созданы когнитивные модели как инструмент синтеза разнородных сведений о сложной системе Беломорья (Меншуткин и др., 2019). Для последнего применяется концептуальное моделирование и математический аппарат непрерывной или размытой логики. Основной смысл экспериментов с когнитивными моделями заключается не в том, чтобы давать предостерегающие и многообещающие прогнозы развития экономики региона, сохранения экосистемы, развития рыбного хозяйства в Белом море или представлять возможные демографические изменения в регионе, а в том, чтобы с помощью когнитивного подхода продемонстрировать возможность рассмотрения сложной системы путем синтеза разнородной информации о сложной эколого-социо-экономической системе. Для этого используются методы теории искусственного интеллекта: концептуального моделирования и математического аппарата размытой логики. С помощью когнитивной модели продемонстрирована динамика элементов системы за 100 лет с шагом 1 год. В результате показано, что при квазициклических колебаниях климата экономические параметры мало изменяются, в то время как они заметно сказываются на условиях жизни населения. Колебания климата отмечаются и в водной экосистеме Белого моря, они сказываются на изменении температуры воды, вылове рыбы, биомассе фито- и зоопланктона, но при этом мало влияют на изменения бентоса. Из управляющих воздействий кроме климата существенное влияние на элементы водной подсистемы оказывает степень очистки промышленных и бытовых стоков. Наиболее сильное воздействие степень очистки сточных вод оказывает на условия промысла рыбы. Уровень жизни населения при полной очистке вод возрастает по сравнению с вариантом при ее отсутствии.

Ряд результатов логически понятны, но по нормированным данным от 0 до 1, можно давать выводы на качественном уровне, что может быть востребовано для разработки систем принятия управленческих решений.

Научные разработки проекта были использованы для практических целей, в частности, для обоснования отнесения 38% территории Карелии к Арктической зоне РФ в разряд «северных» (<https://stolicaonego.ru/analytics/valentina-pivnenko-monitoring-pensionnogo-zakona-pokazyvaet-chto-vozmozhnost-izmenit-situatsiju-dlja-severnyh-territorij-suschestvuet>).

ЛИТЕРАТУРА

Белое море и его водосбор под влиянием климатических и природных факторов / Под ред. Н.Н. Филатова, А.Ю. Тержевика. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. 349 с.

Филатов Н.Н., Богданова М.С., Дерусова О.В., Литвиненко А.В., Толстиков А.В. Разработка геоинформационных систем водных объектов Севера европейской части России. // ИнтерКарто/ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2018. Т. 24. Ч. 1. С. 297–310. doi:10.24057/2414-9179-2018-1-24-110-120

Чернов И.А., Толстиков А.В. О численном моделировании Белого моря. Труды Карельского научного центра РАН. 2021. № 7. С. 16–26. doi:10.17076/them1418

Савчук О.П., Неелов И.А. Моделирование изменений экосистемы моря при антропогенных и климатических воздействиях // В кн. Филатов Н.Н., Тержевик А.Ю. Белое море и его водосбор. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. С. 303–331.

Меншуткин В.В., Филатов Н.Н., Дружинин П.В. Состояние и прогнозирование социо-эколого-экономической системы водосбора Белого моря с использованием когнитивного моделирования. Арктика: Экология. Экономика. № 2 (30). 2018. С. 79–85. РИНЦ. doi: 10.25283/2223-4594-2018-2-4-17

OUR INTELLIGENT ARCTIC ENVIRONMENT: FUTURE VISION: 2025–2040

Probert D.

VAZA (www.vaza.com) — Newbury, Berkshire, UK; e-mail: david@probert.co.uk

The paper will review potential practical applications of the emerging field of Artificial Intelligence (AI) to monitor & manage our arctic environmental assets & resources.

(1) **Personal Background:** In June 1992 I first visited INEP/KSC & together with colleagues established the International KolaNet Programme for Environmental Monitoring using contemporary computer networking technologies including the Internet & Web Servers. For the 35th INEP Anniversary I review practical ways to apply AI to the challenges of arctic monitoring & consider a short-list of research & operational projects for the next 15 years.

(2) **Past Event Timeline:** Birth of Computer Networking & Intelligence. The early pioneers of Statistical Learning included 18thC Thomas Bayes (1702–1761) who established Bayesian Learning that is now used extensively in Intelligent Cybersecurity & Advanced Machine Learning. Modern AI & Computing emerged 80 years ago in the early 1940s with the mathematical creation of Neural Networks & the first electronic computers such as “Colossus” in the UK. In 1973, already 50 years ago, I started by own PhD research into “Stochastic Machine Learning” and “Self-Organising Systems” at Cambridge University, UK

(3) **Present Day Research:** Physical & Human Arctic Environment & Cyber Tech Support. There are already extensive applications of Big Data Mining, AI & Machine Learning and Real-Time Image & Sensor Surveillance within Arctic Scientific Research. The multi-dimensional environments researched include Water Resources & Living Organisms, Air Pollution & Meteorology, Human Activities, Towns & Industrial Enterprises, Terrestrial Organic Life including Plants, Forests & Animals, Arctic Transportation & Geological Surveys.

(4) **Future Vision 2025–2040:** Practical Applications of AI & Machine Learning. We can consider the Arctic in both Physical Geographical Space as well as Temporal Events from Micro to Macro. I suggest that the ultimate aim of AI research tools is to establish a “Smart” or “Intelligent” Arctic that is to some extent able to self-monitor & triage alerts such as heavy metal water contamination, seismic events, chemical air pollution or possible radiation leaks. The Arctic Environment is so extensive in both Space & Time that during the coming 15+ years, AI will become an essential tool to monitor & apply the massive real-time data from the expanding network of active arctic sensors. It is already clear that AI will be of considerable use in the practical analysis of climate change, and long term assessment of arctic sea ice. Further applications of AI may be into the impact of industrial & geological enterprises within the dynamic arctic eco-system. Eventually we may expect that all aspects of Our Arctic Environments maybe explored in quasi-real-time through networked sensors & alerts triaged through a combination of AI Tools & Human Intelligence!

Dedicated to Research Colleagues that left us since the 30th INEP Anniversary Conference: Dr Alexander Perlikov (INEP Computing Resources), Dr Anatoly Lukin (INEP Scientist - Water Ecosystems) & Professor Abdulkhair Zhemaletdinov (Geologist — Kola Science Centre).

СЕКЦИЯ 1.
НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

SESSION 1.
TERRESTRIAL ECOSYSTEMS AFFECTED
BY NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS

**СОДЕРЖАНИЕ ЛИГНИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЛИСТЬЯХ КУСТАРНИЧКОВ
ХИБИНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА**

**THE CONTENT OF LIGNIN AND CELLULOSE IN THE LEAVES OF SHRUBS
OF THE Khibiny MOUNTAIN MASSIF**

Артёмкина Н. А.
Artemkina N. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: n.artemkina@ksc.ru*

The results of studies of the lignin and cellulose in various shrubs in the altitude gradient on the slope of Yumehorr of the Khibiny mountain massif (Murmansk region) are presented. It was found that the content of lignin and cellulose varies depending on the variety of plants.

Разложение растительного опада является одним из основных процессов, регулирующих круговорот углерода и элементов питания и формирование органогенного горизонта в бореальных лесах. Ведущую роль в этом процессе играют такие факторы, как климат, качество опада и подстилки, химический состав почвы и почвенная биота. При исследовании параметров качества подстилки с точки зрения интенсивности процессов ее разложения основное внимание уделяется содержанию в ней элементов питания, в том числе азота, соотношениям C/N и лигнин/N, количеству лигнина (Berg 2000; Zhang et al., 2008). Однако, фракционный состав органического вещества растительного опада (соотношение целлюлозы, гемицеллюлозы, полисахаридов, протеинов, липидов, полифенолов и тип их взаимосвязи) является не менее важным фактором, определяющим темпы разложения.

Цель работы – изучение содержания лигнина и целлюлозы в стареющих и опадающих органах кустарничков *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Empetrum hermaphroditum* Hager., *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., произрастающих в горных экосистемах.

Полевые исследования были проведены в 2008 г. в основных растительных сообществах в высотном градиенте лес – тундра на юго-западном склоне г. Юмечорр Хибинского горного массива. Подробное описание методов и объектов приводится в работах (Артёмкина и др., 2023; Orlova et al., 2013). По результатам исследований зарегистрирована база данных по содержанию элементов питания и вторичных метаболитов в листьях растений Хибинских гор (Сухарева, Артёмкина, 2023).

Максимальное содержание лигнина отмечено в листьях *Vaccinium uliginosum* (до 16.1 %). Минимальные концентрации зафиксированы для *Vaccinium myrtillus* (7.8 %). Выявлены значительные изменения в содержании лигнина в зависимости от высоты над уровнем моря в большинстве исследованных кустарничков, что может быть связано с ухудшением условий произрастания растений и влиянием озона и УФ-излучения, которые могут вызвать лигнификацию в тканях растений.

Установлено, что в листьях *Vaccinium uliginosum* происходит значительное повышение количества лигнина и целлюлозы в поясе берёзовых лесов и дальнейшее их понижение горно-тундровом поясе. В листьях *Vaccinium myrtillus* содержание лигнина и целлюлозы в поясе сосновых и березовых лесов незначительно снижается при увеличении высоты относительно уровня моря, в поясе тундры выявлен существенный рост концентрации этих структурных компонентов. В химическом составе листьев *E. hermaphroditum* можно выделить два максимума в содержании лигнина, которые отмечены в поясе сосновых лесов и в горной тундре. Концентрации лигнина и целлюлозы в листьях *Arctostaphylos uva-ursi* в зависимости от высоты над уровнем моря практически не изменяются.

Результаты исследования указывают на значительные изменения содержания лигнина в растениях в высотном градиенте лес–тундра. Соответственно любая трансформация качества опадающих органов растений может оказать влияние на почвенную фауну и процессы разложения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИППЭС КНЦ РАН № 1021051803679-9.

ЛИТЕРАТУРА

Berg B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils // Forest Ecology and Management. 2000. V. 133. P. 13–22.

Orlova M.A., Lukina N.V., Tutubalina O.V., Smirnov V.E., Isaeva L.G., Hofgaard A. Soil nutrient's spatial variability in forest-tundra ecotones on the Kola Peninsula, Russia // *Biogeochemistry*. 2013. V. 113 (1-3). P. 283–305.

Zhang D.Q., Hui D., Luo Y., Zhou G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors // *Journal of Plant Ecology*. 2008. V. 1. № 2. P. 85–93.

Артёмкина Н.А., Сухарева Т.А., Иванова Е.А., Смирнов В.Э. Содержание элементов питания, лигнина и целлюлозы в растениях и лишайниках в высотном градиенте лес-тундра горы Юмечорр Хибинского горного массива // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2023. Т. 68, № 1. С. 153–170.

Сухарева Т.А., Артёмкина Н.А. Содержание элементов питания, лигнина и целлюлозы в растениях и лишайниках Хибинского горного массива (Мурманская область). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622705 от 08.08.2023 г.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КРОВИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

RARE EARTH ELEMENTS IN BLOOD OF MAMMALS OF SIBERIA AND FAR EAST

Барановская Н. В.

Baranovskaya N. V.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск; e-mail: nata@tpu.ru

As a result of work carried out in Siberia and the Far East of Russia, the average contents and fluctuations ranges of 15 rare earth elements (La-Lu) in the blood of three mammals species (*Cervus elaphus*, *Sus scrofa*, *Sus scrofa domesticus*) were determined. The total number of samples was 32. The determination was carried out using ICP-MS in the TPU laboratory, Tomsk. The work was carried out jointly by employees of TPU, TIG FEB RAS and DVGI FEB RAS within the framework of the Russian Science Foundation grants (No. 20-67-47005, 20-64-47021) during 2020–2023. Content ranges and arithmetic averages have been established for all lanthanides. It was revealed that the maximum values occur in the animals blood of the Primorsky Territory. The amount of rare earth elements ranges from 0.001 to 0.6 mg/kg (dm), which does not contradict the data available in the literature.

В качестве контролируемого биосубстрата в исследованиях, связанных с проблемами охраны окружающей среды, часто используют кровь (Барановская и др., 2015). Для этой ткани, с одной стороны, характерна относительная стабильность состава, являющаяся следствием действия гомеостатических механизмов и, в известной степени, условиями существования человека (Барашков, 2011). С другой стороны — это очень чувствительная и легко изменяющаяся под воздействием факторов различной природы ткань (Экология человека..., 2008). Изучение изменений содержания элементов в составе крови является важным с точки зрения практической медицины — для выявления и прогнозирования заболеваний, что широко применяется, для индикации состояния окружающей среды, а также в целях создания региональных эталонов, которые важны для представления об элементном составе всего организма человека. Не менее важным вопрос изучения элементного состава крови является и в ветеринарии, для чего изучаются возможности транспортировки, пробоподготовки, индикаторные свойства и ведутся работы по получению данных о минимально — максимальных разбросах и среднерегиональных показателях для получения ориентировочных данных по максимальному количеству элементов, которые возможно определить современными методами анализа (Lie et al., 2014, Дрогобужская и др., 2021).

Нами, с применением современного высокочувствительного анализа — ИСП-МС — определено содержание 15 лантаноидов в крови млекопитающих Сибири и Дальнего Востока для целей установления диапазонов колебания этих элементов, биологическая роль которых остается малоизученной, а рассеивание в биосфере увеличивается в следствии увеличения их использования во многих областях промышленности. Всего изучено 32 образца крови от трех видов животных: благородный олень (*Cervus elaphus*), кабан (*Sus scrofa*) и домашняя свинья (*Sus scrofa domesticus*).

Материал получен в результате работы коллектива Томского политехнического университета (ТПУ), Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВО РАН) и Дальневосточного геологического института ДВО РАН в течение 2020–2023 гг. на территории Приморского края, Республики Бурятия, Иркутской области, Забайкальского края, Республики Алтай и Республике Саха (Якутия). Кровь предварительно высушивалась при температуре 60 °С до сухого состояния, анализ проводился по стандартной методике в лаборатории ТПУ

Результаты показали, что наиболее часто встречаемые значения в выборке составляют минимальные, находящиеся ниже предела определения для этого вида анализа и составляющие значение менее 0.00005 в сухом веществе крови. Средние значения формируют аномалии, которые характерны для животных Приморского края. При этом, максимальные значения всех элементов пришлось на организм свиньи домашней из Ольгинского района Приморского края, за исключением европия, максимум которого зафиксирован в крови изюбря, обитающего в районе озера Телецкое Республики Алтай. Приводим в числителе среднее значение и в знаменателе максимальное содержание элементов для млекопитающих Сибири и Дальнего Востока: La 0.018/0.12; Ce 0.036/0.26; Pr 0.0029/0.031; Nd 0.011/0.11; Sm 0.0024/0.027; Eu 0.0014/0.026; Gd 0.0026/0.026; Tb 0.00038/0.004; Dy 0.0018/0.0197; Ho 0.0003/0.003; Er 0.00065/0.0079; Tm 0.00016/0.0012; Yb 0.0006/0.005; Lu 0.00013/0.0012. Суммарное накопление колеблется от 0.001 до 0.6 мг/кг. Наибольшая сумма характерна для животных Приморского края и Республики Бурятия (кабан). Максимальное накопление соответствует значениям, приводимым авторами (Lie et al., 2014), изучающими кровь работников промышленного предприятия по добыче редкоземельных элементов. Таким образом, результаты соответствуют литературным данным, полученным исследователями по другим территориям, из чего следует возможность применения средних показателей в качестве ориентиров для территории России.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РНФ №№ 20-67-47005, 20-64-47021, 24-64-00009.

ЛИТЕРАТУРА

Барановская Н.В., Рихванов Л.П., Игнатова Т.Н., Наркович Д.В., Денисова О.А. Очерки геохимии человека: монография. Томск: Дельтаплан. 2015. 378 с.

Барашиков Г.К. Медицинская бионеорганика: основы, аналитика, клиника. М.: Издательство БИНОМ, 2011. 512 с.

Драгобужская С.В., Кондаков С.Э., Белишева Н.К., Новиков А.И., Ихалайнен Е.С. Сравнение элементного анализа крови в интактном и сухом виде. Пористые мембраны как новый формат отбора проб // Вестник Московского университета. Сер. 2. Химия. 2021. Т. 62. № 2. С. 145–151.

Экология человека в изменяющемся мире / Колл. авторов. Изд. 2-е, доп. Екатеринбург: Уро РАН. 2008. 572 с.

Li X., Chen Z-b., Chen Z-q. Distribution and fractionation of rare earth elements in soil–water system and human blood and hair from a mining area in southwest Fujian Province, China // Environmental Earth Sciences. 2014. Т. 72. № 9. P. 3599–3608.

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА НАРУШЕННЫХ ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ТАЙМЫРА RECOVERY DYNAMICS OF DISTURBED FOREST-TUNDRA ECOSYSTEMS OF THE TAIMYR PENINSULA

Бондарев А. И.

Bondarev A. I.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНИЦ СО РАН, Красноярск; e-mail: abondarev@ksc.krasn.ru

The study presents the results of 30-year dynamics of forest, which comprise the northern limit of woody vegetation in the northern hemisphere on the Taimyr Peninsula and have been under the long-term impact of selective harvesting

by reindeer herders during seasonal migrations. The results of studies on six permanent sample plots established in monodominant sparse stands of Gmelin's larch (*Larix Gmelinii* (Rupr.) Rupr.) in 1990 indicate that the total number of living trees increased on all sample plots in the range from 10 to 158 trees per 1 ha. No correlations were found between the initial density and the number of recruitment. Changes in stand structure resulted from an increase in the number of dead-top trees in the scale from 32 to 192 trees and dead trees from 21 to 140 individuals, of which 72% are standing dead trees. In respect to the number of trees, the process of stand degradation obviously prevails compared to the recruitment of new individuals into the tree population. In general, the productive part of stands in terms of stem wood stock increase on average by 28%, which comprise 0.9% annually over the 30-year period.

Исследования проводились на полуострове Таймыр на территории участка Ары-Мас (Ары-Мас, 1978) Таймырского государственного биосферного заповедника. Участок расположен в 50 км в северо-западном направлении от п. Хатанга на правом берегу р. Новой левого притока р. Хатанга в среднем ее течении. Уникальность Ары-Маса обусловлена наличием достаточно большого массива лиственничных древостоев, изолированного от зональной лесотундры полосой южных тундр шириной до 35 км в южном направлении и до 15 км в юго-западном направлении. Эта особенность участка определила его включение в состав Таймырского заповедника.

Объект исследования представлен редкостойными монодоминантными разновозрастными древостоями из лиственницы Гмелина (*Larix Gmelinii* (Rupr.) Rupr.), формирующими северную границу островного распространения древесной растительности в лесотундровом экотоне Северного полушария (Толмачев, 1931).

Основным фактором антропогенных нарушений являлась эпизодическая вырубка отдельных деревьев оленеводами, посещавшими территорию во время сезонных кочевок. Вырубалась преимущественно дровяная древесина, использовавшаяся в качестве топлива. В результате таких своеобразных санитарных рубок, имевших место на протяжении десятков и сотен лет, формировались древостои с практически полным отсутствием крупных древесных остатков (КДО) в виде сухостойной и валежной древесины, на что указывали еще первые исследователи этой территории (Тюлина, 1937). По исследованиям сотрудников Таймырского заповедника (Панкевич и др., 2006) преобладание следов рубок в низкополнотных древостоях и редианах является вероятной причиной их образования. Однако в силу длительности воздействия рубок на древесные экосистемы заповедника их интенсивность достаточно сложно оценить, поскольку наряду с вырубкой отдельных деревьев постоянно шел процесс формирования за счет поступления новых особей в состав древостоя.

С созданием заповедника в 1979 г., вырубка деревьев сократилась, но эпизодически продолжалась до начала 90-х годов прошлого века, поскольку оленеводам был разрешен прогон домашних оленей через территорию участка. С развалом совхозов, занимавшихся оленеводством, изъятие древесины прекратилось полностью и начался процесс восстановления естественной структуры древостоев.

Исследования восстановительной динамики проводились на 6 постоянных пробных площадях, заложенных в редколесьях Ары-Маса в 1990 г. Повторная инвентаризация была проведена в 2020 г., что позволило оценить изменения в структуре и продуктивности древесного яруса за 30-летний период.

За прошедший период общее количество живых деревьев увеличилось на всех объектах в диапазоне от 10 до 158 экземпляров в расчете на 1 га; при этом корреляции между исходной густотой и количеством вновь появившихся экземпляров не отмечено. В то же время в структуре древостоев произошли существенные изменения за счет увеличения количества суховершинных деревьев (от 32 до 192 экземпляров) и погибших (от 21 до 140 экземпляров), из которых 72% представлены сухостойными деревьями. Таким образом, по числу экземпляров явно превалирует процесс деградации древостоев по сравнению с поступлением новых особей в состав древостоев. В то же время отмечено увеличение продуцирующей части древостоев по запасу стволовой древесины, которое за 30-летний период составило в среднем 28% или 0.9% в годовом выражении.

ЛИТЕРАТУРА

Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность. Л.: Наука. 1978. 192 с.

Панкевич С.Э., Карбаинов Ю.М., Зиганишин Р.А. Исторические аспекты рубок в лесничестве «Лукунское» // Исследование природы Таймыра. Красноярск: ИЛ СО РАН. 2006. Вып. 5. С.77–84

Толмачев А.И. О распространении древесных пород по северной границе лесов в области между Енисеем и Хатангой // Тр. Полярной комиссии АН СССР. 5.1931. Вып. С. 1–29.

Тюлина Л.Н. Лесная растительность Хатангского района у ее северного предела. // Труды Арктического института. Геоботаника. Т. LXIII. Л. 1937. С. 83–180.

**МИКРОЭКОСИСТЕМЫ КРИОКОНИТОВ ВЫСОКОГОРИЙ АЛТАЯ
(ЛЕДНИК ВОСТОЧНЫЙ МУГУР)**

**MICROECOSYSTEMS OF CRYOCONITES IN THE HIGH MOUNTAINS OF ALTAI
(EASTERN MUGUR GLACIER)**

Власов Д. Ю.¹, Кирцидели И. Ю.², Кобзева У. М.¹, Рябушева У. Д.³, Родина О. А.⁴,
Егорова К. А.¹, Ганюшкин Д. А.¹, Тихомирова И. Ю.³, Лесовая С. Н.¹
Vlasov D. Yu.¹, Kirtsideli I. Yu.², Kobzeva U. M.¹, Ryabusheva U. D.³, Rodina O. A.⁴,
Egorova K. A.¹, Ganushkin D. A.¹, Tikhomirova I. Yu.³, Lessovaia S. N.¹

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;
e-mail: dmitry.vlasov@mail.ru, sofia.lessovaia@mail.ru*

²*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: microfungi@mail.ru*

³*Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена; e-mail: ryabysheva1411@gmail.com*

⁴*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: oksid93@bk.ru*

Cryoconites include both mineral and biological components and contribute to the accelerated melting of ice. Cryoconites are microecosystems in which bacteria, microscopic algae and fungi, and protists are present. The appearance of microorganisms in such places is associated with their transfer by air. Microbiome of cryoconites on the Eastern Mugur glacier in the southeastern part of Altai was studied. The material for the study was taken from cryoconites at an altitude of more than 3000 m. The presence of microorganisms in cryoconites was demonstrated by different methods. The main attention is paid to metagenomic research. Changes in the mycobiome composition of cryoconites along the altitudinal gradient are shown. Actinobacteria dominated in cryoconites. Closer to the edge of the glacier, the proportion of proteobacteria in cryoconites noticeably increases which is probably due to the transfer of moraine material. The most obvious differences between cryoconite microecosystems appear at the level of bacterial families.

Криокониты представляют собой темноцветные отложения, которые аккумулируются на поверхности ледника и включают в себя как минеральную, так и биологическую составляющую (Cook et al., 2016). В местах образования криоконитов происходит ускоренное таяние льда и формируются так называемые «ледниковые стаканы», в которых накапливаются различные микроорганизмы (бактерии, микроскопические водоросли и грибы, протисты). Перенос пропагул таких микроорганизмов может происходить с воздушными потоками. Исследования микробиома криоконитов проводились преимущественно в Арктике и Антарктике (Зазовская и др., 2022). Цель данной работы состояла в исследовании состава первичных микробных сообществ криоконитов на леднике Восточный Мугур в юго-восточной части Алтая.

Материал для исследования отбирали из криоконитов на высоте более 3000 м. Содержание органического углерода, определенное по методу Тюрина, очень низкое и не превышает 0.25%. В минеральной части образцов преобладают кварц и полевые шпаты, в меньшей степени – слюды.

Проводили прямое микроскопирование и фотосъемку содержимого ледниковых стаканов, а также посеы на среды для грибов и цианобактерий. Микробиом криоконитов изучали с использованием метагеномного анализа по нуклеотидной последовательности гена 16S рРНК с использованием праймеров из протокола metagenomic-library-prep-guide (ООО «Бигль»). Анализ разнообразия производили с использованием пакета программ Qiime (версия 1.9.0) по стандартному протоколу. Таксономическая структура была определена сравнением с базой данных Greengenes.

Микроскопические исследования показали присутствие в пробах морфологических структур, характерных для микроскопических водорослей, микроскопических грибов и протистов. В результате метагеномного исследования установлено соотношение основных групп микроорганизмов в криоконитах

на разной высоте ледника. Отмечены заметные изменения в составе микобиома по мере снижения высоты отбора проб. В наиболее высокой точке (3119 м) преобладали представители фило *Actinobacteriota* (94%). По мере снижения высоты (3031 м) и приближения к краю ледника отмечается тенденция снижения доли участия актинобактерий в микробиоме криоконитов, хотя она и остается высокой. При этом существенно возрастает родовое разнообразие актинобактерий. Среди них выделяются роды *Parafrigoribacterium* (15.3%) и *Galbitalea* (9.8%). Наиболее наглядно различия между пробами криоконитов проявляется на уровне семейств. Если на максимальной высоте отмечалось абсолютное доминирование актинобактерий из семейства *Kineosporiaceae* с преобладанием рода *Angustibacter*, то ближе к краю ледника наиболее высокая доля участия приходится на актинобактерии из семейства *Microbacteriaceae*. В числе бактерий, выявленных в криоконитах, есть представители, характеризующиеся широкой экологической амплитудой, а также психрофильностью и экстремофильностью. Вероятно, актинобактерии оказались наиболее адаптированными к экстремальным условиям, складывающимся в криоконитах на Восточном Мугуре. Ближе к краю ледника в криоконитах заметно увеличивается доля протеобактерий и отмечается усложнение микробного сообщества, что, вероятно, обусловлено заносом моренного материала с характерными для него микроорганизмами.

Работа выполнена при поддержке РФФ, проект № 22-67-00020.

ЛИТЕРАТУРА

Зазовская Э.П., Мергелов Н.С., Шишков В.А., Долгих А.В., Добрянский А.С., Лебедева М.П., Турчинская С.М., Горячкин С.В. Криокониты как факторы развития почв в условиях быстрого отступления ледника Альдегонда, Западный Шпицберген // Почвоведение. 2022. № 3. С. 281–295. doi:10.31857/S0032180X22030157

Cook J., Edwards A., Takeuchi N., Irvine-Fynn T. Cryoconite: the dark biological secret of the cryosphere // Progress in Physical Geography. 2016. V. 40. № 1. P. 66–111. doi:10.1177/0309133315616574

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ И ХВОЕ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМБИНАТА «СЕВЕРНИКЕЛЬ»

CONTENT OF HEAVY METALS IN SNOW COVER AND JUNIPER NEEDLES IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE SEVERONICKEL PLANT

Волкова Е. Н., Лянгузова И. В.

Volkova E. N., Lyanguzova I. V.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: elena_volkova.mg@mail.ru

The work analyzed the content of heavy metals in juniper needles of different ages collected at the end of the summer period, and in snow cover samples taken during the period before the onset of active snowmelt. It has been shown that with distance from the copper-nickel plant (Murmansk region, Russia), the concentration of copper and nickel in samples of snow sediment, snow water and needles of *Juniperus communis* L. decreases. Snow analyses indicate long-range transport of fine polymetallic dust from atmospheric emissions of the plant. In all investigated samples of juniper needles the content of heavy metals (Ni, Cu, Co, Fe) increases with increasing age of needles irrespective of the level of habitat pollution, while the content of Mn decreases and the concentrations of macroelements (Ca, Mg, K) vary irregularly.

Промышленная добыча и переработка полезных ископаемых на Кольском полуострове способна нести большие экологические риски в связи с низкой способностью к самовосстановлению растительных сообществ северных широт. Реабилитация и устойчивое развитие районов горнопромышленных работ во многом зависит от понимания механизмов воздействия и коррекции техногенной нагрузки. Анализ снежного покрова может дать надежные сведения об атмосферном переносе загрязняющих веществ на дальнее расстояние (Воробьевская и др., 2020). В то же время анализ хвои можжевельника дает нам представление о многолетнем накоплении металлов непосредственно в растениях.

В данной работе проведен анализ содержания тяжелых металлов в хвое можжевельника разного возраста, собранной в конце летнего периода, и в пробах снежного покрова, отобранных перед началом активного снеготаяния. Отбор проб осуществлялся на пробных площадях, где ведется многолетний мониторинг. Пробные площади располагаются в сосновых лесах на территории буферной и импактной зон комбината «Североникель». Также проводили отбор в фоновых районах, не испытывающих воздействия локальных источников загрязнения.

Образцы снега растапливали с последующей фильтрацией для отделения нерастворимого осадка. Отбор хвои проводили с десяти кустов можжевельника (*Juniperus communis* L.) на каждой пробной площади и в фоновом районе, затем хвою разделяли на 1-, 2-летнюю и текущего года. Содержание Ni, Cu, Co, Pb, Cd, Fe, Mn, Mg, K в снеговой воде, твердых осадках из снега и в хвое *Juniperus communis* определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Показано, что по мере удаления от комбината «Североникель» содержание тяжелых металлов в образцах снеговой воды, твердого осадка и хвое можжевельника уменьшается. В фоновом районе Кольского полуострова концентрации Ni и Cu в снеговой воде находятся на пределе их обнаружения и не превышают 0.08 мг/л. Однако, в образцах твердого осадка содержание Ni составляет в среднем 1.6 мг/кг, а Cu — 0.1 мг/кг, что в 10-20 раз больше, чем в снеговой воде. Это свидетельствует о дальнем переносе мелкодисперсной полиметаллической пыли из атмосферных выбросов комбината «Североникель». На территории импактной зоны концентрация Ni в образцах снега превышает его фоновое содержание в 3-6 раз, Cu — в 2-4 раза. Сопоставление концентраций тяжелых металлов в жидкой и твердой фазах снега из импактной зоны показывает значительное преобладание твердых техногенных частиц по отношению к водорастворимым формам тяжелых металлов: содержание твердых частиц Ni превышает водорастворимые формы этого металла в 20 раз, а Cu — в 7.5 раз.

Во всех исследованных образцах хвои можжевельника содержание тяжелых металлов (Ni, Cu, Co, Fe) возрастает с увеличением возраста хвои независимо от уровня загрязнения местообитаний, при этом содержание Mn уменьшается, а концентрации макроэлементов (Ca, Mg, K) варьируют закономерно. Сравнительный анализ образцов одновозрастной хвои можжевельника, произрастающего по градиенту аэротехногенного загрязнения, выявил особенно резкое увеличение содержания тяжелых металлов в его хвое на территории импактной зоны: здесь содержание Ni превышает его фоновую величину в 7-26 раз, а Cu — в 3-20 раз. Аналогичные закономерности возрастания содержания тяжелых металлов и одновременного уменьшения содержания Mn в ассимиляционных органах других видов растений по мере приближения к источнику загрязнения регистрировали и ранее (Лянгузова, 2016).

ЛИТЕРАТУРА

Воробьевская Е.Л., Седова Н.Б., Слипичук М.В., Цымбал М.Н. Геоэкологические исследования снега и поверхностных вод в зимний период в центральной части Кольского полуострова // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 64–70.

Лянгузова И.В. Тяжелые металлы в северотаежных экосистемах России. Saarbrücken, Germany. 2016. 260 с.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТПИРОГЕННЫХ БОЛОТ В МЕЖДУРЕЧЬЕ ПУРА И НАДЫМА

BIOGEOCHEMICAL FEATURES OF POST-PYROGENIC BOGS IN THE INTERFLUEVE REGION OF THE PUR AND NADYD

Гашкова Л. П.
Gashkova L. P.

Сибирский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск; e-mail: gashkova-lp@rambler.ru

The purpose of our study was to identify the features of recovery after a fire of the bog located in the forest-tundra zone of Western Siberia. In two areas of the bog, one of which was pristine and the other burned out 6 years ago, samples

of plants and peat in the root layer were collected. In all selected samples, the content of elements was determined by mass spectrometry. Regional features of the palsa mire that the upper peat layer of both areas is enriched in P, Mg, K, Ca and Mn. *Chamaedaphne calyculata* in the forest-tundra, compared to taiga plants, more actively concentrate Na, Fe and Pb, and contain less Ca, Mn, K and P. *Sphagnum fuscum* on the palsa mire contains more K, Mn and Zn, and less Pb than the plants selected in the taiga zone. Post-pyrogenic areas in the forest-tundra are indicated by increased concentrations of Cd, P and Zn in the upper peat layer; Mn, Zn and Cd accumulate in plants.

Пожары на болоте кардинально меняют параметры поверхности торфяной залежи, доступность элементов для растений (Chungu et al., 2020; Terzano et al., 2021). Цель данной работы состояла в выявлении особенностей накопления элементов растениями ненарушенных и постпирогенных болот. В качестве объектов исследования выбраны два участка плоскобугристого болота. Для выполнения поставленной цели мы определили уровни содержания элементов в растениях (*Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr, *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench) и верхнем слое торфа на фоновом и постпирогенном участке. Кроме того, для выявления региональных особенностей восстановления плоскобугристого болота, пробы отбирались на аналогичных болотах в таёжной зоне Западной Сибири. Подробное описание исследованных участков публиковалось ранее (Синюткина и др., 2024). Содержание элементов Na, Mg, P, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd и Pb проанализировано методом масс-спектрометрии.

Полученные нами результаты по содержанию элементов в торфе показали, что на постпирогенном участке достоверно повышено содержание Cd, Zn и Pb в верхнем слое торфа. Наиболее значимые отличия отмечены во всех пробах торфа с участков плоскобугристого болота, и выражались в повышении содержания P до 4 раз. *S. fuscum* содержит более высокие концентрации Mn, Zn и Cd, а *C. calyculata* — Mn, Pb, Fe, Cu, Zn и Cd на постпирогенных участках, по сравнению с фоновыми. Кроме того, полученные нами данные по содержанию элементов в растениях обнаружили видоспецифичность для каждого из рассмотренных видов. Для растений *S. fuscum*, отобранных на всех исследованных участках, характерно накопление Na, Pb и Fe, и низкое содержание Ca и P, в то время как *C. calyculata* содержит больше Mn и меньше Pb, чем обнаружено в тканях других видов. Региональные особенности наиболее сильно проявляются в самом верхнем слое торфа, на повышенных участках микрорельефа. По сравнению с аналогичными пробами, отобранными в таёжной зоне, в торфе плоскобугристого болота зафиксировано низкое содержание Na, Fe и Pb, высокое содержание P, Mg, K, Ca и Mn. Отличия болот лесотундровой зоны коснулись и соотношения элементов в торфе. Отношение Mn/Fe на таёжных болотах ниже на два порядка, в то же время значения окислительно-восстановительного потенциала достоверно выше, чем на плоскобугристом болоте. Концентрация элементов Na и P в растениях *C. calyculata* и торфе отрицательно, а K положительно коррелирует с кислотностью, окислительно-восстановительным потенциалом, электропроводностью и температурой болотной воды. Сравнение полученных нами данных по содержанию элементов в растениях разных регионов показало, что *S. fuscum* из проб, отобранных в лесотундровой зоне, содержит достоверно больше Cd, Zn и Mn, а *C. calyculata* Cd, Zn, Mn, Pb, Fe, P и Cu, чем те же виды, обитающие на болотах таёжной зоны. Особенности лесотундровых растений также проявляются в реакции на последствия от пожаров. Например, концентрация элементов Ca, Fe, P и Cu в *S. fuscum* выше на постпирогенных участках таёжных болот, в то же время как на плоскобугристом болоте содержание данных элементов выше на ненарушенном участке.

Таким образом, в результате проведённого исследования установлено, что на постпирогенном участке болота спустя 6 лет после пожара сохраняются изменения, вызванные выгоранием растительности. Постпирогенные изменения болота зависят от местных геохимических условий и различаются в разных регионах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 22-77-10024.

ЛИТЕРАТУРА

- Синюткина А.А., Гашкова Л.П., Харанжевская Ю.А. Пирогенное изменение болотной растительности и торфа в Западной Сибири // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2024. № 1. С. 78–88.
- Chungu D., Ng'andwe P., Mubanga H. Fire alters the availability of soil nutrients and accelerates growth of *Eucalyptus grandis* in Zambia // Journal of Forestry Research. 2020. Vol. 31. P. 637–1645.

Terzano R., Rascio I., Allegretta I. Fire effects on the distribution and bioavailability of potentially toxic elements (PTEs) in agricultural soils // *Chemosphere*. 2021. Vol. 281. P. 130752.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ ПЫЛЕНИЯ
ХВОСТОХРАНИЛИЩА АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД
STUDY OF THE LAWN VEGETATION UNDER THE APATITE-NEPHELINE
ORE TAILINGS DUSTING**

Горячев А. А.¹, Компанченко А. А.²
Goriachev A. A.¹ Kompanchenko A. A.²

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.goryachev@ksc.ru
²Геологический институт ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты,
Мурманская область; e-mail: a.kompanchenko@ksc.ru

The research made an attempt to connect the dynamics of the lawn vegetation with the aerotechnogenic load from dusting the apatite-nepheline ores tailings dump. The research results of the lawn grass mixture vegetation with a predominance of perennial ryegrass *Lolium perenne* L., planted at different distances from the tailings dump (300, 3400, 6100, 8400 m) in the same composition soil are presented. During the research, the concentration of dust particles in the atmospheric air, as well as the root and above-ground biomass were measured. An increase in grass biomass was established with distance from the man-made object — at a distance of 300 m, the above-ground biomass was 2.2 g/dm², at a distance of 8400 m — 3.3 g/dm². Over a large area, tailings dump can affect the lawn grasses vegetation due to surface dusting and also, probably, due to the microclimate that forms near such objects.

На урбанизированных территориях Мурманской области зеленые пространства постоянно подвержены различным видам антропогенного воздействия, что, наряду с климатическими условиями, зачастую является основной причиной их неудовлетворительного состояния. Значительное число исследований по данной тематике проведено сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН и Полярной опытной станции ВИР (Святковская и др., 2015, Святковская и др., 2017). Данное исследование направлено на выявление закономерностей развития газонных трав в зависимости от удаления от хвостохранилища апатит-нефелиновых руд, оказывающего аэротехногенную нагрузку на прилегающие экосистемы и здоровье населения г. Апатиты.

В ходе исследования производили измерение концентрации пылевых частиц (PM_{2.5} и PM₁₀) в атмосферном воздухе города (ежедневно в дни без осадков) и отбор проб пыли с последующим изучением вещественного состава. Для исследования развития газонных трав была использована травосмесь следующего состава: райграс многолетний (*Lolium perenne* L.) — 45%, овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) — 25%, овсяница красная красная (*Festuca rubra* subsp. *rubra*) — 15%, овсяница красная жесткая (*Festuca rubra* subsp. *commutata*) — 10%, мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) — 5%. Газонную травосмесь высаживали на площадки (70x30 см) в почву одинакового состава в четырех точках на разном удалении от пляжа хвостохранилища апатит-нефелиновых руд: I — 300 м, II — 3400 м, III — 6100 м, IV — 8400 м. На площадках с растительностью также измеряли концентрацию пыли (PM_{2.5} и PM₁₀) в приземном слое атмосферного воздуха (пять раз за месяц), контролируемым параметром развития растительности была биомасса корней и надземной части. Исследование проведено в летний период 2023 года.

В результате мониторинга пыления были выявлены следующие закономерности. Поверхностный сток и испарение способствуют быстрому высыханию поверхности пляжа, пыление возобновляется в интервале от несколько часов до 1–2 суток после выпадения осадков. На экспериментальных участках концентрация взвешенных веществ в точках I и II была схожей — 0.11 мг/м³, тогда как в точках III и III она была ниже и составила 0.09 мг/м³. В то же время, в черте города Апатиты отмечено несколько случаев превышения ПДК_{м.р.} — один раз в июне и два раза в июле. Максимальная

зафиксированная концентрация частиц $PM_{2.5}$ составила 0.28 мг/м^3 , частиц PM_{10} — 1.13 мг/м^3 . В процессе изучения минерального состава хвостов и атмосферной пыли было установлено, что минералом, указывающим на связь пылевого загрязнения воздуха с хвостохранилищем, может служить содалит $Na_4Si_3Al_3O_{12}Cl$, который является характерным для апатит-нефелиновых руд Хибинского массива и легко диагностируется по свечению оранжевым цветом в УФ-свете. В пробах атмосферной пыли содалит присутствовал в виде единичных зерен и малочисленных сростков с нефелином. Помимо хвостохранилища значительную нагрузку на атмосферный воздух оказывают транспорт и иные промышленные предприятия.

Показатель биомассы корневой и надземной части экспериментальных образцов изменялся прямо пропорционально расстоянию от поверхности пляжа хвостохранилища. Во всех случаях, кроме ближайшей к хвостохранилищу точки, биомасса корневой части была выше надземной. Наибольшее значение зафиксировано на удалении 8400 метров, где биомасса корневой части составила 3.5 г/дм^2 , надземной — 3.3 г/см^2 .

В ходе исследования было установлено, что хвостохранилище способно влиять на рост и развитие газонных трав. Учитывая совокупность факторов климата и постоянной техногенной нагрузки, целесообразно проведение исследования по подбору оптимального состава газонных травосмесей. Внимание должно быть сфокусировано не только на формировании густого травостоя, но и на способности задерживать минеральные пылевые частицы за счет различия в шероховатости листовой пластины. Это позволит выработать адаптированные рекомендации по оформлению городской среды для арктических городов, подверженных пылевой нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

Святковская Е.А., Гонтарь О.Б., Тростенюк Н.Н., Калашикова И.В., Жиров В.К. Гарденотерапия как составная часть социальной адаптации и профориентации для обучающихся с интеллектуальными нарушениями // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2015. № 3. С. 244–262.

Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н., Гонтарь О.Б., Салтан Н.В., Шлапак Е.П. Особенности создания скверов на урбанизированных территориях Кольского Севера на современном этапе // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира. 2017. С. 501–504.

МХИ ПОСЕЛКА ПЛЕСОЗЕРО (КАНДАЛАКШСКИЙ РАЙОН)

MOSSSES OF THE PLESOZERO SETTLEMENT (KANDALAKSHA DISTRICT)

Другова Т. П.

Drugova T. P.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: darktanya@mail.ru*

Mosses of Plesozero settlement studied for the first time. Bryofloristic diversity of Plesozero is pour and consists mainly of common forest species, mosses of wet habitats and eroded soils. Check-list of mosses includes 59 species, 2 of them are rare: *Trichodon cylindricus* and *Pohlia camptotrachela*.

Проведено исследование флоры мхов поселка Плесозеро (Кандалакшский район). Поселок Плесозеро расположен в юго-западной части Кольского полуострова на правом берегу реки Нива в 17 км севернее от места ее впадения в Белое море. Он окружен сосновыми лесами, большей частью кустарничково-зеленомошными. Имеются отдельные вкрапления сырых и заболоченных участков с преобладанием травяного покрова и сфагновых мхов в напочвенном ярусе. Площадь поселка небольшая около 0.5 км^2 . Зона застройки представлена дачными коттеджами и приусадебными участками.

В августе 2023 года в поселке было проведено бриофлористическое исследование территории, как самого поселка, так и прилегающего русла реки Нива и лесных сообществ. Особое внимание уделено эродированным песчаным берегам реки Нива, как потенциальным местам произрастания ряда редких мхов. Собрано и определено около 150 образцов мхов, которые хранятся в гербарии КРАВГ. На основе полученных данных составлен список, насчитывающий 59 видов. Названия видов приведены по Hodgetts et al. (2020).

Видовой состав мхов малочисленный, что связано, во-первых, с небольшой площадью поселка, во-вторых, со скудным разнообразием экотопов. Бриофлора поселка сложена в основном мхами нарушенных почв, обычными напочвенными мхами таежных лесов с большим участием гигрогидрофитов.

Набор мхов антропогенно трансформированных экотопов поселка (дачные участки, дороги, пустыри) представлен обычными мхами — синантропами (*Ceratodon purpureus*, *Bryum* spp., *Funaria hygrometrica*, *Polytrichum piliferum* и др.)

Отсутствие выходов горных пород и камней послужило выпадением из флоры мхов этой территории целого ряда эпилитов, распространенных как в горах области, так и в предгорьях при наличии там каменистых субстратов. Из эпилитных мхов в поселке отмечены лишь два — *Cynodontium strumiferum* и *Bartramia ithyphylla*. В отсутствие подходящих субстратов на равнине они способны переходить на древесину, корневые вывороты и песчаники. Многочисленные их находки в Плесозере приурочены к песчаным берегам реки Нива (оба вида), а также гнилым пням (*C. strumiferum*).

Подавляющее большинство окружающих Плесозеро лесов довольно сухие бруснично-зеленомошные и воронично-зеленомошные сосняки с плохо развитым фрагментарным моховым покровом, состоящим в основном из *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Polytrichum commune* и *Pohlia nutans*. В местах с большим увлажнением состав моховой подстилки меняется — появляются такие лесные мхи как *Rhodobryum roseum*, *Hylocomiadelphus triquetrus*, *Rhytidiadelphus subpinnatus* и *Plagiomnium ellipticum*. Обращает на себя внимание малое количество мхов, произрастающее на древесине. Комли и сосновые пни в основном заселяют эвритоппные бриофиты — *Pohlia nutans*, *Sciuro-hypnum* spp., *Dicranum* spp., *Pleurozium schreberi*. Не было отмечено ни одного облигатного эпифита и эпиксила, что вероятно обусловлено сухостью сосняков и особенностями коры стволов сосен.

В южной части поселка, а также в средней части вблизи железнодорожной ветки имеются небольшие заболоченные понижения, с травяно-сфагновыми сосновыми лесами с примесью березы. В этих экотопах отмечены все сфагновые мхи — *Sphagnum annulatum*, *S. girgensohnii*, *S. russowii*, *S. squarrosum*, *S. papillosum*, *S. teres*, а также другие виды заболоченных и переувлажненных местообитаний: *Aulacomnium palustre*, *Plagiomnium medium*, *Sarmentypnumex annulatum* и др.

Особый интерес представляло собой изучение прибрежной зоны реки Нива, поскольку ранее изученные участки этой реки в районе поселка Нивский, городов Кандалакша и Полярные Зори изобиливали рядом редких в регионе видов из рода *Schistidium* (Другова, 2007, Другова, 2014, 2019). Однако в районе Плесозера берега Нивы оказались полностью песчаными без камней и обломков горных пород, поэтому предполагаемые виды не были отмечены. Песчаные обрывистые берега здесь заселены в основном видами из рода *Pohlia*, предпочитающими подобные эродированные местообитания, а также видами прибрежных экотопов — *Philonotis fontana*, *Calliergonella lindbergii*, *Climacium dendroides*, *Campylium protensum*, *Ptychostomum pseudotriquetrum*, *Fissidens osmundoides*. В затененных нишах под нависающими травяными и кустарничковыми дерновинами обычны *Cynodontium strumiferum* и *Bartramia ithyphylla*.

По обрывистому берегу реки на песке обнаружены два редких в Мурманской области вида — *Trichodon cylindricus* и *Pohlia camptotrachela*. Первый внесен в ККМО (2014) с категорией охраны 3. Второй вид не подлежит охране, но помимо данной точки обнаружения в области встречен еще в трех также вблизи водоемов (города Полярные Зори и Кировск). Оба вида приурочены к почвенным обнажениям и нарушенным местам.

ЛИТЕРАТУРА

Другова Т.П. Листостебельные мхи города Полярные Зори (Мурманская область) // Вестник МГТУ. Т. 17. № 1. 2014. С. 128–138.

Другова Т.П. Листостебельные мхи поселка Нивский (Мурманская область) // Вестник КНЦ РАН. 2019. № 3. С. 13–32.

Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Отв. ред. Н.А. Константинова, А.С. Корякин, О.А. Макарова. Кемерово: Азия Принт. 2014. 584 с.

Drugova T.P. Mosses of Kandalaksha City (Murmansk Province, North-west Russia) // *Arctoa*. 2007. Vol. 16. P. 145–152.

Hodgetts N.G., Söderström L., Blockeel T.L., Caspari S., Ignatov M.S., Konstantinova N.A., Lockhart N., Papp B., Schröck C., Sim-Sim M. et al. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus // *Journal of Bryology*. 2020. Vol. 42. Issue 1. P. 1–116.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ И ПОЧВЕННЫХ ВОДАХ В ФОНОВЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ASSESSMENT OF CARBON CONTENT IN ATMOSPHERIC DEPOSITION AND SOIL WATER IN BACKGROUND FOREST ECOSYSTEMS OF THE MURMANSK REGION

Ершов В. В., Сухарева Т. А., Рябов Н. С.
Ershov V. V., Sukhareva T. A., Ryabov N. S.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.ershov@ksc.ru*

The carbon content in atmospheric precipitation and soil water in undisturbed terrestrial ecosystems of the northern taiga zone of the Murmansk region of Russia was assessed. The objects of our research were the most common dwarf shrub-green moss spruce forests and lichen-dwarf shrub pine forests of the boreal zone. The study was carried out on permanent plots between 1999 and 2020. The long-term dynamics of carbon concentrations in snow demonstrated a trend towards increasing carbon concentrations in forested and treeless areas of the Murmansk region. It was shown that in representative spruce and pine forests, the concentrations and atmospheric precipitation of carbon compounds and carbon leaching with soil water were higher below the tree crowns, compared to between the crowns. In soil water, a decrease was found in carbon concentration with the soil profile depth.

Мурманская область — самый северный регион европейской части России и полностью входит в Арктическую зону Российской Федерации. Углерод является основным компонентом атмосферных осадков, он происходит как из биогенных, так и их антропогенных источников. Актуальной задачей при проведении биогеохимических исследований является оценка количественного поступления углерода с атмосферными выпадениями в лесные экосистемы. Большинство почвенно-химических реакций осуществляется в почвенном растворе, который имеет огромное значение для процессов почвообразования, минерального питания растений, жизнедеятельности почвенной биоты. Растворенное органическое вещество (РОВ) в почвах играет важную роль в биогеохимических циклах углерода, азота и фосфора, почвообразовании и миграции поллютантов. Наиболее важными источниками РОВ в почвах являются подстилка и гумус. Долговременные исследования миграции РОВ в почвах и их выноса за пределы почвенной толщи на территории России немногочисленны (Лукина и др., 1996; Султанбаева и др., 2013).

Объекты и методы исследования подробно рассмотрены в научных статьях, опубликованных нами ранее (Ершов и др., 2020; Ershov et. al., 2024).

В северотаежных лесах на фоновых территориях концентрации углерода в снеговых и дождевых водах в подкروновых пространствах выше, чем в межкروновых пространствах и на открытой территории, что свидетельствуют о смыве и выщелачивании соединений элементов из растительных тканей. Концентрации углерода в снеге сосняка лишайниково-кустарничкового в подкروновых и межкروновых пространствах до 2 раз выше по сравнению с ельником и безлесной территорией. В дождевых водах концентрации углерода в еловых лесах под кронами деревьев до 2 раз выше, чем в сосняках, что связано с более мощным пологом ели по сравнению с сосной. Многолетняя динамика концентраций углерода в атмосферных выпадениях в северотаежных лесах демонстрирует значительную вариабельность. В снеге, в последние годы, наблюдается тренд увеличения концентраций углерода в ельнике кустарничково-зеленомошном под кронами деревьев и в сосняке лишайниково-кустарничковом, как под кронами, так и между крон деревьев.

Выпадения углерода со снегом в подкроновых и межкроновых пространствах достоверно не различаются. Выпадения углерода с дождем в северотаежных лесах под кронами значительно выше,

чем между крон деревьев, количество осадков в межкروновых пространствах до 2 раз выше, чем в подкروновых. В еловых лесах выпадения углерода в подкроновых и межкроновых пространствах превышают таковые в сосновых лесах.

Концентрации углерода в еловых и сосновых лесах под кронами деревьев в водах из органогенного горизонта почв — до 6 раз, в водах из элювиального горизонта почв — до 3.5 раз, в водах из иллювиального горизонта почв ельника — до 2.5 раз выше по сравнению с межкроновыми пространствами.

В сосняке лишайниково-зеленомошно-кустарничковом концентрации углерода до 2 раз выше, чем в ельнике кустарничково-зеленомошном и сосняке лишайниково-кустарничковом. В межкроновом пространстве концентрации углерода в водах из органогенных и минеральных горизонтов почв сосновых лесов, в большинстве случаев, достоверно выше, чем еловом лесу. Это можно объяснить большим содержанием углерода в органогенном горизонте почвы сосновых лесов по сравнению с еловыми. Многолетняя динамика концентраций углерода в водах северотаежных лесов в водах из всех горизонтов почв демонстрирует значительную вариабельность. Среднегодовой вынос углерода с водами из органогенного и минеральных горизонтов почв в подкроновых пространствах ельника и сосновых лесов достоверно выше, чем в межкроновых пространствах. Межбиогеоценотические различия выноса углерода с почвенными водами из органогенных и минеральных горизонтов аналогичны закономерностям, описанных для концентраций данных элементов.

Работа выполнена в рамках ВИП ГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах».

ЛИТЕРАТУРА

Ершов В.В., Лукина Н.В., Данилова М.А., Исаева Л.Г., Сухарева Т.А., Смирнов В.Э. Оценка состава дождевых выпадений в хвойных лесах на северном пределе распространения при аэротехногенном загрязнении // *Экология*. 2020. № 4. С. 265–274.

Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения / *Апатиты: Изд-во КНЦ РАН*. 1996. 216 с.

Султанбаева Р.Р., Копчик Г.Н., Смирнова И.Е., Копчик С.В. Поступление и миграция растворимого органического углерода в почвах лесных экосистем подзоны широколиственно-хвойных лесов // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. 2015. № 4. С. 37–42.

Ershov V., Sukhareva T., Ryabov N., Ivanova E., Shtabrovskaya I. Estimation of Carbon and Nitrogen Contents in Forest Ecosystems in the Background Areas of the Russian Arctic (Murmansk Region) // *Forests* 2024. Vol. 15 (1). 29 p.

ТЕРМОФИЛЬНЫЕ НЕФТЕРАЗЛАГАЮЩИЕ БАКТЕРИИ ПОЧВОГРУНТОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

THERMOPHILIC OIL-DEGRADING BACTERIA OF RAILWAY SOILS IN THE NORTH-WESTERN REGION

Журавлева А. С.¹, Вертебный В. Е.¹, Хомяков Ю. В.¹, Панова Г. Г.¹,
Андронов Е. Е.², Галушко А. С.¹
Zhuravleva A. S.¹, Vertebny V. E.¹, Khomyakov Yu. V.¹, Panova G. G.¹,
Andronov E. E.², Galushko A. S.¹

¹ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург; e-mail: zhuravlan@gmail.com

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), Санкт-Петербург

Using metagenomic methods, microbial communities in samples of railway soils contaminated with oil products (1.91–2.67 mass %) taken in the city of Luga (Leningrad region) and the city of Pushkin (St. Petersburg) were studied. The presence of anaerobic thermophilic bacteria of the genus *Caloribacterium* sp. was revealed in samples of railway soils contaminated with oil products (1.91–2.67 mass %) taken in the city of Pushkin (St. Petersburg). Representatives

of this genus occupy a significant part of these bacterial communities. Cultivable aerobic oil-degrading thermophilic bacteria isolated by conventional microbiological methods were identified as representatives of the genera *Aeribacillus* and *Geobacillus*. Their ability to use various hydrocarbon substrates was characterized.

Антропогенно измененные почвы и грунты рядом с железнодорожными магистралями с нарушенным или отсутствующим растительным покровом подвергаются повышенному нагреванию в жаркие периоды года и характеризуются выраженной контрастностью температурного режима (Давыденко и др., 2020), а также наличием привнесенной чужеродной флоры и микрофлоры (Судакова, 2013). Таким образом, изучение микробных сообществ почвогрунтов вблизи железнодорожных магистралей и выявление присутствия в них термофильных микроорганизмов является целесообразным как в контексте исследования влияния антропогенной деятельности на экологическое состояние почв, так и для выявления культивируемых быстрорастущих и приспособленных к северному климату нефтеразлагающих бактерий и возможности их дальнейшего использования для биоремедиации нефтезагрязненных территорий.

С помощью лабораторных методик нами были ранее выявлены культивируемые термофильные аэробные бактерии, принадлежащие к родам *Geobacillus* и *Aeribacillus* (Журавлева и др., 2021) в двух образцах почвогрунтов железной дороги г. Луга с уровнем загрязнения нефтепродуктами 0.02–0.39 массовых %, в дальнейшем, было проведено исследование девяти образцов почвогрунтов г. Пушкин с загрязнением от следового до 2.67 массовых %. При этом, бактерии рода *Aeribacillus* присутствовали в 5 из 6 образцов грунтов с загрязнением ниже 1.91 массовых %, в которых отмечено наличие аэробных термофильных бактерий, культивируемых в лабораторных условиях. Для выделенных бактерий была показана их способность к использованию нефти, ацетата и бензоата натрия, гексадекана при температуре 60 °С. В грунтах с загрязнением 1.91 массовых % и выше, культивируемые аэробные термофильные бактерии обнаружены не были (Журавлева, 2022).

Исследования метагеномов микробных сообществ почвогрунтов показали чувствительность отдельных групп бактерий даже к низким уровням загрязнения. Выявлен, что доминирующий класс *Clostridia* в загрязненных нефтепродуктами (2.67 и 1.91 массовых %) образцах грунтов г. Пушкин практически полностью представлен термофильными анаэробными бактериями сравнительно недавно описанного рода *Caloribacterium* (Slobodkin et al., 2012), занимающими соответственно 19.5 и 6.78% от бактериального метагенома. Это свидетельствует о складывающихся в поверхностном слое почвогрунтов железной дороги анаэробных условиях уже при этих уровнях нефтезагрязнения, считающихся низкими для зональных почв региона.

Проведенная работа показывает, что термофильные бактерии присутствуют, а в отдельных зонах — доминируют в антропогенно измененных почвогрунтах железной дороги в Северо-Западном регионе. С учетом повышения контрастности климата и возрастания антропогенной деятельности необходимо изучение распространения этих новых для региона термофильных микроорганизмов и понимание их роли в функционировании почвенных микробных сообществ в настоящее время и в будущем.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантом РФФИ «Аспирант» №19-34-90156 и ФГБНУ АФИ в части обеспечения проведения экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Давыденко Н.М., Иванисова Н.В., Куринская Л.В. Температурный режим почв придорожных ландшафтов // Экология урбанизированных территорий. 2020. №. 4. С. 89–95.

Журавлева А.С. Термофильные углеводородокисляющие почвенные бактерии из контрастных природно-климатических зон. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Агрофизический научно-исследовательский институт. Санкт-Петербург, 2022. 152 с.

Журавлева А.С., Волкова Е.Н., Галушко А.С. Термофильные аэробные органогетеротрофные бактерии антропогенно измененных территорий Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Экологическая генетика. 2021. Т. 19. № 1. С. 47–58. doi: 10.17816/ecogen50901

Судакова С.С. Особенности флоры железнодорожных путей Ульяновской области // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2013. Т. 2. № 78. С. 150–154.

Slobodkina G.B., Kolganova T.V., Kostrikina N.A., Bonch-Osmolovskaya E.A. and Slobodkin A.I. Caloribacterium cisternae gen. nov., sp. nov., an anaerobic thermophilic bacterium from an underground gas storage reservoir // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2012. Vol. 62. P. 1543–1547. doi:10.1099/ijss.0.033076-0

ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОРГАНИЗМЕ КОПЫТНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

TOXIC ELEMENTS IN THE ORGANISM OF HOOFED MAMMALS OF THE REPUBLIC OF KARELIA

Зайцева И. А.¹, Калинина С. Н.¹, Илюха В. А.², Комов В. Т.²,
Панченко Д. В.¹, Антонова Е. П.¹,
Zaitseva I. A.¹, Kalinina S. N.¹, Ilyukha V.A.², Komov V. T.²,
Panchenko D. V.¹, Antonova E. P.¹

¹Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск; e-mail: biology@krc.karelia.ru

²Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН,
пос. Борок, Ярославская область; e-mail: krylov@ibiw.ru

The accumulation of toxic elements in food chains poses a high danger to ecosystems, but ecotoxicological studies in the north-west of Russia are few. The aim of the work was to determine the levels of Hg, Pb and Cd in the liver, kidneys and muscle of terrestrial hoofed mammals (wild boar *Sus scrofa* L. and elk *Alces alces* L.) of the Republic of Karelia. In most organ samples, the levels of Hg and Pb were optimal, whereas the concentration of Cd was higher than the reference values in more than 50% of the studied samples. The results of the study may indicate a relatively low level of pollution by toxic elements of Karelian terrestrial ecosystems.

Токсичные элементы попадают в окружающую среду в результате естественных процессов и антропогенной деятельности. Hg, Pb и Cd отличаются высокой токсичностью и способностью накапливаться в окружающей среде и организме животных и человека. В основе механизма действия этих элементов на организм ведущая роль принадлежит процессам взаимодействия с сульфгидрильными (SH-, меркапто-, или тиоловыми) группами ферментов, гормонов и клеточных рецепторов. В связи с этим Hg, Pb и Cd отнесены к группе так называемых тиоловых ядов. Cd и Pb, накапливаясь в органах и тканях животных, имеют длительный период полувыведения, составляющий от 10 до 30 лет. Cd является одним из наиболее токсичных металлов и оказывает негативное воздействие на организм даже в малых количествах. Наиболее опасным соединением Hg с точки зрения токсического воздействия на организм является метилртуть. Ионы метилртути встраиваются в эритроциты, поступают и накапливаются в печени и почках, а также оседают в мозге, вызывая необратимые нарушения ЦНС.

Биологический материал был получен от кабанов (*Sus scrofa* L.) и лосей (*Alces alces* L.), добытых в результате легальной охоты в Республике Карелия. Исследование проведено на животных обоих полов. Использовали образцы тканей печени, почки и мышцы задней конечности от 58 диких кабанов и 16 лосей. Животные были разделены на возрастные группы: сеголетки (< 1 года), молодые (1.5 года для кабанов и 1.5-2.5 лет для лосей) и взрослые (> 2 лет для кабанов и > 3 лет для лосей). Концентрацию ртути в биологическом материале определяли на ртутном анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО («Люмэкс», г. Санкт-Петербург) атомно-абсорбционным методом холодного пара без предварительной пробоподготовки. Уровни элементов Cd и Pb в биоматериале определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии (AA-7000 и AA-6800 Shimadzu, Япония), оснащенной графитовой печью. Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами статистики в программах MS Excel и Statgraphics Plus 5.0. Для оценки влияния пола и возраста на исследуемые показатели использовали критерий Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis H-test, непараметрический дисперсионный

анализ). Для оценки межвидовых различий показателей использовали непараметрический критерий Манна–Уитни (Mann-Whitney test). Статистически значимыми считали различия при $p < 0.05$. В связи с тем, что статистически значимого влияния возраста и пола обнаружено не было, данные по самкам и самцам одного вида разного возраста были объединены.

Концентрации токсичных элементов в тканях карельских кабанов и лосей в основном были сопоставимы с уровнями, зафиксированными у животных из других регионов России и стран Европы, и ниже, чем значения элементов у животных из районов с высокой антропогенной нагрузкой. Зафиксированы межвидовые различия по содержанию токсичных элементов: уровень Cd в печени был выше у лосей, тогда как более высокое содержание Hg в печени и мышце обнаружено у кабанов, что может быть связано с всеядностью кабана, т.к. Hg в большей степени накапливается в пищевых цепях.

На сегодняшний день не существует референсных значений элементов для диких кабанов и лосей, в связи с этим мы сравнивали наши данные с уровнями, указанными для домашних свиней и оленей, соответственно. Большинство (80-96%) проб органов кабанов и все исследуемые пробы органов лосей содержали оптимальный уровень Hg и Pb. Содержание кадмия также было оптимальным во всех исследованных пробах печени кабанов. Однако 48% проб почек кабанов, 34% проб печени и 67% проб почек лосей содержали Cd в концентрациях, превышающих референсные значения элемента, но не достигающих токсических значений. Результаты исследования могут свидетельствовать об относительно низком уровне загрязнения исследуемыми токсичными элементами наземных экосистем Карелии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-24-10001, <https://rscf.ru/project/23-24-10001/>, проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

СОДЕРЖАНИЕ И ЗАПАСЫ С И N В ОПАДЕ ХВОИ СОСНЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ НА ФОНОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

CONTENT AND RESERVES OF C AND N IN THE NEEDLE LITTERFALL OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN PINE FORESTS IN THE BACKGROUND AREAS OF THE MURMANSK REGION

Иванова Е. А., Ершов В. В., Сухарева Т. А.

Ivanova E. A., Ershov V. V., Sukhareva T. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: ea.ivanova@ksc.ru*

The study is dedicated to the assessment of the content and reserves of carbon and nitrogen in the needle litterfall of Scots pine in 2015–2017 in the undisturbed North taiga lichen-shrub pine forests of the Murmansk region. The results of the study indicated that the carbon and nitrogen content did not reveal significant spatial differences, whereas carbon and nitrogen reserves, as well as the input of coniferous litter, were higher under the crowns. The nitrogen content in the needle litterfall was significantly lower than in live conifers due to the processes of retranslocation. The results of the study confirmed the deficient nitrogen level in dead plant tissues entering the soil.

Мониторинг состояния лесных биогеоценозов важен для оценки текущего состояния и прогноза изменений в лесах. В настоящее время пристальное внимание на международном и национальном уровне уделяется оценке вклада наземных экосистем в регулирование циклов углерода, вследствие чего повысилось значение и необходимость сбора данных о содержании и запасах углерода и азота в различных компонентах экосистем. Старовозрастные бореальные леса, характерные также для территории Мурманской области, являются важными поглотителями углерода, хотя и характеризуются низкой продуктивностью, обусловленной низкими температурами и коротким вегетационным периодом (Лукина, Никонов, 1996).

Одним из важных компонентов лесных биогеоценозов, обуславливающим поток углерода к почве, является хвойный древесный опад — источник органического углерода и минеральных элементов, которые становятся доступны биоте в процессе минерализации растительных остатков. Изучение химического состава опада наряду с атмосферными осадками, почвенными водами, почвами и растительностью необходимо для более полной оценки циклов углерода и азота в лесных экосистемах. Цель работы: оценка содержания и запасов углерода и азота в хвойном опаде в северотаежных сосновых лесах Мурманской области.

Исследования проводились на площадке постоянного мониторинга Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. Площадка расположена в ненарушенных репрезентативных старовозрастных (160–180 лет) лишайниково-зеленомошно-кустарничковых сосновых лесах (10С) бореальной зоны Мурманской области, сформированы сосной обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Изучаемый древостой произрастает на иллювиально-железистых подзолах (Rustic podzols, WRB), характеризуется плотностью древостоя в 2000 дер/га, полнотой 0.4 и проективным покрытием древесного яруса 55–75%.

Древесный опад отбирался в 2015–2017 гг. в соответствии с рекомендациями международной программы ICP-Forests с помощью конических опадоуловителей под кронами и между крон деревьев. Отбор образцов производился дважды в год — в начале июня и начале октября. Содержание общего углерода в опаде хвои определялось методом Тюрина, азота — методом Кьельдаля. Обработка данных проводилась методами описательной статистики в программном обеспечении MS Excel.

Результаты анализа данных показали, что валовое поступление хвойного опада в исследуемый период составило 34 и 52.3 г/м² в год между крон и под кронами деревьев, соответственно. Содержание углерода составило в среднем 57% и не проявило значительных различий с живой хвоей, что может объясняться перераспределением углерода между различными органами в пользу корней и побегов, аккумулирующих углерод, производимый при фотосинтезе. Азот, как элемент, непосредственно связанный с поглощением углерода и первичной продуктивностью лесов, является ограничивающим фактором для растительности в холодных и умеренных зонах. Содержание азота в опаде хвои в среднем составило 0.3% и оказалось значительно ниже, чем в живой хвое, вероятно из-за процессов ретранслокации, что подтверждается литературными данными (Сухарева, Лукина, 2014). Значимых пространственных различий, как содержания углерода, так и азота в опаде хвои сосны выявлено не было.

Изучение запасов элемента учитывает одновременно и размеры поступающего на почву растительного материала, и содержание изучаемого элемента в нем. Среднегодовые запасы углерода в опаде в исследуемый период составили 19 г/м² в год между крон и 30 г/м² в год под кронами, азота — 0.1 и 0.2 г/м² в год. Выявленные пространственные различия могут быть обусловлены разницей в размерах опада хвои — под кронами поступление опада на почву происходит значительно активнее.

Таким образом, поступление углерода и азота в почвы северотаежных сосновых лесов проявляет пространственную изменчивость и напрямую зависит от размеров поступающего на почву опада. Кроме того, результаты исследования подтвердили дефицитный уровень содержания азота в отмерших растительных тканях, поступающих в почву.

Исследование проводилось в рамках реализации ВИП ГЗ (Рег. № 123030300031-6).

ЛИТЕРАТУРА

Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения: в 2-х ч. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 1996. Ч. 1. 213 с.; Ч. 2. 192 с.

Сухарева Т.А., Лукина Н.В. Минеральный состав ассимилирующих органов хвойных деревьев после снижения уровня атмосферного загрязнения на Кольском полуострове // Экология. 2014. № 2. С. 97–104.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОСНЫ *PINUS CONTORTA*
В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. МОНЧЕГОРСКА**

**ASSESSMENT OF THE CONDITION OF PINUS CONTORTA PINE NEAR
OF THE MONCHEGORSK**

Исаева Л. Г., Рябов Н. С.
Isaeva L. G., Ryabov N. S.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: l.isaeva@ksc.ru*

In the autumn of 2004, more than 600 seedlings of *Pinus contorta* Dougl. ex Load. var. *latifolia* Engelm (up to 1.0 m high) were planted on the territory of disturbed ecosystems near Monchegorsk. Only 3–4% of growing seedlings (*Pinus contorta*) remained 9 years after planting. Concentrations of the main pollutants Ni and Cu in needles of *Pinus contorta* significantly exceed the values in needles of *Pinus sylvestris* L. in background conditions. In 2022, the presence of cones in two pine trees with a height of more than 1.5 m was recorded.

Осенью 2004 г. на участках ремедиации (напротив поворота от трассы Мурманск-Санкт-Петербург в г. Мончегорск) с применением инвестиционного подхода (Исаева и др., 2011) вместе с посадками лиственных древесно-кустарниковых пород были высажены саженцы сосны скрученной подвид широкохвойной — *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm. канадского происхождения архангельской репродукции в количестве более 600 штук (привезенные ООО НПО «Алкахест» из г. Архангельска). Все саженцы были с зеленой хвоей, высотой до 1.0 м. Интродукция древесных видов требует особого внимания при выращивании их в другом регионе, тем более на территории нарушенной аэротехногенным загрязнением.

В начале июня 2005 г. почти вся хвоя сосны имела бурый цвет, большинство сосен засохло. При оценке состояния саженцев (в августе 2005 г.) обнаружено, что у некоторых сосен верхушечная почка осталась живой и хвоя пошла в рост.

При обследовании сосны скрученной в 2008 г. на участке насчитали 104 саженца, средняя высота которых составила 0.3 ± 0.02 м (Исаева и др., 2010). Живые сосны в сильно ослабленном и усыхающем состоянии: 13.5% — имели только хвою текущего года, 3.8% — сломанную вершину.

В 2014 г. сосны были в удовлетворительном состоянии и имели хвою от 1 до 3-х лет. Длина хвои текущего года составила 53.8 ± 0.34 мм ($n = 500$), длина хвои от 1 года до 3 лет — 59.3 ± 0.52 мм ($n = 500$). Масса 100 хвоинок (абс. сух. вес) текущего года равна 1.11 ± 0.016 грамм, 1–3 лет — 1.56 ± 0.034 г. Содержание Ni в хвое текущего года варьировало от 99.8 до 109.9 мг/кг абс. сух. веса, Cu — от 21.5 до 25.1 мг/кг. В хвое 1–3 лет концентрации Ni и Cu были в 2–3 раза выше, чем в хвое текущего года.

При обследовании в первой декаде сентября 2016 г. средняя высота учетных сосен составила 71.92 ± 10.18 см ($n = 12$). Прирост в высоту от 5 до 15 см. Хвоя старше 3-х лет буреет. Содержание Ni в хвое сосны текущего года равно 131.98 ± 8.66 мг/кг, в 1–3 лет — 201.28 ± 9.98 мг/кг, Cu — 13.53 ± 1.10 и 24.86 ± 3.18 мг/кг соответственно. Концентрации Ni в хвое сосны скрученной текущего года превышают содержание этого элемента в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях фона (Сухарева и др., 2020) в 73 раза, в хвое 1–3 лет в 87.5 раза; Cu — в хвое текущего года — в 4.8 раза, в хвое 1–3 лет — в 13 раз.

В июле 2017 г. были выполнены замеры высоты сохранившихся сосен, оценено жизненное состояние саженцев. Из 600 высаженных сосен выжили 4% (в основном ослабленного и сильно ослабленного состояния). Средняя высота саженцев 100.74 ± 13.63 см ($n = 23$). Хвоя старше текущего года буреет. Возраст хвои в основном до 3-х лет, единичные сосны имеют хвою 4–5 лет. К категории состояния здоровые отнесено 18%, ослабленные — 58%.

Обследование состояния сосны скрученной в 2022 г. показало, что из 21 учтенных саженцев здоровых — 9.5%, ослабленных — 47.6%, сильно ослабленных — 28.6%, усыхающих 9.5% и засохших в 2022 г. — 4.8%. Сухую вершину имеет 71% саженцев. Хвоя в основном 1–2-х лет, встречается хвоя 3-его года, но очень изреженная и побуревшая. Средняя высота саженцев 117.57 ± 13.52 см,

минимальная — 42 см, максимальная — 180 см (n = 21). У двух самых высоких сосен отмечено наличие 2–3 шишек. Средняя длина хвои текущего года составила 57.0 ± 0.66 мм, 1–3 лет — 70.91 ± 0.55 мм (n = 500 шт.).

Таким образом, растущих саженцев *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* в зоне расположения комбината «Североникель» осталось всего 3.5–4% (от высаженных 600 экз.) в ослабленном и сильно ослабленном состоянии. Концентрации основных загрязнителей Ni и Cu в хвое *Pinus contorta* значительно выше, чем в хвое *Pinus sylvestris* L. в условиях фона. Отмечено наличие шишек у двух сосен высотой более 1.5 м.

Исследования выполнены в рамках темы НИР «Биоразнообразие и мультифункциональность наземных экосистем Евро-Арктического региона» (№ НИОКТР 122022400120-2).

ЛИТЕРАТУРА

Исаева Л.Г., Лукина Н.В., Белова Е.А. Опыт восстановления растительности на техногенных пустошах вокруг комбината «Североникель»: методы, сравнительный анализ // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы III-ей Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Ч. 2. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2010. С. 28–33.

Исаева Л.Г., Лукина Н.В., Горбачева Т.Т., Белова Е.А. Ремедиация нарушенных территорий в зоне влияния медно-никелевого производства // Цветные металлы. 2011. № 11. С. 66–70.

Сухарева Т.А., Ершов В.В., Исаева Л.Г., Шкондин М.А. Оценка состояния северотаежных лесов в условиях снижения промышленных выбросов комбинатом «Североникель» // Цветные металлы. 2020. № 8. С. 33–41.

СОРБЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ SORPTION-BIOLOGICAL TREATMENT OF OIL-POLLUTED SOIL

Канивец А. В.¹, Мязин В. А.^{1,2}
Kanivets A. V.¹, Myazin V. A.^{1,2}

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: kvi407@mail.ru; v.myazin@ksc.ru

²Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы,
Аграрно-технологический институт, Москва; e-mail: myazin_va@pfur.ru

Immobilization of hydrocarbon-oxidizing microorganisms on the surface of sorbents makes it possible to increase these efficiency. The introduction of immobilized sorbents containing hydrocarbon-oxidizing bacteria of the genera *Pseudomonas* and *Microbacterium*, isolated from the soils of the Murmansk region, made it possible to significantly accelerate the transformation of hydrocarbons in the first 15 days after the start of treatment. The use of thermally activated vermiculite and glauconite-containing rock with hydrocarbon-oxidizing bacteria increased the degree of hydrocarbon destruction to 38 and 43%, which will reduce the period of soil purification to background values of hydrocarbon content to 20 and 17 months, respectively, while self-purification processes will not take less than 29 months.

В настоящее время загрязненные углеводородами почву и воду очищают с применением различных сорбентов, которые широко используются и производятся во всем мире (Алексамян и др., 2020). Одними из перспективных, доступных и недорогих считаются минеральные сорбенты. Повысить эффективность сорбентов возможно за счет микроорганизмов-нефтедеструкторов, иммобилизованных на поверхности сорбентов (Shchemelinina et al., 2019; Щемелинина и др., 2018). Для оценки эффективности минеральных сорбентов с углеводородокисляющими бактериями, иммобилизованными на их поверхности, был проведен лабораторный опыт по очистке нефтезагрязненной почвы. В качестве минеральных носителей бактерий использовали сорбенты на основе алюмосиликатов: анальцимсодержащих пород Веслянской группы проявлений, глауконитсодержащих пород Чим-Лоптюгского месторождения горючих сланцев (Республика Коми) (Shushkov et al., 2023; Симакова, 2016) и термоактивированного вермикулита Ковдорского месторождения (Мурманская

область). Для иммобилизации сорбенты в течение 1 часа смешивали с суспензией углеводородокисляющих бактерий родов *Pseudomonas* и *Microbacterium*, выделенных из почв Мурманской области (соотношение сорбента и суспензии — 1:6, титр клеток — 10^9 кл/г). Иммобилизованные сорбенты в количестве 2% вносили в загрязненную почву (тяжелая нефть Приразломного месторождения, исходный содержание углеводородов — 4527 ± 860 мг/кг).

За первые 15 суток содержание углеводородов в контрольном образце почвы снизилось только на 4%, в то время как в образцах с иммобилизованными сорбентами — на 25%. Скорость деструкции углеводородов увеличилась в среднем до 75 ± 8 мг/сут, трансформация углеводородов ускорилась в 3–8 раз. Через 30 суток в контрольном образце содержание углеводородов снизилось на 26%, а в образцах с сорбентами — в среднем на 31%. Скорость разложения углеводородов упала до 20–55 мг/сут. Через 90 суток количество углеводородов уменьшилось на 28% от исходного значения в контрольном образце, в то время как использование сорбентов привело к снижению содержания углеводородов в среднем на 36%. Скорость деструкции углеводородов была минимальной.

Внесение иммобилизованных сорбентов позволило значительно ускорить трансформацию углеводородов в первые 15 суток после начала очистки. Использование термоактивированного вермикулита и глауконитсодержащей породы с углеводородокисляющими бактериями увеличило степень деструкции углеводородов до 38 и 43%, что позволит сократить период очищения почвы до фоновых значений содержания углеводородов при данной степени загрязнения до 20 и 17 месяцев, соответственно, в то время как процессы самоочищения займут не менее 29 месяцев.

ЛИТЕРАТУРА

Алекسانян К.Г., Киякова А.Ю., Еремин И.С. Нефтяные сорбенты на основе природных материалов // Нефтегазохимия. 2020. № 1. С. 57–60. <https://doi.org/10.24411/2310-8266-2020-10110>.

Симакова Ю.С. Особенности глобулярных слоистых силикатов Чим-Лоптгюгского месторождения горючих сланцев // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2016. № 9–10. С. 52–57. <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2016-10-52-57>

Щемелинина Т.Н., Котова О.Б., Анчугова Е.М., Шушков Д.А., Игнатьев Г.В. Цеолитовое и глинистое сырье: Экспериментальное моделирование биогеосорбентов // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 9. С. 50–57. <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2018-9-50-57>

Shchemelinina T.N., Gomze L.A., Kotova O.B., Ibrahim J.E. F.M., Shushkov D.A. Harja M., Ignatiev G.V., Anchugova E.M. Clay- and zeolite-based biogeosorbents: modelling and properties // Journal of Silicate Based and Composite Materials. 2019. Vol. 71. No. 4. P. 131–137. <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2019.23>

Shushkov D.A., Kotova O.B., Sun Sh., Harja M. Physico-chemical properties of analcime-bearing rocks of Timan / Y. Marin (ed.) // XIII General Meeting of the Russian Mineralogical Society and the Fedorov Session. 2021. SPEES, 2023. P. 514–522.

РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В ПОЧВАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА. РЕГИОНАЛЬНЫЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

PLANT RESIDUES DECOMPOSITION IN THE SOILS OF THE KOLA PENINSULA. REGIONAL GEOGRAPHIC EXPERIMENT

Кашулина Г. М., Литвинова Т. И.
Kashulina G. M., Litvinova T. I.

Полярно-альтйский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина,
Апатиты ФИЦ КНЦ РАН, Мурманская область; e-mail: galina.kashulina@gmail.com

Decomposition of four plant materials (moss — *Pleurozium schreberi*, birch leaves — *Betula pubescens*, pine needles — *Pinus friesiana* and whole oat plants — *Avena sativa*, Khibiny variety) was studied in a regional geographic experiment on the Kola Peninsula. The results showed that the intensity of organic matter transformation in the soils of the Kola Peninsula proceeded with high intensity: weight loss for birch leaves during the year of exposure

in soil ranged from 25 to 77% (median 52%), oats — from 36 to 55% (median 44.4%), pine needles — from 12.6% to 39% (median 29%) and moss — from 5% to 49% (median 22%). The distribution of the intensity of plant residues decomposition between the sites was significantly correlated with the soil temperature. Soil moisture and most soil chemical parameters did not have a significant effect on the rate of decomposition. Each type of plant material was characterized by specific combination of external conditions favorable for its decomposition.

Трансформация органического вещества в почвах являются ведущим процессом, ответственным за формирование профиля почв и всех их основных свойств, а также выполнения ими важнейших экологических функций, включая регулирование эмиссии парниковых газов в атмосферу. Разложение растительных остатков является результатом целого комплекса биологических, химических и физических процессов. Направленность и интенсивность разложения зависит как от свойств самого растительного материала, так и от условий окружающей среды. Влияние целого комплекса природных и антропогенных факторов на направленность и интенсивность процессов трансформации растительных остатков в почвах изучали в региональном географическом эксперименте на Кольском полуострове. Восемнадцать стационарных площадок представляли все основные растительные зоны и пояса, все основные типы почв (подбуры, подзолы, торфяно-подзолы глеевые и торфяные болотные), а также уровни их промышленного загрязнения на Кольском полуострове. В качестве материала использовались местные виды растений: мох *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., листья березы — *Betula pubescens* Ehrh, хвоя сосны — *Pinus friesiana* Wichura, а также распространенный вид культурных растений овес (*Avena sativa*, сорт Хибинский). По 4 образца каждого вида материала в капроновых сетчатых мешочках экспонировались в течение года (с 26.09.2022 по 13.09.2023) в верхнем органогенном горизонте почв на глубине 2 см. В трансформированных растительных остатках определяли влажность, потерю веса, содержание Сорг и Норг, а также углеводный состав (фруктозу, глюкозу, сахарозу, крахмал, целлюлозу и лигнин). Наблюдения за температурой почвы велись с помощью терморегистраторов iButton. В образцах почв, отобранных при закладке эксперимента, определяли влажность, Сорг, Норг, физико-химические свойства, подвижные формы калия и фосфора, а также содержание основных загрязняющих элементов (Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V и Zn) на MSICP после разложения образцов в концентрированной HNO₃.

Как показали результаты, трансформация органического вещества в почвах Кольского полуострова протекала с высокой интенсивностью: потери веса листьями березы за год экспозиции в почве варьировали от 25 до 77% (медиана 52%), овса — от 36 до 55% (медиана 44.4%), хвои сосны — от 12.6% до 39% (медиана 29%) и мха — от 5% до 49% (медиана 22%). Что хорошо согласуется с данными предшествующих аналогичных исследований в регионе (Переверзев, 1987; Иванова и др., 2019; Евдокимова и др., 2002). Виды растительного материала по-разному реагировали на разнообразие внешних условий в регионе: различия по потере веса образцами овса между площадками составили 1.5 раза, хвои сосны и листьев березы 3 раза, мхов — 10 раз. Причем, как максимальные, так и минимальные потери веса у разных видов растительного материала были приурочены к разным площадкам. Т.е. для каждого вида растительного материала было характерно свое благоприятное для его разложения сочетание внешних условий.

Влажность и температура считаются основными внешними факторами, оказывающими влияние на интенсивность разложения растительных остатков (Ларионова и др., 2017; Семенов и др., 2022). Однако корреляционный анализ данных с площадок с нормальным уровнем увлажнения не выявил достоверной корреляции между влажностью почв и потерей веса для всех видов растительных остатков. С большинством температурных показателей, характеризующих количество тепла в почве, потери веса растительными остатками имели положительную корреляцию. Однако в большинстве случаев коэффициенты корреляции не достигали достоверных значений, а непосредственное сравнение средней температуры и потерь веса растительными остатками на ХУ-диаграммах показало большой разброс в соотношении этих показателей.

Из всего набора определенных химических показателей в почвах достоверные положительные коэффициенты корреляции были выявлены лишь для листьев березы и овса с содержанием подвижного калия и отрицательные — для мха с рН. Несмотря на большие различия по уровню загрязнения почв между площадками, концентрации основных загрязняющих элементов не оказывали существенного влияния на распределение интенсивности разложения растительных остатков в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

- Евдокимова Г.А., Зенкова И.В., Переверзев В.Н. Биодинамика процессов трансформации органического вещества в почвах Северной Фенноскандии. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2002. 154 с.
- Иванова Е.А., Лукина Н.В., Данилова М.А., Артемкина Н.А., Смирнов, В.В. Еришов, Исаева Л.Г. Влияние аэротехногенного загрязнения на скорость разложения растительных остатков в сосновых лесах на северном пределе распространения // Лесоведение. 2019. № 6. С. 533–546.
- Ларионова А.А., Мальцева А.Н., Лопес де Гереню В.О., Квиткина А.К., Быховец С.С., Золотарева Б.Н., Кудеяров В.Н. Влияние температуры и влажности на минерализацию и гумификацию листовного опада в модельном инкубационном эксперименте // Почвоведение. 2017. № 4. С. 438–448.
- Переверзев В.Н. Биохимия гумуса и азота почв Кольского полуострова. Л.: Наука, 1987. 303 с.
- Семенов В.М., Лебедева Т.Н., Зинякова Н.Б., Хромычкина Д.П., Соколов Д.А., Лопес де Гереню В.О., Кравченко И.К., Лис Х., Семенов М.В. Зависимость разложения органического вещества почвы и растительных остатков от температуры и влажности в длительных инкубационных экспериментах // Почвоведение. 2022. № 7. С. 860–875.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
RADIOECOLOGICAL RESEARCH IN THE MURMANSK REGION

Кизеев А. Н.¹, Сюрин С. А.¹, Кульнев В. В.²
 Kizeev A. N.¹, Syurin S. A.¹, Kul'nev V. V.²

¹Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья,
 Санкт-Петербург; e-mail: aleksei.kizeev@mail.ru

²Центрально-Черноземное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору
 в сфере природопользования, Воронеж; e-mail: kulneff.vadim@yandex.ru

In this work presents the results of studies on the accumulation of natural and man-made radionuclides on the territory of the industrially developed Arctic region of Russia — the Murmansk region. The accumulation of ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K and ¹³⁷Cs by components of the soil and vegetation cover has been studied in detail. The maximum values of the specific activity of these radionuclides were within the limits of the established normative indicators. The necessity of continuing radioecological research of the Arctic territories was noted.

Мурманская область — опорный узел Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) — лидер России по количеству радиационно-опасных объектов (Кизеев, Силкин, 2017). Радиоэкологические исследования в регионе сохраняют свою актуальность.

В работе проводились исследования почвенного покрова и компонентов на земной растительности — побегов черники (*Vaccinium myrtillus* L.), ассимиляционных органов березы (*Betula pendula* Roth., *Betula pubescens* Ehrh.) илишайник *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar&Wezda.

Отбор образцов проводили в 2020–2021 гг. на стационарных мониторинговых площадках в центральной части Мурманской области, в импактной зоне Кольской АЭС. По типу леса площадки относились к соснякам зеленомошно-лишайниковым-черничным.

Измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД, мкЗв/ч) и суммарной удельной альфа-бета-гамма-активности осуществляли радиометрическим методом; определение удельной активности радионуклидов естественного (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, Бк/кг) и техногенного (^{134,137}Cs, Бк/кг) происхождения — гамма-спектрометрическим методом.

Установлено, что естественный радиационный фон на площадках не превышал 0.10 мкЗв/ч. МЭД на поверхности сырой и воздушно-сухой массы растительных образцов составляла 0.15 мкЗв/ч, а на открытой местности — 0.2 мкЗв/ч, что соответствовало малым уровням ионизирующего излучения согласно НРБ-99.

Суммарная удельная альфа-бета-гамма-активность в исследуемых природных образцах варьировала, что было обусловлено различным содержанием радионуклидов. В составе первичных минералов

почвообразующих пород отмечено повышенное содержание ^{226}Ra (9–13 Бк/кг), ^{232}Th (8–10 Бк/кг) и ^{40}K (420–430 Бк/кг). Увеличение содержания ^{137}Cs , наоборот, наблюдалось в органогенных почвенных горизонтах (40–50 Бк/кг). Плотность загрязнения почв (корнеобитаемый 30-см слой) по ^{137}Cs в среднем составляла 530–2459 Бк/м², что не превышало нормативного уровня в 1 Ки/км², и позволяет отнести центральную часть региона к территории с относительно благоприятной экологической ситуацией (Попова и др., 2020).

Повышенные концентрации ^{137}Cs отмечались в листьях черники (83 Бк/кг) (вследствие корневого поглощения) и в лишайниках (62 Бк/кг) (атмосферный путь поступления). В меньших количествах ^{137}Cs содержался в ассимиляционных органах березы (14 Бк/кг), что может быть связано с незначительным корневым поглощением. Биологическая доступность ^{137}Cs растениями убывает в ряду (м²/кг): листья черники (0.16) — лишайники (0.12) — побеги черники (0.10) — ассимиляционные органы березы (0.03). Концентрации ^{137}Cs в растениях не превышали допустимых уровней согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 и могли быть связаны с глобальными выпадениями.

Повышенное содержание ^{40}K наблюдалось в листьях березы (140 Бк/кг), что может быть связано с его физиологической потребностью растением. Биодоступность ^{40}K убывает в ряду (м²/кг): листья березы (0.007) — лишайники (0.002). Максимальное содержание ^{226}Ra отмечалось в побегах (16 Бк/кг), а ^{232}Th — в листьях (8 Бк/кг) черники. Минимальное содержание ^{226}Ra было в листьях черники, а ^{232}Th — в листьях березы. Содержание ^{226}Ra и ^{232}Th в лишайниках было незначительным (1 Бк/кг). Биодоступность ^{226}Ra уменьшается в ряду (м²/кг): побеги черники (0.04) — листья березы (0.03).

Таким образом, была получена информация о накоплении радионуклидов в почве и в растениях в центральной части Мурманской области. Представленные результаты позволяют повысить достоверность и надежность оценки радиэкологического состояния окружающей среды в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

Кизеев А.Н., Силкин К.Ю. Оценка состояния лесных фитоценозов в 30-км зоне Кольской АЭС по наземным и спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 1. С. 125–135. doi: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-125-135.

Попова М.Б., Манахов Д.В., Кизеев А.Н. и др. Содержание и распределение ^{137}Cs в подзолах в районе расположения Кольской атомной электростанции // Почвоведение. 2020. № 7. С. 891–900. doi: 10.31857/S0032180X20070114.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В ОПЫТНЫХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ

CHARACTERISTICS OF THE FOREST LITTER MICROMYCETES COMPLEX IN EXPERIMENTAL CULTURES OF *PINUS CONTORTA*

Ковалева В. А., Виноградова Ю. А., Пристова Т. А., Федорков А. Л.

Kovaleva V. A., Vinogradova Yu. A., Pristova T. A., Fedorkov A. L.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: kovaleva@ib.komisc.ru

As a result of the study of the community of micromycetes of the forest litter in experimental cultures of *Pinus contorta* Dougl, the features of soil mycocenosis were revealed. A comparative analysis of the structure of micromycete complexes in the litter of lodgepole pine crops of different selection dates shows that by the end of the growing season, a restructuring of the micromycete complex occurs. The number of micromycetes increases from $17.1 \pm 7.5 \times 10^3$ CFU/g in May to $60.9 \pm 19.2 \times 10^3$ CFU/g of soil in September. Studies of the taxonomic structure of mycocenosis have shown that the species composition includes 34 species from 8 genera belonging to two sections, including sterile mycelium. The species diversity of micromycetes increases at the end of the growing season: in May, 12 species from 3 genera of micromycetes were isolated, and in September — 24 species from 7 genera. Most species belong to the genus *Penicillium*. In terms of frequency of occurrence and relative abundance, the species *Penicillium thomii* dominates, while its abundance increases from May to September.

Процесс восстановления лесной экосистемы влияет на интенсивность биологических процессов и аккумуляцию органического вещества. Для наземных экосистем вклад грибов как редуцентов органического вещества, в круговорот углерода больше, чем прокариот. Лесная подстилка имеет оптимальные условия для развития разных групп микроскопических грибов: высокое содержание органического вещества, физико-химические и гидротермические условия. Сообщества микромицетов искусственных насаждений отличаются от естественных качественными и количественными показателями, что связано с особенностями лесной подстилки этих сообществ. Результаты исследований микромицетов в насаждениях сосны скрученной в литературе нами не обнаружены.

Объектом исследования послужили экспериментальные культуры сосны скрученной, расположенные на территории Краснозатонского участкового лесничества (кв. 34) Сыктывкарского лесничества Республики Коми (61°40' с. ш., 51°03' в. д.). Изучение микромицетов в лесной подстилке проводилось в 2023 г. в течение вегетационного периода. Культуры созданы посадкой 2-летних сеянцев с закрытой корневой системой, выращенных из семян шведской репродукции, на вырубке сосняка бруснично-лишайникового в 2006 г. Подготовка почвы проведена тракторным клином ТК-1 летом 2005 г. Площадь участка — 1.0 га, общее количество сеянцев — 2531 шт. Почва — иллювиально-железистый подзол. Средняя мощность подстилки 3.9 см. На участке насчитывается 36 видов сосудистых растений: 8 видов деревьев, 7 — кустарников и кустарничков, 16 — трав, 5 — мхов, а также 3 вида лишайников. Из древесно-кустарниковых пород произрастают *Betula pendula* Roth., *B. pubescens* Ehrh. и единичные экземпляры — *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *Populus tremula* L. и *Picea obovata* Ledeb., имеющие семенное происхождение.

Сравнительный анализ структуры комплексов микромицетов подстилки культур сосны скрученной разных дат отбора показывает, что к концу вегетационного периода происходит перестройка комплекса микромицетов. Увеличивается численность микромицетов с $17.1 \pm 7.5 \times 10^3$ КОЕ/г в мае до $60.9 \pm 19.2 \times 10^3$ КОЕ/г почвы в сентябре.

Исследования таксономической структуры микоценоза показали, что видовой состав насчитывает 34 вида из 8 родов, относящихся к двум отделам, включая стерильный мицелий. Видовое разнообразие микромицетов в конце вегетационного периода возрастает: в мае выделено 12 видов из 3 родов микромицетов, а в сентябре — 24 вида из 7 родов.

Большинство видов принадлежит к роду *Penicillium*. Общими для всех сроков отбора проб являются виды: *Penicillium thomii*, *P. jensenii*, *P. lividum*, *Trichoderma viride* и *Mycelia sterilia*. По частоте встречаемости и относительному обилию доминирует вид *Penicillium thomii*, при этом его обилие от мая к сентябрю возрастает.

В сезонной динамике наблюдается изменение характеристик самого сообщества микромицетов. В августе-сентябре изменяются группы доминантов комплекса микромицетов и происходит увеличение числа редких и случайных видов, которые, возможно, в начале вегетации выделялись из подстилки в форме стерильного мицелия. В конце вегетационного периода характерно развитие сахаролитических грибов, которые первыми поселяются на свежем растительном опаде и разлагают простые органические соединения. Вместе с тем активизируется развитие деструкторов биополимеров и олиготрофных микромицетов, завершающих минерализацию прошлогоднего опада. Дополнительным источником разнообразия микромицетов в конце вегетационного периода становятся грибы фитопланы, поступающие в подстилку вместе с растительным опадом.

В целом, по количественным и качественным показателям, а так же по данным других исследователей (Евдокимова и др., 2016; Корнейкова и др., 2018; Хабибуллина и др., 2018), микоценоз подстилки культур сосны скрученной представлен видами, характерными для естественных лесных экосистем средней тайги и видами-космополитами, встречающимися повсеместно.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН: «Криогенез как фактор формирования и эволюции почв арктических и бореальных экосистем европейского Северо-Востока в условиях современных антропогенных воздействий, глобальных и региональных климатических трендов» (№ 122040600023–8).

ЛИТЕРАТУРА

Евдокимова Г.А., Корнейкова М.В., Мозгова Н.П., Редькина В.В., Фокина Н.В. Эколого-биологическая характеристика почв приграничного района Россия-Норвегия // Вестник КНЦ РАН. 2016. Т. 1, № 24. С. 89–99.

Корнейкова М.В. Сравнительный анализ численности и структуры комплексов микроскопических грибов в почвах тундры и тайги Кольского Севера // Почвоведение. 2018. № 1. С. 86–92.

Хабибуллина Ф.М., Кузнецова Е. Г., Панюков А.Н., Кураков, А.В. Почвенная микобиота на начальных этапах посттехногенной сукцессии в подзоне средней тайги // Микология и фитопатология. 2018. Т. 52. № 5. С. 356–364.

**МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ГОРОДСКИХ ПОЧВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ
MICROBIAL COMMUNITIES OF URBAN SOILS AND INDUSTRIAL
TERRITORIES OF THE RUSSIAN ARCTIC**

Корнейкова М. В.^{1,2}, Васенев В. И.³, Козлова Е. В.¹, Никитин Д. А.⁴, Долгих А. В.⁵, Сотникова Ю. Л.¹
Korneikova M. V.^{1,2}, Vasenev V. I.³, Kozlova E. V.¹, Nikitin D. A.⁴, Dolgikh A. V.⁵, Sotnikova Y. L.¹

¹Российский университет дружбы народов, Москва; e-mail: korneikova.maria@mail.ru

²Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты;
Мурманская область; e-mail: korneikova.maria@mail.ru

³Группа географии почв и ландшафтов, Университет Вагенингена, Нидерланды

⁴Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

⁵Институт географии РАН, Москва

The microbiome of soils of urban areas and industrial enterprises of Murmansk and Apatity was compared using the main microbial indicators: taxonomic diversity, physiological structure and biomass. Oppression of the studied indicators for soils of industrial territories in comparison with urban ones was noted. The dominance of specific taxonomic indicators of anthropogenic impact of different genesis was revealed. The potential of urban soils to form comfortable habitats for microbial communities in the conditions of the Russian Arctic was noted.

Российская Арктика — уникальная территория для исследований почвенного микробиома, где интенсивное антропогенное воздействие сопряжено с суровыми климатическими условиями. Влияние урбанизации и промышленности на почвенные микробные сообщества в Российской Арктике остается малоизученным, при этом известно, что микробные сообщества являются крайне чувствительными индикаторами антропогенного воздействия (Иванова и др., 2020; Никитин и др., 2022). Целью данного исследования было сравнить микробиом городских почв Мурманска и Апатитов и почв в зоне воздействия промышленных предприятий (медно-никелевого комбината «Печенганикель» и Кандалакшского алюминиевого завода) с природными подзолами и изучить взаимосвязь между химическим загрязнением и микробными свойствами. Активность и разнообразие почвенного микробиома анализировали на основе: 1) количество копий генов рРНК архей, бактерий и грибов методом ПЦР в реальном времени; 2) физиологического профиля сообщества методом MicroResp™; 3) таксономического разнообразия методом метабаркодирования. Основные изменения свойств городских почв по сравнению с природными эталонами заключались в изменении рН и увеличении содержания углерода и питательных веществ. Промышленно загрязненные почвы отличались более высоким содержанием тяжелых металлов (медно-никелевый комбинат), фтора и алюминия (алюминиевый комбинат) по сравнению с городскими и природными почвами, в то время как содержание углерода и рН были сходны с природными эталонами. В составе КМК во всех почвах преобладали бактерии, однако доля грибов в городских почвах была в четыре и более раз выше по сравнению с почвами природных и промышленных территорий. Промышленное загрязнение снизило биомассу и разнообразие микроорганизмов, в то время как в городских почвах наблюдалась обратная картина: число копий генов рРНК и индекс разнообразия Шеннона были значительно выше, чем в природных подзолах. Таксономическая структура грибных сообществ была чувствительна к типу антропогенного воздействия, отмечено

доминирование специфических таксонов в городских (*Sordariomycetes*) и промышленных (*Agaricomycetes*) почвах. Можно сделать вывод, что городское и промышленное развитие представляют собой два альтернативных пути эволюции почвенного микробиома в антропогенно-нарушенных почвах. Промышленное развитие подавляет микробное сообщество, в то время как урбанизация, включая развитие городской зеленой инфраструктуры, создает для него новую нишу, которая может быть даже более благоприятной, по сравнению с естественными почвами. Эти результаты подчеркивают потенциал городских почв для поддержания микробного разнообразия и функциональности, что должно учитываться в стратегиях устойчивого развития в уязвимых экосистемах арктических городов.

ЛИТЕРАТУРА

Иванова Е.А., Перишина Е.В., Карпова Д.В., Тхакахова А.К., Железова А.Д., Рогова О.Б., Семенов М.В., Стифеев А.И., Никитин Д.А., Колганова Т.В., Андронов Е.Е. Прокариотные сообщества почвогрунтов отвалов Курской магнитной аномалии // Экологическая генетика. 2020. № 18(3). С. 331–342. <https://doi.org/10.17816/ecogen17901>

Никитин Д.А., Семенов М.В., Чернов Т.И., Ксенофонтова Н.А., Железова А.Д., Иванова Е.А., Хитров Н.Б., Степанов А.Л. Микробиологические индикаторы экологических функций почв (обзор) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 1–16. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020095>

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 25 ЛЕТ

TRENDS IN VEGETATION COVER CHANGE IN THE EAST EUROPEAN ARCTIC OVER THE LAST 25 YEARS

Лавриненко О. В., Лавриненко И. А.
Lavrinenko O. V., Lavrinenko I. A.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: lavrino@mail.ru

In the East European sector of the Arctic, we have been monitoring of the vegetation composition and structure more than 20 years using repeated relevés that have been geo-referencing using GPS, and on long-term plots that are fixed on the ground. The greatest changes in vegetation are only recorded where there is physical alteration or destruction of landscapes. Nevertheless, even in stable landscapes there are noticeable shifts in vegetation cover, which have intensified in recent years. A change in structure are occurring in zonal tundra communities — patches of bare ground are overgrowing and rims are lowering, grass cover and the height of shrubby willows are increasing. The destruction of halophytic communities on the marches and/or change in their composition in the remaining areas occurs due to intensifying storms at sea. Active introduction of birch *Betula pubescens* subsp. *tortuosa* into tundra communities in watersheds, and birch and alder *Alnus fruticosa* in the river valleys is due to climate warming. The vitality and height of spruce in the relict islands has increased significantly over 23 years. However, the northward advancement of spruce *Picea obovata* does not occur due to the lack of seed reproduction.

В результате повторного, спустя 20–25 лет, геоботанического обследования зональных и интразональных сообществ в разных подзонах восточноевропейских тундр были выявлены основные тенденции изменения их состава и структуры в связи с потеплением климата. Сравнительный анализ проведен как на мониторинговых площадках, закрепленных на местности колышками, так и при повторных геоботанических описаниях, выполненных в тех же сообществах, имеющих точную географическую привязку с помощью GPS-навигатора.

В зональных пятнистых редко ивовых осоково-кустарничково-моховых тундрах происходят направленные изменения, усилившиеся в последние годы: утрачивает место четкая структура «пятно – валик – ложбинка» в результате частичного опускания валиков и зарастания пятен грунта криптогамными корочками, мелкими травянистыми растениями, кустарничками, зелеными мхами; увеличивается общее проективное покрытие растительности из-за активного зарастания пятен; возрастает проективное покрытие трав, особенно заметное у хвоща *Equisetum arvense*; увеличивается высота кустарниковых ив *Salix glauca* и *S. lanata* (за 20 лет в разных сообществах в 1.5–2.5 раза).

Растительность морского побережья на материке и островах Баренцева моря испытывает катастрофическое воздействие со стороны моря, штормовая деятельность которого в последние десятилетия усилилась, в том числе в связи с глобальными изменениями климата. Кроме непосредственного сокращения площади маршей из-за физического уничтожения, сильно изменяется состав галофитной растительности на оставшихся площадях. На самых низких уровнях маршей злаковые (*Puccinellia phryganodes*) и осоковые (*Carex subspathacea*) сообщества исчезают, и восстановление находится на самой начальной стадии — это водорослевые группировки, иногда с редкими травянистыми галофитами. На маршах среднего уровня сообщества сильно трансформируются из-за усилившегося засоления и возникшего дефицита кормов для водоплавающих травоядных птиц — осоково (*Carex subspathacea*, *C. glareosa*) — злаковая (*Calamagrostis deschampsoides*) растительность заменяется сообществами с доминированием подорожника *Plantago schrenkii*.

Сравнительные ландшафтные фотографии, сделанные спустя 23 года в южных тундрах на западе Большеземельской тундры, показывают активное внедрение в тундровые сообщества на водоразделах березы *Betula pubescens* subsp. *tortuosa*, а в долины водотоков также ольховника *Alnus fruticosa*. В небольших реликтовых еловых островках на водоразделах, изолированных от основного ареала *Picea obovata* и сохранившихся в бассейне р. Ортины со времен голоцена, за этот период деревья росли в высоту со средней скоростью 4.3–8.3 см в год, радиальный прирост составил 0.41–0.65 мм в год. Для самого северного елового островка в долине реки, в более благоприятных микроклиматических условиях, эти показатели равны 12.2 см/год и 0.8 мм/год. Жизненность деревьев во всех еловых островах возросла, что выразилось в изменении формы крон, которые стали более пышными и целиком зелеными. Площадь островов незначительно увеличилась за счет вегетативного размножения ели с помощью укоренения нижних ветвей по периферии. Несмотря на регулярное производство мужских и женских шишек, семенное возобновление ели не происходило. Из-за отсутствия доброкачественных семян для естественного воспроизводства деревьев граница самых северных островных еловых редколесий в долине р. Ортины сохранилась на широте 67°53' и пока на север не продвинулась. Тогда как в других секторах Арктики чаще всего отмечают обратную тенденцию (Hansson, 2022). Из последних работ наиболее показательна статья R.J. Dial et al. (2022), где показана экстремально высокая скорость (>4 км за десятилетие) продвижения популяции ели *Picea glauca*, изолированной от границы леса севернее хребта Брукс на Аляске.

ЛИТЕРАТУРА

Dial R.J., Maher C.T., Hewitt R.E., Sullivan P.F. Sufficient conditions for rapid range expansion of a boreal conifer // Nature. 2022. Vol. 608. P. 546–551.

Hansson A. Understanding treeline migration in response to modern climate change: Where is it happening, how are we measuring it, and what are the implications? Thesis PhD. The University of Queensland, Australia. 2022. 217 p.

ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ НАДЫМ-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ EXPECTED ASSESSMENT OF LANDSCAPE STABILITY: CASE STUDY OF THE NADYM-TAZ INTERFLUVE, NORTH WEST SIBERIA

Левина Н. Б.
Levina N. B.

ООО «Экозонн — АГ», Москва; e-mail: levinanb@yandex.ru

Characterizing landscape groups (natural complexes) cannot be considered sufficient without determining their potential reaction to anthropogenic impact, commonly referred to as stability. Stability of landscape is a conditional concept since the number of natural processes is so vast that one can only speak of dynamic equilibrium, where these processes do not lead to changes in the structure and properties of the natural environment due to its self-regulation. Planned economic development of the surveyed area is expected to cause significant physico-mechanical disruptions to the soil-vegetation cover, chemical contamination of soils and surface waters, and an increase in hazardous geological processes.

В настоящей работе приводятся некоторые результаты многолетних геоэкологических исследований территории Надым-Тазовского междуречья — центральной части Ямало-Ненецкого автономного округа на севере Западно-Сибирского региона. Исследования основаны на дистанционных методах, материалах экологического мониторинга и полевых исследованиях Центра «Экозонт» ФГУНПП «Аэрогеологии». Объектами картографирования являются виды ландшафтов (природных комплексов — ПК), объединенные по генетическим и морфологическим признакам; к ним привязаны характеристики растительности и почвенного покрова. Рельеф водораздельных пространств территории формировался в процессе дегляциации последнего (сарганского — верхний неоплейстоцен) континентального ледника в Западной Сибири. Преобладают озерно-ледниковые с фрагментами ледниково-флювиогляциальных (абс. высоты — 40–220 м) и озерно-аллювиальных (20–35 м) равнины. Долинные комплексы формировались в голоцене. По климатическим и геоморфологическим особенностям, с учетом палеогеографических обстановок формирования рельефообразующих четвертичных отложений, территория подразделяется на ландшафтные зоны (тундра, лесотундра, тайга). В зонах по сочетанию зональных и аazonальных признаков выделены ландшафтно-геохимические провинции. Они считаются региональными единицами, объединяющими ландшафты с общими условиями формирования их геолого-геоморфологической основы (Сорокина, Дмитриева, Левина и др., 2018). Преобладающая устойчивость ландшафтов и способность к самоочищению в разных провинциях в основном различаются, хотя и неоднозначно (Левина, Сорокина, Мешалкин, 2017, 2019). Основные факторы, влияющие на устойчивость: геокриологические условия, заболоченность; распространенность и интенсивность экзогенных геологических процессов (ЭГП); инженерно-геологические свойства грунтов и зависимость их свойств от литологического состава; степень закреплённости растительностью почвенного покрова; расчлененность рельефа и степень дренированности; сорбционная способность и механический состав почв; интенсивность и состав природных и техногенных геохимических аномалий. Необходимость определения устойчивости продиктована большей частью особенностями криолитозоны. Вследствие воздействия на нее техногенных объектов различного функционального назначения происходит геотермическое разрушение мерзлоты, что угрожает экологической и промышленной безопасности, особенно при эксплуатации месторождений углеводородов. В понятии устойчивость рассматриваются две ее составляющие. Геодинамическая устойчивость — это устойчивость к физико-механическому воздействию, то есть способность сохранять ПК в основных чертах свою структуру, несмотря на внешнее воздействие. Геохимическая устойчивость — комплексный показатель, включающий и способность противостоять химическому загрязнению, и возможность самоочищения, т. е. восстановления своих характеристик вследствие выноса загрязняющих веществ (ЗВ). Интенсивность перечисленных процессов зависит не только от зональных климатических и геокриологических условий территории, но и от аazonальных — высотного положения ПК и расчлененности рельефа, обеспечивающих энергетику водообмена и характер стока. Анализ микроэлементного состава компонентов ландшафта позволяет дифференцировать территорию на фоновые области рассеяния химических элементов и аномальные участки, т.е. зоны концентрации элементов. В криолитозоне изменчивость ПК при техногенном воздействии зависит от свойств многолетнемерзлых пород (ММП), особенно от их устойчивости. Устойчивость свойств ММП связана не только с широтной климатической зональностью, но и с положением базиса эрозии, связанного с неотектоническим режимом, т.е. аazonальному природному фактору. Это рельеф и состав ландшафтообразующих геологических толщ, характер опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов. Результаты сопоставления элементов геолого-геоморфологической основы свидетельствуют о влиянии природных условий не только на распределение и закрепление микроэлементов в минеральных почвах и донных отложениях (химическое загрязнение), но и на способность ландшафтов к самоочищению. Признаки, определяющие условия миграции и интенсивность водообмена — это средняя расчлененность рельефа, степень гидроморфности, нестационарность мерзлой толщи, состав пород. Опасные эндогенные геологические процессы соотносятся с особенностями рельефа. В рельефе отражаются деформации, связанные с проявлением неоген-четвертичных движений, которые частично наследуют складчатые и разрывные структуры доюрского фундамента и осадочного чехла. Вывод: на территории Надым-Тазовского междуречья прослеживаются зональный и аazonальный типы распределения опасных геологических процессов и загрязнения, что способствует определению устойчивости ландшафтов. Относительно повышенная устойчивость

предполагается для среднетаежной Верхнетазовской и северотаежной Худосейской ландшафтных провинций, в покрове с поверхностными и приповерхностными преимущественно ледниковыми отложениями на максимальных для территории абсолютных высотах (135–150 до 200 м) в пределах новейших унаследованных и инверсионных поднятий.

ЛИТЕРАТУРА

Левина Н.Б., Сорокина Е.П., Мешалкин К.А. Взаимосвязь рельефа, неотектонического режима, состава пород и многолетней мерзлоты со способностью ландшафтов к самоочищению (Север Западной Сибири) // География и современные проблемы географического образования: материалы Всеросс. научно-практич. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Почетного чл. РФФ, д.г.н., проф. Василия Ивановича Прокаева / под ред. О.В. Липухина. Ю.Р. Ивановой. Екатеринбург, 2019. С. 110–115.

Левина Н.Б., Сорокина Е.П., Мешалкин К.А. Роль геолого-геоморфологических особенностей и тектонической активности в формировании ландшафтов Надым-Тазовского междуречья (Западная Сибирь) // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы X Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. М.: ГЕОС. 2017. С. 228–231.

Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Левина Н.Б., Ткаченко В.А., Тюрин В.Н. Ландшафтно-геохимическая карта как основа экологической оценки территории // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII международ. ландшафтной конф. в 2 т. / ред. В.Б. Михно и др. Т. 1. Воронеж: ИСТОКИ. 2018. С. 260–262.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СЕРОГУМУСОВЫХ ГРУБОГУМУСОВЫХ ПОЧВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН THE TEMPERATURE REGIME OF GRAY HUMUS COARSE HUMUS SOILS OF THE SOUTHWESTERN COAST OF THE ISLAND OF WEST SVALBARD

Литвинова Т. И., Кашулина Г. М.

Litvinova T. I., Kashulina G. M.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: lita_0409@mail.ru*

Due to the influence of the warm Atlantic current of the Gulf Stream, a non-specific combination of temperature indicators was revealed for the gray humus soils of the southwestern coast of the island of West Svalbard: negative average annual temperatures (-2 -3 °C) and a small number of positive temperatures (200–500 °C) combined with deep thawing of the soil (up to 80–200 cm) and a relatively long period of time with positive temperatures (4–5 months). Due to the negative average annual temperatures, the presence of permafrost and the duration of the period with negative temperatures (7–8 months), the gray humus soils of the southwestern part of the island of West Svalbard should be classified as a type of permafrost. Thawing of soils occurs from above due to solar energy, and the nature of freezing is not always two-sided (top and bottom), as is typical for permafrost soils.

Благодаря уникальному сочетанию факторов почвообразования: более влажному и мягкому климату, глубокому залеганию вечной мерзлоты — 0.6–2 м (Осокин, Сосновский, 2008), сложному низкогорному рельефу на участках под сплошным мохово-(лишайниково)-ивковым покровом (Королева и др., 2008) на породах широкого гранулометрического спектра (от рыхлого песка до среднего суглинка и легкой глины, обычно с большим содержанием гравия и камней) на разных элементах ландшафта формируются специфичные почвы. Диагностированы они как серогумусовые (Переверзев, 2012а).

Хотя на Шпицбергене вечная мерзлота не служит водупором и не затрудняет перемещение почвенных растворов по профилю, но запас холода в ней не может не сказаться на процессах почвообразования. По данным норвежских ученых толщина вечно мерзлого слоя на Шпицбергене варьирует от 100 до 400 м, температура грунта в зоне вечной мерзлоты составляет -3–6°C. Мощность

активного слоя, в котором протекает почвообразование, зависит от характера грунта в целом на Шпицбергене, варьирует от 0.3 до 3 м (Geoscience ..., 2015).

Цель почвенных исследований: выявить особенности современного температурного режима арктической серогумусовой грубогумусовой почвы юго-западного побережья острова Западный Шпицберген.

Распределение температурных показателей по профилю серогумусовых грубогумусовых почв изучали на двух площадках — пл. 92 и 141. Измерения температуры проводили с 14 июля 2018 по 28 августа 2019 года 6 раз в сутки. Температурные регистраторы марки iButton были установлены в середине горизонта О на глубине 2 см, в середине диагностического дернового грубогумусового горизонта АУао на глубине 8–10 см и в переходном горизонте АУаоС на глубине 20, 40 и 60 см. Температуру воздуха на высоте 2 м за эти периоды представляли архивные данные гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

В летний период поступление тепла и температура почв в значительной степени зависит от характера растительности — ее отражательной и теплопроводной способности. В зимний период температура почв зависит от наличия, мощности и теплопроводности снежного покрова. Самым холодным месяцем для воздуха и всех горизонтов почв на площадках 92 и 141 в сезон 2018/2019 гг. был март. Самая высокая температура воздуха и трех верхних горизонтов пришлось на июль 2019 г., в нижних слоях самая высокая температура была приурочена к августу.

Градиент температур и положение минимальных и максимальных средних за месяц температур в профиле почв зависели от сезона. В июле 2019 г. температура почвы постепенно снижалась с глубиной, а разница между верхним и самым нижним слоем составила 2.7 °С на пл. 92 и 4.4 °С на пл. 141. В сентябре температура профилей почв снизилась, но осталась в положительной области, а различия между слоями почвы стали ниже: 0.4 °С на обеих площадках. При этом положение минимальных средних за месяц температур в этих профилях пришлось на самый верхний горизонт, а положение максимальных — было разным: на пл. 92 максимум пришелся на среднюю часть профиля, на пл. 141 на самую нижнюю часть профиля. В октябре температура опустилась ниже 0 °С только на глубину 40 и 20 см для пл. 92 и 141, соответственно. В самые холодные месяцы среднемесячная температура, наоборот, повышалась с глубиной. При этом ее градиент в профиле постепенно снижался. В апреле-мае, верхние слои почвы начали прогреваться быстрее. Причем на пл. 92 из-за меньшей мощности снега (сдувается) температура почвы повышалась быстрее на всю глубину по сравнению с пл. 141 (более мощный снежный покров) и градиент в профиле составил около 0.5 °С. На пл. 141 прогрев опускался вглубь медленнее и градиент в профиле был более высоким — 0.8 °С.

Годовая амплитуда среднемесячных температур почвы на глубине 20 см между самым холодным и самым теплым месяцем является показателем контрастности температурного режима почв в летнем и зимнем циклах (Конюшков и др., 2011). Для серогумусовых грубогумусовых почв различия средних за месяц температур августа (самый теплый для глубины 20 см) и марта (самый холодный месяц для воздуха и всех горизонтов почв) составили 15.6 и 15.2 для пл. 92 и 141, соответственно. По этому показателю эти почвы попадают в диапазон характерный для почв с самой низкой контрастностью.

ЛИТЕРАТУРА

Конюшков Д.Е., Ананко Т.В., Тихонравова П.И. Параметры температурных режимов почв естественных ландшафтов. Раздел 5. Почвенный покров // Атлас почв Российской Федерации. С.А. Шоба (ред). М.: Астрель: АСТ. 2011. С. 207–209. URL: <http://soilatlas.ru>

Королёва Н.Е., Константинова Н.А., Белкина О.А., Давыдов Д.А. и др. Флора и растительность побережья залива Грэн-фьорд (архипелаг Шпицберген). Апатиты: Изд. К&М. 2008. 112 с.

Осокин Н.И., Сосновский А.В. Влияние климатических изменений на термический режим многолетнемерзлых пород на архипелаге Шпицберген // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Материалы межд. научн. конф. М.: ГЕОС. 2008. С. 280–284.

Переверзев В.Н. Почвы побережий фьордов острова Западный Шпицберген. Апатиты: Изд. КНЦРАН. 2012а. 122 с.

Geoscience Atlas of Svalbard. Dallmann W.K. (Editor). Tromsø: Norwegian Polar Institute, Fram Centre. 2015. Report series 148.292 p.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
НА КАРЬЕРАХ В ТАЕЖНОЙ И ТУНДРОВОЙ ЗОНАХ НА ЕВРОПЕЙСКОМ
СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ**

**FORMATION OF SOILS AND SOIL ORGANIC MATTER IN QUARRIES IN THE TAIGA
AND TUNDRA ZONES OF THE EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA**

Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г., Денева С. В., Холопов Ю. В., Лаптева Е. М.
Likhanova I. A., Kuznetsova E. G., Deneva S. V., Kholopov Yu. V., Lapteva E. M.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

The research was carried out in the European Northeast of Russia (the Komi Republic), in taiga and tundra, on the territory of quarries for mineral mining (building sand and loam) and on the background plots and their surroundings. Primary soil formation on substrates of different granulometric composition was studied. It was found that the process of soil formation is functionally related to the formation of vegetation cover. In the taiga zone, under automorphic conditions, the rate of organic carbon accumulation in the soils of sandy and loamy sand quarries is 0.07–0.16, loamy — 0.4 tonnes/ha per year. In the soil hydrosequence the rate of Corg accumulation increases to 0.53–0.60 t/ha/year (on sands), 1.0–1.2 t/ha/year (on loams) due to conservation of plant material in the form of peat. In tundra, the rate of Corg stock under automorphic conditions on sandy and gravelly sandy deposits is less than 0.1 t/ha/year, reaching 0.2–0.4 t/ha/year with increasing moisture content. On loams under drained conditions, this parameter can reach 0.2 t/ha/year, with increasing hydromorphism — 0.3–0.8 t/ha/year. In the upper 20 cm of young soils, Corg stocks are 2–5 times less compared to background ones.

В последние годы в результате все более расширяющегося техногенного воздействия на природные экосистемы происходит увеличение площади нарушенных земель, что обуславливает особую актуальность работ, направленных на выявление закономерностей восстановления почвенно-растительного покрова на нарушенных территориях в зависимости от различных биоклиматических условий. Исследования процесса первичного почвообразования проводили в таежной и тундровой зонах Республики Коми на разных субстратах (покровные и моренные суглинки, флювиогляциальные пески и супеси, древнеаллювиальные пески и т.д.) в ходе восстановительной сукцессии растительности. Особое внимание обращалось на изучение особенностей формирования почвенного органического вещества. Объектами послужили карьеры по добыче полезных ископаемых (строительного песка и суглинка) после их отработки: в таежной зоне — три карьера, расположенные в Сыктывдинском районе, в тундровой — пять карьеров в Воркутинском районе. В качестве фоновых выбраны участки в окрестностях карьеров с ненарушенным почвенно-растительным покровом.

Формирование почв на карьерах неразрывно связано с процессом восстановления растительности. В таежной зоне в автоморфных условиях на песчаных и песчано-супесчаных субстратах под молодыми сосняками лишайниковыми и разнотравно-моховыми формируются псаммоземы гумусовые грубогумусированные оподзоленные глееватые, на суглинках под сосново-еловыми молодняками разнотравно-моховыми — пелоземы гумусовые грубогумусированные элювиированные глееватые. Скорость накопления органического углерода в автоморфной почве песчаного и песчано-супесчаного карьеров составляет 0.07–0.16, суглинистого — 0.4 т/га в год. В ряду увеличения гидроморфизма скорость накопления $C_{орг}$ возрастает до 0.53–0.60 т/га/год (на песках), 1.0–1.2 т/га в год (на суглинках) за счет консервации растительного материала в виде торфа.

В тундровой зоне на легких породах в дренированных условиях формируются псаммоземы гумусовые потечно-гумусовые глееватые под хвощево-лишайниково-моховыми сообществами и псаммоземы гумусовые глееватые под злаково-хвощевой растительностью, на суглинках — пелоземы гумусовые потечно-гумусовые глееватые под хвощево-моховыми сообществами. Скорость накопления $C_{орг}$ в автоморфных условиях на песчаных и гравийно-супесчаных отложениях составляет менее 0.1 т/га в год, достигая с увеличением увлажнения 0.2–0.4 т/га в год. На суглинках в дренированных условиях данный показатель может достигать 0.2 т/га в год, с увеличением гидроморфизма 0.3–0.8 т/га в год.

Установлено, что в биоклиматических условиях таежной и тундровой зон европейского северо-востока России формирование почв и почвенного органического вещества в ходе восстановительной сукцессии детерминировано особенностями состава растительного сообщества и условиями

увлажнения (степенью гидроморфизма) почв. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров происходит по зональному типу, поскольку молодые почвы формируются в каждой зоне на субстратах, близких по свойствам к почвообразующим породам фоновых территорий. В верхней 20-сантиметровой толще профиля запасы $C_{орг}$ в молодых почвах в 2–5 раз меньше по сравнению с фоновыми. В тундровой зоне процессы восстановления почв более длительны в силу суровых климатических условий. Сравнительная характеристика формирования почв и растительности в ходе восстановительной сукцессии на различных техногенных субстратах показала, что на суглинках в связи с более благоприятными физико-химическими свойствами процесс их восстановления протекает значительно быстрее, чем на песчано-супесчаных субстратах.

**СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ
ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ
CURRENT LEVEL OF POLLUTION OF FOREST ECOSYSTEMS
WITH HEAVY METALS ON THE KOLA PENINSULA**

Лянгузова И. В.
Lyanguzova I. V.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: Ilyanguzova@binran.ru

The results of ecotoxicological assessment of the quality of non-timber forest resources (edible mushrooms and wild berries); response of dominant plant species to the reduction of aerotechnogenic load; and habitat quality are presented. The content of Ni, Cu, Co, Pb, Cd in needles of *Pinus sylvestris* and *Juniperus communis*, leaves and berries of *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, fruiting bodies of *Leccinum versipelle*, *Leccinum scabrum*, *Suillus luteus*, *Russula* genus, *Lactarius rufus*, as well as in forest litter was determined by atomic absorption spectrometry. The persistence of a very high degree of phytotoxicity of soils in the buffer and impact zones was established, which poses a threat to the ecological safety of non-timber forest resources and the local population. Due to significant exceedance of MPC of heavy metals in all studied plant species, it is not recommended to collect berries and mushrooms within 30 km from the Severonickel Combine.

С начала XXI века во многих странах, в том числе в России на Кольском полуострове, произошло резкое снижение объемов атмосферных выбросов промышленными предприятиями, что позволяет проследить реакцию компонентов лесных экосистем на уменьшение аэротехногенной нагрузки. В связи с этим, была проведена экотоксикологическая оценка: 1) качества не древесных ресурсов леса (съедобных грибов и дикорастущих ягод), 2) ответной реакции доминантных видов растений на снижение аэротехногенной нагрузки; 3) качества среды обитания. Оценка осуществлена на основе определения содержания Ni, Cu, Co, Pb, Cd в хвое текущего года *Pinus sylvestris* L. и *Juniperus communis* L., листьях и ягодах *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Empetrum hermaphroditum* Hagerup, плодовых телах базидомицетов: *Leccinum versipelle* (Fr.) Snell, *Leccinum scabrum* (Bull.) Gray, *Suillus luteus* (L.) Roussel, р. *Russula* Pers., *Lactarius rufus* (Scop.) Fr., а также в верхнем органогенном горизонте (лесная подстилка) Al-Fe-гумусовых подзолов методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Образцы собраны в сосновых лесах на территории фонового района, буферной и импактной зон, удаленных от комбината «Североникель» на 70, 30, 10–5 км соответственно.

Установлено, что современный уровень загрязнения тяжелыми металлами местообитаний сохраняется высоким (буферная зона) и очень высоким (импактная зона). На территории буферной зоны превышение ОДК по Ni и Cu составляет немногим более 7 раз, содержание Co, Pb и Cd не превышает ОДК; на территории импактной зоны содержание всех исследуемых тяжелых металлов превышает ОДК, причем наиболее значительных величин превышение достигает для Ni (53 раза) и Cu (57 раз), а для Pb и Cd отмечается лишь 1.5-кратное превышение. Это свидетельствует об очень высокой степени фитотоксичности почв в радиусе 20–30 км от комбината «Североникель» и представляет угрозу для экологической безопасности недревесных ресурсов леса.

На территории буферной зоны превышение фоновых концентраций Ni в листьях (хвое) исследуемых видов составляет 3–45 раз, Cu — 1.5–3 раз, в то время как на территории импактной зоны оно существенно выше: для Ni — 5–70 раз, для Cu — всего лишь в 2–5 раз. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в листьях (хвое) разных видов растений, произрастающих при одинаковом уровне загрязнения почвы, выявил специфичность накопления токсикантов в зависимости, как от видовой принадлежности растений, так и от металла. Для Ni ряд убывания его содержания в листьях (хвое) исследуемых видов растений: *Juniperus communis* > *Empetrum hermaphroditum* > *Vaccinium myrtillus* > *V. vitis-idaea* \cong *Pinus sylvestris*. Для Cu этот ряд имеет несколько другую последовательность: *Empetrum hermaphroditum* > *Vaccinium myrtillus* > *V. vitis-idaea* \cong *Juniperus communis* \cong *Pinus sylvestris*.

Уровень накопления тяжелых металлов в плодовых телах съедобных грибов очень значительно превышает их ПДК: для Ni — 160 раз, для Cu — 10 раз, для Pb — 5 раз, для Cd — 34 раз. Столь высокий уровень накопления тяжелых металлов в плодовых телах базидомицетов свидетельствует о непригодности использования исследуемых видов грибов в пищу. Содержание потенциально токсичных элементов Cu, Pb, Cd в дикорастущих ягодах не превышает их ПДК на всей обследованной территории, однако содержание Ni в плодах ягодных кустарничков в 1.5–4 раза превышает его ПДК, что свидетельствует об экологической угрозе безопасного употребления ягод в пищу местным населением. В связи с этим не рекомендуется производить сбор дикорастущих ягод и грибов в 30-ти километровой зоне от комбината «Североникель».

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 23-26-00193). Автор благодарит Беляеву А.И. и Волкову Е.Н. за помощь.

ПОЛИГОНЫ БИОРЕМЕДИАЦИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ BIOREMEDIATION POLYGONS AS AN ELEMENT OF ENVIRONMENTAL EDUCATION

Мурзаева М. Ш.

Murzaeva M. Sh.

*Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы,
Москва; e-mail: murzaeva-msh@rudn.ru*

Bioremediation landfills are based on the use of active strains of microorganisms — destructors of petroleum products, the use of which is possible in contaminated areas planned for commissioning in an urban environment. In addition to the function of cleaning oil-contaminated soils, the project of the model landfill is also educational in nature. The relevance of environmental education and enlightenment is determined by the global environmental challenges facing humanity.

Масштабы возникающего негативного воздействия нефтепродуктов на компоненты наземных экосистем обусловлены важностью этого энергетического ресурса и сырья химической промышленности во всем мире. Уровень ущерба экосистеме чрезвычайно высок. Даже локальные разливы могут негативно сказаться на популяциях местных видов, что серьезно нарушает баланс экосистемы, и жизненные циклы растений также не обходятся без нарушений. Токсичная нефтесодержащая среда также оказывает разрушительное воздействие на морское биоразнообразие. В дополнение к возможной склонности к отравлению водных животных, птиц и млекопитающих, существует множество других аспектов, которые также могут поставить под угрозу нормальное функционирование организмов.

Традиционные методы обработки почвы, такие как химические и физические методы, не всегда эффективны, дороги и могут привести к вторичному загрязнению. По сравнению с этими методами биологические процессы более эффективны, дешевы и безвредны для окружающей среды. Некоторая биоремедиация *ex situ* может занять всего 12 недель, в то время как фиторемедиация водно-болотных угодий может занять годы (Mohammed, 2021). Стратегии восстановления могут быть ускорены за счет оптимизации почвенных условий и применения различных методов стимуляции биологических

процессов. Микроорганизмы играют значительную роль в области биоразложения (Kiruthika 2020). Многие виды бактерий, грибов и растений обладают способностью эффективно адсорбировать и разлагать широкий спектр нефтепродуктов. Способность микробной популяции разлагать органические загрязнители в почве может быть повышена либо путем стимуляции местных микроорганизмов (биостимуляция), либо путем введения специфических микроорганизмов местной популяции (биоаугментация). Это также называется усиленной биоремедиацией (Margesin, Zimmerbauer and Schinner, 2000).

Целью данной работы является создание модельного полигона биоремедиации, основанного на использовании активных штаммов микроорганизмов – деструкторов нефтепродуктов, применение которых, вероятно, возможно на загрязненных территориях, планируемых к вводу в эксплуатацию в городской среде. Помимо функции очистки загрязненных нефтью почв, проект модельного полигона также носит образовательный характер. Актуальность экологического образования и просвещения определяется глобальными экологическими вызовами, стоящими перед человечеством.

ЛИТЕРАТУРА

Kiruthika S. A review on bioremediation of azodyes using microbial consortium from different sources // Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc. 2020. Vol. 22, No. 4. P. 614–630.

Margesin R., Zimmerbauer A., Schinner F. Monitoring of bioremediation by soil biological activities // Chemosphere. 2000. 40(4). P. 339–46.

Mohammed D. Bioremediation of (in)organic pollutants by microalgae and yeasts: Characterisation of physico-chemical interactions, biochemical and enzymatic responses and metabolomic profiling // International Biodeterioration & Biodegradation. 2021. 64(7). P. 622–628.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ЧЕРНОГОРСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF PLANTINGS ON THE TERRITORY OF THE PROJECTED «CHERNOGORSK MINING AND PROCESSING PLANT»

Мурзакматов Р. Т.

Murzakmatov R. T.

Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск; e-mail: takcator_m@mail.ru

An assessment of the dried forest stand and living understory layer of willows in the construction area of the Chernogorsk mining and processing plant was carried out. The plant is located in a zone of technogenic wasteland formed long ago by aerotechnogenic emissions from the Norilsk MMC. To assess the damage to the construction of a new facility, a description of the background (damaged) vegetation is carried out.

Для определения количества зеленых насаждений, произрастающих в зоне планируемого размещения горно-обогатительного комплекса (ГОК), их качественных характеристик, определения объемов возможного удаления зеленых насаждений, компенсационной стоимости и необходимости проведения озеленения в 2021 г. выполнено натурное обследование существующих насаждений в зоне планируемых работ. Площадка Черногорского ГОКа находится в зоне очень сильного (техногенная пустошь) воздействия Норильского ГМК и фитоценоз уже нарушен аэротехногенными выбросами.

По лесорастительному районированию Ф.И. Плешикова (2002) район долины р. Ергалах относится к Путоранской горной лесорастительной провинции лесотундровой подзоны. Здесь представлены узкой полосой по дренированным участкам горно-таежные елово-лиственничные, лиственничные редкостойные леса, горно-тундрового пояса лугов и арктических пустынь (Пименов и др., 2014). Обследованная территория представляет собой расчлененный горный рельеф моренного типа,

с волнистой равниной, понижения заняты руслами рек и ручьев, горными озерами атмосферного питания. Повсеместно развита многолетняя мерзлота, наличие которой стимулирует образование криогенного микро- и мезорельефа. Почвы представлены криоземами грубогумусовыми, в том числе глееватыми и торфяно-криоземами (Пономарева, 2006).

Сплошной переčet подлесочных кустарников (ложатся под снег) проводился по породам, категориям качества и по ступеням толщины. Измерения диаметра засохших деревьев лиственницы выполнены на высоте 1.3 м.

К настоящему времени растительность коренным образом трансформирована. В результате выбросов Норильского ГМК древостой лиственницы полностью усохли. Современные растительные сообщества сформированы кустарниками, имеющую в основном карликовую форму и произрастающими в одном ярусе с травами. Сохранность кустарников от техногенного воздействия обеспечивается промывным режимом поймы р. Ергалах и подснежным положением ветвей ив.

Ивовая растительность, представлена двумя сообществами: кустарниково-разнотравное и злаково-разнотравное. Для наиболее точного определения площади сноса зеленых насаждений при возведении объектов ГОКа, из общей площади временных и постоянных площадок для расчета приняты только участки, занятые ивовой растительностью. Остальная территория постоянных и временных площадок занята преимущественно каменистыми лугами и россыпями, еще часть территории заросла кустарниками и травой, имеются мертвопокровные гари.

Выпуклая часть обследованного участка характеризуется антропогенной трансформацией исходного фитоценоза, разрушением их структуры, массовым отмиранием биоты.

Подрост в районе исследований полностью отсутствует на расстоянии до 30 км в южном направлении (по преобладающей розе ветров, ключевые участки «Рыбная-Орон», «Ергалах») и до 2–3 км в северо-восточном направлении (Отчет..., 2009). В этих ключевых участках древостой полностью погиб, семена для естественного лесовозобновления отсутствуют.

На проектируемой строительной площадке проведен сплошной переčet кустарника на профилях: 1 — карьер; 2 — отвал совместного складирования; 3 — площадка рудных складов; 4 — район обогатительного комбината; 5 — межплощадочные дороги. При сплошном перечете учтено 1309 шт. сухостойных стоящих лиственниц на площади 159 га. При средних показателях высоты — 13 м., диаметра — 14 см. По техническому состоянию все лиственницы относятся к дровяным, без коры и верхушки с общим запасом 158.9 м³. В подлеске этих насаждений учтены кустарники ивы (64120 шт.) с общим объемом 224.4 м³. На участке имеется валеж из упавших засохших лиственниц.

В границах объекта исследований во время натурного обследования, были обнаружены только кусты ив. На прилегающей территории (вне границ территории ГОК), особенно в прирусловых зонах, могут произрастать береза карликовая и ольховник.

ЛИТЕРАТУРА

Отчет НИР «Разработка системы мониторинга состояния окружающей среды в зоне воздействия предприятий Заполярного филиала ОАО ГМК «Норильский никель» по Госконтракту 52/2008. Ин-т леса. Красноярск, 2009. 213 с.

Пименов А.В., Ефимов Д.Ю., Первунин В.А. Топо-экологическая дифференциация растительности в Норильском промышленном районе // Сибирский экологический журнал. 2014 № 6. С. 923–931.

Плешиков Ф.И., Ваганов Е.А., Ведрова Э.Ф и др. Лесные экосистемы Енисейского меридиана // Изд. СО РАН. Новосибирск 2002. 336 с.

Пономарева Т.В. Специфика формирования мерзлотных почв в условиях аэротехногенного воздействия // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Красноярского края. 2006. Вып. 8. С. 116–120.

Шишкин А.С., Абаимов А.П., Онучин А.А. Методология и принципы организации природных экосистем в регионах с экстремальным техногенным воздействием // Сибирский экологический журнал. 2014. № 6. С. 863–871.

**ЭМИССИЯ CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ ЕЛЬНИКА И СОСНЯКА
НА ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ «ЛЯЛЬСКИЙ»: ИТОГИ ПЕРВОГО ГОДА НАБЛЮДЕНИЙ**
**EMISSION OF CO₂ FROM THE SOIL SURFACE OF SPRUCE AND PINE FOREST
AT THE 'LYALSKY' TEST SITE: RESULTS OF THE FIRST YEAR OF OBSERVATIONS**

Осипов А. Ф., Кузнецов М. А.
Osipov A. F., Kuznetsov M. A.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: osipov@ib.komisc.ru

The data showing the dynamics of soil respiration of spruce and pine forests growing on the experimental site «Lyalsky» are presented. A positive correlation of soil respiration with its temperature at a depth of 10 cm was found, while the correlation with soil moisture was negative. According to the obtained data, the calculation of carbon release into the atmosphere with CO₂ emission from the soil surface during the warm period (May - October) was carried out.

Эмиссия CO₂ с поверхности почвы является крупнейшим потоком, обеспечивающим возврат диоксида углерода в атмосферу (Bond-Lamberty, Thomson, 2010). Вместе с тем, обобщенные оценки этого процесса характеризуются большими вариациями полученных значений, как на региональном (Mukhortova et al., 2021), так и глобальном уровне (Hashimoto et al., 2015), что требует накопления экспериментальных данных для поиска и верификации предикторов для расчета величины дыхания почв без прямых измерений (Jian et al., 2020). Цель работы охарактеризовать эмиссию CO₂ с поверхности почвы сосняка сфагнового и ельника разнотравно-черничного, произрастающих на тестовом полигоне «Ляльский» (средняя тайга, Республика Коми), в течение бесснежного (май-октябрь) периода 2023 г.

Измерения потоков диоксида углерода из типичной подзолистой почвы ельника разнотравно-черничного и торфянисто-подзолисто-глеевой иллювиально-железистой почвы сосняка сфагнового выполнены при помощи инфракрасного газоанализатора LICOR 8100. Одновременно измерялись температура и влажность почвы, датчиками входящими в комплектацию прибора. Поступление углерода с поверхности почвы в атмосферу с дыханием почвы оценивали по среднесуточным значениям температуры почвы, непрерывно измеренных HOBO U-12, и уравнению Вант — Гоффа, с использованием рассчитанных значений температурного коэффициента Q₁₀ и референсного дыхания при 10 °C (SR₁₀).

Кривая хода эмиссии CO₂ с поверхности почвы ельника разнотравно-черничного имеет «классический» характер и характеризуется постепенным ростом с мая по июль-август и дальнейшим снижением к октябрю. Следует отметить отсутствие достоверных различий величины средней за месяц эмиссии CO₂ в июле, августе и сентябре, что во многом обусловлено теплой погодой с дефицитом осадков в августе и сентябре. Поступление и разложение листьев деревьев текущего года послужило причиной сопоставимой с июньской скорости потока диоксида углерода в октябре. Максимальные среднемесячные значения дыхания почвы сосняка сфагнового наблюдались в августе. Выявлены сходные среднемесячные величины выделения CO₂ из почвы в июле и сентябре, а также мае и октябре, тогда как при парных сравнениях для остальных месяцев обнаружена достоверная разница в дыхании почвы.

При оценке влияния гидротермических факторов на эмиссию CO₂ установлена положительная, статистически достоверная взаимосвязь ($R^2 = 0.54-0.75$; $p < 0.001$) между дыханием почвы исследуемых фитоценозов и температурой почвы на глубине 10 см. Температурный коэффициент Q₁₀ в ельнике разнотравно-черничном составил 2.9, сосняке сфагновом — 7.1. Корреляция эмиссии CO₂ с влажностью почвы отрицательная и варьирует от слабой до умеренной ($R^2 = 0.23-0.29$; $p < 0.001$).

В течение бесснежного периода с дыханием типичной подзолистой почвы ельника разнотравно-черничного выделяется 670.6 ± 74.9 гС/м², а торфянисто-подзолисто-глеевой иллювиально-железистой почвы сосняка сфагнового — 634.4 ± 22.5 гС/м². Высокие значения выноса углерода для заболоченного сосняка во многом обусловлены благоприятными погодными условиями в течение вегетационного периода 2023 г.

Работа выполнена в рамках ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП ГЗ) на выполнение темы «Оценка запасов углерода и мониторинг потоков парниковых газов в лесных экосистемах на европейском северо-востоке России» (Рег. № 124013000679-5).

ЛИТЕРАТУРА

Bond-Lamberty B., Thomson A. A global database of soil respiration data // *Biogeosciences*. 2010. Vol. 7. № 6. P. 1915–1926.

Hashimoto S., Carvalhais N., Ito A., Migliavacca M., Nishina K., Reichstein M. Global spatiotemporal distribution of soil respiration modeled using a global database // *Biogeosciences*. 2015. Vol. 12. P. 4121–4132.

Jian J., Bahn M., Wang C., Bailey V.L., Bond-Lamberty B. Prediction of annual soil respiration from its flux at mean annual temperature // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. Vol. 287. 107961.

Mukhortova L., Schepaschenko D., Moltchanova E., Shvidenko A., Khabarov N., See L. Respiration of Russian soils: Climatic drivers and response to climate change // *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 785. 147314.

**ЧИСЛЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ЛИСТЬЯХ БЕРЁЗЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ
ВЫБРОСОВ КОМБИНАТА «СЕВЕРНИКЕЛЬ»**

**NUMERICAL RECONSTRUCTION OF THE CONTENT OF HEAVY METALS
IN BIRCH LEAVES IN THE ZONE OF IMPACT OF THE AIR
EMISSIONS OF THE SEVERONIKEL SMELTER**

Рапута В. Ф.¹, Сухарева Т. А.²

Raputa V. F.¹, Sukhareva T. A.²

¹*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск; e-mail: raputa@sscc.ru*

²*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: t.sukhareva@ksc.ru*

The use of low-parametric reconstruction models for estimating the levels of heavy metals in birch leaves (*Betula pubescens* Ehrh.) at various distances under air pollution of the Severonickel smelter is discussed. The numerical analysis used the results of monitoring studies in 2008, 2017, 2022, 2023 at 11 permanent plots located in the south-west direction from the smelter at a distance of 7 to 175 km. The permanent plot at a distance of 7 km from the smelter was used as a reference for estimating the parameters of a small parametric model for the reconstruction of fields of concentrations of Ni, Cu, Co and Pb. The measurement data at the remaining sites made it possible to determine the levels of compliance with numerically restored concentrations. Overall, the agreement was quite satisfactory. A systematic excess of the recovered concentrations over those measured in the middle and far observation zones has been established, which may be associated with the manifestation of transformation processes. The obtained quantitative patterns indicate the possibility of creating cost-effective monitoring systems.

Численное моделирование переноса и диффузии примесей в атмосфере от площадных источников является достаточно сложной задачей. На процессы распространения загрязняющих веществ влияет динамический, термический и влажностный режим атмосферы, характер подстилающей поверхности. Особую трудность представляет адекватное описание пространственного размещения и временной динамики эмиссии примеси от площадного источника (Бызова, 1991). Использование методов прямого моделирования переноса примесей в атмосфере требует детального учёта всех этих факторов, что в итоге приводит к разработке весьма громоздких математических моделей, включающих в себя ряд параметров, требующих дальнейшего уточнения. Такая ситуация далеко не всегда согласуется с техническими и экономическими возможностями. При наличии экспериментальных данных о процессах загрязнения, целесообразен дополнительный анализ теоретических описаний распространения примесей в различных слоях атмосферы с учётом априорных сведений о пространственно-временных характеристиках источников и масштабах исследуемых процессов. Например, в случае моделирования длительного загрязнения территорий стационарными источниками вполне достаточно использование климатических данных о направлениях и скоростях ветра. Также следует отметить

возможности сравнительно компактных математических описаний процессов распространения примесей на определённых удалениях от источников. Построение асимптотических приближений полей концентраций нередко приводит к заметному снижению числа неизвестных параметров и эффективной возможности создания мало параметрических моделей оценивания (Рапута, 2008; Рапута, 2019). Применение методов анализа и планирования эксперимента позволяет повысить информативность получаемых экспериментальных данных.

В докладе обсуждается применение предложенного подхода для оценивания на различных удалениях от источника загрязнения уровней содержания тяжёлых металлов в листьях берёзы (*Betula pubescens* Ehrh.) в зоне влияния атмосферных выбросов медно-никелевого комбината «Североникель». При проведении численного анализа использованы результаты мониторинговых исследований в 2008, 2017, 2022, 2023 гг. на 11 пробных площадях постоянного наблюдения, расположенных в юго-западном направлении от комбината в диапазоне расстояний от 7 до 175 км. Для оценивания параметров мало параметрической модели реконструкции полей концентраций никеля, меди, кобальта и свинца в качестве опорной использовалась площадка, находящаяся в 7 км от промышленного предприятия. Данные измерений на остальных площадках позволили определить уровни соответствия с численно восстановленными концентрациями. В целом, получено вполне удовлетворительное согласие. Следует также отметить систематическое превышение восстановленных концентраций над измеренными в средней и дальней зонах наблюдения, что может быть связано с проявлением процессов трансформации. Полученные количественные закономерности указывают на возможность создания экономических систем мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 279 с.

Рапута В.Ф., Олькин С.Е., Резникова И.К. Методы численного анализа данных наблюдений регионального загрязнения территорий площадным источником // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т. 21, № 6. С. 558–562.

Рапута В.Ф., Симоненков Д.В., Белан Б.Д., Ярославцева Т.В. Оценка выбросов диоксида серы в атмосферу Норильского промышленного района // Оптика атмосферы и океана. 2019. Т. 32. № 6. С. 465–470.

АНАЛИЗ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В СКВЕРЕ У КИНОТЕАТРА «БОЛЬШЕВИК» Г. КИРОВСК

ANALYSIS OF WOOD PLANTS IN A SQUARE AT THE CINEMA «BOLSHEVIK» (KIROVSK)

Рыбалка Е. П.
Rybalka E. P.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: evgeniashl@mail.ru

The results of a survey of green spaces in the square near the Bolshevik cinema in city of Kirovsk are presented. A total of 206 trees and shrubs were identified. The species composition of woody plants includes 8 species: *Betula pubescens* Ehrh., *Padus avium* Mill., *Ribes nigrum* L., *Rosa amblyotis* C.A. Mey, *Salix caprea* L., *Salix* sp., *Spiraea betulifolia* Pall, *Sorbus gorodkovii* Pojark. *Sorbus gorodkovii* dominates among trees, and *Spiraea betulifolia* is among the shrubs. For trees and shrubs there is no “healthy plants” category; for trees, the share of weakened plants is 4%, middle weakened — 11%, highly weakened — 66%, shrinking — 14%, deadwood — 5%. For shrubs, middle weakened specimens account for 24%, weakened and highly weakened specimens account for 38% each. Recommendations are given for improve the decorative effect of the square.

Зеленые насаждения представляют собой неотъемлемую часть градостроительной структуры и являются важнейшей частью экологического каркаса, они способны улучшать микроклиматические условия, уменьшать шум и создавать благоприятную среду для горожан и гостей города (Бухарина, 2007). В связи с неблагоприятной экологической ситуацией и возрастающим уровнем рекреационной нагрузки на древесно-кустарниковую растительность возрастает необходимость проведения многостороннего анализа древесных растений, используемых в озеленении, который обусловлен имеющейся потребностью в повышении устойчивости и улучшении полезных функций городских зеленых насаждений. Основной целью исследования стало изучение состояния древесных насаждений в сквере у кинотеатра «Большевик» в г. Кировск.

Кировск — один из главных промышленных городов Кольского полуострова, негласная столица Хибинского края. На сегодняшний день здание первого Хибинского кинотеатра входит в список объектов культурного наследия регионального значения и проводится его реконструкция. У здания кинотеатра создан небольшой уютный сквер. Общая площадь выделенных участков в сквере составляет 1615 м², в том числе под деревьями и кустарниками 406 м², под газоном — 1209 м². Видовой состав древесных растений включает 8 видов: *Betula pubescens* Ehrh., *Padus avium* Mill., *Ribes nigrum* L., *Rosa amblyotis* C.A. Mey, *Salix caprea* L., *Salix* sp., *Spiraea betulifolia* Pall, *Sorbus gorodkovii* Pojark. Вышеперечисленные виды относятся к 4 семействам (*Betulaceae* S.F.Gray, *Grossulariaceae* DC, *Rosaceae* Juss, *Salicaceae* Mirb.) и 7 родам (*Betula* L., *Padus* Mill., *Ribes* L., *Rosa* L., *Salix* L., *Spiraea* L., *Sorbus* L.). Всего выделено 206 шт. деревьев и кустарников. Среди деревьев доминирует *Sorbus gorodkovii* (65%). Значительно меньше приходится на долю других видов: *Salix* sp. — 22%, *Betula pubescens* — 11% и *Padus avium* — 2%. Кустарники в составе насаждений составляют 4%.

Состояние древесных растений рассмотрено по 6 категориям (Николаевский, Якубов, 2008). У деревьев отсутствует первая категория состояния (растения, не имеющие признаков ослабления). На долю слабо ослабленных приходится 4%, средне ослабленных — 11%, сильно ослабленных — 66%, усыхающих — 14% и сухой — 5% растений. Среди кустарников здоровых растений не обнаружено, среднеослабленные составляют 24%, слабо и сильно ослабленные — по 38%. Состояние растений во многом определяется ассортиментным составом, что обусловлено видовыми различиями устойчивости растений к антропогенным загрязнениям. Слабо ослабленные растения выявлены только у *Betula pubescens* (33%) и *Salix* sp. (2%). Данная категория характеризуется практически здоровыми растениями с незначительным количеством сухих ветвей, менее плотной кроной и незначительными повреждениями стволов. Категория состояния «средне ослабленные» отмечена у *Betula pubescens* (33%), *Sorbus gorodkovii* (8%), *Salix caprea* (50%) и *Salix* sp. (10%). Категория сильно ослабленные растения встречается у всех видов: *Padus avium* (50%), *Sorbus gorodkovii* (72%), *Salix* sp. (50%). Особые категории составляют усыхающие и сухостойные растения, так как они в основном рекомендуются к удалению. Усыхающие экземпляры отмечены у *Sorbus gorodkovii* (16%) и *Salix* sp. (19%). Сухостойные растения в наибольшем количестве выявлены также у *Sorbus gorodkovii* (5%), *Padus avium* (25%), *Salix* sp. (5%). У кустарников отсутствуют три категории состояния: здоровые растения, усыхающие и сухой. Наиболее представлены слабо ослабленные экземпляры у *Spiraea betulifolia* и *Rosa amblyotis*. Среди *Ribes nigrum* доминируют сильно ослабленные растения.

Для оптимизации существующих насаждений в сквере необходимо проведение санитарно-гигиенических и защитных мероприятий для ослабленных деревьев. Особое предпочтение необходимо отдать новым посадкам красивоцветущих кустарников. При оформлении территории данного сквера уместны как свободно растущие группы, так рядовая посадка. Цветочное оформление можно предусмотреть с использованием разных по форме и высоте вазонов, которые будут хорошим дополнением к цветущим кустарникам. Можно рекомендовать также создание небольшой цветочной композиции с использованием многолетних травянистых растений.

ЛИТЕРАТУРА

Бухарина И.Л., Поварнищина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. 2007. 216 с.

Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в крупном городе. М. 2008. 67 с.

**ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПОЧВАМИ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**CARBON DIOXIDE EMISSIONS OF MURMANSK
REGION NORTH TAIGA FOREST SOILS**

Рябов Н. С., Ершов В. В., Иванова Е. А., Сухарева Т. А., Штабровская И. М.
Ryabov N. S., Ershov V. V., Ivanova E. A., Sukhareva T. A., Shtabrovskaya I. M.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, Анапиты, Мурманская область; e-mail:
n.ryabov@ksc.ru; v.ershov@ksc.ru; ea.ivanova@ksc.ru; t.sukhareva@ksc.ru; i.shtabrovskaya@ksc.ru*

Soil CO₂ emissions data for the background areas and the defoliated forests between June and September 2023 were obtained. There is a larger volume of carbon dioxide emissions below the crown of the trees than between the crown in all of the plots. In August, the soil emits the largest concentration of CO₂. Emissions have been found to be influenced by environmental factors.

Лесные экосистемы, расположенные за Полярным кругом в Арктической зоне РФ, играют важную роль в глобальном цикле углерода. Оценка эмиссионных потоков диоксида углерода почвами бореальных северотаежных лесов важна для характеристики региональной компоненты общенациональных эмиссионных потоков.

В 2023 г. сотрудники Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН начали работы по измерению почвенного дыхания на 4 площадках постоянного наблюдения (ППН) методом закрытых камер с помощью портативного газоанализатора на базе отечественного промышленного инфракрасного газоанализатора VENTPro. ППН расположены в сосняках лишайниково-кустарничковых и ельниках кустарничково-зеленомошных на разном удалении от источника аэротехногенного загрязнения — комбината «Североникель» (г. Мончегорск): на территории Лапландского заповедника в 31 км к югу (дефолирующие леса) и в более чем 150 км на юго-запад в районе пос. Алакуртти (фоновые условия). Камеры устанавливались стационарно в пятикратной повторности под кронами и между крон деревьев. Камеры представляют собой ПВХ трубы диаметром 110 мм, которые врезаны в почву на 7–15 см в минеральный горизонт. Почвы на ППН представлены типичными для региона Al-Fe-гумусовыми подзолами. Измерения проводили с июня по сентябрь 2023 г.

По результатам наблюдений среднее значение эмиссионных потоков углекислого газа составило 3.67 гС/м²/сутки (июнь-сентябрь). Эмиссии CO₂ из почв за период полевого сезона в фоновых условиях в среднем превышали эмиссии на площадках в дефолирующих лесах на 0.75 гС/м²/сутки (на 0.54 гС/м²/сутки в еловом и на 0.96 гС/м²/сутки в сосновом лесу). Наибольшие значения эмиссий диоксида углерода отмечались в августе.

Обнаружено, что среднесуточный поток углекислого газа из почвы больше под кронами деревьев, чем в межкрановом пространстве. В фоновом ельнике эмиссии под кронами превышали значения между крон в среднем на 3.55 гС/м²/сутки. Под кронами фоновых сосновых лесов потоки CO₂ превышали дыхание между кронами в среднем на 0.77 гС/м²/сутки. В дефолирующем ельнике дыхание почв под кронами выше на 0.41 гС/м²/сутки по сравнению с межкрановым пространством. В дефолирующем сосняке наблюдалось превышение эмиссии CO₂ почвами в подкрановом пространстве на 1.27 гС/м²/сутки относительно средних потоков между кронами.

Выявлена корреляционная связь эмиссии CO₂ с температурами почвы на глубине 5 и 10 см (r от 0.48 до 0.92). Связь с температурой призмного слоя, а также влажностью почвы характеризуется сильной вариативностью.

По результатам исследований 2023 года охарактеризованы эмиссии CO₂ почв северотаежных лесов, их пространственная, меж- и внутрибиогеоценоотическая вариабельность, выявлены взаимосвязи с факторами среды. Полученные данные дают возможность оценить вклад северотаежных лесов в потоки диоксида углерода.

Работа выполнена по теме ИППЭС КНЦ РАН № 123120400003-0 в рамках реализации ВИП ГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах».

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЛОВОЗЕРСКОМ РАЙОНЕ CHEMICAL COMPOSITION OF SNOW COVER IN THE LOVOZERSK REGION

Сандимиров С. С.¹, Красавцева Е. А.^{1,2}, Кудрявцева Л. П.¹,
Черепанов А. А.¹, Летуновская Е. А.¹, Маркова А. И.¹
Sandimirov S. S.¹, Krasavtseva E. A.^{1,2}, Kudryavtseva L. P.¹,
Cherepanov A. A.¹, Letunovskaya E. A.¹, Markova A. I.¹

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: s.sandimirov@ksc.ru

²Центр наноматериаловедения ФИЦ КНЦ РАН,

Апатиты, Мурманская область; e-mail: e.krasavtseva@ksc.ru

In continuation of previously conducted research on the geoeological assessment of the state of environmental components in the zone of the rare metal enterprise influence and the study of the processes of natural waters formation of the Lovozero massif, samples of snow cover were selected and studied in the Lovozero district of the Murmansk region. The values of pH, electrical conductivity, the content of major ions, compounds of nutrients, indicators of the content of organic matter, and microelements were determined. For samples taken in the area of the Alluive stream, an increased pH value of melt water and nitrates was established. In general, the distribution of major ions in the selected snow samples corresponds to $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ and $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$. Analysis of the results obtained allows us to draw conclusions about the negative impact of mining and processing enterprises located to the west of the study area.

Одним из методов, позволяющих оценить степень техногенной нагрузки на окружающую среду, является мониторинг загрязнения атмосферных осадков. Для комплексной характеристики антропогенного воздействия, как правило, используются оценки загрязнения депонирующих сред, в частности, почв и снежного покрова. В снежном покрове отражается существующее загрязнение атмосферного воздуха. Проба по всей высоте снежного покрова дает представление о загрязнении за весь период от установления снежного покрова до момента отбора пробы и является индикатором предшествовавшего загрязнения атмосферы и будущего загрязнения почвы и гидросферы (Першина и др., 2021; Даувальтер и др., 2023).

В продолжение ранее проведенных исследований по геоэкологической оценке состояния компонентов окружающей среды в зоне влияния редкометалльного предприятия и изучения процессов формирования природных вод Ловозерского массива целью данной работы является оценка степени загрязнения снежного покрова в обозначенном районе исследований.

Картосхема точек отбора проб снега приведена на рисунке. Снегоотборник представлял собой пластиковую трубу диаметром 21.6 см. Отбор снегового керна проводился на всю мощность снега из ненарушенной стенки траншеи, выкапываемой от поверхности снега до почвенно-растительного слоя. Три колонки снега отбирались с каждой станции и затем объединялись в одну смешанную пробу. Отбор колонок снега производился в конце апреля, поэтому химический анализ талого снега представляет интегральный результат всех процессов за долгую зиму, в том числе загрязнения атмосферы и выпадения загрязняющих веществ из атмосферы.

Химический состав талых снеговых вод анализировали в центре коллективного пользования ИППЭС КНЦ РАН. В пробах определялись значения pH, электропроводности, содержание главных ионов, соединений биогенных элементов, показателей содержания органического вещества, микроэлементов.

Величина pH талой воды варьирует от 6.04 (с. Ловозеро) до 6.53 (руч. Аллуайв), коррелируя ($r = 0.94$) с содержанием гидрокарбонатов (от 0.8 до 2.5 мг/л соответственно), что может являться следствием влияния пылевых выбросов горно-обогатительных предприятий, расположенных в районе исследования. Содержание сульфатов достигает 0.65 мг/л (руч. Аллуайв), что значительно меньше, чем было обнаружено в атмосферных осадках Мончегорского полигона (Даувальтер и др., 2023; Никаноров, 2001). В среднем, распределение основных ионов в отобранных пробах снега может быть

выражено так: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ и $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$. Содержание нитратов в талой воде оз. Сикир и руч. Аллуйв составляет 123 и 186 мкгN/л соответственно. Стоит отметить низкие содержания металлов во всех изученных пробах.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что западная часть района исследования (руч. Аллуйв, оз. Сикир) подвержена влиянию горно-обогатительных предприятий, расположенных в центре Мурманской области, в частности, на западном берегу оз. Умбозеро.

ЛИТЕРАТУРА

Даувальтер В.А., Сандимиров С.С., Денисов Д.Б., Даувальтер М.В., Слукровский З.И. Эколого-геохимическая оценка снежного покрова в районе воздействия апатит-нефелинового производства Кольского полуострова // Геохимия. 2023. Т. 68. С. 1312–1328.

Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб.: Гидрометеиздат. 2001. 444 с.

Перишина Н.А., Семенец Е.С., Павлова М.Т., Свистов П.Ф. Влияние погодных условий на химический состав снежного покрова // Климат и природа. 2021. Т. 41. № 4. С. 26–34.

ОЦЕНКА АБОРИГЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОБЩЕГОРОДСКОГО ЗНАЧЕНИЯ (УЛИЦЫ) В Г. КИРОВСК (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) ASSESSMENT OF NATIVE WOODY PLANTS AT SITES OF CITYWIDE IMPORTANCE (STREETS) IN KIROVSK (MURMANSK REGION)

Святковская Е. А.¹, Салтан Н. В.¹
Svyatkovskaya E. A.¹, Saltan N. V.¹

¹Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: saltan.natalya@mail.ru

The assessment of native woody plants in street plantings in the city of Kirovsk (Murmansk region) is given: Lenin, Dzerzhinsky, Mira, Yubileynaya, Leningradskaya, the landscaping of which was carried out in the 60–80s of the last century. The analysis showed that there are 7078 trees growing on the streets, of which 98.5% are native species. Among the bushes, natives account for 58% of the total (1136 pieces). The species composition of the studied plants is represented by 17 species (11 trees, 6 shrubs), belonging to 8 families and 11 genera. The most common tree species are *Sorbus qorodkovii* Pojark. (53%) and *Betula pubescens* Ehrh. (23%), among shrubs *Salix phylicifolia* L. The age structure of dominant species is most represented by middle-aged plants. The assessment state of the dominant specieses revealed that the proportion of healthy specimens in *Betula pubescens* varies from 5 to 18%, in *Sorbus qorodkovii* — from 0.5 to 18%, and the remaining plants are in varying degrees of weakening. In general, native species of woody plants are sustainable and are an indispensable component of the green infrastructure of the city of Kirovsk.

В городах важная роль отводится зеленым насаждениям, которые предоставляют различные экосистемные услуги, способные улучшить качество окружающей среды, оптимизировать ее для здоровья и благополучия городского населения (Krämer, 2023). Особенное значение они имеют на Крайнем Севере. Первые работы по озеленению новых промышленных центров Мурманской области проведены в 30–40-е годы минувшего столетия. В этот период основным посадочным материалом были деревья и кустарники из пригородных зон. Целью нашей работы является оценка существующих древесных растений аборигенного происхождения на объектах общегородского значения в г. Кировск.

Для изучения аборигенных видов выбраны 5 городских улиц (Ленина, Мира, Юбилейная, Ленинградская и Дзержинского), озеленение которых было проведено в 60–80-е годы прошлого столетия. Анализ показал, что из 7078 деревьев, произрастающих на данных улицах, 98.5% представлены аборигенными видами. Доля данной группы растений варьирует от 90% (ул. Мира) до 100% (ул. Дзержинского). Аборигенные виды кустарников составляют 58% от общего количества (1136 шт.), варьируя по объектам от 36% (ул. Мира) до 98% (ул. Дзержинского).

Видовой состав представлен 17 видами, в том числе 11 видов деревьев (*Alnus incana* (L.) Moench, *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus friesiana* Wichura, *Padus avium* Mill., *Populus tremula* L., *Salix caprea* L., *Salix myrsinifolia* Salisb., *Salix* sp., *Sorbus qorodkovii* Pojark.) и 6 видов кустарников (*Juniperus* sp., *Ribes nigrum* L., *Ribes rubrum* L., *Rubus idaeus* L., *Salix phylicifolia* L., *Salix* sp.).

Выше перечисленные виды относятся к 8 семействам (*Betulaceae* S.F. Gray — 3, *Rosaceae* Juss. — 3 вида, *Salicaceae* Mirb. — 6, *Pinaceae* Lindl. — 3, *Grossulariaceae* DC — 2) и 11 родам (*Alnus* Hill., *Betula* L., *Juniperus* L., *Pinus* L., *Picea* A. Dietr., *Populus* L., *Padus* L., *Ribes* L., *Rubus* L., *Salix* L. *Sorbus* L.).

Наиболее распространенными видами среди деревьев являются *Sorbus qorodkovii* (53%) и *Betula pubescens* (28%). При рассмотрении каждого объекта индивидуально, показатели меняются. *Sorbus qorodkovii* доминирует на улицах Ленина (69%), Юбилейная (66%) и Мира (47%). Основу насаждений на ул. Ленинградская составляет *Betula pubescens* (47%). Доля участия основных пород на ул. Дзержинского почти одинакова (*Salix caprea* (26%), *Betula pubescens* (23%), *Sorbus qorodkovii* (23%). Выше перечисленные породы составляют основу декоративных посадок на выбранных объектах. Значительно реже в озеленении улиц использованы аборигенные кустарники, среди которых преобладают представители рода *Salix*.

По состоянию растений в посадках выделено 6 категорий (Николаевский, Якубов, 2008). Как с экологической, так и с эстетической точек зрения, наиболее важным является показатель, характеризующий растения I категории (без признаков ослабления). Анализ доминирующих видов выявил, что здоровые экземпляры у *Betula pubescens* составляют от 5 (пр. Ленина) до 18% (ул. Ленинградская), у *Sorbus qorodkovii* от 0.5 (пр. Ленина) до 18% (ул. Дзержинского). Категория II (слабо ослабленные) более представлена у *Betula pubescens* (30%), чем у *Sorbus qorodkovii* (12%). Категории средне и сильно ослабленные встречается у обоих видов. Усыхающие растения и сухостой выделены у *Sorbus qorodkovii* — 6% и 3%, *Betula pubescens* — 2% и 1% соответственно. Наличие последних категорий, в первую очередь, вызвано тем, что при посадке не соблюдено расстояние от проезжей части до растений, вследствие чего некоторые экземпляры деревьев оказались под прямым влиянием автомобильного транспорта, число которого с каждым годом увеличивается. Большой вред насаждениям наносит механизированная уборка снега с проезжей части на разделительные полосы. Основными признаками ослабленности деревьев доминирующих видов являются односторонность и сильная изреженность крон, глубокие трещины на стволах, отлупы коры, сухие ветки, повреждения вредителями и болезнями.

Важным показателем состояния и декоративности насаждений является возраст. Анализ результатов обследования по возрастной структуре показал, что среди доминирующих пород преобладают средневозрастные растения с долей участия от 47% (ул. Дзержинского) до 55 % (ул. Ленинградская) у *Betula pubescens* и незначительно выше 40% на всех обследованных улицах у *Sorbus qorodkovii*. В данной категории возраста здоровые растения составляют от 10 до 12% у *Sorbus qorodkovii* и от 16 до 23% у *Betula pubescens*. На улице Ленинградской отмечен высокий процент от 50 (*Betula pubescens*) до 65% (*Sorbus qorodkovii*) слабо ослабленных экземпляров, которые отличаются от здоровых растений незначительными повреждениями. На ул. Дзержинского преобладают средне ослабленные растения, которые составляют от 43% (*Betula pubescens*) до 58% (*Sorbus qorodkovii*). Усыхающие и сухостой на обследованных улицах встречаются единично.

Из вышесказанного следует, что древесные аборигенные виды широко используются в озеленении улиц, устойчивы в посадках и являются незаменимым компонентом зеленого наряда города Кировск.

ЛИТЕРАТУРА

Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в крупном городе. Методы исследований: практическое пособие. М.: МГУЛ. 2008. 67 с.

Krämer R. Ecosystem Services of Urban Green Spaces under Global Change // Thesis for: doctor rerum naturalium. 2023. 149 p.

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ СЕВЕРОТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ:
КЛИМАТ, ВРЕДИТЕЛИ, БОЛЕЗНИ**
**SPATIAL DYNAMICS OF THE CONDITION OF NORTHERN TAIGA FORESTS:
CLIMATE, PESTS, DISEASES**

Селиховкин А. В., Мамаев Н. А., Мартирова М. Б., Варенцова Е. Ю.
Selikhovkin A. V., Mamaev N. A., Martirova M. B., Varentsova E. Yu.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Санкт-Петербург; e-mail: a.selikhovkin@mail.ru

In 2021–2022 an observation network of 157 sample plots distributed over Leningrad Region, Republic of Karelia, Murmansk Region and Komi Republic was created. The condition of forest stands does not depend on latitudinal distribution. The activity of stem pests decreases as one moves north. Foci of outbreaks of *Ips typographus* were observed in the spruce forests of the Leningrad region and the southern part of Karelia, but not in the more northern regions. Significant changes in the species composition of the dominant stem pests correspond to the trend of increasing heat supply. In the group of open-living phyllophagous insects the frequency of outbreaks has sharply decreased. The most common disease is wounded canker of spruce. Its occurrence and activity does not depend on geographical location or climatic conditions. Diseases of spruce and pine caused by honey fungus *Armillaria* spp. are the second most common.

Многочисленные исследования влияния изменения климата на состояние лесных экосистем основываются преимущественно на локальных данных или анализе существующей информации об объеме элементов фитомассы разных регионов. Цель данных исследований — анализ воздействия климата на состояние древостоев европейского севера, а также на структуру комплексов вредителей и болезней хвойных древесных растений на основе актуальных натурных исследований.

В 2021–2022 гг. создана сеть наблюдений из 157 пробных площадей, распределённая по четырём субъектам Российской Федерации районам (Ленинградская область, Республика Карелия, Мурманская область и Республика Коми) в следующих географических координатах:

1. Ленинградская область (Учебно-опытное лесничество) — широта 59°17'–59°32'; долгота 30°32'–30°45', ель 30 ПП; 2. Ленинградская область (Рошинское и Северо-западное лесничества) — 60°16'–61°2', 28°42'–29°57', сосна 30 ПП, ель 27 ПП; 3. Центральная Карелия — 62°55'–62°57'; 34°22'–33°50' — сосна 10 ПП, ель 10 ПП; 4. Северная Карелия — 64°55'–65°18'; 34°08'–31°06' — сосна 10 ПП, ель 10 ПП; 5. Мурманская область — 67°09'–66°57'; 32°09'–30°25' — сосна 10 ПП, ель 5 ПП; 6. Республика Коми — 61°39'–61°44', 50°45'–51°5' — сосна 10 ПП, ель 5 ПП. Методика закладки пробных площадей основалась на методике ICP Forests (Методика, 1995) и была дополнена перечётом не менее 100 деревьев основной породы, входящих в квадрат ICP. Учитывалось состояние каждого дерева, наличие вредителей и болезней. Пробные площади, находящиеся в Ленинградской области были обследованы дважды — в 2021 и 2023 гг.

Связь состояния древостоев и их широтного распределения выражена слабо. Активность стволовых вредителей снижается по мере продвижения к северу. Очаги размножения стволовых вредителей и, прежде всего, короеда-типографа *Ips typographus* наблюдались в ельниках Ленинградской области и южной части Карелии в Ланденпохском и Сортавальском лесничествах. В более северных районах Карелии и в Мурманской области очаги отсутствовали. Отмечены существенные изменения видового состава доминирующих стволовых вредителей. В некоторых группах начинают доминировать нехарактерные для таёжных лесов насекомые. Например, в ельниках усачи *Tetropium* spp. активно замещают черных усачей *Monochaus* spp. Большой сосновый лубоед *Tomicus peniperda* имеет относительно высокую встречаемость в широтном диапазоне (59°–67° с.ш.), а встречаемость малого соснового лубоеда резко снижается при продвижении к северу (диапазон встречаемости — 59°–65° с.ш.). В Мурманской области эти виды встречаются крайне редко. В Ленинградской области в 2022–2023 гг. по сравнению с 2021 и более ранними годами встречаемость сосновых лубоедов и *T. minor* резко сократилась, увеличилась активность сосновой златки *Phaenops cyanea* и вершинного короеда *Ips acuminatus*. Эти изменения, а также увеличение частоты вспышек массового размножения стволовых вредителей, соответствуют тренду увеличения теплообеспеченности, который в наибольшей степени характерен для Ленинградской области и Карелии и в меньшей степени для Мурманской

области (Селиховкин и др., 2023). В группе открытоживущих вредителей ассимиляционного аппарата древесных растений, напротив, частота вспышек резко снизилась в последние 40 лет. На наших объектах в 2021–2023 гг. популяции видов этой группы также имели чрезвычайно низкую плотность. Это нехарактерная картина динамики пока не находит объяснения (Селиховкин, Гниненко, 2023).

Наиболее распространённое заболевание — язвенный (ранево́й) рак ели. Заражённость язвенным раком варьирует от 10 до 82%, и при этом его встречаемость и активность (интенсивность развития) не зависит от географического положения и климатических условий. Корневая гниль ели и сосны, вызванная опенком осенним *Armillaria* spp. — второе по распространённости заболевание. Его встречаемость максимальна в Ленинградской области и снижается по мере продвижения к северу. Среди других патогенов преобладают сосновая *Porodaedalea pini* и еловая *P. chrysoloma* губки, вызывающие пеструю ситовую гниль растущих деревьев, начиная с пятидесятилетнего возраста. В хвойных лесах Ленинградской области и Санкт-Петербурга выявлены очаги корневой губки *Heterobasidion* sp.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (проект № 24-16-00092).

ЛИТЕРАТУРА

Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forests (методика ЕАК ООН). Инструкция. Федеральная служба лесного хозяйства России. 21 февраля 1995 г. 13 с.

Селиховкин А.В., Гниненко Ю.И. Вспышки массового размножения вредителей ассимиляционного аппарата древесных растений на северо-западе европейской части России // Лесоведение. 2023. № 2. С. 102–115

Селиховкин А.В., Поповичев Б.Г., Мандельштам М.Ю., Алексеев А.С. Роль стволовых вредителей в изменении состояния хвойных лесов на северо-западе европейской части России // Лесоведение. 2023. № 3. С. 304–321

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И БИОМАССА ТОНКИХ КОРНЕЙ ЕЛИ СИБИРСКОЙ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

ANATOMICAL STRUCTURE AND BIOMASS OF FINE ROOTS OF SIBERIAN SPRUCE IN CONDITIONS OF AEROTECHNOGENIC POLLUTION

Сизоненко Т. А.

Sizonenko T. A.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: tvor.83@mail.ru

We assessed the impact of aerotechnogenic emissions from pulp and paper production on biomass and structure of thin roots of Siberian spruce. The studies were carried out in old-growth bilberry spruce forests located at a distance of 3.5, 9.5, 24 and 50 km from the emission sources in the direction of prevailing winds. There was an increase in the biomass of Siberian spruce roots from the forest litter of coniferous phytocoenosis located in the impact zone of the enterprise. An increase in mycorrhizal density, mycorrhization intensity, ectomycorrhizal diameter and thickness, volume fraction of the fungal cover was observed in the spruce forest of the impact zone of the enterprise. This spruce forest has the greatest diversity of fungal mantles compared to other communities, with a predominance of more complex and physiologically more active mantles of pseudoparenchymatic and double folding. All the above signs indicate an adaptive response of spruce to the conditions prevailing in this community.

Исследованы биомасса и строение тонких корней ели сибирской в старовозрастных ельниках черничных на удалении 3.5, 9.5, 24 и 50 км по направлению преобладающих ветров от Сыктывкарского лесопромышленного комплекса (ЛПК). Отмечено увеличение биомассы корней ели сибирской в лесной подстилке хвойного фитоценоза в импактной зоне предприятия. Полученные данные по биомассе корней ели на всех площадях соответствуют показателям для хвойных фитоценозов средней тайги Республики Коми (Бобкова, 1987; Бобкова и др., 2020).

Методом световой микроскопии изучено морфо-анатомическое строение тонких микоризных корней ели сибирской. В ельнике импактной зоны предприятия отмечено увеличение интенсивности микоризации, плотности микориз, диаметра эктомикориз, толщины и объемной доли грибного чехла. Данный ельник характеризовался наибольшим разнообразием грибных чехлов с преобладанием более сложных по строению и физиологически более активных чехлов псевдопаренхиматического и двойного сложения. В то же время здесь прослеживалась тенденция увеличения встречаемости таниновых клеток в коре корня и доли окончаний с утерянным тургором, что указывает на старение микориз, их повреждение и отмирание и, следовательно, предполагает снижение физиологической активности поглощающих корней. Перечисленные признаки свидетельствуют об адаптивной реакции ели на условия, сложившиеся в данном сообществе. Для ельников, удаленных от ЛПК на большее расстояние, было характерно явное преобладание плектенхиматических чехлов, что является закономерным для естественных насаждений хвойных растений средней тайги Республики Коми.

ЛИТЕРАТУРА

Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука. 1987. 156 с.

Бобкова К.С., Робакидзе Е.А., Торлопова Н.В. Круговорот элементов минерального питания в экосистеме коренного разнотравно-черничного ельника средней тайги (Республика Коми) // Сибирский лесной журнал. 2020. № 2. С. 40–54.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОСТПИРОГЕННОГО УЧАСТКА НА ПЛОСКОБУГРИСТОМ БОЛОТЕ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

ASSESSMENT OF THE POST-PYROGENIC SITE IN PALSIA MIRE (WESTERN SIBERIA)

Синюткина А. А.
Sinyutkina A. A.

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа — филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск e-mail: ankalaeva@yandex.ru

The purpose of this study is to assess the consequences of a wildfire and the trends in vegetation restoration in an area that has been burned for 7 years. The study focuses on a palsa mire that covers an area of 16 km². This palsa mire is located on the watershed plain of the rivers Pur and Nadym in the forest-tundra zone. In August 2016, the area was subjected to a large-scale fire covering an area larger than 4,000 km². The fire affected a total of 7 km² within the studied mire. The natural vegetation includes dwarf shrubs and lichen on palsa, as well as grasses and sphagnum mosses in hollows. Field studies were conducted in August 23 at 16 plots. These studies included descriptions of the vegetation, determination of the amount of burnout, and measurement of the thickness of the burned layer. The appearance of *Polytrichum strictum*, intensive overgrowth by grasses, dwarf shrubs, and slower recovery of *Sphagnum* and lichens were noted.

Природные пожары являются важным фактором трансформации болотных экосистем, приводящим к нарушению углеродного баланса, связанного не только с выбросами углерода непосредственно во время горения растительности и верхнего слоя торфа, но и за счет долгосрочных изменений растительного покрова на постпирогенных участках.

Цель исследования — провести оценку последствий пожара и тенденций восстановления растительного покрова на постпирогенном участке плоскобугристого болота через 7 лет после пожара.

Объектом исследования является плоскобугристое болото площадью 16 км², расположенное на водораздельной равнине рек Пур и Надым в зоне лесотундры в пределах Ямало-ненецкого автономного округа. В августе 2016 г. данная территория была подвержена масштабному выгоранию на площади более 4000 км². Контур пожара в пределах исследуемого болота составил 7 км². Естественный

растительный покров представлен кустарничками и лишайниками на буграх, осоками, пушицей и сфагновыми мхами в понижениях. Мощность торфяной залежи не превышает 1 м.

Полевые исследования проведены в августе 2023 на 16 площадках (2 естественные и 14 постпирогенные) и включали геоботанические описания, определение доли выгорания и толщины горелого слоя методом линейной таксации. Отдельно рассматривались бугры и мочажины.

В пределах площадок выгорание поверхности имело мозаичный характер. Полное выгорание поверхности и на буграх, и в мочажинах было отмечено только на двух площадках. Кроме этого, на четырех площадках полностью обгорели бугры, и на четырех — мочажины. На остальных площадках доля выгорания изменялась в пределах 44–88% на буграх и 75–92% в мочажинах. Средняя доля выгорания оказалась выше в мочажинах (85%) в сравнении с буграми (77%). Также мочажины характеризуются большей толщиной остаточного горелого слоя (0.73 см) в сравнении с буграми (0.45 см).

Через 7 лет после пожара отмечено интенсивное зарастание выгоревших участков, но при этом произошла трансформация видового состава в сравнении с сохранившейся частью болота. На всех площадках отмечено появление *Polytrichum strictum*, являющегося пионерным видом при зарастании постпирогенных участков. На буграх постпирогенных площадок проективное покрытие *P. strictum* изменяется в пределах 5–50% со средним значением 16%, в мочажинах среднее значение оказалось ниже и составило 12%, его присутствие отмечено на 11 площадках. Значимым последствием пожара оказалось выгорание лишайников, проективное покрытие которыми на буграх невыгоревших площадок составляет 45%, на буграх постпирогенных площадок оно снизилось до 11%, на 3 площадках лишайники отсутствуют. Следует отметить, что на выгоревших поверхностях на некоторых площадках уже началось восстановление лишайников, но проективное покрытие продолжает оставаться низким. Проективное покрытие сфагновыми мхами на постпирогенных буграх (22%) и мочажинах (24%) продолжает оставаться в 2–3 ниже в сравнении с невыгоревшими площадками, где проективное покрытие составляет около 40% на буграх и 80% в мочажинах. Произошло восстановление травяного яруса, проективное покрытие которого в мочажинах достигло до пожарного значения 65%, а на буграх оказалось даже выше (20 и 5% соответственно) за счет более медленного восстановления типичных для бугров видов — мхов и лишайников и замещении их травами. На постпирогенных площадках отмечено интенсивное разрастание кустарничков, проективное покрытие которыми на буграх оказалось даже выше в сравнении с невыгоревшими площадками (44 и 30% соответственно).

Таким образом, в результате исследования через 7 лет после пожара отмечено появление *P. strictum* интенсивное зарастание травами, кустарничками, при более медленном восстановлении сфагновых мхов и лишайников.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ (проект № 22-77-10024).

**ВЛИЯНИЕ САПОНИТА НА ДЛИНУ ПРИРОСТА ПОБЕГОВ
HYLOCOMIUM SPLENDENS И RHYTIDIADELPHUS TRIQUETRUS
THE EFFECT OF SAPONITE ON THE GROWTH RATE
OF HYLOCOMIUM SPLENDENS AND RHYTIDIADELPHUS TRIQUETRUS**

Скрябина А. О.^{1,2}, Сидорова О. В.²
Skryabina A. O.^{1,2}, Sidorova O. V.²

*Институт экологических проблем Севера ФИЦ КИА УрО РАН, Архангельск; e-mail: skryabinaalexandra@yandex.ru
2Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск; e-mail: o.v.sidorova@narfu.ru*

Mining industry has been disturbing to environment. Saponite is a pollutant on the industrial development of M.V. Lomonosov. It is a trioctahedral mineral of the smectite group ($\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). The particles of saponite may settle on plant cover. Mosses is dominate on the vegetation and sensitive to changes in temperature in the level of mineral nutrition. In this study have been studied and analysed effect of saponite on growth of two species

green mosses. *Hylocomium splendens* and *Rhytidiadelphus triquetrus* have been selected for the study. These mosses are dominate in the green moss-shrub spruce forests on the territory of the deposit. Saponite can have a negative effect on growth of *Hylocomium splendens* and no effect on growth of *Rhytidiadelphus triquetrus*.

Горнодобывающая промышленность — это одна из важных отраслей хозяйства на севере европейской части России, ее развитие сопровождается значительным воздействием на природную среду, в том числе за счет пылевых частиц, которые воздушные потоки и вода переносят на территории, прилегающие к отвалам вскрышных пород, хвостохранилищам, промышленным площадкам, дорогам (Рубцова, 2019). На месторождении алмазов имени М.В. Ломоносова таким загрязняющим веществом является сапонит — триоктаэдрический минерал подкласса слоистых силикатов ($\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), который представляет собой основную вмещающую породу. Мхи часто доминируют в напочвенном покрове растительных сообществ Севера и чувствительны к изменению минерального питания (Симонова, 2018). Известно, что увеличение концентрации в среде некоторых ионов металлов подавляет рост сфагновых мхов. У зеленых мхов реакция на повышения концентрации минералов в питании видоспецифична. Низкий уровень метаболизма мхов и особое строение поверхности мохового покрова позволяют впитывать и аккумулировать широкий спектр веществ из атмосферы. Поэтому изучение возможности использования их в качестве биоиндикаторов загрязнения среды вблизи объектов горнодобывающего комплекса мы считаем актуальным. В данном исследовании экспериментальным путем было изучено влияние сапонита на показатели прироста у двух видов зеленых мхов (Sujetovienė, 2016).

Для исследования были выбраны *Hylocomium splendens* и *Rhytidiadelphus triquetrus*, которые доминируют в зеленомошных ельниках на территории месторождения. Влажные дерновинки этих видов были отобраны в естественных местообитаниях в двукратной повторности и помещены в прозрачные контейнеры размером 39 × 27 см. Целостность дерновинок при этом не нарушали. В условиях опыта на их поверхность внесли сапонит по 2.9 гр. для каждого вида. В контрольные контейнеры сапонит не вносили. Все 4 контейнера равномерно освещались лампами полного спектра, длина светового дня составляла 19 часов, средняя температура в лаборатории — 22.8 С.

Для *Hylocomium splendens*, у которого свежий прирост побегов хорошо заметен, в условиях эксперимента оценивали изменение длины растений в дерновинках. На момент закладки эксперимента средняя длина приростов составляла 2.5 ± 2.7 мм (контроль), 2.1 ± 4.9 мм (опыт). Всего были измерены приросты у 77 (контроль) и 74 (опыт) побегов. Различия между длиной приростов контрольного и опытного образцов при первом и втором изменении их длины на 18 и 37 день эксперимента были статистически значимы ($p = 0.037$ и $p = 0.003$) и составили 25.4 ± 6.3 мм (контроль), 22.5 ± 6.4 мм (опыт) и 39.8 ± 5.8 мм (контроль), 32.5 ± 7.1 мм (опыт), соответственно. У *Rhytidiadelphus triquetrus* граница между свежим приростом и приростом прошлых лет слабо выражена, поэтому прирост побегов измеряли при помощи пластиковых меток, первую отметку наносили на высоте побега в начале эксперимента, это значение принимали за 0. Всего метки были установлены для 27 (контроль), 29 (опыт) побегов. Статистически значимых различий между приростами побегов в условиях контроля и опыта у данного вида выявлено не было ($p = 0.903$ и $p = 0.678$). Таким образом, нами обнаружено негативное влияние внесения сапонита на рост побегов *Hylocomium splendens* и данный вид может быть использован как биоиндикатор загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

- Рубцова Т.А. Влияние горнодобывающей промышленности на растительный покров Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2019. С. 50-57.
- Симонова Г.В., Калашишникова Д.А. Мхи и лишайники как индикаторы загрязнения атмосферы // Актуальные вопросы современной науки. 2018. С. 176-181.
- Sujetovienė G. Effects of the urban environmental conditions on the physiology of lichen and moss // Atmospheric Pollution Research. 2016. Vol. 7. P. 611-618.

**БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДЫ ИЗ ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)
С ПОМОЩЬЮ МУХИ ДРОЗОФИЛЫ ЧЕРНОБРЮХОЙ (*DROSOPHILA MELANOGASTER*)
BIOTESTING OF WATER FROM LAKE IMANDRA (MURMANSK REGION)
USING *DROSOPHILA MELANOGASTER***

Смирнова М. В.¹, Денисов Д. Б.²
Smirnova M. V.¹, Denisov D. B.²

¹ЦНМ ФИЦ КНЦ РАН, лаборатория медицинских и биологических технологий,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: zbe3do4et@mail.ru
²Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: d.denisow@ksc.ru

The article shows the results of biotesting water from Lake Imandra in the Murmansk region using *Drosophila melanogaster*. This test object has a high sensitivity and is used in a variety of studies. For the experiment, water taken from the surface (Belaya, Kurenga, Monche, Kunchast, Molochnaya and Upoloksha) was mixed in test tubes with a nutrient medium in proportions of 1:3, flies were placed in them for laying eggs, then the parents were removed and the larvae and imago were observed with a height mark pupae and sex ratios. As a result of the study, it was shown that, compared with the control, statistically significant differences in the height of the larvae above the medium were shown by all experimental samples, imago death was noted in the samples of Kunchast, Molochnaya and Kurenga, a change in the sex ratio in the experimental samples of Belaya and Molochnaya. The appearance of fungus in all samples was noted.

Водные источники Арктики — ресурс, во многом определяющий экономическое и социальное развитие России, важнейшая составляющая энергетики и ресурсо-перерабатывающих технологий и источник питьевой воды (Kashulin et al., 2017). Оз. Имандра испытывает загрязнение промышленными сточными водами горнодобывающих и металлургических предприятий, коммунально-бытовыми стоками населенных пунктов, что сказалось в значительных преобразованиях химического состава воды и ухудшении экологического состояния озера. Источником теплового воздействия является Кольская АЭС, сбрасывающая в озеро подогретые воды. (Валькова и др., 2012; Даувальтер, Кашулин, 2015).

В связи с этими проблемами необходимо биотестирование воды посредством использования систем *in vivo*. *Drosophila melanogaster* (плодовая мушка) является идеальной моделью для исследований токсичности из-за значительного количества генов, идентичных человеческим (более 60%) и почти 75% генов, имеющих функциональные гомологи и связанных с заболеваниями человека. Интересно, что личиночная стадия имеет сходство со стадией развития в водной среде и может быть полезна для изучения переносимых водой токсикантов (Demir, 2020). Целью работы было проведение биотестирования воды с опытных точек оз. Имандра (губы Куреньга, Монче, Белая, Уполокша, Кунчаст и Молочная) с помощью тест-системы *Drosophila melanogaster*.

Для эксперимента использовали методику (Азарова и др., 2014) с замешиванием в питательную среду воды в пропорции 1:3, в трехкратной повторности, с посадкой мух для откладки яиц на 72 часа (5 самцов и 5 самок), с последующим их удалением и наблюдением за личинками и имаго. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. В качестве параметров оценки токсичности были выбраны высота расположения куколок над средой и соотношение самцов и самок относительно контроля. Статистический анализ проводили в программе R-Studio. Были использованы тесты ANOVA, Тьюки ($p \leq 0.05$). Различия в соотношении полов проводили с помощью критерия Фишера ($p \leq 0.05$).

В процессе наблюдения за личинками было отмечено небольшое количество мертвых личинок в пробирках с добавлением воды из губы Монче, Белой и Уполокши, вышедших из среды на стенки пробирок раньше срока, а затем и мертвых мух в пробах губы Кунчаст (9 шт.), Молочной (6 шт.) и Куреньга (8 шт.). На 12–13 сутки эксперимента в опытных пробирках по сравнению с контролем был обнаружен грибок, который поразил среду и куколки, что, в результате, привело к невозможности эклозии мух.

По сравнению с контролем статистически значимые различия в высоте расположения личинок над средой показали все изучаемые пробы, а при обработке значений соотношения полов значимые различия с контролем показали пробы из губы Белая и Молочная. Таким образом, можно предположить, что все изучаемые пробы в той или иной степени влияют на процесс прохождения жизненного цикла мухой, оказывают токсическое действие на личинки, имаго и содержат споры грибов, что, возможно, характерно для природных вод.

ЛИТЕРАТУРА

Азарова С.В., Язиков Е.Г., Ильинских Н.Н. Оценка экологической опасности отходов горнодобывающих предприятий республики Хакасия с применением метода биотестирования // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 4. С. 55–59.

Валькова С.А., Кашулин Н.А., Даувальтер В.А., Сандимиров С.С. Структура и динамика сообществ зообентоса озера Имандра в зоне влияния медно-никелевого комбината // Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология Севера. 2012. Вып. 10. С. 166–183.

Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. Влияние деятельности горно-металлургических предприятий на химический состав донных отложений озера Имандра, Мурманская область // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2015. Т. 7. № 3. С. 295–314.

Demir E. An in vivo study of nanorod, nanosphere, and nanowire forms of titanium dioxide using *Drosophila melanogaster*: toxicity, cellular uptake, oxidative stress, and DNA damage // J. Toxicol. Environ. Health Part A. 2020. Vol. 83. P. 456–469.

Kashulin N.A., Dauvalter V.A., Denisov D.B., Valkova S.A., Vandysh O.I. [et al.]. Selected aspects of the current state of freshwater resources in the Murmansk region, Russia // Journal of Environmental Science and Health, Part A. Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 2017. Vol. 52. Iss. 9. P. 921–929. doi: <https://doi.org/10.1080/10934529.2017.1318633>

ПРОДУКТИВНОСТЬ *HERACLEUMSOSNOWSKYI* В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (СРЕДНЯЯ ТАЙГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

PRODUCTIVITY OF *HERACLEUMSOSNOWSKYI* IN POSTAGROGENIC ECOSYSTEMS (MIDDLE TAIGA OF THE KOMI REPUBLIC)

Смотрина Ю. А.^{1,2}, Лаптева Е. М.¹, Далькэ И. В.^{1,2}, Захожий И. Г.¹, Скребенков Е. А.^{1,2}
Smotrina Yu. A.^{1,2}, Lapteva E. M.¹, Dalke I. V.^{1,2}, Zakhozhiy I. G.¹, Skrebenkov E. A.^{1,2}

¹Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
Сыктывкар; e-mail: smotrina-juliya@yandex.ru

²Сыктывкарский государственный университет им. Путьирима Сорокина,
Сыктывкар; e-mail: smotrina-juliya@yandex.ru

The formation of postagrogenic ecosystems on fallow lands is accompanied by the consistent restoration of zonal types of plant communities and soils corresponding to this bioclimatic zone. At the turn of the XX–XXI centuries, this process was significantly complicated by the introduction of invasive species into postagrogenic ecosystems. Among them, giant hogweed (*Heraculum sosnowskyi* Manden.) is of particular concern. The introduction of *H. sosnowskyi* on fallow lands removed from the agricultural production regime, and the formation of time-stable, self-sustaining *H. sosnowskyi* communities on such sites, indicates the stabilization of the processes of receipt and transformation of plant material in them. The aim of the work is to assess the productivity of plant communities formed on deposits with different types of succession: mixed grassland → small-species communities of *H. sosnowskyi* → young aspen. It was found that the productivity of *H. sosnowskyi* on fallow lands is 103.6 ± 27.8 t/ha of aboveground (leaves, petioles, stems of generative plants) and 32.3 ± 6.8 t/ha of underground (stem roots) phytomass per fresh plant mass. Based on dry matter, this corresponds to 14.5 ± 3.9 and 7.7 ± 1.6 t/ha. Every year, about 78.1% of the phytomass of *H. sosnowskyi* (the aboveground part of plants and stems of generative plants) dies off, providing a significant amount (17.4 t/ha)

of organic matter to the soil. The productivity of floodplain and dry meadows in the region is 2.5–4.5 t/ha of dry aboveground phytomass. In the young aspen forest, the dry aboveground mass is 1.1–1.2 times higher than the phytomass of grasses in the meadow community.

Формирование постагрогенных экосистем на залежных землях сопровождается последовательным восстановлением на них зональных типов растительных сообществ и почв, соответствующих данной биоклиматической зоне (Люри и др., 2010). На рубеже XX–XXI вв. этот процесс существенно осложнился за счет внедрения в постагрогенные экосистемы инвазионных видов. Среди них особую обеспокоенность вызывает борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.). Внедрение *H. sosnowskyi* на залежные земли, выведенные из режима агропроизводства, и формирование на таких участках устойчивых во времени, самоподдерживающихся сообществ *H. sosnowskyi*, свидетельствует о стабилизации в них процессов поступления и трансформации растительного материала. (Лаптева и др., 2021). Известно, что *H. sosnowskyi* реализует потенциал высокой продуктивности только при оптимальной обеспеченности ресурсами, прежде всего, водой, и плохо приспособлен поддерживать высокую физиологическую активность при неблагоприятных почвенных условиях (Veselkin et al., 2017). Несмотря на бедность и малогумусность подзолистых почв Республики Коми, благодаря достаточной влагообеспеченности ее территории в период вегетации растений, *H. sosnowskyi* на бывших пахотных угодьях таежной зоны, нашел благоприятные условия для своего роста и развития. Это определило довольно значительное продвижение вида к северу и, соответственно, смещение северных границ его ареала (Захожий и др., 2022).

Цель работы — оценка продуктивности растительных сообществ, формирующихся на залежах с различным типом сукцессии: разнотравный луг → маловидовые сообщества *H. sosnowskyi* → молодой осинник. Исследования проводили в окрестностях г. Сыктывкар (Республика Коми, средняя тайга). Для проведения исследований выбран залежный участок (модельный участок — МУ) площадью около 1 га, ранее осушенный системой открытого дренажа (координаты: 61.645851 с. ш., 50.731263 в. д.). Участок выведен из агрорежима в 2012–2013 гг. и в настоящее время активно зарастает *H. sosnowskyi*. В пределах МУ выделены зоны, различающиеся по характеру растительности: в центральной части — участок, занятый маловидовыми сообществами *H. sosnowskyi* (1); в периферической части — участки с сохраненной злаково-разнотравной растительностью (2) и мелколиственным молодняком из осины, березы, ивы (3). При сборе биологического материала и его анализа использованы методические подходы, отвечающие требованиям геоботанических, экологических и почвенных исследований. Продуктивность маловидовых сообществ *H. sosnowskyi* оценивали по объему надземной (листья, черешки, стебли) и подземной (стеблекорни) фитомассы вегетативных и генеративных растений, отобранных на площадках 1 м², в период цветения растений *H. sosnowskyi* (в трех кратной повторности).

Продуктивность растительных сообществ сравнивали: разнотравный луг → маловидовые сообщества *H. sosnowskyi* → молодой осинник. Установлено, что продуктивность *H. sosnowskyi* на залежных землях составляет в расчёте на свежую растительную массу 103.6 ± 27.8 т/га надземной (листья, черешки, стебли генеративных растений) и 32.3 ± 6.8 т/га подземной (стеблекорни) фитомассы. В расчёте на сухое вещество это соответствует 14.5 ± 3.9 и 7.7 ± 1.6 т/га. Ежегодно около 78.1% фитомассы *H. sosnowskyi* (надземная часть растений и стеблекорни генеративных растений) отмирает, обеспечивая поступление в почву значительного количества (17.4 т/га) органического вещества. Продуктивность пойменных и суходольных лугов региона составляет 2.5–4.5 т/га сухой надземной фитомассы. В молодом осиннике сухая надземная масса в 1.1–1.2 раза превышает фитомассу трав по сравнению с луговым сообществом (Лиханова и др., 2014). Растительный опад в сообществах *H. sosnowskyi* характеризуется высоким содержанием легко минерализуемых соединений, прежде всего, сахаров, включающихся в процессы минерализации. С учётом количественных параметров образующейся в постагрогенных экосистемах средней тайги фитомассы *H. sosnowskyi* в составе её органического вещества аккумулируется С, Са, N, К, Р, Mg. Внедрение *H. sosnowskyi* в постагрогенные экосистемы, ежегодное поступление с его растительным опадом значительного количества

органического материала (около 17.3 т/га сухой массы), богатого зольными элементами и быстро минерализуемого почвенной микробиотой, в условиях подзоны средней тайги Республики Коми обуславливает весьма благоприятное влияние на плодородие бывших агродерново-подзолистых почв, выведенных из режима сельскохозяйственного использования.

Работа выполнена в рамках тем государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (номера госрегистрации: 122040600023-8 и 122040600021-4).

ЛИТЕРАТУРА

Захожий И.Г., Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Канев В.А. Эколого-географический анализ распространения *Heracleum persicum*, *H. mantegazzianum* и *H. sosnowskyi* на северной границе вторичного ареала видов в Европе // Российский журнал биологических инвазий. 2022. Т. 15, № 1. С. 55–70. doi:10.35885/1996-1499-15-1-55-70.

Лантева Е.М., Захожий И.Г., Далькэ И.В., Смотрина Ю.А., Генрих Э.А. Влияние инвазии борщевика Сосновского (*Heracleumsosnowskyi* Manden.) на плодородие постагрогенных почв Европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми) // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 66–73. doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-066-073.

Лиханова И.А., Лантева Е.М., Ковалева В.А. Продуктивность растительных сообществ и формирование органогенных горизонтов почв в ходе самовосстановительной сукцессии на техногенных субстратах // Известия Самарского НЦ РАН. 2014. Т. 16, № 5. С. 182–189.

Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М., 2010. 415 с.

Veselkin D.V., Ivanova L.A., Ivanov L.A., Mikryukova M.A., Bolshakov V.N., Betekhtina A.A. Rapid use of resources as a basis of the *Heracleumsosnowskyi* invasive syndrome // Doklady Biological Sciences. 2017. V. 473, No. 1. P. 53–56. doi: 10.1134/S0012496617020041.

АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ КАРТ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ANALYSIS OF LANDSCAPE GEOCHEMICAL MAPS FOR ECOLOGICAL ASSESSMENT OF TERRITORY OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA

Сорокина Е. П., Дмитриева Н. К., Левина Н. Б., Ткаченко В. А.
Sorokina E. P., Dmitrieva N. K., Levina N. B., Tkachenko V. A.

ООО «Экозонит — АГ», Москва; e-mail: el_sor@mail.ru

The study assesses possible interpretations of landscape-geochemical maps for ecological purposes. Using landscape-geochemical zoning of the northern part of Western Siberia various factors were determined: a) the regional variability of biological productivity of the vegetation cover; b) differentiation of the local geochemical background of the natural content of indicator trace elements (V, Cr, Co, Ga, Pb, Zn, Mn, Ni et al.); c) dependence of geochemical structural indicators (water migration coefficients, biological uptake and others) on natural zonal climate factors. Quantitative relationships between the characteristics of landscapes and geochemical indicators are elucidated.

Рассматривается опыт интерпретации ландшафтно-геохимических карт в экологических целях. Задача работы — выявление связей между ландшафтными особенностями территории и геохимическими характеристиками фонового состояния природной среды.

Объект исследования — территория Надым-Тазовского междуречья, расположенная в северной части Западно-Сибирского региона в границах южной тундры, лесотундры, северной и средней тайги

(Физико-географическое..., 1973; Нечаева, 1990). Рельефообразующими являются верхнечетвертичные песчаные и песчано-глинистые отложения. На карте ландшафтно-геохимического районирования масштаба 1:1000000 (Сорокина и др., 2001; Сорокина и др., 2018) выделено 10 ландшафтно-геохимических провинций.

В качестве интегрального показателя ландшафтных условий рассматривается ПРП — природно-ресурсный потенциал ландшафтов. Для каждой провинции определены значения двух его составляющих: РП — ресурсный потенциал (определяется продуктивностью растительности) и ЭП — экологический потенциал (определяется условиями миграции вещества)

Для оценки РП использован средний для провинции показатель фитомассы т/га (Сорокина и др., 2018). Оценка ЭП основана на морфометрических показателях, определенных по цифровой модели рельефа, и на характеристике гранулометрического состава почвообразующего субстрата. Интегральный расчет ЭП для провинции проводился путем суммирования балльных оценок отдельных показателей. (Петров, 1994).

Геохимическая характеристика фонового состояния ландшафтов включает:

1) расчет ПРФ — показателей геохимического фона компонентов природной среды (минеральных почв, торфяных болотных почв, донных отложений и вод поверхностных водотоков и водоемов) — среднего для каждой провинции содержания элементов-индикаторов и нефтепродуктов;

2) расчет по провинциям показателей фоновой геохимической структуры: а) Квм — отношение содержания элемента в минеральном остатке воды к его содержанию в породах, дренируемых этими водами; б) Кбт — отношение содержания элемента в золе торфа к его содержанию в почвообразующем субстрате; в) Кл — отношение содержания элемента в почвах или отложениях подчиненных ландшафтов к соответствующим характеристикам автономных ландшафтов.

Результаты анализа полученных данных позволили установить:

- существование достоверных корреляционных связей между средними характеристиками ПРФ минеральных почв и донных отложений для большей части определяемых микроэлементов (V, Cr, Mn, Co, Ni, Ga, Zn, Sr, Ba, Pb);
- наличие достоверной количественной связи между значениями ЭП и средним содержанием ведущих микроэлементов (значения ПРФ), а также между значениями ЭП и суммарным показателем потенциального плодородия ΣККб;
- наличие достоверной количественной связи между величиной РП и значениями показателей фоновой структуры Квм, Кбт, Кл.

Полученные выводы свидетельствуют о том, что территориальное распределение характеристик геохимического фона (ПРФ) зависит в первую очередь от азональных условий (рельеф, почвообразующие породы); изменчивость показателей фоновой геохимической структуры (Квм, Кбт, Кл) определяется зональными факторами (климат, растительность).

ЛИТЕРАТУРА

Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимическое районирование Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 1990. № 4. С. 78–84.

Петров К.М. Геоэкология: основы природопользования. СПб: Изд-во СПбГУ. 1994. 216 с.

Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К., Масленников В.В. Анализ регионального геохимического фона как основа эколого-геохимического картирования равнинных территорий (на примере северной части Западно-Сибирского региона) // Прикладная геохимия. Вып. 2. М.: Изд-во ИМГРЭ. 2001. С. 316–338.

Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Левина Н.Б., Ткаченко В.А., Тюрин В.Н. Ландшафтно-геохимическая карта как основа экологической оценки территории (на примере северной части Западной Сибири) // Материалы XIII Международной ландшафтной конференции. Т. 1. Воронеж, 2018. С. 260–262.

Физико-географическое районирование Тюменской области / Н.А. Гвоздецкий, А.Е. Криволицкий, А.А. Макунина и др. / Под ред. проф. Н.А. Гвоздецкого. М.: Изд-во МГУ. 1973. 246 с.

**МИКОБИОТА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ
НА ПРИМЕРЕ Г. МУРМАНСК**
**URBAN ENVIRONMENT MYCOBIOTA OF THE KOLA SUBARCTIC:
THE EXAMPLE OF MURMANSK**

Сошина А. С.¹, Корнейкова М. В.^{1,2}
Soshina A. S.¹, Korneykova M. V.^{1,2}

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: anastasiya.soshina97@yandex.ru
²Российский университет дружбы народов, Москва; e-mail: korneykova.maria@mail.ru

The mycobiota of the outdoor environment of Murmansk was studied and its specific properties were revealed in comparison with the natural forest-tundra zone. It was established that in the urban environment a mycobiota can be formed that differs from the background fungal communities. This is manifested in a change in the number of microscopic fungi, their species richness, a change in dominant species and an increase in the proportion of opportunistic fungi. These changes can be traced for mycobiota in different components of the urban environment: in soil, atmospheric air, and lake bottom sediments more clearly than in dust on the surface of leaves and in lake water.

Современные города — это особые экосистемы, которые существенно отличаются от фоновых по климатическим, физико-химическим свойствам почв и атмосферы, структуре сообществ животных, растений, микроорганизмов, высокому уровню загрязнения внешней среды и т. д. Экологические последствия урбанизации особенно заметны в арктических и субарктических регионах, где восстановление и развитие экосистем ограничивается суровыми природно-климатическими условиями. Микроорганизмы, в том числе микроскопические грибы, — наиболее отзывчивая на изменения в экосистемах часть биоты.

Целью работы было выявление специфических свойств микобиоты во внешней среде Мурманска, самого большого города мира за Полярным кругом, по сравнению с фоновым участком естественной лесотундры.

Анализировали следующие параметры микобиоты: численность и разнообразие культивируемой части сообщества микроскопических грибов, а также долю условно-патогенных видов (УПГ). Микологический анализ проводили для разных компонентов городской среды: почвенный покров, атмосферный воздух, пыль на поверхности листьев, вода и донные отложения озер. Выделение микроскопических грибов проводили методом микробиологического посева.

В городских почвах отмечено снижение численности микромицетов на несколько порядков и их видового разнообразия по сравнению с фоновой почвой. В городских почвах доминировали виды *Sporothrix pallida*, *Acremonium murorum* и *Trichoderma viride*, тогда как в фоновой почве *Umbelopsis abellina*. Доля УПГ в городских почвах составляла 50–60% от общего количества выделенных видов, тогда как в фоновой почве — в 2 раза ниже.

Численность микроскопических грибов в атмосферном воздухе всех участков была низкой и не превышала ПДК в 500 КОЕ/м³ воздуха (WHO, 1990). В воздухе Мурманска численность грибов была в 2 раза ниже, чем в воздухе фонового участка, однако видовое разнообразие в городских условиях было значительно богаче. В воздухе города доминировали *Aureobasidium pullulans*, *Cephalosporium glutineum* и *Scopulariopsis candida*, в воздухе фонового участка — *S. candida*. Доля УПГ в воздухе города была в 2 раза выше, чем в воздухе фона, и составляла 53–63%.

Численность микромицетов в пыли на поверхности листьев березы в Мурманске колебалась от 15 до 90 тыс. КОЕ/г пыли и не отличалась от численности на листьях фонового участка, так же как и видовое разнообразие. *A. pullulans* доминировал в филоплане березы всех изученных участков. Доля УПГ значительно не изменялась и составляла 55–60% вне зависимости от места отбора.

Количество зачатков микроскопических грибов в воде городских озер составляло 1–12 КОЕ/мл и не отличалось от фонового озера (10 КОЕ/мл). Максимальное видовое разнообразие отмечено для воды фонового озера — 7 видов, в воде городских озер выделено от 1 до 6 видов. Доминировал в воде всех озер *Paecilomyces variotii*. Доля УПГ не отличалась между озерами и составляла 40–100%.

Численность микроскопических грибов в донных отложениях городских озер варьировала от 0.2 до 2 тыс. КОЕ/г субстрата, в фоновом озере составляла 2.3 тыс. КОЕ/г субстрата. Разнообразие

грибов не отличалось между озерами и колебалось от 2 до 5 видов. В донных отложениях городских озер доминировал *P. variotii*, в фоновом озере — *Penicillium dierckxii*. Доля УПГ в городских озерах была выше в 2 раза, чем в фоновом, и составляла 50–100%.

Таким образом, в городской среде может формироваться микобиота, отличающаяся от фоновых грибных сообществ. Это проявляется в изменении количества микроскопических грибов, их видового богатства, смене доминирующих видов и увеличении доли опасных для здоровья человека видов грибов. Эти изменения прослеживаются для микобиоты в разных компонентах городской среды: в почве, атмосферном воздухе и донных отложениях озер более ярко, чем в пыли на поверхности листьев и в озерной воде.

ЛИТЕРАТУРА

WHO. Indoor air quality: biological contaminants // Report on a WHO meeting, Rautavaara: World Health Organization. 1990. Vol. 31. P. 1–67.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

ASSESSMENT OF CARBON AND NITROGEN CONTENT IN BACKGROUND FOREST ECOSYSTEMS OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA (MURMANSK REGION)

Сухарева Т. А., Ершов В. В., Рябов Н. С., Иванова Е. А., Живов Д. А.
Sukhareva T. A., Ershov V. V., Ryabov N. S., Ivanova E. A., Zhivov D. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: t.sukhareva@ksc.ru*

In this study, carbon and nitrogen contents in the undisturbed terrestrial ecosystems in the northern taiga zone of Russia's Murmansk region were estimated. The goal of this study was to examine the carbon and nitrogen dynamics in atmospheric precipitation, assimilating organs of coniferous trees (*Picea obovata* and *Pinus sylvestris*), needle litter, soils and soil water. The objects of our research were the most common dwarf shrub-green moss spruce forests and lichen-dwarf shrub pine forests of the boreal zone. The study was carried out on permanent plots between 1999 and 2023. The largest stocks of carbon and nitrogen in northern taiga forests are concentrated in the soil organic horizon, and the removal of these elements with soil water is insignificant. Carbon and nitrogen stocks in living and fallen needles are lower than in soil. The least amount of carbon and nitrogen is contained in atmospheric precipitation.

Лесные экосистемы играют важную роль в регулировании биогеохимических циклов углерода и способствуют смягчению изменений климата на планете. Актуальность проблемы обуславливает необходимость оценки вклада наземных экосистем в депонирование углерода с учётом региональной специфики. Важным направлением исследований становится изучение бюджета углерода в различных лесных экосистемах, в том числе на арктических территориях. Многолетний мониторинг служит основой для объективной оценки и прогнозирования состояния лесов в условиях изменения климата и при различных видах антропогенного воздействия.

Выполнена оценка содержания и запасов углерода и азота в ненарушенных лесных экосистемах, формирующихся в условиях северной тайги Мурманской области. Цель исследования включала анализ динамики содержания и запасов углерода и азота в атмосферных выпадениях, ассимилирующих органах хвойных деревьев (*Picea obovata* и *Pinus sylvestris*), опаде хвои, почве и почвенных водах. Объекты исследований представляли собой наиболее распространенные в бореальной зоне ельники кустарничково-зеленомошные и сосняки лишайниково-кустарничковые. Исследования выполнены на сети пробных площадей биогеохимического мониторинга ИППЭС КНЦ РАН в период с 1999 по 2023 гг. Объекты и методы исследования подробно рассмотрены в научных статьях, опубликованных нами ранее (Сухарева и др., 2023а; Ershov et al., 2024). По результатам исследований зарегистрированы базы данных по содержанию углерода и азота в северотаежных лесах Мурманской области (Ершов и др., 2022; Сухарева и др., 2023б).

Анализ многолетней динамики концентраций углерода в снеге показал тренд увеличения данного элемента на лесной и безлесной территории Мурманской области. В репрезентативных еловых

и сосновых лесах концентрации и выпадения соединений углерода из атмосферы и его вынос с почвенными водами выше в подкروновых пространствах по сравнению с межкroновыми. В почвенных водах установлено снижение выноса углерода с глубиной почвенного профиля. В почвах хвойных лесов наблюдается достоверное снижение содержания углерода и азота с глубиной. Для подзолов характерно бимодальное распределение гумуса по почвенному профилю с максимумами в органогенном и иллювиальном горизонтах. Межбиогeoценотические различия содержания углерода выражены слабо. В еловых лесах отмечены более высокие концентрации азота в почвах, чем в сосновых фитоценозах. Это можно объяснить большим содержанием соединений азота в атмосферных выпадениях елового леса. Основные запасы почвенного углерода и азота сосредоточены в подкroновых пространствах северотаежных лесов.

В северотаежных лесах содержание углерода в живой хвое *Picea obovata* и *Pinus sylvestris*, опаде хвои *Pinus sylvestris* отличается незначительной вариабельностью, значимых межбиогeoценотических и возрастных различий не обнаружено. Выявлено, что содержание азота достоверно снижается в бурой хвое и опаде хвои по сравнению с более молодыми ассимилирующими органами.

Обобщение полученных данных свидетельствует, что наибольшие запасы углерода и азота в северотаежных лесах сосредоточены в органогенном горизонте почвы, при этом вынос этих элементов с почвенными водами незначительный. В живой хвое и опаде хвои запасы углерода и азота ниже, чем в почвах. С атмосферными осадками в лесные экосистемы поступает незначительное количество углерода и азота. Внутробиогeoценотические различия в содержании углерода и азота выражены в дождевой воде и почвенных водах. Содержание этих элементов выше в подкroновых пространствах. Межбиогeoценотические различия содержания углерода и азота в различных компонентах лесных экосистем демонстрируют различия между еловыми и сосновыми лесами.

Работа выполнена в рамках реализации ВИП ГЗ (рег. № 123030300031-6).

ЛИТЕРАТУРА

Ершов В.В., Сухарева Т.А., Иванова Е.А., Исаева Л.Г. Содержание углерода в различных компонентах северотаежных лесов Мурманской области. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022623848 от 27.12.2022 г.

Сухарева Т.А., Иванова Е.А., Ершов В.В., Зенкова И.В., Корнейкова М.А., Штабровская И.М., Сошина А.С. Содержание и запасы углерода и азота в наземных экосистемах Мурманской области // Вопросы лесной науки. 2023. Т.6. № 2. Статья № 125. С.1–75.

Сухарева Т. А., Ершов В. В., Иванова Е. А., Исаева Л. Г. Содержание азота в репрезентативных лесных экосистемах Мурманской области. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622301 от 07.08.2023 г.

Ershov V., Sukhareva T., Ryabov N., Ivanova E., Shtabrovskaya I. Estimation of Carbon and Nitrogen Contents in Forest Ecosystems in the Background Areas of the Russian Arctic (Murmansk Region) // Forests 2024. Vol. 15(1). 29 p.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ENVIRONMENTAL CONTROL OF THE TERRITORIES OF INDUSTRIAL FACILITIES IN THE NORTHERN REGIONS ACCORDING TO SPACE SURVEY DATA

Терентьева В. В.
Terentyeva V. V.

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург; e-mail: vka@mil.ru

The relevance of this work is due to the increasing demands of public authorities on the effectiveness of monitoring and control in the field of environmental protection. This requirement explains the need to introduce modern highly informative technologies for assessing the environmental situation into the activities of the bodies responsible for

monitoring the implementation of environmental measures in the Russian Federation, modern highly informative technologies for assessing the environmental situation. The paper identifies the directions of environmental control of an industrial facility based on satellite imagery materials and highlights the main elements of the enterprise's infrastructure. As a result of the research, the main effects of the impact of the industrial enterprise on the environment are highlighted: on forest cover, soil and water surface. Specific recommendations are being created to eliminate violations with the calculation of environmental and economic damage.

Одним из перспективных направлений совершенствования мониторинга в области охраны окружающей среды является использование материалов космической съемки в качестве дополнительного источника оперативной и актуальной информации о состоянии промышленных объектов северных регионов, в том числе больших по площади и труднодоступных.

Экологический контроль промышленного объекта по данным космической съемки происходит по следующим направлениям:

- изучение ландшафтно-антропогенной структуры территории (с учетом климатических особенностей);
- мониторинг состояния земель, растительного покрова (лесов) и водных объектов на территории и вблизи промышленного предприятия.

Обязательными элементами производственной инфраструктуры промышленных объектов для успешного функционирования являются: транспорт, система связи, системы обеспечения материальными ресурсами (склады, службы снабжения), инженерная и природоохранная системы. По космическим материалам определяются, например, факт наличия ограждения, электрическая подстанция, здания технического обслуживания, очистные сооружения, контрольно-измерительные пункты.

Данные космической съемки используются для решения задач, связанных с выявлением нарушений соответствия содержания территорий и объектов требованиям нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды.

Промышленнопредприятие может быть источником следующих воздействий на лесной покров:

- иссушение;
- переувлажнение;
- очаги заболеваний.

С точки зрения мониторинга земель возможно выявление следующих основных нарушений:

- свалки твердых бытовых отходов, строительного мусора, металлолома;
- обнаружение заброшенных разрушающихся зданий, фактов демонтажа зданий и оборудования;
- механическое нарушение плодородного слоя почвы и заболачивание;
- загрязнение нефтью и нефтепродуктами;
- загрязнение неочищенными сточными водами и илом от очистных сооружений.

Промышленный объект может быть источником следующих воздействий на водные объекты, определяемых по данным космической съемки:

- загрязнение нефтью и нефтепродуктами;
- загрязнение неочищенными сточными водами и взвешенными веществами;
- эвтрофирование.

Следует отметить, что панхроматические и много спектральные космические снимки высокого пространственного разрешения позволяют изучать особенности инфраструктуры промышленных объектов, решать задачи инвентаризации, оценивать соответствие границ территорий нормативным и кадастровым документам, диагностировать техническое состояние потенциальных источников негативного воздействия на окружающую среду, выявлять механические нарушения почв и оценивать их масштабы, обнаруживать крупногабаритный металлолом. При этом отдельные нарушения могут быть идентифицированы как при визуальном дешифрировании, так и с помощью автоматизированных алгоритмов. Автоматизированные алгоритмы основаны на использовании текстурных и структурных признаков объектов исследования.

Преимуществом многоспектральных и гиперспектральных космических данных является возможность обнаружения в автоматизированном режиме фактов негативного воздействия на окружающую среду, в том числе не выявляемых визуальными методами, по аномальным изменениям спектральных

характеристик компонентов природной среды, подвергшихся негативному воздействию. Особенно эффективно использование таких материалов в задачах оценивания состояния растительности, выявления мест пролива нефтепродуктов, незаконного складирования различных отходов.

В результате обработки материалов космической съемки получают информацию, обеспечивающую эффективное функционирование системы дистанционного мониторинга. На основании этой информации для удаленных северных регионов возможно оперативное выявление негативного воздействия на окружающую среду технологических факторов, оценка экологической обстановки в районе исследования промышленного объекта и степень его загрязненности, расчет эколого-экономического ущерба, а также разработка планов и мероприятий по устранению (ограничению) экологически неблагоприятных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

Катин Д.В., Шевцов М.Н., Нестеров В.И. Мониторинг безопасности окружающей среды: учебное пособие. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. 2021. 139 С.

Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тубулина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: учеб. для студентов вузов. М.: Академия. 2004. 306 с.

**АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТАЁЖНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ
МУРМАНСКОГО ОКРУГА СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**
**NATURAL AND CLIMATIC RESOURCES ARE THE BASIS OF MODERN
AGROBIOTECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF NORTHERN AGRICULTURE
OF THE Khibiny Mountain Province of the North Taiga Zone**

Трофимов И. А.^{1,2}, Трофимова Л. С.¹, Яковлева Е. П.¹
Trofimov I. A.^{1,2}, Trofimova L. S.¹, Yakovleva E. P.¹

¹*Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса,
Лобня, Московская область; e-mail: viktrofi@mail.ru*

²*Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Институт естествознания,
Тамбов, Тамбовская область; e-mail: viktrofi@mail.ru*

At Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology developed an agrolandscape-ecological zoning of the Northern natural-economic region of the country based on the soil-ecological zoning of Russia from Lomonosov Moscow State University and other materials. It is intended to assess the potential for rational agricultural use of natural resources, solve environmental problems and protect the environment in the region. Based on the results of zoning, a characteristic is given of the spatial distribution of biological and environmental patterns on the territory of the Murmansk District. About 90% of the district's area is occupied by reindeer pastures, in some places disturbed as a result of irrational use by reindeer herders, mining, construction, and transport. The ecological state of the reindeer pastures is tense, sometimes satisfactory. As a result of technogenic impact, the area of reindeer pastures is decreasing, the pressure on them is increasing, pastures are degrading, and food resources are being reduced.

Актуальной проблемой России и мира являются рациональное природопользование, сохранение уникальных ландшафтов, природных ресурсов, земель, плодородия почв, биоты и населения Севера.

Первоочередной задачей науки является изучение северных ландшафтов, их регионального, ландшафтного, биологического и экологического разнообразия, земельных, природно-климатических ресурсов с целью рационального природопользования, создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, адаптированного к условиям каждого конкретного региона (Трофимов и др., 2023).

В ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование Западно-Сибирского природно-экономического района страны на основе почвенно-экологического районирования России МГУ им. М.В. Ломоносова (Карта..., 2013) и др. материалов. В качестве информационной основы использовались также Национальный атлас почв России, природно-

сельскохозяйственное, ландшафтно-экологическое и почвенно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты, данные государственного земельного учета, фондовые, наземные и дистанционные данные (Трофимова и др., 2012).

Агроландшафтно-экологическое районирование предназначено для оценки потенциала, рационального сельскохозяйственного природопользования, решения экологических проблем и защиты окружающей среды в регионе.

По результатам районирования дана характеристика пространственного распределения биологических и экологических закономерностей на территории Мурманского округа холмистых моренных равнин.

Рельеф представлен в основном плоским и равнинным плато, в северной части округа — крупнохолмистыми плато, в южной части — грядово- и увалисто-холмистыми плато. Преобладают высоты около 300 м, но в западной части округа есть возвышения 416 м и 503 м. В почвенном покрове преобладают тундровые иллювиально-гумусовые оподзоленные почвы, иногда в комплексе с сухоторфянистыми почвами бугорков. Значительные площади занимают также болотные мерзлотные почвы. Многочисленные озёра и болота занимают до 45% площади округа. Зональный тип растительности — субарктические тундры. Предтундровые берёзовые и елово-берёзовые леса и редколесья занимают до 30% площади округа.

Около 90% территории округа занимают олени пастбища. Интенсивно используются субарктические травяно-кустарничково-моховые и кустарничковые мохово-травянистые бугристые тундры. Используются также значительные площади кустарничково-лишайниковых и мохово-лишайниковых тундр. Под выпас оленей используются и многочисленные болота, обычно плоско- и крупнобугристые, где в различных сочетаниях присутствуют мхи, лишайники, кустарнички и травы.

Активно используются берёзовые редколесные пастбища.

По рекам распространены краткопоемные лангсдорфовейниковые, разнотравно-злаковые, заболоченные осоково-злаковые травостой, местами сильно закустаренные ивой.

Местами олени пастбища нарушены в результате нерационального использования оленеводами, добычей полезных ископаемых, строительством, транспортом. В результате техногенного воздействия площадь оленьих пастбищ сокращается, нагрузка на них возрастает, пастбища деградируют, кормовые ресурсы сокращаются. Экологическое состояние оленьих пастбищ напряжённое, местами удовлетворительное. Неблагоприятные природно-климатические условия и бедность почв создают неустраняемые препятствия для развития здесь земледелия и растениеводства. Однако в отдельных случаях, как показывают исследования учёных, эти препятствия могут быть преодолены (Методика..., 2015; Хибины, 2024).

Оленеёмкость пастбищ в среднем составляет летом 4–5, зимой 8–10 голов/га.

Установленные закономерности являются необходимой информационной основой для создания устойчивого регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированного сельского хозяйства, рационального природопользования и защиты окружающей среды в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. Авторы: Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С. / М.: Талка+. 2013. 16 л.

Методика эффективного освоения многовариантных технологий улучшения сенокосов и пастбищ в Северном природно-экономическом районе / Коллектив авторов. М: Угрешская типография. 2015. 68 с.

Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий Северного природно-экономического района Российской Федерации // Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса Европейского Севера Российской Федерации: сборник научных трудов по материалам научно-практических конференций, Архангельского НИИСХ (3–4 июля 2012 г., г. Архангельск) и Нарьян-Марской СХОС (24–25 июля 2012 г., г. Нарьян-Мар). Нарьян-Мар. 2012. С. 184–189.

Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агроландшафтно-экологическое районирование оленьих пастбищ и природных кормовых угодий Индигирско-Колымской провинции Северо-таежной зоны Дальнего Востока // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2023. № 1(173). С. 66–70.

Хибины. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (Дата обращения: 21.01.2024).

**АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
БИОРАЗНООБРАЗИЯ АРКТОТУНДРОВЫХ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**
**AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING FOR STUDYING THE BIODIVERSITY
OF ARCTIC TUNDRA REINDEER PASTURES IN WESTERN SIBERIA**

Трофимов И. А.^{1,2}, Трофимова Л. С.¹, Яковлева Е. П.¹
Trofimov I. A.^{1,2}, Trofimova L. S.¹, Yakovleva E. P.¹

¹Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса,
Лобня, Московская область; e-mail: viktroft@mail.ru

²Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Институт естествознания,
Тамбов, Тамбовская область; e-mail: viktroft@mail.ru

We have developed an agro-landscape and ecological zoning of Western Siberia based on the soil and ecological zoning of Russia at Lomonosov Moscow State University and other materials. It is designed to assess the potential, rational agricultural use of natural resources, solve environmental problems and protect the environment in the region. Based on the results of zoning, a characteristic of the spatial distribution of biological and ecological patterns in the territory of the Arctic Tundra zone is given. About 60% of the area of the district is occupied by deer pastures. In places, they are disrupted as a result of irrational use by reindeer herders, mining, construction, and transport. The ecological condition of deer pastures is tense. As a result of man-made impacts, the area of deer pastures is reduced, the load on them increases, pastures are degraded, and forage resources are reduced.

Актуальной проблемой России и мира являются рациональное природопользование, сохранение уникальных ландшафтов, природных ресурсов, земель, плодородия почв, биоты и населения Севера.

Первоочередной задачей науки является изучение северных ландшафтов, их регионального, ландшафтного, биологического и экологического разнообразия, земельных, природно-климатических ресурсов с целью рационального природопользования, создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, адаптированного к условиям каждого конкретного региона (Трофимов и др., 2023).

В ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование Западно-Сибирского природно-экономического района страны на основе почвенно-экологического районирования России МГУ им. М.В. Ломоносова (Карта..., 2013) и др. материалов. В качестве информационной основы использовались также Национальный атлас почв России, природно-сельскохозяйственное, ландшафтно-экологическое и почвенно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты, данные государственного земельного учета, фондовые, наземные и дистанционные данные (Трофимова и др., 2012).

Агроландшафтно-экологическое районирование предназначено для оценки потенциала, рационального сельскохозяйственного природопользования, решения экологических проблем и защиты окружающей среды в регионе (Методика..., 2015).

По результатам районирования дана характеристика пространственного распределения биологических и экологических закономерностей на территории Арктотундровой зоны, которая представлена Северо-Ямало-Гыданским округом аккумулятивно-морских ландшафтов низменных платформенных равнин.

Арктотундровая зона занимает самые северные окраины Евразии. В пределах Западно-Сибирского природно-экономического района она расположена на северных оконечностях полуострова Ямал и Гыданского полуострова с прилежащими островами.

Западно-Сибирская провинция Арктотундровой зоны состоит из трех материковых фрагментов, разделенных между собой Обской и Гыданской губами Карского моря, занимает северные окраины Ямало-Ненецкого а. о. Площадь ее составляет 6358.7 тыс. га. Климат провинции резко континентальный, суровый. Средняя температура января -25 °С, июля 8 °С; продолжительность безморозного периода составляет всего 75 дней; осадков выпадает 270 мм в год.

Северо-Ямало-Гыданский округ аккумулятивно-морских ландшафтов низменных платформенных равнин.

Рельеф большей частью пологоволнистый (низкие морские террасы), с многочисленными термокарстовыми озерами и буграми пучения, иногда с морозобойными трещинами. Высотность 62–64 м под уровнем моря. Многочисленные озера и болота занимают до 37% площади округа. Много небольших речек. Почвы болотно-тундровые, торфяно-глеевые болотные и арктотундровые перегнойно-глеевые.

В качестве оленьих пастбищ используются 60% территории округа. Преобладают мохово-травяные тундры, мохово-кустарничковыми пятнистые и полигональные арктические тундры (85–90%). Среди них участками встречаются лишайниковые, лишайниково-моховые арктические тундры. Оленеёмкость оленьих пастбищ Ямало-Ненецкого автономного округа составляет 430–450 тыс. голов. Экологическое состояние оленьих пастбищ напряжённое.

В результате техногенного воздействия площадь оленьих пастбищ сокращается, нагрузка на них возрастает, пастбища деградируют, кормовые ресурсы сокращаются.

Стремление увеличить продуктивность оленеводства при ведении хозяйства на основе примитивной эксплуатации естественных экосистем в виде вольного кочевого оленеводства наталкивается на противодействие системы, ориентированной на сохранение собственной стабильности. В ней начинают работать механизмы, препятствующие росту поголовья оленей (Богданов, Головатин, 2017).

Установленные закономерности являются необходимой информационной основой для создания устойчивого регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированного сельского хозяйства, рационального природопользования и защиты окружающей среды в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

Богданов В.Д., Головатин М.Г. Сибирская язва на Ямале: экологический взгляд на традиционное оленеводство // *Экология*. 2017. № 2. С. 77-82.

Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. Авторы: *Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С.* / М.: Талка+, 2013. 16 л.

Методика эффективного освоения многовариантных технологий улучшения сенокосов и пастбищ в Северном природно-экономическом районе / Коллектив авторов. М: Угрешская типография. 2015. 68 с.

Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Агрландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий Северного природно-экономического района Российской Федерации // Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса Европейского Севера Российской Федерации: сборник научных трудов по материалам научно-практических конференций, Архангельского НИИСХ (3–4 июля 2012 г., г. Архангельск) и Нарьян-Марской СХОС (24–25 июля 2012 г., г. Нарьян-Мар). Нарьян-Мар. 2012. С. 184-189.

Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агрландшафтно-экологическое районирование оленьих пастбищ и природных кормовых угодий Индигирско-Колымской провинции Северо-таежной зоны Дальнего Востока // *Использование и охрана природных ресурсов в России*. 2023. № 1(173). С. 66–70.

ПОСТПИРОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

WILDFIRE-RELATED CHANGES OF MIRE WATER CHEMISTRY IN WESTERN SIBERIA

Харанжевская Ю. А., Синюткина А. А.
Kharanzhevskaya Yu. A., Sinyutkina A. A.

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа — филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск; e-mail: kharan@yandex.ru

The paper studies the post-pyrogenic transformation of water chemistry of mires in forest-tundra and taiga zones of Western Siberia, which burned out in 2014–2016. Studies have shown that under the influence of the pyrogenic

factor in waters there is an increase in pH, total dissolved solids and concentrations of K^+ , SO_4^{2-} , as well as Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Fe_{total} , NO_3^- , P, Mn, Zn, Cd, Cu, Pb. Due to the process of self-restoration of mires after a fire-events and the mineralization of plant residues in the upper burnt layers of the peat deposit, an increase in the concentrations of NH_4^+ , DOC and COD is also noted in the waters.

Природные пожары оказывают существенное влияние на химический состав природных вод, а характер их постпирогенного изменения зависит от многих факторов, таких как гидрологический режим территории, топография, геология, размер пожара, интенсивность пожара (Nelson et al., 2021; Ackley et al., 2021). В условиях изменения климата, болота становятся более уязвимы для природных пожаров, а их восстановление после пожаров затягивается на многие годы. Целью данной работы являлось оценка трансформации химического состава болотных вод под влиянием пирогенного фактора.

Исследования проводились в пределах 3 ключевых участков болот (Васюганское болото, Усть-Бакчарское болото и плоскобугристое болото в районе с. Пангоды), расположенных в лесотундровой и таежной зоне Западной Сибири, выгоревших в 2014-2016 гг. Отбор проб болотных вод производился в июле-августе 2022 г. из скважины в торфе, организованной непосредственно перед отбором проб пробоотборника. Отбор проб на Васюганском и Усть-Бакчарском болотах производился в пределах, выгоревших и аналогичных им ненарушенных пирогенным фактором сосново-кустарничково-сфагновых микроландшафтах. Отбор проб на плоскобугристом болоте у с. Пангоды проводился в осоково-сфагновых мочажинах. Определение химического состава болотных вод проводилось в Лабораторно-аналитическом центре СибНИИСХиТ-филиала СФНЦА РАН и в Химико-аналитическом центре «Плазма».

Исследования показали, что под влиянием пирогенного фактора в болотных водах отмечается повышение pH, минерализации и концентраций K^+ , SO_4^{2-} , а также Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , $Fe_{общ}$, NO_3^- , P, Mn, Zn, Cd, Cu, Pb. В процессе восстановления болота после пожара и минерализации растительных остатков в верхних выгоревших слоях торфяной залежи в водах также отмечается рост концентраций NH_4^+ , $C_{орг}$ и ХПК. В пробах болотных вод, отобранных в таежной зоне в пределах постпирогенных участков Васюганского и Усть-Бакчарского болота можно отметить сопоставимые средние концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NO_3^- , HCO_3^- , Cl-, $C_{орг}$ и минерализации вод. При этом в водах Васюганского болота отмечены более высокое содержание K^+ , SO_4^{2-} , P, Mn и величины ХПК вод, и наоборот в водах Усть-Бакчарского болота наблюдаются повышенные концентрации NH_4^+ , HCO_3^- , Cu, Zn, Cd, Pb. В водах постпирогенных участков плоскобугристого болота у с. Пангоды в лесотундровой зоне в сравнении с пробами, отобранными на участках верховых болот таежной зоны Западной Сибири отмечаются более высокие в 4-16 раз концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^- , $Fe_{общ}$, HCO_3^- , $C_{орг}$ и ХПК, P, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb, что вероятно определяется генетическими особенностями и малой мощностью торфяной залежи болотного массива в зоне распространения многолетнемерзлых пород, а также степенью выгорания поверхности. Исследования показали, что химический состав вод постпирогенных болот во многом зависит от степени выгорания поверхности, исходных генетических особенностей болота и времени, прошедшего после пожара.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (проект № 22-77-10024).

ЛИТЕРАТУРА

Ackley C., Tank S.E., Haynes K.M., Rezanezhad F., McCarter C., Quinton W.L. Coupled hydrological and geochemical impacts of wildfire in peatland-dominated regions of discontinuous permafrost // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 782. 15 August, 146841 doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146841

Nelson K., Thompson D., Hopkinson C., Petrone R. & Chasmer L. Peatland-fire interactions: A review of wildland fire feedbacks and interactions in Canadian boreal peatlands // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 769. 145212. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145212

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭМИССИЯ CO₂ ИЗ ПОЧВЫ
ГОРНО-ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВ ХИБИН**
**PRODUCTIVITY AND CO₂ EMISSIONS FROM THE SOIL
OF MOUNTAIN TUNDRA COMMUNITIES OF Khibiny**

Шмакова Н. Ю., Ермолаева О. В., Копейна Е. И.
Shmakova N. Yu., Ermolaeva O. V., Kopeina E. I.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: shmanatalya@yandex.ru*

Data on the reserves and structure of phytomass of two types of mountain tundra communities (Khibiny) are presented. Taking into account the projective coverage, the reserve of aboveground phytomass in the yernik biogeocoenosis was 990 g/m², underground — 1338 g/m². In the aboveground phytomass, assimilating organs account for 48%, the annual increase is about 88 g/m² per year. In the lichen biogeocoenosis, the reserve of aboveground phytomass is 540 g/m², underground — 446 g/m². The annual increase in aboveground phytomass was 21 g/m² per year. During the summer growing season (in mountain tundra conditions — from mid-June), the total flux as a result of CO₂ emission in the yernik biogeocoenosis was 162 g C/m², which is 4.5 times more than in the lichen biogeocoenosis. The maximum values of soil respiration were recorded in August.

Тундровые сообщества, где лимитирующими факторами являются низкая температура, короткий сезон вегетации и недостаток питательных веществ, характеризуются низким уровнем продуктивности. Для горно-тундрового пояса Хибин характерна большая пестрота растительного покрова, вызванная влиянием мезо- и микрорельефа, неоднородностью микроклиматических условий. На заповедной территории ПАБСИ на г. Вудъяврчорр (Хибин) были заложены 10 постоянных пробных площадей (10 × 10 м, в 5-кратной повторности) в двух типах фитоценозов: ерниковый и лишайниковый. Площади заложены в наиболее характерных репрезентативных для горной тундры типах сообществ — кустарничково-лишайниковых на выходах коренных пород и кустарничковых, расположенных в понижениях рельефа.

Видовое богатство ерникового биогеоценоза составляют 18 видов сосудистых растений, из которых 5 вечнозеленых кустарничков (доминанты — *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Loiseleuria procumbens*), 4 вида злаков; 3 вида плаунов; мхи представлены 9 видами (*Dicranum majus*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*); *Cetraria islandica* доминирует среди лишайников. Проективное покрытие — 100%. В результате геоботанического картирования выделили 4 микрогруппировки. Запасы надземной фитомассы растений в микрогруппировках ерникового БГЦ варьируют от 560 г/м² до 1060 г/м². Наибольшие запасы выявлены в местообитании, где благоприятны условия увлажнения и минерального питания. В надземной фитомассе микрогруппировок доля ассимилирующих органов составляет 37–55%. Запасы подземных органов в микрогруппировках составляют 1300–1470 г/м². Величина годового прироста надземной фитомассы без учета прироста мхов и лишайников составила 80–85 г/м² в год. В среднем, с учетом проективного покрытия, запас надземной фитомассы в ерниковом БГЦ составил 990 г/м², подземной — 1338 г/м², соотношение надземной и подземной частей фитомассы — 1:0.7. В надземной фитомассе ассимилирующие органы составляют 48%, годичный прирост — около 88 г/м² в год. Общая фитомасса — 2328 г/м².

Лишайниковый биогеоценоз сложен тремя микрогруппировками, общее проективное покрытие не более 53%. Видовое разнообразие представлено 11 видами сосудистых растений, 10 видами мхов (*Racomitrium lanuginosum*, *Pleurozium schreberi*) и 20 видами лишайников (*Flavocetraria nivalis*). Наибольшая надземная фитомасса выявлена в лишайниковой микрогруппировке (1124 г/м²), где лишайники составляют 76%. Доля ассимилирующих органов в надземной части варьирует от 59 до 83%. В среднем, с учетом проективного покрытия, запас надземной фитомассы в лишайниковом биогеоценозе равен 540 г/м², подземной — 446 г/м², соотношение надземной и подземной частей фитомассы составляет 1:1.2. Годичный прирост надземной фитомассы составил — 21 г/м² в год. Общая фитомасса — 986 г/м².

Изученность тундровых сообществ в проблеме дыхания почвы по сравнению с другими природными зонами России невелика, что и определяет актуальность и приоритетность мониторинговых наблюдений за эмиссией CO_2 в тундровых экосистемах.

В лишайниковом биогеоценозе диапазон изменений потока C-CO_2 в течение вегетационного сезона составил от 11 до 77 мг C/m^2 час, с максимумом в августе. Среднемесячная температура почвы на глубине 5 см изменялась в диапазоне 9.7–12.9°C. Влажность почвы на глубине 5 см слабо коррелировала с наличием осадков в сезоне и в большинстве случаев не превышала 30%, на глубине 10 см достигала 60%.

В ерниковом биогеоценозе вариации показателей дыхания почвы составили от 38 до 177 мг C/m^2 час, но максимальные величины также отмечены в августе. Среднемесячная температура почвы на глубине 5 см составила 8.6–11.5 °C. Температура почвы на глубине 10 см в летние месяцы, как правило, на 1–2 °C ниже, осенью наблюдается обратная тенденция. В лишайниковом сообществе эмиссия CO_2 изменялась от 0.5 до 1 г C/m^2 сутки; в ерниковом — от 1.2 до 2.7 г C/m^2 сутки. За летний вегетационный сезон, который в условиях горной тундры начинается с середины июня, общий поток в результате эмиссии CO_2 составил в ерниковом биогеоценозе 162 г C/m^2 , что в 4.5 раза больше, чем в лишайниковом биогеоценозе.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЧВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ TEMPERATURE REGIME OF FOREST SOILS IN THE MURMANSK REGION

Штабровская И. М., Зенкова И. В.

Shtabrovskaya I. M., Zenkova I. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: ishtabrovskaya@mail.ru*

The results of temperature measurements in a typical forest podzole soil in the central part of the Murmansk region are summarized. Measurements were carried out in a 5 cm layer of litter from 2016 to 2023 and at a depth of the soil profile of 10, 15, 20 and 40 cm from 2019 to 2023. The results are compared with the data of meteorological studies of this territory in 1971–1979.

Обобщены результаты температурных учетов в почвенном профиле типичного северотаежного подзола в центральной части Мурманской обл., в сосняке кустарничковом в окрестностях экспериментального участка ПАБСИ КНЦ РАН (67°34' с.ш., 33°17' в.д.). Измерения температуры (T °C) с использованием современных программируемых термохронных выполнены в 5 см слое лесной подстилки с 2016 по 2023 гг. и в почвенном профиле на глубинах 10, 15, 20 и 40 см — в 2019–2023 гг. Результаты сопоставлены с данными метеонаблюдений на этой территории сотрудниками ПАБСИ в 1971–1979 гг. (Семко, 1989).

Мурманская обл. — северо-западный регион АЗРФ, для которого региональные особенности климата и гидротермического режима почв определяются географическим положением и пересеченным рельефом. Расположение основной территории на Кольском п-ове и влияние теплых вод Нордкапского течения обуславливают мягкий, в сравнении с восточными регионами АЗРФ, арктически-умеренный климат и отсутствие сплошной вечной мерзлоты почв при полугодовой продолжительности периода с отрицательными температурами воздуха (Яковлев, 1961). Высокие темпы современного потепления климата Арктики (Тишков и др., 2019) меняют и региональную метеобстановку. За новый опорный период 1991–2020 гг. (Распоряжение..., 2022), в сравнении с предыдущим тридцатилетием 1961–1990 гг., климатическая норма среднесуточной температуры воздуха в Мурманской области увеличилась на 1.1 °C.

В последнее десятилетие в северотаежных подзолах центральной части области положительные T °C в органометном горизонте поддерживаются с конца апреля — начала мая до середины октября (Штабровская, Зенкова, 2019), что в среднем на 50 суток дольше, чем в 1971–1979 гг. (Семко, 1989). Более ранними и продолжительными стали периоды прогрева почв до эффективных $T \geq +5$ °C и активных $T \geq +10$ °C. Среднесуточные T °C мая и июня в органометном горизонте увеличились с +0.4

и +4.9 °С до +1.2 и +8.1 °С, июля и августа — с +10...+11 до +12...+13 °С. Из-за более теплых весен максимальный летний прогрев почв сместился с августа на июль. Среднегодовая T °С органогенного горизонта характеризуется положительными значениями +2.6...+4.2 °С при размахе средних T °С февраля -2.2...-0.3 °С и июля +10.6...+14.3 °С. Сократились сроки (до 2.6–4.5 мес) и степень промерзания минеральных горизонтов лесных подзолов. Глубина проникновения отрицательных T °С в почвенных профилях в последние годы уменьшилась с 40–100 см (Семко, 1989) до 15–20 см, что связано с лучшим прогревом почв в теплый период года и увеличением мощности снегового покрова до 90–100 см против 40–60 см. На глубинах 20–40 см среднемноголетняя T °С повысилась на 3–4 °С: до +5.9...+6.3 °С против +2...+3 °С в 1971–1979 гг., годовая сумма положительных T °С — в 1.5 раза: до 1340–1360 °С против 840–900 °С.

В целом, годовая динамика температуры в лесных почвах Мурманской области определяется региональным климатическим фактором. На степень прогрева почв по годам дифференцирующее влияние оказывает непродолжительный период с активными $T \geq +10$ °С, приходящийся на две первые недели июля в теплые вегетационные сезоны и на август — в более прохладные.

ЛИТЕРАТУРА

Распоряжение Росгидромета от 29.06.2022 № 197-р «О внедрении актуализированных климатических норм в оперативно-производственную практику подведомственных учреждений Росгидромета». Режим доступа: <http://kolgimet.ru/news/news/klimaticheskie-osobennosti-2022-goda-na-territorii-murma/?cHash=cfe371a9dcaedb172dc6c6379a9ab6fc>.

Тишков А.А. Биотически значимые тренды климата и динамика биоты российской Арктики // Арктика: экология и экономика. 2019. № 1 (33). С. 71–87. doi: 10.25283/2223-4594-2019-1-71-87

Семко А.П. Режим тепла и влаги для роста и развития дикорастущих и интродуцированных растений в центральной части Кольского п-ова. Апатиты: КНЦ АН СССР. 1989. 30 с.

Штабровская И.М., Зенкова И.В. Исследования температуры лесных подзолов Мурманской области: ретроспективный анализ и современные методы // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Апатиты. 2019. С. 200–202.

Яковлев Б.А. Климат Мурманской области. Мурманск: Мурманское книжное изд-во. 1961. 200 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ЛИПИДОВ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ В СФАГНОВЫХ МХАХ В ХОДЕ ВЕГЕТАЦИИ CHANGES IN THE CONTENT OF BIOGENIC ELEMENTS, LIPIDS, AND WATER-SOLUBLE SUBSTANCES IN THE SPHAGNUM MOSSES DURING THE VEGETATION

Штанг А. К., Пономарева Т. И., Скрыбина А. О.

Shtang A. K., Ponomareva T. I., Skryabina A. O.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения
Арктики им. Н.П. Лаврова, Архангельск; e-mail: a_shtang@inbox.ru.

In this study CHN-analysis and determination of the content of lipids and water-soluble substances were carried out for four species of sphagnum mosses (*S. fuscum*, *S. lindbergii*, *S. squarrosum*, *S. divinum*) in the Arkhangelsk region at the beginning and the end of the growing season. According to the findings, the nitrogen content had interspecific and seasonal differences, and the carbon content had only seasonal differences. The hydrogen content always remained at the same level. The obtained C/N-values indicate greater resistance to decomposition of *S. divinum* and *S. squarrosum*. For sphagnum mosses, a decrease in the content of lipids and water-soluble substances was noted in autumn, only in *S. lindbergii* the lipid content did not change.

Сфагновые мхи — мохообразные, широко распространенные во влажных местообитаниях по всему миру, являющиеся доминантами и эдификаторами разнообразных растительных сообществ. Сфагновые мхи активно участвуют в болотообразовательном процессе, депонируя атмосферный

углерод в торфяной залежи. Помимо того, что сфагны играют важную экологическую и биосферную роль, их считают ценным хозяйственным ресурсом из-за особенностей их морфологии и биохимии (Mosses. Ecology..., 2018). Цель данной работы — выявление изменений в содержании биогенных элементов (C, H, N), липидов и водорастворимых веществ в сфагновых мхах *S. Fuscum* (Schimp.) Klinggr, *S. lindbergii* Schimp., *S. Divinum* Flatberg & K. Hassel и *S. Squarrosom* Crome, произрастающих в заболоченных местообитаниях Архангельской области, в ходе вегетации.

CHN-анализ сфагновых мхов показал межвидовые различия в содержании азота и сезонные изменения содержания углерода. Установлено, что у всех видов произошло увеличение доли углерода в сентябре по сравнению с июнем (в среднем, с 37.61% до 45.52%). Для сфагновых мхов была отмечена разница по содержанию азота между видами. Для олиготрофных видов *S. fuscum* и *S. lindbergii* доля общего азота составила $0.766 \pm 0.003\%$ и $0.703 \pm 0.021\%$, а для более мезотрофных *S. divinum* и *S. squarrosom* — $0.975 \pm 0.011\%$ и $0.922 \pm 0.012\%$. В сентябре у *S. lindbergii* и *S. squarrosom* было отмечено увеличение доли общего азота до 0.906 ± 0.002 и $1.316 \pm 0.009\%$ соответственно, в то время как у двух других видов этот показатель остался неизменным. Содержание водорода в сфагновых мхах в ходе эксперимента составило, в среднем, 5.88–6.40%. Показатель C/N, характеризующий степень устойчивости органического вещества к разложению, у олиготрофных *S. lindbergii* и *S. fuscum* составил 50.41–62.84, а у более мезотрофных *S. divinum* и *S. squarrosom* — 34.42–45.33, что говорит о большей устойчивости к разложению первых двух видов (Волкова и др., 2019). Сфагновые мхи содержат совсем небольшое количество липидов и большое количество водорастворимых соединений. В состав водорастворимых соединений входят полифенолы и водорастворимые углеводы (Базин и др., 1989). Углеводы вместе с липидами обеспечивают устойчивость мохообразных к высушиванию и замерзанию и расходуются мхами при восстановлении после переживания неблагоприятных условий (Glime, 2021). Фенольные соединения в растительных организмах, в основном, выполняют антиоксидантную и противомикробную функцию (Писарев и др., 2012). У *S. lindbergii*, растущего в обводненных условиях, в сентябре по сравнению с июнем не произошло существенного изменения в содержании липидов. Содержание липидов у этого вида в указанные месяцы составило $1.97 \pm 0.02\%$ и $2.21 \pm 0.21\%$ соответственно. Для *S. fuscum* и *S. divinum*, верхние части побегов, которые могли пересыхать в летнее время, было отмечено уменьшение содержания липидов в сентябре с $2.29 \pm 0.21\%$ до $1.54 \pm 0.16\%$ (*S. fuscum*) и с $3.66 \pm 0.15\%$ до $2.80 \pm 0.10\%$ (*S. divinum*). У всех видов в июне среднее содержание водорастворимых веществ превышало 20%, но в сентябре их доля снизилась в 2.6–3.8 раз.

В дополнение к полученным данным планируется дальнейший анализ химического состава сфагновых мхов с определением большего количества биогенных элементов, а также содержания легкогидролизуемых и трудногидролизуемых веществ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-24-10022 «Экофизиология мохообразных рода *Sphagnum* L.».

ЛИТЕРАТУРА

Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Лиштван И.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. Москва: Недра. 1989. 304 с.

Волкова Е.М., Бойкова О.И., Хлытин Н.В. Изменение химического состава растений-торфообразователей в процессе разложения на карстово-суффозионных болотах среднерусской возвышенности // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 283–292.

Писарев Д.И., Новиков О.О., Селютин О.А., Писарева Н.А. Биологическая активность полифенолов растительного происхождения. Перспектива использования антоцианов в медицинской практике // Актуальные проблемы медицины. 2012. № 10(129). Вып.18/2. С. 17–24.

Glime J. Bryophyte Ecology. 2021. <https://digitalcommons.mtu.edu/oabooks/4>.

Mosses. Ecology, life cycle and significance / ed. by O. Pokrovsky, I. Volkova, N. Kosykh, V. Shevchenko. New York: Nova Science Publishers, Inc. 2018. 287 p.

**АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТАЁЖНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ОЛЕНЬИХ
ПАСТБИЩ УСТЬ-ЛЕНСКОГО ОКРУГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING TO SOLVE
THE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF TAIGA AND ARCTIC REINDEER
PASTURES OF THE UST-LENA DISTRICT OF THE FAR EAST**

Яковлева Е. П.
Yakovleva E. P.

*Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
имени В.Р. Вильямса, Лобня, Московская область; e-mail: viktrofi@mail.ru*

The laboratory of Geobotany and agroecology has developed an agro-landscape and ecological zoning of the Far Eastern Natural and Economic region of the country based on the soil and ecological zoning of Russia at Moscow Lomonosov State University and others materials. It is designed to assess the potential, rational agricultural use of natural resources, solve environmental problems and protect the environment in the region. According to the results of zoning, the characteristics of the deer pastures of the Ust-Lena district of the Far East in the territory of Yakutia are given. About 40% of the district's area is occupied by deer pastures, which in places have been disrupted as a result of irrational use by reindeer herders, mining, construction, and transport. The ecological state of landscapes, forests and deer pastures is tense. As a result of man-made impacts, the area of deer pastures is reduced, the load on them increases, pastures are degraded, and forage resources are reduced.

Актуальной проблемой России и мира являются рациональное природопользование, сохранение уникальных ландшафтов, природных ресурсов, земель, плодородия почв, биоты и населения Севера.

Первоочередной задачей науки является изучение северных ландшафтов, их регионального, ландшафтного, биологического и экологического разнообразия, земельных, природно-климатических ресурсов с целью рационального природопользования, создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, адаптированного к условиям каждого конкретного региона (Трофимов и др., 2023).

В ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование Дальневосточного природно-экономического района страны на основе почвенно-экологического районирования России МГУ им. М.В. Ломоносова (Карта..., 2013) и др. материалов. В качестве информационной основы использовались также Национальный атлас почв России, природно-сельскохозяйственное, ландшафтно-экологическое и почвенно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты, данные государственного земельного учета, фондовые, наземные и дистанционные данные (Трофимова и др., 2012; Методика..., 2015; Яковлева, 2023).

Агроландшафтно-экологическое районирование предназначено для оценки потенциала, рационального сельскохозяйственного природопользования, решения экологических проблем и защиты окружающей среды в регионе.

По результатам районирования дана характеристика пространственного распределения биологических и экологических закономерностей на территории Усть-Ленского округа Дальнего Востока.

Усть-Ленский округ приурочен к большой дельте реки Лены. Он представлен аллювиально-дельтовыми заболоченными ландшафтами низменных пологоволнистых равнин. Рельеф плоский с многочисленными озерами. В составе почвенного покрова комплексы пойменных заболоченных почв и почв мерзлотных трещин и полигонально-трещинные комплексы тундровых глеевых торфянисто-перегнойных, почв пятен и мерзлотных трещин.

Ландшафты округа представлены субарктическими осоково-моховыми полигональными тундрами и болотами, в комплексе с лишайниково-зеленомошно-кустарничковыми тундрами (4о, 15о, 6о).

Преобладают осоково-разнотравно-моховые, травяно-моховые заболоченные, осоково-сфагновые, осоково-травяно-моховые полигональные субарктические тундры и осоково-мохово-лишайниковые, кустарничково-осоково-моховые полигонально-валиковые тундровые и лесотундровые бугристые болота. В меньшей степени распространены субарктические лишайниково-кустарничковые, моховые, травяно-моховые, осоково-моховые пятнистые, мелкокустарничково-моховые арктические и субарктические тундры.

Около 40% территории Усть-Ленского округа занимают олени пастбища. Болота используются под выпас оленей поздней весной и ранней осенью, тундровые сообщества — летом. Степень сбитости оленьих пастбищ умеренная. Местами они нарушены в результате нерационального использования оленеводами, добычей полезных ископаемых, строительством, транспортом.

Оленеёмкость оленьих пастбищ Республики Саха (Якутия) составляет 270–290 тыс. голов. Экологическое состояние оленьих пастбищ удовлетворительное, местами напряжённое. В результате техногенного воздействия площадь оленьих пастбищ сокращается, нагрузка на них возрастает, пастбища деградируют, кормовые ресурсы сокращаются.

ЛИТЕРАТУРА

Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. Авторы: *Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С.* / М.: Талка+. 2013. 16 л.

Методика эффективного освоения многовариантных технологий улучшения сенокосов и пастбищ в Северном природно-экономическом районе / Коллектив авторов. М: Угрешская типография. 2015. 68 с.

Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий Северного природно-экономического района Российской Федерации // Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса Европейского Севера РФ: сборник науч. тр. по матер. науч.-практич. конф. Архангельского НИИСХ (3–4 июля 2012 г., г. Архангельск) и Нарьян-Марской СХОС (24–25 июля 2012 г., г. Нарьян-Мар). Нарьян-Мар. 2012. С. 184–189.

Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агроландшафтно-экологическое районирование оленьих пастбищ и природных кормовых угодий Индигирско-Колымской провинции Северо-таежной зоны Дальнего Востока // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2023. № 1 (173). С. 66–70.

Яковлева Е.П. Земельные ресурсы в сельском хозяйстве Дальнего Востока // Развитие современных систем земледелия и животноводства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды. Матер. Всеросс. Науч. конференции с международным участием, посвященной 110-летию Пермского НИИСХ. Пермь: Издательство «От и До». 2023. С. 173–179.

СЕКЦИЯ 2.
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ
ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ

SESSION 2.
MODERN TRENDS IN DYNAMICS
OF ARCTIC AQUATIC ECOSYSTEMS

**ВЫДЕЛЕНИЕ БАССЕЙНОВ КАНАЛИЗОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ
РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ РЕК РОССИИ**
**ALLOCATION OF SEWERAGE BASINS AS AN INSTRUMENT OF RATIONAL
WATER USE FOR THE NORTHERN RUSSIAN RIVERS**

Астраханов М. Е.^{1,2}
Astrakhanov M. E.

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва; e-mail: astrakhanov@eipc.center

²Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Московская область; e-mail: 79197743019@yandex.ru

The water bodies of the Russian North are under anthropogenic stress due to the discharge of pollutants with poorly treated wastewater from both industrial enterprises and municipal wastewater treatment plants. Being naturally sustainable, having an initially low content of organic compounds in their water, the northern rivers require minimization of negative environmental impacts caused by industrial and municipal wastewater. Now, not all northern and Siberian settlements have modern sewage treatment plants. To predict the effects on water bodies from discharged nutrients and other pollutants, and to ensure rational use of natural resources and stimulate the effective construction design for the wastewater treatment plants a general methodology for studying the flows of nutrients within river drainage basins is proposed.

Исторически северным рекам не уделялось достаточно внимания в вопросе предотвращения загрязнения вод. Одной из причин тому является малая населенность северных регионов, а также надежда на их высокую способность к самоочищению ввиду изначально малого количества органики в воде. Во время форсированной индустриализации, а также добычи полезных ископаемых и во многом даже в настоящий момент малонаселенные территории севера и востока страны воспринимались скорее, как ресурсная база, чем как рекреационные земли или районы для устойчивого и обеспеченного инфраструктурой проживания людей. Основными загрязнителями северных рек являются промышленные и добывающие предприятия, сбрасывающие соединения тяжелых металлов (побочные продукты от добычи золота — Лена; медь, цинк и марганец — Обь и Енисей (от горно-химических комбинатов и металлургических предприятий); в реки северо-западной Сибири поступают сточные воды нефтедобывающих предприятий). Кроме того, следует учитывать и поступление биогенных элементов с недостаточно очищенными хозяйственно-бытовыми сточными водами (Энциклопедия технологий, 2023). При этом многие очистные сооружения не справляются с нагрузкой ввиду не только устаревания применяемых технологических схем, но также из-за физического износа их коммуникаций и оборудования. Также, в ряде населенных пунктах их попросту не хватает и имеет место сброс неочищенной воды напрямую в водный объект.

Проблема недостаточной обеспеченности очистными сооружениями в принципе имеет управленческое решение, как и проблема неконтролируемого сброса сточных вод промышленными предприятиями. Задача эффективного технического перевооружения или модернизации очистных сооружений как хозяйственно-бытовых, так и производственных сточных вод решается в настоящее время в рамках эколого-технологической модернизации экономики на базе концепции наилучших доступных технологий (НДТ). В специальных документах по стандартизации, информационно-технических справочниках по НДТ, которые разрабатываются и актуализируются в России с 2015 г., содержится актуальная информация о технологиях, позволяющих удалять приоритетные загрязняющие вещества, в справочнике, адресованном городским очистным сооружениям, технологии ранжированы в зависимости от состава таких сооружений, категории водного объекта и количества предполагаемых поступающих сточных вод от населения (Астраханов и др., 2023). Однако, на сегодняшний день, нет общего понимания, каким образом можно учитывать и управлять потоками биогенных элементов внутри бассейна реки, в которую поступают сточные воды. Не существует и единой методологии выбора технологических решений, направленных на использование потоков биогенных элементов от очистных сооружений разных типов. Обычно методы исследования биогеохимических потоков определяются достаточно узкой тематикой, например, разработкой географических информационных систем; развитием молекулярных методов анализа микробного

сообщества и др. В научной литературе в целом принято рассматривать биогенные элементы как вещества с негативным влиянием на природные системы (Брюханов и др., 2016). Тем не менее, потоки биогенных элементов, вовлеченные в биогеохимический цикл, могут стать материальным и энергетическим ресурсом для создания устойчивых технологических решений для сельского хозяйства, энергетики, ландшафтном благоустройстве (Чичекина, Щеголькова, 2022).

Для создания общей методологии исследования потоков биогенных элементов внутри бассейна реки (как ключевой единицы геоэкологических исследований водного баланса) предлагается выделить внутри водосборного бассейна бассейны канализования (как единицы для расчета балансов биогенных элементов). Вместе с тем, граница и тип бассейна канализования напрямую связаны с типом очистного сооружения и технологическими решениями по сбору сточных вод внутри этого бассейна (Щеголькова и др., 2016). Классификация бассейнов канализования в первую очередь должна учитывать основные факторы формирования потоков биогенных элементов: способа сбора сточных вод на очистные сооружения, процесса (технологии) очистки сточных вод, способа дальнейшего использования или утилизации осадков сточных вод и самой очищенной воды.

Выделение бассейнов канализования поможет прогнозировать биогенную нагрузку на природную систему, речные биоценозы, а также принимать оптимальные решения при выборе наиболее подходящей технологии в проектировании и модернизации очистных сооружений. Это особенно актуально для северных рек России, учитывая их потребность в экономически и экологически обоснованных очистных сооружениях в разных частях их бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

Астраханов М.Е., Бурвикова Ю.Н., Новиков В.А. Технологическое нормирование сбросов сточных вод на основе показателей НДТ // Компетентность. 2023. № 4. С. 34–39.

Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Обломко Н.С., и др. Методика определения биогенной нагрузки сельскохозяйственного производства на водные объекты // АгроЭкоИнженерия. 2016. № 89. С. 175–182.

Чичекина Е.М., Щеголькова Н.М. Создание искусственных ландшафтов на основе перераспределения биогеохимических потоков от очистных сооружений на примере модели городского округа Электросталь // Сборник тезисов докладов шестой конференции молодых ученых Почвенного института им. В.В. Докучаева, посвященной 95-летию Почвенного института им. В.В. Докучаева. «Почвоведение. Горизонты будущего. 2022». М., 2022. С. 72–74.

Щеголькова, Н.М., Веницианов, Е.В., Рыбка, К.Ю., и др. Многолетняя динамика процессов самоочищения как интегральный показатель для выбора управляющих воздействий (на примере реки Москвы). // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 4. С. 103–117.

Энциклопедия технологий 2.0: Технологии водоснабжения и водоотведения / [гл. ред. Д.О. Скобелев]; ФГАУ НИИ ЦЭПП. Москва; Санкт-Петербург: Реноме. 2023. 502 с.

ДИНАМИКА ПИЩЕВЫХ ЦЕПЕЙ СЕВЕРНЫХ ОЗЕР DYNAMICS OF FOOD WEBS IN NORTHERN LAKES

Березина Н. А.¹, Тиунов А. В.², Максимов А. А.¹
Berezina N. A.¹, Tiunov A. V.², Maximov A. A.¹

¹Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург; e-mail: nadezhda.berezina@zin.ru

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

The study, conducted in 2019–2021, examined the structure of food webs of two subarctic lakes (North Karelia) during the summer-autumn and freeze-up periods and showed changes in the lake food webs under ice linked with a decrease in organic matter supply and a shifts of biotic relationships. The greatest seasonal differences in the isotopic composition of nitrogen and carbon were found in fish, showing a decrease in their trophic position in winter. The light-

water oligotrophic and brown-water dystrophic lakes differed more in their food web structure than in their seasonal variations. In a dystrophic lake, methane carbon plays a primary role as a source of organic matter. In contrast to an oligotrophic lake, the fish trophic niche was narrower in a dystrophic lake where predatory feeding predominated. It was found that there are close trophic interactions between cyanobacteria, a significant supplier of nutrients in both lakes, and invertebrates.

Продолжающееся увеличение поступления аллохтонного органического вещества с водосбора, в том числе, гуминовых соединений, включая органическое железо в воды северных озер объясняется изменением климата, прежде всего увеличением количества осадков. Аллохтонное органическое вещество может использоваться в качестве источника энергии водным микробным сообществом и быть важным источником углерода для первичных консументов в озерах. На пути его переноса в экосистемы пресных водоемов превалируют микробные пищевые сети, которые довольно сложны и малоизучены. До сих пор, мало данных о том, как аллохтонный углерод передается зоопланктону и другим группам водных животных. Сдвиг в пищевых цепях в сторону большей зависимости от микробных источников может привести к снижению питательного качества доступной пищи для водных организмов, поскольку бактерии как правило имеют более низкие концентрации незаменимых жирных кислот, чем фитопланктон. В совокупности этот переход от «зеленых» к «коричневым» пищевым цепям в гумифицированных водоемах может существенно снизить трофическую эффективность пищевой сети. Структуру пищевой сети и связанность рациона зоопланктона и других потребителей с аллохтонными и микробными источниками углерода возможно оценить с помощью анализа стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$). При летнем дефиците азота в водоеме некоторые представители цианобактерий способны фиксировать атмосферный азот, повышая продуктивность экосистемы. По составу изотопов, питающихся ими консументов, можно установить источник поступления питательных веществ в озерную трофическую сеть. В 2019–2021 гг. в период открытой воды (лето-осень) и в период ледостава (зима-весна) было проведено исследование структуры трофических сетей в двух субарктических озерах (Северная Карелия) на уровнях от продуцентов (фитопланктон и фитобентос) к консументам высшего порядка (рыбам) с использованием анализа состава стабильных изотопов. Изменения структуры трофических сетей выявлены в подледный период; они связаны как с уменьшением уровня поступающей с водосбора органики, так и перестройкой биотических отношений в экосистемах озер. Наибольшие сезонные различия в величинах $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ выявлены для рыб, они выражены в снижении трофической позиции этих хищников зимой. Различия в структуре трофических сетей между светловодным олиготрофными темноводным дистрофными озерами были гораздо более выраженными, чем ее сезонные колебания в каждом из этих водоемов. Относительно низкие значения $\delta^{13}\text{C}$ (от -42 до -38 ‰) у планктонных беспозвоночных дистрофного озера позволяют предположить основную роль метанового углерода как источника органического вещества. Ширина трофической ниши рыб значимо уже в случае дистрофного озера, здесь у них превалирует хищное питание и однообразный рацион, а в олиготрофном озере — рацион рыб разнообразен, а уровень хищничества был существенно ниже, чем в дистрофном озере. В дистрофном озере источник пищи для всех консументов был аллохтонного (наземного) происхождения. В отличие от него источники углерода консументов трофической сети светловодного озера были разного происхождения (как аллохтонного, так и автохтонного) и сосредоточены в разных зонах. Например, для ряпушки — первичные источники углерода происходили из профундали и пелагиали озера, в то время как для окуня и колюшки из прибрежной зоны и наземной экосистемы. Анализ также выявил тесные трофические связи между беспозвоночными обоих озер и массовым видом цианобактерий (*Dolichospermum lemmermannii*), которые представляют собой важный источник питательных веществ в обоих озерах. Наблюдаемые сдвиги в изотопном составе азота у зоопланктона и остальных консументов в периоды летнего и осеннего роста биомасс этих прокариот указывают на активную ассимиляцию диазотрофного азота и включение питательных веществ цианобактерий в пищевые цепи озер.

**РАЗНООБРАЗИЕ ХИРОНОМИД (CHIRONOMIDAE) ОЗЕРА ИМАНДРА
BIODIVERSITY OF CHIRONOMIDAE OF IMANDRA LAKE**

Валькова С. А.
Valkova S. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: s.valkova@ksc.ru*

Data on the composition of chironomids (Chironomidae) of Lake Imandra are presented. A total of 115 species were described: Orthoclaadiinae — 47, Chironominae — 46, Tanypodinae — 16, Diamesinae — 4, Prodiamesinae — 2. Eurybiont larvae of *Chironomus* and *Procladius* dominated in the Bolshaya and Ekostrovskaya Imandra splashes, forming monodominant communities in some areas. In the benthos of Babinskaya Imandra, the most deep-water and remote from the sources of wastewater inflow into the lake, the proportion of Chironomid Chironomini decreased, and the communities were dominated by cold-water-stenothermic species of Tanypodinae, Orthoclaadiinae.

Озеро Имандра — самый крупный водоем Мурманской области, состоящий из трех плесов: Большой, Йокостровской и Бабинской Имандры, соединенных между собой узкими проливами — салмами. Плесы озера существенно отличаются по своим морфометрическим характеристикам: Большая и Йокостровская Имандра близки между собой по площади акватории, но первый более глубоководный, Бабинская Имандра более чем в 2 раза меньше по площади водного зеркала двух других, но наиболее глубоководный (Антропогенные..., 2002). Водоем подвержен многофакторному антропогенному воздействию, являясь приемником сточных вод комплекса промышленных предприятий, расположенных на его водосборной территории.

Исследования состояния сообществ зообентоса озера Имандра проводятся с 1930 г., однако, до 1978 г. работы носили эпизодический характер и часто проводились только на отдельных плесах озера, с 1978 г. изучение донных сообществ водоема приобрело систематический характер. Как показали проведенные исследования в зообентосе как литоральной, так и профундальной зон озера по количеству видов и частоте встречаемости доминируют личинки хирономид (Chironomidae). В сообщении обобщены данные о составе хирономид оз. Имандра, полученные в период с 1976 по 2023 гг. (Большие озера..., 1976; Яковлев, 1984; Моисеенко, Яковлев, 1990; Антропогенные..., 2002; Яковлев, 2005; 2009–2023 гг. — собственные данные).

Всего для озера Имандра описано 115 видов. Из них Orthoclaadiinae — 47, Chironominae — 46: трибы Chironomini (31 видов) и Tanytarsini (15 видов), Tanypodinae — 16, Diamesinae — 4, Prodiamesinae — 2. Наиболее часто в пробах из глубоководной зоны озера встречались личинки родов *Chironomus*, *Procladius* (*Holotanypus*), *Monodiamesa*, *Heterotris sociadius*, *Zalutschia*, на каменистой литорали преобладали личинки родов *Psectrocladius*, *Tanytarsus*, *Cricotopus*.

Структура сообществ и комплекс доминирующих видов различались по плесам озера. В плесах Большая и Экостровская Имандра доминировали эврибионтные личинки *Chironomus* и *Procladius*, доля которых на отдельных участках акватории составляла 80–100% от общей численности зообентоса, дополняли комплекс доминатов *Monodiamesa bathyphila* (Kieff., 1918), *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818), *Ablabesmyia*, *Psectrocladius*. В бентосе наиболее глубоководного и самого удаленного от источников антропогенного воздействия плеса Бабинская Имандра, доля хирономид Chironomini сокращалась, в сообществах преобладали холодноводно-стенотермные виды хирономид Tanypodinae, Orthoclaadiinae (*Heterotrissociadius*, *Hydrobaenus*, *Paratrachocladus*, *Zalutschia*, *Arctopelopia*, *Conchapelopia*), личинки рода *Chironomus*, которые были одним из доминирующих элементов бентофауны на двух других плесах здесь отмечены единично.

Работа выполнена в рамках темы НИР FMEZ-2022-0008.

ЛИТЕРАТУРА

Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / Отв. ред. Т.И. Моисеенко. М.: Наука. 2002. 403 с.

Большие озера Кольского полуострова. Изд-во «Наука», Ленингр. отд., Л. 1976. 349 с.

Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л. 1990. 221 с.

Яковлев В.А. Методы оценки качества вод по зообентосу озера Имандра / Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты: Кол. фил. АН СССР. 1984. С. 39-50.

Яковлев В.А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2005. Ч. 1. 161 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ИМАНДРА
(МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) МЕТОДОМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА**

**INVESTIGATION OF SPATIAL AND TEMPORAL PATTERNS OF CHANGES
IN THE ECOSYSTEM OF THE ARCTIC LAKE IMANDRA (MURMANSK REGION)
BY THE METHOD OF DIATOM ANALYSIS**

Вокуева С. И., Денисов Д. Б.

Vokueva S. I., Denisov D. B.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: s.vokueva@ksc.ru*

Spatial and temporal variations of the taxonomic composition and structure of diatom assemblages of sediments of the large Arctic lake Imandra were studied. The differences in the current state of the ecosystem in certain areas of the water area due to the influence of natural and anthropogenic factors are revealed. The temporal patterns and causes of changes in the state of the lake ecosystem have been established.

Озеро Имандра — один из самых крупных пресных водоёмов северо-западной части России и крупнейший в Мурманской области. В озере выделяется три в достаточной степени обособленных плёса (Большая, Йокостровская и Бабинская Имандра). По причине размера водоёма и сложности береговой линии, а также маленькой продолжительности «гидробиологического лета» провести комплексную сравнительную оценку состояния экосистемы в различных участках озера только по гидробиологическим и/или гидрохимическим показателям проблематично. Для этих целей оптимально использовать анализ диатомовых комплексов поверхностных донных отложений, с помощью которого можно получить интегральные характеристики современных условий за несколько лет. Кроме того, анализ диатомовых комплексов колоннок донных отложений позволяет отследить произошедшие изменения состояния экосистемы за несколько сотен лет, связанные с влиянием различных факторов, как естественных, так и антропогенных.

Так, проведённое исследование включало изучение как пространственной изменчивости состава и структуры диатомовых комплексов озера Имандра, так и их многолетние вариации для двух участков водоёма. Для этого были проанализированы пробы поверхностных донных отложений, отобранных на 27 станциях, а также колонки донных отложений из плёсов Большая и Йокостровская Имандра (мощностью 37 и 53 см соответственно). Отбор проб и их анализ выполнялись стандартными методами (Давыдова, 1985), с изменениями, описанными в (Денисов, Косова, 2019). После лабораторной обработки проб производилась таксономическая идентификация диатомовых водорослей с помощью микроскопов «Leitz BIOMED» и «Motic BA 300». Полученные данные по диатомовому составу и количественным характеристикам заносились в запатентованную базу данных «Водоросли Евро-Арктического региона» (Денисов, Косова, 2017). Таксономическая информация сверялась с актуальной, регулярно обновляемой мировой базой водорослей (Guiry, Guiry, 2024). Все постоянные препараты и очищенный материал створок диатомовых водорослей хранятся в гербарии Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН (Боровичёв и др., 2018).

Общий видовой состав для озера составил 474 вида диатомовых водорослей, принадлежащих к 90 родам. На основе анализа биоиндикаторных характеристик выявленных диатомовых водорослей в поверхностных донных отложениях, совместно с химическим составом донных отложений, воды озера Имандра характеризуются как пресные и слабощелочные, близкие к нейтральным, с малым содержанием биогенных элементов. В то же время наблюдается развитие в отдельных участках озера диатомей-индикаторов органического загрязнения вод совместно с ростом концентраций биогенных и токсических элементов, что указывает на наличие кардинально различающихся условий окружающей среды для водоёма. Пространственное разнообразие диатомовых комплексов обусловлено деятельностью нескольких факторов: морфометрическим (наличие трёх обособленных плёсов озера и изолированных заливов-губ), гидрологическим (перенос диатомовых водорослей потоками воды) и антропогенным (внос биогенных и токсических элементов в результате деятельности промышленных предприятий, а также хозяйственно-бытовой деятельности).

Исследование колонок донных отложений позволило выявить также существенные многолетние вариации в составе и структуре диатомовых комплексов. Наблюдается смена доминирующих групп диатомей, появление и исчезновение отдельных видов. Наиболее заметные изменения состояния экосистемы озера отмечены вследствие развития промышленности на территории водосбора в последние десятилетия, в верхних слоях донных отложений, сопровождаясь повышением уровня рН и сапробности, а также концентраций приоритетных загрязнителей.

Исследование выполнено в рамках тем государственного задания ИППЭС КНЦ РАН №№ FMEZ-2024-0014, FMEZ-2022-0008.

ЛИТЕРАТУРА

Боровичёв Е.А., Денисов Д.Б., Корнейкова М.В., Исаева Л.Г., Разумовская А.В., Химич Ю.Р., Мелехин А.В., Косова А.Л. Гербарий ИППЭС КНЦ РАН // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. № 9 (9–6). С. 179–186.

Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли — индикаторы экологических условий водоёмов в голоцене. Л.: Наука. 1985. 244 с.

Денисов Д.Б., Косова А.Л. Разработка базы данных по водорослям Евро-Арктического региона // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. № 6–5 (8). С. 45–52.

Денисов Д.Б., Косова А.Л. Методика пробоподготовки донных отложений к диатомовому анализу // Шарам С.А. (ред.). Методы экологических исследований водоёмов Арктики. Мурманск: Изд-во МГТУ. 2019. С. 79–83.

Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2024. <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 15.03.2024)

ЗООБЕНТОС КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОЗ. ИМАНДРА ZOOBENTHOS OF THE ROCKY LITTORAL IN THE SOUTHERN PART OF THE LAKE IMANDRA

Гончаров А. В.¹, Палатов Д. М.²
Goncharov A. V.¹, Palatov D. M.²

¹*Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, кафедра гидрологии суши,
Москва; e-mail: tama15333@mail.ru*

²*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва; e-mail: 79165569496@ya.ru*

In the summer of 2023, on 15 sections of the rocky littoral of Lake Imandra (in its southern part) the species composition, abundance and biomass of benthic invertebrates have been determined. A fairly high species diversity of zoobenthos has been revealed: about 70 species, the average value of the Shannon index is 2.5. This indicates favorable

conditions for the existence of organisms in this area. It is shown that benthic invertebrates, which are found here most often, are, as a rule, cold-water inhabitants of the northern regions. These are oligosaprobies, less often β -mesosaprobies, indicating the absence of water pollution by organic matter. The average biomass of bottom biocenoses of about 2 g/m² corresponds to the oligotrophic status of the reservoir. Anthropogenic influence on bottom biocenoses in the studied areas has not been revealed.

Имандра — достаточно хорошо изученное озеро, однако о донных беспозвоночных его прибрежной части известно немного. Наше исследование проведено в июле 2023 г. в южной, наименее подверженной загрязнению, части водоема. 8 проб собрано — в Бабинской Имандре и 7 — в нижней части Йокостровской. Пробы отбирали в прибрежной зоне (до глубины 0.5 м) с помощью количественного сачка-скребка, облавливая основные биотопы, представленные гравийно-галечными отложениями и валунами. Пробы промывали через сито из мельничного газа № 25; беспозвоночных выбирали и фиксировали спиртом.

В результате, среди обитателей каменистой литорали озера было выявлено около 70 видов беспозвоночных. Наибольшим видовым богатством характеризовались хирономиды — 21 вид, поденки и ручейники — по 12 видов. Другие группы (олигохеты, моллюски, пиявки, бокоплав, веснянки, клопы, жуки, двукрылые) представлены меньшим числом видов.

В общей численности зообентоса также преобладают хирономиды. При рассмотрении биомассы возрастает доля более крупных организмов — поденок, веснянок, моллюсков. Общая биомасса невелика. Её среднее для всех участков значение — 2.1 г/м², что характерно для олиготрофных озер. Вместе с тем, выявляется существенная неоднородность распределения донных организмов. Так, на участках, где донные отложения представлены крупными валунами, поверхность которых подвергается значительному ветро-волновому воздействию, количественные параметры донных биоценозов снижены.

Индексы видового разнообразия Шеннона принимают довольно большие значения, свидетельствующие о том, что условия обитания в целом благоприятны для донных беспозвоночных. Среднее значение индекса Шеннона составляет 2.47; однако на разных участках этот показатель изменяется от 1.53 до 3.13. Пониженные значения видового разнообразия (как и биомассы) наблюдаются на прибрежных участках, подверженных значительному ветро-волновому влиянию.

Из всего списка видов можно выделить те, которые встречаются чаще всего (на 50–80 % всех станций): моллюски *Ampullaceana balthica*, *Gyraulus acronicus*; поденки *Ameletus inopinatus*; хирономиды *Heterotris socladius gr. marcidus*, *Ablabesmyia longistyla*, *Psectrocladius gr. sordidellus*; веснянки *Skwala compacta*, *Diura nansenii*; ручейники *Potamophylax latipennis*. Большинство этих видов — представители чистых, холодных вод, насыщенных кислородом. Это значит, что именно такие условия обитания имеются в литоральной зоне озера в изученном нами районе. И даже наличие крупного энергетического объекта, по-видимому, не оказывает, существенного воздействия. Это согласуется с результатами, которые были получены ранее в данном районе, о том, что влияние повышенной температуры на зообентос сказывается только в губе Молочной — в непосредственной близости от сбросного канала (в 2023 г. здесь пробы не отбирали).

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ДИАТОМОВЫМ ВОДОРΟΣЛЯМ В СУДЕБНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

EXPERIENCE IN USING THE DATABASE ON DIATOMS IN FORENSIC PRACTICE

Горшкова. А. Т., Семанов. Д. А., Бортникова Н. В., Рыков Р. А., Горбунова В. П.

Gorshkova A. T., Semanov D. A., Bortnikova N. V., Rykov R. A., Gorbunova V. P.

*Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан, Казань; e-mail: agorshkova@gmail.com*

The results of fundamental scientific research can be successfully implemented in practice in various interpretations. For example, the many years of research by scientists at the hydrology laboratory of the Research Institute for Problems

of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences into the biodiversity of fauna and flora as well as the patterns of their spatial distribution across the territory of the Republic of Tatarstan, have, for instance, found contemporary utilization within the administrative proceedings of forensic medical and criminalistic examinations. The accumulated data on the distribution of diatom algae (*Diatomophyta*) within the hydrographic network of the Republic of Tatarstan have provided the foundational matrix for the development of an “Interactive Database on Diatom Algae (for forensic medical examination purposes)” (hereinafter referred to as the BDdia) and the associated software (certificates No. 2010620463, 24.08.2010, No. 2010615455, 25.08.2010).

Диатомовые водоросли, благодаря наличию крепкого кремнезёмного панциря признаны универсальным объектом, в частности, для палеонтологических исследований. Скелет каждого вида, подобно визитной карточке, индивидуален, а благодаря крепкому строению хорошо сохраняется в отложениях земной поверхности. Целый ряд исследователей XX и XXI в.в. утверждают, что из всех прочих микроскопических представителей планктона диатомеи наиболее устойчивы к внешним воздействиям и фактически не меняют ни состав сообщества, ни видовую структуру даже в кризисных экологических условиях (Кузин, 2009). Именно по анализу состава диатомита, сложенного створками диатомовых водорослей, извлечённых из внутренних органов обнаруженного на реке Юрибей полуострова Ямал в 2007 г. мамонтёнка, учёным зоологического института РАН г. Санкт-Петербурга удалось реконструировать природные условия и время, в которых он обитал. Используют идентификацию диатомей и в судебной медицине (Андрианов, 1962; Калашников, 2007).

Идентифицированные в пробах порядка 4000 водоёмов и водотоков территории Республики Татарстан диатомеи занесены в структурированную базу данных пространственного распределения биологических объектов, которую первоначально использовали исключительно для производства оценок экологического характера. Директории матриц о составе диатомей оказались крайне востребованы в судебной медицине, и тогда появилась идея создания специализированной «Интерактивной Базы Данных по диатомовым водорослям (для целей судмедэкспертизы)» (далее БДdia) и программного обеспечения к ней (Свидетельства: № 2010620463 от 24.08.2010 г., № 2010615455 от 25.08.2010 г.). После первой же апробации БДdia была признана готовой законченной разработкой эколого-аналитического направления, и согласно приказу Республиканского бюро судебно-медицинской экспертизы Министерства здравоохранения Республики Татарстан № 1823 от 20.09.2010 г. незамедлительно внедрена в практику. Позже разработка была удостоена Премии Академии наук Республики Татарстан имени профессора В.А. Попова за лучшую научную работу, имеющую большое научно-практическое значение для решения актуальных проблем экологической безопасности Республики Татарстан (04.02.2011). База успешно используется по настоящее время. Пополнение и обновление БДdia постоянно производится и работниками бюро судебно-медицинской экспертизы и экологами.

БДdia снабжена удобным и доступным интерфейсом, содержит информацию о встречаемости диатомей и специфики биологии каждого вида на основе определителей, времени обнаружения, также информацию о водоёмах и водотоках, ближайших территориальных привязках, также сводку случаев обнаружения диатомей в органах и тканях людей в результате аспирации планктона вместе с водой в момент утопления, а также другие эколого-географические и криминалистические сведения. Программное обеспечение, разработанное на платформе инструментария GIS, обеспечивает вывод необходимой информации на карт-основы. Доступность GIS-серверов позволяет раздвигать границы и других территориальных образований, как в пределах отдельных регионов, так и России в целом и любой другой территории земной поверхности, что придаёт разработке элемент универсальности.

ЛИТЕРАТУРА

- Андрианов Л.П.* О судебно-медицинском значении псевдопланктона для диагностики утопления // Ж. Судебно-медицинская экспертиза. Медгиз. Москва. 1962. № 1. Т. 5. С. 20–25.
- Калашников Д.П., Горностаев Д.В.* Новые лабораторные методы в подготовке и исследовании диатомового планктона // Ж. Судебно-медицинская экспертиза. Москва. 2007. № 1. С. 39–42.
- Кузин А.В.* Формирование биотопов устьевой области Волги под влиянием природных факторов и хозяйственной деятельности // Рукопись кандидатской диссертации. Астрахань, 2009. С. 46–49.

ВЛИЯНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НОВОГО АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

INFLUENCE OF THE ACTIVITIES OF A NEW APATITE-NEPHELINE ENTERPRISE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE WATER

Даувальтер В. А.¹, Денисов Д. Б.¹, Даувальтер М. В.², Сандимиров С. С.¹, Слукровский З. И.¹
Dauvalter V. A.¹, Denisov D. B.¹, Dauvalter M. V.², Sandimirov S. S.¹, Slukovskii Z. I.¹

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,

Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.dauvalter@ksc.ru

²Геологический институт ФИЦ КНЦ РАН,

Апатиты, Мурманская область; e-mail: m.dauvalter@ksc.ru

The characteristics of the chemical composition of surface waters affected by the activities of a new mining enterprise are given. Over the ten-year history of the development of the Oleniy Ruchey apatite-nepheline deposit, water mineralization increases in an order of magnitude, contents of nutrients, organic matter and a number of trace elements (Al, Fe, Sr, Mo, F, Cu, Mn, Zn and Cr), the ratio of the basic ions has changed in lakes and streams polluted by open and underground mine wastewater. The content of nitrogen compounds in the water of Lake Komarinoe, which receives water from the tailings pond, has increased by two orders of magnitude, and the nitrate ion is included in the basic ions composition. The quality change of surface waters is local, that is typical for water objects receiving wastewater from a mining enterprise.

Приводятся результаты исследования химического состава поверхностных вод в зоне влияния деятельности горно-обогатительного комбината «Олений ручей», Хибинский щелочной массив, на котором добыча и обогащение апатит-нефелиновых руд начались в 2012 г. Водные объекты в зоне деятельности ГОК «Олений ручей» четко делятся на две группы: фоновые и импактные. Среди фоновых водных объектов выделяются верховья ручьев гидрокарбонатно-натриевого состава, имеющие явно снеговое питание, с низкой минерализацией (10–12 мг/л) и значениями pH на границе между слабокислыми и нейтральными. Воды более крупных водотоков фоновой территории сохраняют соотношение преобладающих ионов, но в них значительно увеличивается минерализация (до 30–40 мг/л) и величина pH становится нейтральной (6.9–7.0), что является следствием увеличения площади водосбора и, соответственно, поверхностного и подземного стока и времени контакта вод с горными породами. В фоновых водных объектах на втором месте среди главных ионов находятся SO_4^{2-} и Ca^{2+} . Воды ручьев по мере продвижения к устьям значительно меняют свой химический состав вследствие того, что их русла проходят по техногенно нарушенным территориям, где лежат отвалы горных пород (содержащие кальций и сульфидные минералы), они загрязняются стоками рудников (с большим содержанием соединений азота в результате проведения буровзрывных работ). Вода ручьев увеличивает свою минерализацию на порядок, величину pH и изменяет качество с гидрокарбонатного класса на сульфатный или нитратный и с натриевой группы на кальциевую. Сточные воды подземного рудника характеризуются повышенной минерализацией (до 260 мг/л) и величиной pH (до 10) и измененным химическим составом по сравнению с фоновыми объектами. Сточные воды подземного рудника и карьера имеют гидрокарбонатно-натриевый состав, с большой долей нитрат-иона, который стоит на втором месте среди анионов, а в сточных водах карьера содержания HCO_3^- и NO_3^- практически равны, содержание сульфат-иона высокое. В сточных водах рудников отмечены повышенные содержания соединений биогенных элементов, органического вещества и микроэлементов (Al, Fe, Sr, Cu, Mn, Zn и Cr). Содержание многих компонентов в воде оз. Комариное, принимающего осветленные воды из хвостохранилища, за десятилетнюю историю деятельности ГОК «Олений ручей» выросло многократно, например, концентрации нитрат-иона увеличились на два порядка, и этот анион становится главным, содержание других главных ионов, а соответственно минерализация, увеличивается на порядок, также как и содержание ряда микроэлементов (Sr, F, Mo). Значительное ухудшение качества воды в основном характерны для объектов, куда поступают сточные воды рудников и хвостохранилищ, в отличие от горно-металлургических предприятий, влияние загрязнения которых в результате атмосферных выбросов может распространяться на десятки и сотни километров (Даувальтер, 1997; Даувальтер и др., 2015).

ЛИТЕРАТУРА

Даувальтер В.А. Загрязнение донных отложений водосбора реки Пасвик тяжелыми металлами // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1997. № 6. С. 43–53.

Даувальтер В.А., Кацулин Н.А., Денисов Д.Б. Тенденции изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер Севера Фенноскандии в последние столетия // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 9. С. 62–75.

**35-ЛЕТНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОЗЕР ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА ИППЭС КНЦ РАН**

**35-YEARS GEOECOLOGICAL INVESTIGATIONS OF LAKE SEDIMENTS
OF THE EURO-ARCTIC REGION BY INEP KSC RAS**

Даувальтер В. А., Моисеенко Т. И., Каган Л. Я., Ильяшук Б. П., Ильяшук Е. А.,
Денисов Д. Б., Слуковский З. И., Косова А. Л., Вокуева С. И.
Dauvalter V. A., Moiseenko T. I., Kagan L. Ya., Ilyashuk B. P., Ilyashuk E. A.,
Denisov D. B., Slukovskii Z. I., Kosova A. L., Vokueva S. I.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманской обл.; e-mail: v.dauvalter@ksc.ru*

Detailed geoecological investigations of lake sediments in the Euro-Arctic Region (the European Part of Russia and the border areas of Norway and Finland) have been carried out at INEP KSC RAS during 35 years. These studies include determining the physical properties of sediments (humidity and loss on ignition) and chemical, diatom, benthic, chironomid and mineralogical analyzes and sedimentation rates. Sediment samples are collected by gravity corers and vertically extruded and sectioned into 0.5-1 cm layers for chemical analysis using atomic absorption spectrometry and inductively coupled plasma. Regularities of elements distribution in the lake sediments, in varying degrees impacted to the influence of mining, metallurgical and energy enterprises, as well as in urbanized and background areas, and changes in the structure and composition of diatoms and chironomids as a result of long-term dynamics in the natural environment and climate have been obtained during 35 years of investigations.

Детальные геоэкологические исследования донных отложений (ДО) водоемов Евро-Арктического региона (Европейской части России и приграничной территории Норвегии и Финляндии) проводятся в ИППЭС КНЦ РАН 35 лет, с момента его образования в 1989 г. Эти исследования включают в себя исследования физических свойств ДО (определение влажности и потерь при прокаливании) и химический, диатомовый, бентосный, хирономидный и минералогический анализы и определение возраста ДО. Первые два года ДО отбирались с помощью дночерпателя, и содержание элементов определялось спектральным полуколичественным анализом. С 1991 г. образцы ДО отбираются гравитационными колонками на акваториях озер с максимальной глубиной с послойным разделением колонок на слои 0.5-1 см с последующим химическим анализом проб методом атомно-абсорбционной спектроскопии. В 1995 г. с приходом в ИППЭС КНЦ РАН к.г.н. Каган Л.Я. получили развитие исследования диатомовых комплексов в ДО водоемов. После окончания Петрозаводского университета в 2001 г. это направление стал развивать Денисов Д.Б. Приход к.б.н. Ильяшука Б.П. и Ильяшук Е.А. в 1998 г. ознаменовал развитие хирономидного анализа в ДО водоемов. С приходом к.б.н. Слуковского З.И. в 2018 г. и с началом использования метода индуктивно связанной плазмы для анализа химического состава значительно расширился перечень исследуемых элементов (до 50) в ДО и география исследуемых озер (Республика Карелия, Архангельская область, Красноярский край). В 2022 г. Слуковский З.И. провел исследование нескольких озер Антарктиды. За годы исследований было защищено 4 диссертации (Даувальтер, 1994, 1999; Ильяшук, 2001; Денисов, 2005) и получены закономерности распределения элементов в ДО озер, в различной степени подверженных влиянию горнорудных, горно-обогачительных, горно-металлургических и энергетических предприятий, а также на урбанизированной и фоновой территории, и изменения структуры и состава диатомовых водорослей и хирономид в результате долговременной динамики природной среды и климата.

ЛИТЕРАТУРА

Даувальтер В.А. Закономерности распределения концентраций тяжелых металлов в донных отложениях в условиях загрязнения и закисления озер (на примере Кольского севера). Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Ин-т озеровед. РАН. Санкт-Петербург. 1994. 24 с.

Даувальтер В.А. Закономерности осадконакопления в водных объектах европейской субарктики (природоохранные аспекты проблемы) // Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. докт. геогр. наук. / Ин-т водн. пробл. Москва. 1999. 52 с.

Денисов Д.Б. Изменения комплексов диатомовых водорослей под влиянием природных и антропогенных факторов в озерно-речных системах Хибинского горного массива (Кольский полуостров). Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Ин-т озеровед. РАН. Санкт-Петербург. 2005. 27 с.

Ильяшук Е.А. Закономерности изменения структуры палеокомплексов хирономид (Diptera: Chironomidae) при долговременных изменениях природной среды и климата (на примере Кольского полуострова). Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. ЗИН РАН. Санкт-Петербург, 2001. 26 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ АЛЬГОЦЕНОЗОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

FRESHWATER ALGAECENOSES MODERN TRANSFORMATION IN MURMANSK REGION

Денисов Д. Б., Косова А. Л., Вокуева С. И.

Denisov D. B., Kosova A. L., Vokueva S. I.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: proffessuir@gmail.com*

Long-term comprehensive ecological research of freshwater algocenoses of more than 100 lakes, rivers and streams in Murmansk region (1992–2023) indicate a relatively high taxonomic diversity of algae and cyanoprokaryotes, which largely determines the general gene pool of the territory's inland waters. Stable trends in modern succession of algae communities have been identified in response to anthropogenic impact of the natural environment against the backdrop of climate warming in the Arctic.

Мурманская область является одним из наиболее индустриально развитых регионов, расположенных за полярным кругом, где зоны интенсивного природопользования носят очаговый характер, при котором, источники воздействия на природную среду сосредоточены на сравнительно малой территории. При такой организации многофакторная нагрузка на водные экосистемы зачастую соответствует экстремальной. Залогом успешного управления качеством водных ресурсов является разработки экологических принципов оценки качества поверхностных вод в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Пресноводные водоросли и цианобактерии выполняют важнейшие функции в арктических водных экосистемах. Зачастую, альгоценозы являются единственными поставщиками первичной продукции, определяющими функционирование всей трофической сети. Это обстоятельство делает их незаменимым инструментом в системе комплексного экологического мониторинга. Сообщества водорослей и цианобактерий отличаются оперативностью ответов и высокой чувствительностью к любым изменениям факторов среды, при этом реакция может фиксироваться по множеству показателей, включая таксономическое разнообразие, трофическую структуру, функциональные и количественные характеристики. В условиях арктической зоны представители альгофлоры могут быть единственным адекватным биоиндикатором качества среды для водных объектов, где применение других групп гидробионтов ограничено. Долговременные (1992–2023 гг.) исследования альгоценозов разнотипных водных объектов Мурманской области позволяет заключить, что значимые изменения, наблюдаемые на всех уровнях организации в арктических водных экосистемах, вызваны как многофакторной антропогенной нагрузкой, так и потеплением климата Арктики (Sharov, Denisov, 2021). Адекватная интерпретация регистрируемых событий осложняется отсутствием скоординированной сети комплексного регионального мониторинга арктических пресных вод. В то же время, компиляция и оценка данных о динамике биоразнообразия пресноводных альгоценозов и их количественных показателях в Мурманской области показала объективное увеличение трофического статуса вод и усиление экосистемной роли видов, характерных для более низких широт. Так, было

зафиксировано увеличение таксономического разнообразия и доли в составе сообществ фитопланктона для цианопрокариот, включая потенциально токсичные виды, способные вызывать «цветение» вод. Для Мурманской области индикаторным видом цианопрокариот является *Dolichospermum lemmermannii* (Richter) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, вызывающий эпизодическое локальное цветение вод и способный к продукции токсинов. В настоящее время присутствие этого вида отмечено в разнотипных водных объектах, в том числе и удаленных от промышленных и селитебных территорий. Последствиями потепления климата стало увеличение численности и видового богатства диатомей в горных водоемах Хибинского массива, как реакция на увеличение периода открытой воды. Было показано, что, несмотря на щелочные подстилающие породы, мелководные озера Хибин уязвимы к аэротехногенному закислению и загрязнению. Наиболее трансформированной являются альгоценозы водоемов урбанизированных территорий. Так, в некоторых озерах г. Мурманска диатомовые водоросли перестали быть доминирующей группой в сообществах фитопланктона, их место заняли зеленые водоросли и цианопрокариоты. Видовое богатство диатомей (выраженное числом таксонов внутриродового ранга) может использоваться в качестве индикатора загрязнения вод приоритетными загрязнителями Евро-Арктического региона — токсичными тяжелыми металлами Cu, Ni, Cd. Выявлено новое проявление массового развития диатомовых водорослей — *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Mart. Schmidt 1899 — «дидимо» в верховьях реки Умба. Это уже третья река, где было зафиксировано это явление; впервые для Мурманской области оно наблюдалось весной — в середине мая. Увеличение общей численности диатомовых водорослей, наблюдаемый во многих озерах арктической зоны, может быть отчасти обусловлен увеличением фотосинтетически активных потоков спектрального излучения в видимом и инфракрасном диапазонах (Kasatkina et al., 2023). Полученные результаты актуализируют необходимость продолжения исследований изменений альгоценозов региона для корректной интерпретации наблюдаемых изменений и прогнозирования возможных последствий, что предполагает не только надлежащий сезонный охват, но и анализ взаимодействия между факторами стресса, таксономическим разнообразием и структурой сообществ водорослей и цианопрокариот.

ЛИТЕРАТУРА

- Kasatkina E.A., Shumilov O.I., Denisov D.B., Makarov D.V.* Recent shift in diatom record from Lake Rabbvatnet: response to global warming or solar variability? // *Acta Botanica Brasilica*. 2023. V. 37. P. e20220269
- Sharov A., Denisov D.* Algae of lakes in the European North of Russia / lake water: properties and uses (case studies of hydrochemistry and hydrobiology of lakes in northwest Russia), Nova Science Publishers, Inc. 2021. P. 153-191. ISBN: 978-1-53619-275-9

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ ОСЕНЬЮ 2022 Г. MICROBIOLOGICAL STUDIES IN THE SOUTHWESTERN PART OF THE KARA SEA IN AUTUMN 2022

Дорошенко Ю. В., Бурдиян Н. В., Миронов О. А.
Doroshenko Yu. V., Burdiyan N. V., Mironov O. A.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь; e-mail: julia_doroshenko@mail.ru

In the present work, results of microbiological investigations of the southwestern part of the Kara Sea are given. Data obtained during the 89th expedition RV "Akademik Mstislav Keldysh" (September, 2022). The quantitative characteristic and distribution of bacteria transforming the main classes of organic compounds, including oil hydrocarbons (diesel fuel) in the surface of the water column was studied. It was established that in the surface waters the number of heterotrophic bacteria varied from 10^2 to 10^5 cel./mL, — lipolytic bacteria — from 1 to 1000 cel./mL. Hydrocarbon-oxidizing bacteria, diesel fuel degraders, were detected in 75% of samples. Thus, a series of microbiological studies carried out in September 2022 showed consistently low (1–10 cells/ml) numbers of the indicator group of bacteria, indicating the absence of fresh and chronic pollution of the water area with oil products. However, high numbers of heterotrophs and lipolytic bacteria may indicate the presence of easily accessible organic matter in the water area.

Карское море — пограничный бассейн между западной и восточной российской Арктикой. Бактериопланктон, являясь важным звеном биогеохимического цикла углерода, в процессе жизнедеятельности участвует в минерализации различных органических веществ, в том числе и антропогенного происхождения. В зависимости от абиотических факторов морской среды на разных участках и в разные сезоны распределение микроорганизмов может иметь свои особенности (Мошарова и др., 2017). Методы микробной индикации, являясь удобным инструментом в мониторинговых работах, позволяют оперативно охарактеризовать не только качество природных вод, но и биодеградационный потенциал акватории (Пашкова, 2017).

Цель работы: изучить особенности распределения гетеротрофных, углеводородокисляющих и липолитических бактерий в акватории юго-западной части Карского моря в осенний период.

Материалом для настоящего исследования послужили пробы морской воды, отобранные с поверхностного горизонта водной толщи в сентябре 2022 г. в 89 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш». Всего для микробиологического анализа отобрано 16 проб воды, из них 14 проб в юго-западной части Карского моря, 1 проба в проливе Карские ворота и 1 проба для сравнения в Баренцевом море. Определение численности гетеротрофных, липолитических и углеводородокисляющих групп бактерий проводили методом десятикратных разведений с использованием элективных питательных сред (Тихонова и др., 2023). Согласно полученным результатам, численность гетеротрофных бактерий определена на всех станциях и находилась в диапазоне от 10^2 до 10^5 бактериальных клеток в мл воды. Наименьшие показатели отмечены на двух станциях, а максимальные на трёх станциях в Карском море, причём две из них отобраны в прибрежной части моря, а также на станции в Баренцевом море. Углеводородокисляющие бактерии выделены из 88% проб морской воды. Максимальные показатели численности (10 кл./мл) этой группы бактерий определены только на двух станциях, расположенных в центральной части изучаемой акватории. При этом на одной станции в Карском море и в Баренцевом море углеводородокисляющие бактерии не обнаружены. На остальных станциях (в 75% проб) численность составила 1 кл./мл. Липолитическая группа бактерий выделена из всех проб. Максимальное значение 10^3 кл./мл зафиксировано на станции в прибрежной части моря и совпадает с максимумом по численности гетеротрофных бактерий. Минимальные показатели (1 кл./мл) соответствует станции в проливе Карские ворота, а также станции, где значение гетеротрофных бактерий было максимальным.

Таким образом, проведённая в сентябре 2022 г. серия микробиологических исследований показала стабильно низкие (1–10 кл./мл) показатели численности индикаторной группы бактерий, свидетельствующие об отсутствии свежего и хронического загрязнения акватории нефтепродуктами. Однако высокие значения численности гетеротрофов и липолитических бактерий может свидетельствовать о наличии в акватории легкодоступного органического вещества.

Работа выполнена в рамках темы гос. задания ФИЦ ИнБЮМ «Изучение биогеохимических закономерностей радиоэкологических и хемозоологических процессов в экосистемах водоемов Азово-Черноморского бассейна в сравнении с другими акваториями Мирового океана и отдельными водными экосистемами их водосборных бассейнов для обеспечения устойчивого развития на южных морях России» (№ гос. регистрации: FNNZ-2024-0026).

ЛИТЕРАТУРА

Мошарова И.В., Мошаров С.А., Ильинский В.В. Особенности распределения бактериопланктона в активным метаболизмом в водах желоба Святой Анны (Карское море) осенью 2011 г. // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 1. С. 128–136.

Пашкова Т.С. Микробиологическая индикация загрязнения вод природных источников города Ставрополя // *Биоразнообразие, биоресурсы, вопросы химии, биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона: матер. V (62-й) ежегодной науч.-практ. конф.* (Ставрополь, 03–21 апр. 2017 г.). 2017. С. 342–344.

Тихонова Е.А., Бурдиян Н.В., Дорошенко Ю.В., Бударова В.Ю. Микробиологические и гидрохимические исследования прибрежной акватории северо-восточной части Карского моря летом 2022 года // *Вестник Керченского государственного морского технологического университета*. 2023. № 3. С. 92–102. <https://doi.org/10.26296/2619-0605.2023.3.3.008>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ФОСФАТ-РЕЗИСТЕНТНЫХ АЛЬГО-БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ВОДОЕМОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. АПАТИТЫ
COMPARATIVE METAGENOMIC ANALYSIS OF PHOSPHATE-RESISTANT ALGAL-BACTERIAL COMMUNITIES OF RESERVOIRS SURROUNDING THE CITY OF APATITY

Зайцев П. А.¹, Зайцева А. А.¹, Шурыгин Б. М.¹, Родин В. А.²,
 Федоренко Т. А.¹, Лобакова Е. С.¹, Зверева М. Э.², Соловченко А. Е.¹
 Zaytsev P. A.¹, Zaytseva A. A.¹, Shurygin B. M.¹, Rodin V. A.²,
 Fedorenko T. A.¹, Lobakova E. S.¹, Zvereva M. I.², Solovchenko A. E.¹

¹Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва; e-mail: zaytsevp@my.msu.ru

²Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Phosphorus-polluted areas can be a source of algal-bacterial communities with a high tolerance to and potential for bioaccumulation of exogenous phosphate. Native communities from several sites near apatite-nepheline mine ANOF-2 were collected in 2018. Comparative metagenomics studies conducted using DNA-metabarcoding on Illumina platform and whole metagenome sequencing on Oxford Nanopore Technology platform revealed the presence of diverse oxygenic phototrophic microorganisms (Chlorophyta and Cyanophyceae). Some of them were isolated as unialgal cultures and confirmed to possess a high phosphate tolerance. The microbiomes of these isolates retained many bacterial species from the source native communities. Likely, the presence of these bacteria renders these isolates highly phosphate-resilient.

Изучение формирования альго-бактериальных сообществ в условиях повышенного содержания в среде поллютантов, таких как неорганический фосфат, является ключом к пониманию механизмов устойчивости водных экосистем. Подобные сообщества также могут служить источниками штаммов-биоаккумуляторов фосфора и (или) ассоциаций микроорганизмов с подобными свойствами — основы перспективных биоинженерных технологий для изъятия избытков биогенных элементов из муниципальных и промышленных стоков. Северные арктические регионы России богаты месторождениями апатитовых руд, разработка которых создаёт условия для формирования в окрестных водоёмах искомым альго-бактериальных сообществ. Анализ данных систем значительно упрощается в последнее время за счёт применения методов метагеномики.

В 2018 г. вблизи открытого апатит-нефелинового карьера и обогатительной фабрики (АНОФ-2) в окрестностях г. Апатиты (67°34'03"N, 33°23'36"E) собраны образцы сообществ микроорганизмов из постоянных водоемов (губа Белая о. Большая Имандра, затон озера, пруд вблизи АНОФ-2) и близлежащего временного водоема. Проведено секвенирование суммарной ДНК, выделенных из полученных образцов, по методу ДНК-метабаркодинга на платформе Illumina с последующим анализом данных в программе QIIME2. Для микробных сообществ губы Белая, затона и пруда проведено секвенирование полного метагенома на платформе Oxford Nanopore Technology с последующей сборкой метагеномных геномов и таксономической классификацией с использованием пайплайна BugSeq. Из этих же образцов выделяли альгологические монокультуры окислительных фототрофных микроорганизмов на селективной среде (BG-11 с повышенным до 200 мг/л содержанием фосфата). Их толерантность к повышенным концентрациям неорганического фосфора в среде оценивали по состоянию фотосинтетического аппарата методом РАМ-флуориметрии. Для выделенных культур микроводорослей и цианобактерий также проведен анализ метагенома методом ДНК-метабаркодинга и нанопорового секвенирования.

Все образцы, кроме образца из временного водоема, содержали чтения окислительных фототрофных микроорганизмов (представителей Chlorophyta и Bacillariophytina среди эукариотических микроводорослей, одноклеточных и трихомных цианобактерий) и гетеротрофных бактерий с доминированием филумов Proteobacteria, Firmicutes и Actinobacteria. Максимальное биоразнообразие бактерий установлено для сообществ постоянных водоемов (оз. Б. Имандра, пруд), минимальное — в сообществе временного водоема. Результаты таксономического анализа сообществ Б. Имандра и пруда на основе анализа полного метагенома преимущественно совпадали с данными ДНК-метабаркодинга, но выявили большее биоразнообразие. Причиной, очевидно, является более высокая разрешающая способность длинных чтений по сравнению с короткими чтениями платформы Illumina. Среди эукариотических организмов были обнаружены представители отдела Chlorophyta, преимущественно относящиеся к рр. *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Micractinium*, *Chlorococum* и *Bracteococcus*, а также представители класса Cyanophyceae из рр. *Nostoc*, *Anabaena*, *Leptolyngbya* и *Cyanobium*.

С помощью микробиологических методов получен ряд фосфат-резистентных культур микроводорослей и цианобактерий. Из образца сообщества губы Белая о. Б. Имандра — *Micractinium simplicissimum*, *Chlamydomonas sp.*, *Scenedesmus sp.*; из сообщества пруда вблизи хвостохранилища АНОФ-2 — *Micractinium sp.*, *Anabaena sp.* и *Leptolyngbya sp.* Метагеномный анализ микробиома полученных альгологических монокультур выявил в них представителей прокариот, присутствовавших в микробиоме исходных природных образцов, такие как рр. *Stenotrophomonas*, *Rhizobium*, *Devosia*, *Microbacterium*, *Rhodococcus* и *Brevundimonas*. Эти микроорганизмы известны своей способностью вступать во взаимовыгодные отношения с микроводорослями и цианобактериями, а также толерантностью к высокой концентрации экзогенного фосфата.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-44-00006.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА КОМАРИНОГО (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)
PRELIMINARY DATA OF DIATOM ANALYSIS OF BOTTOM SEDIMENTS
OF LAKE KOMARINOE (MURMANSK REGION)**

Косова А. Л., Денисов Д. Б.
Kosova A. L., Denisov D. B.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: annkosova1976@yandex.ru*

Preliminary data of diatom analysis study of bottom sediments of Lake Komarinoe are presented. It was reconstructed significant changes in the diatom taxa composition as a response on anthropogenic pollution and transformation of catchments area.

Горнодобывающая промышленность является одним из мощных факторов антропогенного преобразования окружающей среды, в том числе природных вод. В конце 2008 года АО «СЗФК» начало строительство объектов инфраструктуры горнодобывающего предприятия. В 2012 г. сдан в эксплуатацию карьер «Олений Ручей», завершено строительство первой очереди обогатительной фабрики и объектов инфраструктуры. С июня 2013 г. АО «СЗФК» начало отгружать апатитовый концентрат. Целью данной работы является анализ отклика диатомовой флоры в ответ на загрязнения поверхностных вод Хибинского щелочного массива в результате разработки апатит-нефелиновых месторождений на примере оз. Комариного. Озеро Комариное (водосбор р. Умба) расположено на юго-востоке Хибинского щелочного массива, в 8.9 км на северо-восток от пос. Коашва (Кашулин и др., 2012). Это небольшое (площадь 0.66 км²), по форме близкое к овальной, озеро ледникового происхождения, наибольшая длина которого – 1.53 км, наибольшая ширина — 0.65 км, высота над уровнем моря 174 м.

Результаты десятилетнего (2011-2020 гг.) гидрохимического мониторинга оз. Комариного (Даувадьтер и др., 2021) отражают значительные изменения химического состава воды: вода озера из нейтральной превратилась в щелочную, растет содержание основных ионов и изменилось их соотношение (главным образом анионов), увеличилась минерализация воды, значительно выросло содержание соединений биогенных элементов, в первую очередь азота, и некоторых микроэлементов (Sr, Cu, Mo, F).

Исследование диатомовых водорослей в донных отложениях позволяет получить данные о многолетних изменениях окружающей среды. Колонка донных отложений оз. Комариного мощностью 23 см была отобрана в октябре 2021 г. Методом диатомового анализа изучено 12 образцов через 1 см. Определен видовой состав и экологическая структура диатомовых комплексов, определены доминирующие виды, выполнены расчеты концентрации диатомовых створок и потерь при прокаливании. Выявленные изменения состава диатомовых комплексов указывают на трансформацию экосистемы оз. Комариного в результате разработки апатит-нефелинового месторождения Олений ручей.

Работа выполнена в рамках тем НИР №№ FMEZ-2022-0008, FMEZ-2024-0014.

ЛИТЕРАТУРА

Даувальтер М.В., Даувальтер В.А., Денисов Д.Б., Слуковский З.И. Загрязнение горного озера апатит-нефелинового производства // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2021. № 18. С. 150-154. <https://doi.org/10.31241/FNS.2021.18.027>

Кашулин Н.А., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П., Терентьев П.М., Денисов Д.Б., Вандыш О.И., Валькова С.А. Аннотированные экологический каталог озер Мурманской области (Восточная часть. Бассейн Белого моря). В 2 ч. Апатиты. Изд-во: КНЦ РАН. 2012. Ч. 1. 221 с.

МИГРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ РУЧЬЕВ И ВОДОЕМОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЯКУТИИ

MIGRATION ABILITY OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF TECHNOGENIC STREAMS AND RESERVOIRS OF THE ARCTIC ZONE OF YAKUTIA

Ксенофонтова М. И.

Ksenofontova M. I.

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера им. проф. Д.Д. Саввинова, СВФУ им. М.К. Аммосова, Якутск; e-mail: ksemaria@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of studies of mobile forms of heavy metals in bottom sediments of technogenic streams and reservoirs located in the zone of influence of objects of accumulated environmental damage of tin ore deposits in the Arctic zone of Yakutia. In reservoirs and watercourses outside the impact zone, the average nature of deposition is established for Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Cr, and in technogenic reservoirs, on the contrary, an intense desorption process is observed for Fe, Co, Mn, Cu, Ni and Zn. In the river basin Irgicheen for background areas of the stream. Oyuun Unguohaah an intensive process of precipitation is characteristic of Mn and Fe, while desorption process is taking place for Zn. For the tailings basin, Co and Cr are characterized by an average deposition pattern, for other elements, an intensive desorption process is underway. For “ore” streams of Cd, Mn, Cu, Ni, Pb and Zn, an intensive desorption process has been established. A distinctive feature of the two studied areas Batagai and Deputatsky is that in the river basin Yana Pb in all studied water bodies has an average deposition pattern, and in the river basin Irgicheen on the contrary, an intensive desorption process is underway.

В работе приведены результаты исследований подвижных форм микроэлементного состава донных отложений техногенных ручьев и водоемов, проведенных с 2020 по 2023 гг. в зоне влияния объектов накопленного экологического ущерба оловорудных месторождений в арктической зоне Якутии (п. Батагай и п. Депутатский РС (Я)). Экстракция проведена ацетатно-аммонийным буфером при pH = 4,8, которая дает максимальное количество извлекаемых из донных отложений компонентов (Смирнова, 2012). По результатам исследования для водных объектов, находящихся под влиянием объектов накопленного экологического ущерба в бассейне р. Яна характерна Zn-Cd-Co-Mn-Ni ассоциация тяжелых металлов, а для бассейна р. Иргичээн установлена ассоциация Mn-Cu-Zn-Cd-Pb. Изменение pH среды в сторону кислотности определяет повышение концентрации большинства тяжелых металлов, что обусловлено, абсорбцией и десорбцией элементов в системе вода-донные отложения при различных значениях pH среды. Для выявления данных процессов рассмотрена миграционная способность элементов в системе «вода-донные отложения» с использованием коэффициента распределения $LgK_{распр}$. Чем больше значение коэффициента распределения, тем интенсивнее протекает процесс миграции металла из воды в донные отложения за счет осаждения, сорбции и хемосорбции металла донными отложениями (Закруткин, 2020). На фоновых участках бассейна р. Яна по Mn наблюдается интенсивный процесс осаждения. Средний характер осаждения в р. Яна под г. Верхоянск характерен по Fe, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn, а в оз. Окунево — Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Cr. В оз. Окунево по Fe и Zn отмечается обратный процесс — десорбция из донных отложений в воду. Для р. Яна на участке около гидропоста интенсивный процесс осаждения характерен по Mn, Zn, по Fe отмечается десорбция, по остальным микроэлементам установлен средний характер осаждения. В протоке Поселковая и в старице Ньякка Айаана по Mn наоборот отмечается десорбция. По остальным микроэлементам зафиксирован средний характер осаждения. В оз. Кюютээн по Fe, Cd, Co, Mn, Cu, Ni, Zn наблюдается десорбция, по Pb и Cr — средний характер осаждения. В оз. Безымянный 2 по Cd, Co, Mn, Ni, Zn характерен

процесс десорбции, по Fe, Cu, Pb и Cr установлен средний характер осаждения. Наиболее интенсивные процессы десорбции по Fe, Co, Mn, Cu, Ni, Cr, Zn отмечаются в техногенных водоемах западной стороны лежалых хвостов. По Cd и Pb установлен средний характер осаждения. Таким образом, в водоемах и водотоках вне зоны воздействия по Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Cr установлен средний характер осаждения, а по Mn идет интенсивный процесс осаждения, по Fe и Zn наблюдается процесс десорбции. А в техногенных водоемах, наоборот по Fe, Co, Mn, Cu, Ni и Zn отмечается интенсивный процесс десорбции, а по Cd, Cr и Pb — средний характер. Для техногенного ручья по Cd и Pb идет средний характер осаждения, по остальным — интенсивный процесс десорбции. В бассейне р. Иргичээн для фоновых участков руч. Ойуун Унгуохтаах интенсивный процесс осаждения характерен по Mn и Fe, а по Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Cr наблюдается средний характер осаждения, по Zn идет процесс десорбции. Для чаши хвостохранилища по Co и Cr отмечается средний характер осаждения, по остальным элементам идет интенсивный процесс десорбции. Для «рудных» ручьев Ойуун Унгуохтаах. Депутатская, а также руч. Безыманный по Co и Cr идет средний характер осаждения, по Cd, Mn, Cu, Ni, Pb и Zn установлен интенсивный процесс десорбции. В р. Иргичээн два исследованных участка отличаются сильно, так на участке впадения руч. Поисковый только по Zn наблюдается процесс десорбции, а по остальным элементам выявлен средний характер осаждения. На участке ниже впадения руч. Ойуун Унгуохтаах отмечаются обратные процессы: по Co и Cr — средний характер осаждения, а по остальным элементам идет интенсивный процесс десорбции. Отличительной особенностью двух исследованных участков «Батагай» и «Депутатский» является, что в бассейне р. Яна Pb во всех исследованных водных объектах имеет средний характер осаждения, а в бассейне р. Иргичээн наоборот идет интенсивный процесс десорбции, также в данном участке во всех исследованных точках по Cr и Co установлен средний характер осаждения.

ЛИТЕРАТУРА

Закруткин В.Е., Гибков Е.В., Решетняк О.С., Решетняк В.Н. Донные отложения как индикатор первичного и источник вторичного загрязнения речных вод углепромышленных территорий Восточного Донбасса // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 2. С. 259–271.

Смирнова Т.П., Шайдулина Г.Ф., Сафарова В.И., Михеева Т.Н. Исследование распределения тяжелых металлов в системе донные отложения — вода в лабораторном эксперименте // Георесурсы. 2012. № 8(50). С. 57–60.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЕЛАГИЧЕСКИХ И ДОННЫХ БИОЦЕНОЗОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ MODERN TRENDS IN VARIABILITY AMONG PELAGIC AND BOTTOM BIOLOGIC COMMUNITIES IN THE BARENTS SEA

Макаревич П. Р.
Makarevich P. R.

Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск; e-mail: makarevich@mmbi.info

This publication addresses the reactions of communities of phytoplankton, zooplankton, benthos, and marine fish, as well as the whole Barents Sea ecosystem, on modern trends in climate change which have been studied at MMBI RAS during the last decades. The facts of sporadic introduction of alien flora and fauna, qualitative and quantitative changes in different zoogeographic groups of zooplankton and benthos, changes in the distribution and migration of fish, changes in the population structure of Barents Sea communities may be considered as effects of climatic fluctuations on biota.

Основными причинами изменений, происходящих в настоящее время в экосистемах морей Арктики, называются глобальные и региональные климатические колебания и факторы антропогенного воздействия.

Исследования, проведенные ММБИ РАН в последние десятилетия дали возможность выявить влияние природных факторов на внутригодовую, межгодовую и многолетнюю изменчивость сообществ экосистемы Баренцева моря.

Влияние климата, и прежде всего температурных колебаний, играет одну из решающих ролей в формировании таксономического разнообразия и структуры сообществ экосистемы Баренцева моря. Однако в различных экологических группах это влияние проявляется по-разному, и механизмы его воздействия напрямую связаны с адаптационными возможностями и образом жизни, составляющих их организмов.

Океанические течения и повышение температуры воды напрямую способствуют освоению чужеродными видами новых для них акваторий. Но только небольшая часть видов может адаптироваться в новых условиях окружающей среды. В наибольшей мере усиление притока атлантических водных масс в Баренцево море отражается на структуре аборигенных пелагических альгоценозов, вызывая изменения их таксономического состава вследствие проникновения в баренцевоморские воды микроводорослей тропического и тропическо-бореального происхождения.

Распределение и структурные характеристики сообществ зоопланктона определяются двумя основными факторами: влиянием температуры на скорость размножения (для аборигенных видов) и адвекцией атлантических вод (для видов, образующих в Баренцевом море зависимые популяции). Кроме того, в прибрежных районах и особенно в эстуарных зонах серьезную роль играют региональные гидрометеорологические изменения и характер речного стока.

Реакция бентосных сообществ на изменения гидрологического режима вод связана, как с изменением биомассы макрозообентоса, так и с изменением ареала распространения отдельных таксонов. В холодные периоды биомасса макрозообентоса достоверно меньше, чем в теплые, а ареалы сообществ изменились за счет их расширения из южных районов Баренцева моря на север — за пределы северной границы распространения бореальных видов в 1968–1970 гг. В донных сообществах, из-за особенностей биологии составляющих их организмов, ответ на климатические колебания оказывается замедленным и может составлять у ряда видов-доминантов от 3 до 7 лет. При этом следует отметить, что по целому ряду причин именно изменения в структуре, биомассе и видовом составе донных биоценозов могут считаться наиболее достоверными свидетельствами влияния климатических флуктуаций на экосистему.

Сезонные миграции рыб также зависят от климатических колебаний. В отличие от зоопланктона, популяции морских рыб активно реагируют на климатические колебания изменениями ареалов и путей миграций. При этом, естественно, в холодные периоды преимущество получают виды арктического происхождения, а в периоды потепления их вытесняет бореальная ихтиофауна. В особо теплые периоды в пелагиали могут фиксироваться южно-бореальные виды, нехарактерные для баренцевоморского региона.

Таким образом, в настоящее время, в биологической структуре экосистемы Баренцева моря в условиях изменения факторов среды наблюдаются процессы, связанные с изменениями биопродуктивности отдельных звеньев экосистемы, миграционных путей и ареалов отдельных видов (таксонов), эпизодическими проникновениями представителей чужеродной флоры и фауны и изменениями популяционных характеристик некоторых видов.

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ПОДЛЕДНОГО ФИТОПЛАНКТОНА
ОЗЕРА ВОЖЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)
FUNCTIONAL GROUPS OF THE UNDER-ICE PHYTOPLANKTON
IN LAKE VOZHE (VOLOGDA REGION)**

Макарёнова Н. Н.
Makarenkova N. N.

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Вологодский филиал, Вологда; e-mail: mackarenkova@yandex.ru*

The features of phytoplankton in large shallow lake Vozhe in the under-ice period 2017–2023 were determined by diatoms, green algae and cyanobacteria. According to the level of phytoplankton biomass in March ($0.4 \pm 0.19 \text{ g/m}^3$), the reservoir is oligotrophic. An analysis of the community based on the Reynolds functional classification revealed the presence of 15 functional groups out of 40 known ones. Functional groups MP, J, B, X2, and Y prevailed in the under-

ice phytoplankton. They were distinguished by the number of species and/or their biomass. The predominant functional groups of phytoplankton reflect their fitness to inhabit a shallow reservoir in low-light conditions and low grazing pressure.

Функциональный подход в исследованиях фитопланктона позволяет достаточно успешно выявлять закономерности между внутриэкосистемными процессами и составом фитопланктона (Hardikar et al., 2024). Функциональные признаки — это морфологические, физиологические и поведенческие характеристики, которые управляют выживанием, приспособленностью, ростом и размножением организмов (Reynolds et al., 2002). Функциональные группы объединяют таксоны с определенными требованиями к комбинациям физических, химических и биологических свойств среды. Классификация функциональных групп Рейнольдса является информативным и широко используемым методом в экологических исследованиях пресноводного фитопланктона.

Период ледостава, один из важных сезонов в вегетации фитопланктона в водоемах, сравнительно мало изучен. При этом подо льдом водоросли не только продолжают расти, но и могут достигать пика в сезонной динамике численности и биомассы.

Оз. Воже (418 км²), принадлежащее к бассейну р. Онеги, является крупным рыбохозяйственным водоемом на территории Вологодской области. Озеро мелководно, характеризуется значительными внутригодовыми и межгодовыми колебаниями уровня воды, имеет изрезанную береговую линию и заболоченные берега, интенсивно зарастает.

Анализ функциональной структуры подледного фитопланктона осуществлен с использованием материала мониторинговых исследований оз. Воже в марте 2017–2023 гг. на трех станциях. В работе использована функциональная классификация Рейнольдса (Reynolds et al., 2002), дополненная другими авторами (Padisák et al., 2009).

В подледный период в фитопланктоне оз. Воже по числу встреченных видов и внутривидовых таксонов выделялись диатомовые, зеленые водоросли и цианобактерии. В небольшом количестве также встречались криптофитовые, динофитовые, эвгленовые и желтозеленые. Зарегистрированные виды были отнесены к В, С, D, N, P, T, S1, X2, Y, F, J, K, Lo, W1, MP функциональным группам. Наибольшее количество таксонов принадлежало к J и MP (по 15% видового списка). Группа J объединяет чувствительных к уровню освещенности обитателей мелководных интенсивно перемешиваемых богатых питательными веществами водоемов. К ним относятся виды хлорококковых зеленых, в том числе из родов *Pediastrum* Meyen, *Scenedesmus* Meyen, *Tetraëdron* Kütz. MP-организмы живут в мелководных водоемах с высокой мутностью неорганического происхождения. Из них были зарегистрированы виды родов *Cymatopleura* W.Sm., *Fragilaria* Lyngb., *Navicula* Bory, *Surirella* Turp.

По величине биомассы фитопланктона (0.4 ± 0.19 г/м³) оз. Воже в подледный период характеризовалось олиготрофными условиями. В среднем основная биомасса обеспечивалась видами из группы В (28%), в частности, *Aulacoseira islandica* (O.Müll.) Sim. Под кодом В объединены организмы, которые хорошо переносят дефицит освещения, чувствительны к повышению рН и стратификации. Они встречаются в мелководных мезотрофных озерах разного размера. По биомассе также выделялись X2-таксоны (16%). К ним в сообществе относились криптофитовые водоросли, характеризующиеся высокой пищевой ценностью для фильтраторов. MP-индикаторы составляли в среднем 14% биомассы, Y-индикаторы — 11%, доли остальных групп в общей биомассе не превышали 8%. Таксоны, относящиеся к группе Y (крупные криптомонады и мелкие динофлагелляты) обитают в широком спектре местообитаний при низком трофическом давлении зоопланктона.

По количеству видов, их биомассе в подледном фитопланктоне выделяются функциональные группы MP, J, В, X2, Y. Преобладающие функциональные группы фитопланктона в подледный период отражают приспособленность к обитанию в мелководном водоеме в условиях низкой освещенности и слабого выедания консументами.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 076-00004-23-00.

ЛИТЕРАТУРА

Hardikar R., Haridevi C.K., Deshbhratar S. Trait-based classification and environmental drivers of phytoplankton functional structure from anthropogenically altered tropical creek, Thane Creek India // *Marine Pollution Bulletin*. 2024. Vol. 198. P. 1–17.

Padisák J., Crossetti L. O., Naselli-Flores L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates // *Hydrobiologia*. 2009. Vol. 621. P. 1–19.

Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // *Journal of plankton research*. 2002. Vol. 24, № 5. P. 417–428.

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОДНОЕ
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ SI ИЗ НЕФЕЛИНОВОГО ПЕСКА**
**THE INFLUENCE OF PHYSICO-CHEMICAL FACTORS ON THE AQUEOUS
LEACHING OF SI FROM NEPHELINE SAND**

Мальшева М. Б., Елизарова И. Р.

Malysheva M. B., Elizarova I. R.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: m.malysheva@ksc.ru*

The influence of temperature, time and pH changes on the process of silicon leaching with natural water from the nepheline sands of the Apatit tailing dump has been studied. The greatest influence of acidity on the process of silicon transition to the liquid phase has been established.

Комплексная разработка новых подходов в изучении динамики изменений диатомовых комплексов с использованием современных спектральных методов с индуктивно-связанной плазмой и корреляционного анализа между концентрацией диатомовых водорослей и диоксида кремния в донных отложениях привела к задаче: изучить процесс выщелачивания кремния природной водой из отходов промышленного производства, то есть из антропогенного источника кремния.

В качестве модели были выбраны: вода оз. Имандра и нефелиновый песок хвостохранилища АО «Апатит». Точка отбора исходной воды находилась в зоне Экостровской Имандры. На гидросистему водоема влияет вынос взвеси нефелинового песка сточными водами с хвостохранилища апатит-нефелинового производства.

Минеральный состав нефелиновых песков в точке отбора по данным РФА (Дифрактометр Rigaku SmartLab Miniflex II (Япония), ЦКП ФИЦ КНЦ РАН, Глазунова М.Ю.) представлен преимущественно алюмосиликатами и силикатами. Минеральная основа песков — нефелин. Нефелин (59.02%) классической формулы $\text{Na}_3\text{K}(\text{A}_{14}\text{Si}_4\text{O}_{16})$ представляет собой бедный кремнеземом алюмосиликат. Эгирин (7.69%) представлен включениями в нефелин, силикат, слабо растворяется в кислотах. Натролит (7.61 %) представляет собой алюмосиликат из группы цеолитов $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$, растворяется в соляной кислоте с выделением кремнезема.

Растворимость нефелина в воде составляет 0.10–0.11 г/л (0.010–0.011%) для кремнезема из нефелина и 0.12–0.13 г/л (0.012–0.013%) для реактивной кремнекислоты (Матвеев В.А. и др., 2017).

Наибольшую растворимость минеральных фаз нефелинового песка имеют нефелин и натролит. При этом натролит образуется при взаимодействии нефелина с водой:



и тоже имеет достаточно высокую растворимость в воде (Mikhailova et al., 2023). Нами разработана методика пробоподготовки твердых минеральных проб с микроволновым разложением в смеси фторводородной и азотной кислот для полного извлечения кремния в раствор.

Определение концентрации кремния в нефелиновом песке проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (Optima 2100 DV, Perkin Elmer, США). Исследовано выщелачивание кремния в различных кислотных и температурных режимах при соотношении твердой и жидкой фазы 200мг/15 мл без перемешивания, варьировалась длительность процесса выщелачивания.

Повышение температуры приводило к закономерному увеличению скорости реакции взаимодействия нефелина с природной водой и переходу кремния в жидкую фазу. В результате от начального содержания 0.42 мг/л концентрация кремния в воде увеличивалась при изменении температурного режима в диапазоне 4–20 градусов в 2 раза в течение 24 часов, а при 140 градусах — в 60 раз. Далее реакция при всех температурах начинала тормозиться и со вторых суток от начала взаимодействия концентрация кремния в воде при 4 градусах стабилизировалась на концентрации 2.5 мг/л, а при других температурах росла незначительно.

В результате химического взаимодействия нефелина с подкисленной водой (рН = 3), происходило изменение рН, обусловленное протеканием реакции (1), что приводило к самой высокой скорости выщелачивания кремния и стабилизации его концентрации через 5 часов от начала реакции на уровне 9.17 мг/л.

Вода с нейтральным рН тоже подщелачивалась, поэтому характер процесса выщелачивания иллюстрировался зависимостью, схожей с аналогичной в щелочной среде, но скорость реакции образования растворенного кремния в щелочной среде в 2–3 раза выше, чем в нейтральной (природной) и меньше в 2–3 раза, чем в кислой.

Полученные результаты подтверждают возможность увеличения содержания растворенного кремния в природной воде за счет выщелачивания из минеральных фаз нефелиновых песков. При этом на скорость процесса максимальное влияние из исследуемых физико-химических факторов оказывал сдвиг рН природной воды в кислую область. Следовательно, для обогащения вод Экостровской Имандры растворимым кремнием критичным является выпадение кислых атмосферных осадков и других явлений, влияющих на рН.

ЛИТЕРАТУРА

Матвеев В.А., Майоров Д.В., Веляев Ю.О., Захаров В.И. Сернокислотные способы комплексной переработки нефелинсодержащего сырья. Апатиты, КНЦ РАН. 2017. 155 с.

Mikhailova J.A., Pakhomovsky Y.A., Lyalina L.M., Selivanova E.A. Alteration of Feldspathoids Changes PH of Late-Magmatic Fluids: A Case Study from the Lovozero Peralkaline Massif, Russia. Minerals. 2023. № 13. P. 39.

МЕТАН В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА METHANE IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF ONEGO LAKE

Морозова И. В., Белкина Н. А.
Morozova I. V., Belkina N. A.

Институт водных проблем Севера – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».
Петрозаводск; e-mail.: irinamorozova1502@gmail.com; bel110863@mail.ru

The results of a study of the distribution of methane in the bottom sediments of Onego Lake, obtained in 2017, 2020–2022, are presented. The ranges of methane concentrations in bottom sediments have been determined. The features of methane storage profiles in bottom sediment columns are shown. A characterization of gas flow from bottom sediments into water was carried out. The heterogeneity of the ecosystem of Onego Lake was revealed in connection with methanogenesis, due to the complexity of the processes of accumulation of sedimentary matter at different stages of the history of the lake.

В настоящее время данных о содержании и потоках метана из озерных донных отложений в воду недостаточно для того, чтобы оценить их вклад в общую эмиссию парниковых газов из континентальных водоемов в атмосферу. Целью исследования являлось изучение пространственного распределения метана в донных отложениях (ДО) Онежского озера и оценка его эмиссии из ДО. Онежское озеро относится к бассейну Балтийского моря, координаты центра: 62°42' с.ш. 35°25' в.д. Площадь зеркала 9720 км², глубина средняя 30 м, наибольшая — 120 м. Экспедиционные работы проводились на НИС «Эколог» в августе-сентябре 2017, 2020–2022 гг. на девяти станциях, расположенных в Повенецком и Заонежском заливах, Кондопожской и Петрозаводской губах, в районах Большое и Центральное Онего. Концентрацию метана в пробах придонной воды и ДО определяли парофазным

газохроматографическим методом. Эмиссию метана рассчитывали по модели, учитывающей и диффузионный и конвективный перенос газа (Гарькуша и др., 2016). Потенциометрическим методом в ДО измеряли рН и Eh. Методом Тюрина определяли содержание органического углерода ($C_{орг}$), методом Винклера — потребление кислорода илом (ПК). Изученные ДО представляли собой минеральные иловые осадки преимущественно серого цвета с коричневым поверхностным слоем разной мощности. Концентрация $C_{орг}$ в них не превышала 5 %, рН был близок к 7, Eh изменялся от -10 до 485 мВ, значение ПК колебалось от 0.01 до 2 мгО₂/л. Наиболее высокие значения содержания метана в ДО Онежского озера были обнаружены в Кондопожской (94 мг/л влажного осадка в 500 м от выпуска сточных вод ЦБК) и Петрозаводской (134 мг/л в районе покмарков) губах. Относительно высокие концентрации метана, выявлены в устье р. Суна в Кондопожской губе (1.2 мг/л), мелководном Заонежском заливе (29 мг/л) и в районе Большое Онего (30 мг/л), где в донных отложениях присутствует переотложенное шунгитовое вещество (содержащее смесь разных углеродных аллотропов, кристаллические решетки которых соединены аморфным углеродом). Изучение содержания метана в колонках донных отложений показало немонотонный характер распределения. Максимум концентрации газа фиксировали на разной глубине опробованных илов. Отличия наблюдали не только по районам озера, но и по станциям в отдельном районе. Так, в Петрозаводской губе в ДО, залегающих в зоне покмарков, пик содержания метана выявлен на глубине 22–23 см, а на станции вне этой зоны — на глубине 28–29 см. Расчет потоков метана из ДО в воду в Онежском озере показал широкий разброс значений (от 0,01 до 3384 мг/(м²·сут)). Кроме этого, наблюдалась большая изменчивость величины эмиссии газа по годам. Например, в Кондопожской губе, где концентрации метана в ДО и соответственно поток были максимальными, эмиссия в 2020 г. составила 3384 мг/м²·сут, а в 2021 г. — 1155 мг/м²·сут. Наименьшие значения эмиссии газа наблюдали в илах глубоководной части Повенецкого залива и Центрального района. По результатам наблюдений можно сделать вывод о том, что в Онежском озере неоднородность распределения метана в ДО, различная интенсивность поступления газа в воду и изменчивость процессов накопления и эмиссии метана определяется сочетанием зональных (климат) и азональных (геологическая неоднородность земной коры и морфология озерной котловины; неравномерное распределение речного стока и антропогенной нагрузки) факторов. Уникальные сочетания факторов, влияющих на осадочные процессы в разных зонах водоема и настоящее время и в глубоком прошлом, определяют гетерогенность экосистемы Онежского озера по отношению к метаногенезу в ДО.

Работа выполнена за счет средств ВИП ГЗ/24-10.2 на выполнение научно-исследовательских работ в рамках Соглашения № 169-15-2023-004 от 01.03.2023 г.

ЛИТЕРАТУРА

Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А., Тамбиева Н.С. Расчет элементов баланса метана в водных экосистемах Азовского моря и мирового океана на основе эмпирических формул // Метеорология и гидрология. 2016. № 6. С. 48–58.

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УНИЦКОЙ ГУБЫ (ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО) НА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАНА RELATIONSHIP OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS IN UNITSKAYA BAY (ONEGO LAKE) AND METHANE DISTRIBUTION

Мясникова Н. А., Морозова И. В., Белкина Н. А.
Myasnikova N. A., Morozova I. V., Belkina N. A.

*Институт водных проблем Севера — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Петрозаводск;
e-mail.: nadezda_myasnikova@mail.ru; irinamorozova1502@gmail.com; bel110863@mail.ru*

The results of the distribution of methane concentrations in Unitskaya Bay of Onego Lake, obtained in 2021, are analyzed. The relationship between the particle size distribution of bottom sediments and methane content is traced. Maximum gas concentrations tend to occur in finer sediments.

Метан является одним из основных восстановленных газов водных экосистем, образующимся, главным образом, вследствие протекания в донных отложениях сложных метаболических процессов разложения органического вещества. Актуальность изучения сопряженного распределения этого газа обусловлена не только с точки зрения его непосредственного влияния на экологическое состояние водных экосистем, но и тем, что метан является также одним из наиболее значимых парниковых газов. В Уницкой губе (Онежское озеро) было отобрано 13 проб с глубины 2–227 см для проведения гранулометрического анализа и 14 проб для определения метана. Классификация фракций донных отложений по размерам частиц выполнена по (ГОСТ 25100 — 2011). Отбор проб и последующее определение метана проведены согласно (РД 52.24.511–2013). Анализ газа выполнен на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1», Хроматэк, Йошкар-Ола, Россия. В зависимости от глубины отбора проб, доли различных гранулометрических фракций в донных отложениях различаются. Вклад песчаной фракции (0.05–2.0 мм) незначительный, изменяется от 0.2 до 5% (в среднем 1.4% на глубине 2–84 см, в интервале 94–227 см эта фракция отсутствует), алевритовой фракции (0.002–0.05 мм) — от 64 до 73% (в среднем 74%); глинистой фракции (<0.002 мм) — от 19 до 36 % (в среднем 26%). Концентрация метана в донных отложениях Уницкой губы варьирует от 0.2 до 10.3 мг/л влажного осадка (в среднем 4.1 мг/л). Максимальные концентрации метана в донных отложениях выявлены в верхних 24–160 см донных отложений, также высокая концентрация газа была на глубине 221 см. Наблюдается зависимость между распределением концентраций метана и гранулометрическим составом донных отложений, что в целом характерно и для других водных объектов (Федоров, Тамбиева, 2000; Гарькуша, Федоров, 2010; 2014). С увеличением доли более тонкозернистых фракций (алевритовой и глинистой размерности) концентрация метана возрастает.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось за счет средств ВИП ГЗ/24-10.2 на выполнение научно-исследовательских работ в рамках Соглашения № 169-15-2023-004 от 01.03.2023 г.

ЛИТЕРАТУРА

Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А. Метан в воде и донных отложениях устьевой области Северной Двины в зимний период // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 2. С. 178–188.

Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А. Метан в устьевой области реки Дон. Ростов-на-Дону; М.: Ростиздат, 2010. 181 с.

ГОСТ 25100 — 2011 Грунты. Классификация. М., 2018. 38 с.

Фёдоров Ю.А., Тамбиева Н.С., Гарькуша Д.Н. Метан как показатель экологического состояния пресноводных водоемов (на примере озер Валдай и Ужин) // *Метеорология и гидрология*. 2004. № 6. С. 88–96.

РД 52.24.511-2013. Массовая доля метана в донных отложениях. Методика измерений газохроматографическим методом с использованием анализа равновесного пара. Ростов-на-Дону: Гидрохим. ин-т. 2013. 19 с.

Федоров Ю.А., Тамбиева Н.С. Образование и распределение метана в воде и донных отложениях, загрязненных стоками целлюлозно-бумажного производства (на примере Ладожского озера) // *Метеорология и гидрология*. 2000. № 7. С. 49–61.

ФЛОРА КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ВОДОЁМОВ ЮГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ FLORA OF MUNICIPAL RESERVOIRS OF THE SOUTH OF THE KOMI REPUBLIC

Панюков А. А., Тетерюк Б. Ю.
Panyukov A. A., Teteryuk B. Yu.

Институт биологии Коми НЦ Уральского отделения РАН, Сыктывкар; e-mail: panyukov.a.a@ib.komisc.ru

The flora of municipal reservoirs (MR) in the south of the Komi Republic was examined. The reservoirs were grouped into 2 groups: rural kopani and urban reservoirs. 217 macrophyte species belonging to 130 genera and 55 families have been identified in the combined flora of the MR. 127 species have been recorded in rural digs, and 183 species in urban reservoirs. The similarity coefficient for Jacquard is 0.43%. The Asteraceae and Poaceae families are represented

by a large number of species, Poaceae, Cyperaceae and Potamogetonaceae are the leaders in the natural reservoirs of the region. The Asteraceae family includes a large number of alien species for the flora of the region, this fact indicates a deep anthropogenic transformation of the flora of reservoirs. There are serious changes in the generic spectrum: a decrease in the number of species of the genus *Potamogeton*, with a simultaneous increase in the genera *Cirsium*, *Bidens* and *Typha*. The analysis of the taxonomic structure of the flora of municipal reservoirs has shown serious changes in composition and structure, but still reveals some similarities with the flora of natural reservoirs. In the ecological structure, the types of «coastal» habitats are the leaders in terms of moisture (77%), which differs significantly from the hydroecological structure of natural reservoirs. Boreal species are the leaders in the geographical structure. At the same time, not a small part of the flora is occupied by species with a wide range of distribution, which is traditionally noted in the flora of reservoirs and in the flora of anthropogenic reservoirs in particular.

Изученные объекты находятся на Мезенско-Вычегодской равнине, в подзоне средней и южной тайги. В территориально-административном отношении обследованные водоёмы располагаются в Прилузском, Койгородском, Сысольском, Сыктывдинском, Корткеросском, Усть-Куломском районах Республики Коми и в окрестностях города Сыктывкар. Климат умеренно-континентальный.

Обследованные коммунально-бытовые водоёмы (КБВ) были объединены в 2 группы: 1. Деревенские копани — 12 водоёмов; 2. Коммунально-бытовые водоёмы в окрестностях города Сыктывкар (включая копани садовых товариществ и водоёмы кладбищ) — 29 водоёмов. Всего 41 водоём.

Флора КБВ объединяет 217 видов макрофитов, относящихся к 130 родам и 55 семействам. Видовой состав основан на 156 полных геоботанических описаниях и документирован гербарными сборами, которые хранятся в УНУ «Научный гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO)». Для обработки флористических данных использована интегрированная ботаническая информационная система IBIS 7.2. (Зверев, 2007).

Цветковые растения в её составе представлены 195 видами, голосеменные — 2 видами (*Picea abies* L., *Pinus sylvestris* L.), а криптогамные макрофиты — 20: из них сосудистых споровых — 7 (*Equisetum arvense* L., *E. fluviatile* L. и др.), мохообразных — 13 (*Philonotis Fontana* (Hedw.) Brid., *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst. и др.). Деревенские копани объединяют 127 видов, городские водоёмы — 183 вида. Общими для флор деревенских и городских коммунально-бытовых водоёмов стали 55 видов, коэффициент сходства по Жаккару 0.43%.

В городских водоёмах ведущие позиции по числу видов занимают семейства Asteraceae, Poaceae и Rosaceae, в деревенских копанях Poaceae, Cyperaceae и Asteraceae. В естественных водоёмах региона лидируют Poaceae, Cyperaceae и Potamogetonaceae (Тетерюк, 2012). Нахождение семейства Asteraceae (более чем на 1/3 состоящую из чужеродных для флоры региона видов) в числе лидирующих, свидетельствует о процессах антропогенной трансформации флоры коммунально-бытовых водоёмов.

Списки ведущих родов возглавляют *Carex* и *Salix*, что в целом сопоставимо с флорами естественных водоёмов региона. Однако в коммунально-бытовых водоёмах отмечено одновременное снижение участия представителей рода *Potamogeton* и увеличение *Cirsium*, *Bidens* и *Typha*, которые являются чужеродными и сорными для флоры региона.

Таксономическая структура флор изученных водоёмов, хоть и претерпела изменения, но всё же сохраняет черты сходства с флорой водоёмов региона в целом.

В составе изученной флоры был отмечен *Potamogeton trichoides* Cham. & Schldl. (статус охраны 4), занесённый в Красную книгу Республики Коми (Красная ..., 2019).

В экологической структуре флоры КБВ по фактору увлажнения в объединённой флоре изученных водоёмов преобладают «береговые» виды (77.0 %). Во флоре деревенских копаней таких видов 68.5 %, 79.2 % во флоре городских водоёмов. Такое распределение экологических групп свидетельствует о процессах ксерофитизации флоры КБВ, вызванной высокой антропогенной нагрузкой. Флоры водоёмов имеют следующие статусы: деревенских копаней — гигрофитно-мезофитный, городских водоёмов — гигромезофитно-мезофитный. Флора деревенских копаней имеет более влаголюбивые черты, но довольно сильно отличается от флор естественных водоёмов региона.

Анализ географической структуры флоры изученных водоёмов показал их схожесть с естественными водоёмами юга Республики Коми. В долготном отношении наиболее представлены виды широко распространённые в голарктической зоне. В широтном отношении лидируют бореальные

виды. Вместе с тем не малую часть во флоре занимают виды с широким ареалом распространения, что традиционно отмечается во флорах водоёмов и во флорах антропогенных водоёмов в частности.

ЛИТЕРАТУРА

Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск: ТМЛ-Пресс. 2007. 304 с.

Красная книга Республики Коми. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2019. 768 с.

Тетерюк Б.Ю. Флора и растительность древних озёр Европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука. 2012. 237 с.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКОМ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СРЕД БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО ОСТРОВА ESTIMATION OF MICROPLASTIC POLLUTION OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTS OF THE BOLSHOY SOLOVETSKY ISLAND

Рябова Э. Г.¹, Литвиненко В. В.¹, Мовчан М. А.²

Riabova E. G.¹, Litvinenko V. V.¹, Movchan M. A.²

¹*Московский педагогический государственный университет, Географический факультет, Москва; e-mail: ryabova_elhana@mail.ru, vv.litvinenko@mpgu.su*
²*Институт географии РАН, Москва; e-mail: movchan@igras.ru*

The article is about the results of the estimation of microplastic pollution of the natural and anthropogenic environments of the Bolshoy Solovetsky Island during expeditions in February and August 2023. Snow as well as lake sediments were chosen as the researching objects, since they are depositing environments that reflect the accumulation of pollution over the particular period. It has been established that the main source of microplastic pollution are solid wastes from both the local population and tourists, which were stored at the solid waste landfill. The work determined the amount of microplastics in the snow samples over the settlement territory as well as in samples of lakes sediments and sediments from the artificial water body near the solid waste landfill.

Загрязнение микропластиком (МП), т.е. частицами размером менее 5 мм (Hashmi, 2022), является одной из значительных экологических проблем современности. Установлено, что частицы МП присутствуют во всех природных средах, в том числе, в снегу и поверхностных водах (Wagner, 2018), что свидетельствует об их высокой миграционной способности. Уже получены данные, свидетельствующие о реальности негативного воздействия частиц МП на здоровье человека (Ганичев, 2021).

Целью данного исследования является оценка загрязнения микропластиком снежного покрова и донных отложений (ДО) на территории Большого Соловецкого острова. Были поставлены следующие задачи:

1. Провести полевой отбор проб снежного покрова и донных отложений в ходе зимней и летней экспедиций в феврале и августе 2023 г.

2. Проанализировать полученные образцы в лаборатории для определения наличия микропластика.

Отбор проб снежного покрова проводился в начале февраля 2023 г. в 11 точках: в поселке Соловецкий, возле полигона ТКО и на фоновом участке в районе верхового болота. Отбор проб донных отложений (ДО) производился в 25 точках в ходе летней экспедиции июле-августе 2023 г. По итогам лабораторных исследований были получены следующие результаты.

Наибольшее загрязнение снежного покрова характерно для полигона ТКО и его окрестностей (193–440 МП/л). Точки на территории посёлка имеют схожие показатели по числу МП. Наименьшими значениями характеризуются точки 4 и 11, удалённые от источников хозяйственной деятельности. По форме МП в снежном покрове вблизи источников загрязнения преобладают обломки (66%), затем нитки (волокна) — 30% и плёнки — 4%. В удалённых точках преобладают нитки и плёнки.

Число МП в ДО озёр оказалось ниже, чем в снегу. Исключение составляет только ДО, отобранные возле полигона ТКО (208 МП/кг пробы), что подтверждает тезис о миграции частиц МП с тела

полигона (Webb et al., 2013). По форме частиц доминируют плёнки, что может свидетельствовать о загрязнении поверхностных водных объектов за счёт атмосферного переноса частиц.

В завершении данного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Отобранные пробы снежного покрова позволили подтвердить предположение о том, что именно полигон ТКО является доминирующим источником микропластика. Удалённые от посёлка точки характеризуются меньшим количеством обнаруженных частиц МП и относятся к более лёгким формам (ниткам и плёнкам).

2. Донные отложения характеризуются меньшим количеством частиц микропластика по сравнению со снежным покровом, что, вероятно, связано с удалённостью исследуемых объектов от территории посёлка. Исключение составляет только проба, взятая из водного объекта возле полигона ТКО. Исходя из преобладающих форм частиц можно предположить доминирующее загрязнение озёр с воздушным переносом МП.

ЛИТЕРАТУРА

Ганичев П.А. О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор. Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО. 2021;29(9):40–43. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43>

Hashmi M.Z. (ed.), Microplastic Pollution, Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies, Switzerland AG. 2022. 550 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89220-3_1

Wagner Martin, Lambert Scott. Freshwater Microplastics. Emerging Environmental Contaminants? // The Handbook of Environmental Chemistry. 2018. Vol. 58. 303 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>

Webb, H.K., Arnott, J., Crawford, R.J. and Ivanova, E.P. (2013) Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Polyethylene Terephthalate. *Polymers*, 5. P. 1–18. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.3390/polym5010001>

КОНЦЕНТРАЦИИ АЛИФАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ КАРСКОГО МОРЯ В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2022 ГОДА ALIPHATIC HYDROCARBONS IN THE KARA SEA WATERS IN SUMMER–AUTUMN SEASON OF 2022

Соловьёва О. В., Миронов О. А., Тихонова Е. А.
Soloveva O. V., Mironov O. A., Tikhonova E. A.

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН (ФИЦ ИнБИОМ),
Севастополь; e-mail: kozl_ya_oly@mail.ru*

Oil pollution poses the main threat to the environmental safety of the Arctic seas due to the specific features of the processes of natural biodegradation of oil components in the polar latitudes. The main sources of hydrocarbon substances entering Arctic waters are river runoff, atmospheric transport, emergency situations, as well as seepage of hydrocarbons from the earth's crust. The purpose of this work was to assess the ecological state of the Kara Sea in relation to the presence of aliphatic hydrocarbons in surface water. The material for this work was seawater samples from the surface horizon, taken during the 50th cruise of the R/V «Akademik Boris Petrov» and the 89th cruise of the R/V «Akademik Mstislav Keldysh». In the northeastern part of the Kara Sea the aliphatic hydrocarbon “background” was higher, and the distribution of hydrocarbons among stations was more even. In the southwestern part, maximal concentration of hydrocarbons was recorded at stations located in areas of intense river inflow.

Экологическое состояние вод Арктики в настоящее время остается фрагментарно изученным, что в контексте перспективности освоения ресурсов данного региона обуславливает актуальность их исследования. Нефтяное загрязнение несет главную угрозу экологической безопасности арктических морей в связи со специфическими особенностями процессов естественного биоразложения компонентов нефти в приполярных широтах. Основными источниками поступления веществ углеводородной природы в арктические акватории являются речной сток, атмосферный перенос, аварийные ситуации, а также просачивания углеводородов из земной коры (Немировская, 2013). Расположенное преимущественно на шельфе, Карское море является одним из крупнейших морей Сибирской Арктики. Воды поверхностного перемешанного слоя в юго-западной части Карского моря значительно опреснены не только речным стоком, но и талым льдом (Коссова, 2021). Как правило, соленость этих вод варьирует в пределах

28–32psu, но в летний период (начало августа) может падать практически до 3psu на границе таяния льдов. Воды северной части Карского моря, расположены севернее границы речного плюма и, как правило, покрыты дрейфующими льдами даже летом. Полностью свободная ото льда вода существует только в западных районах, соседствующих с Баренцевым морем. Поверхностная структурная зона в этой части моря представлена водами, имеющими в летний период соленость 30–32psu (Зацепин и др., 2010). Целью данной работы было оценить экологическое состояние Карского моря по концентрациям алифатических углеводородов в воде. В задачи исследования входило определение содержания данного класса веществ в поверхностном слое воды, а также сравнение юго-западной и северо-восточной части Карского моря по степени загрязненности вод данными веществами.

Материалом для настоящей работы были пробы морской воды с поверхностного горизонта, отобранные батометром в рамках 50-го рейса НИС «Академик Борис Петров» (август 2022 г., северо-восточная часть) и 89-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» (сентябрь 2022 г., юго-западная часть). Первичная пробоподготовка воды проводилась на борту судна. После транспортировки элюатов, в лабораторных условиях определяли содержание алифатических углеводородов методом газовой хроматографии на пламенно-ионизационном детекторе хроматографа Хроматэк «Кристалл-5000» в НОЦКП «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ.

В каждом из рейсов было отобрано по 16 проб поверхностного слоя морской воды. В северо-западной части Карского моря среднее значение концентрации алифатических углеводородов составляли 0.061 мг/л (1.2 ПДК), при колебаниях от 0.02 до 0.12 мг/л (2.4 ПДК). В юго-западной части среднее значение концентраций алифатических углеводородов составляло 0.042 мг/л (0.83 ПДК) при колебаниях от 0.02 до 0.15 мг/л (3.2 ПДК). Можно отметить, что в северо-восточной части Карского моря алифатический углеводородный «фон» был выше, а распределение углеводородов по станциям было более равномерным. В юго-западной части превышения ПДК углеводородов фиксировались на станциях, расположенных в районах интенсивного стока рек, в частности Байдарацкой губы.

Экспедиционные работы в северо-восточной части Карского моря в 2022 г. выполнены в рамках программы «Плавучий университет» при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, остальные исследования — в рамках гос. задания ФИЦ ИнБЮМ «Изучение биогеохимических закономерностей радиоэкологических и хемозкологических процессов в экосистемах водоемов Азово-Черноморского бассейна в сравнении с другими акваториями Мирового океана и отдельными водными экосистемами их водосборных бассейнов для обеспечения устойчивого развития на южных морях России» (№ гос. регистрации 1023032000047-8-1.6.19).

ЛИТЕРАТУРА

Зацепин А.Г., Морозов Е.Г., Пака В.Т. и др. Циркуляция вод в юго-западной части Карского моря в сентябре 2007 г. // Океанология. 2010. Т. 50. № 5. С. 683–697.

Коссова С.А. Вариации изотопного состава кислорода и водорода ($\delta^{18}\text{O}$, δD) морских вод и изучение источников опреснения арктических морей на примере заливов карскоморского побережья архипелага Новая Земля. Автореф. канд. дисс. Москва. 2021.

Немировская И.А. Нефть в океане. Загрязнение и природные потоки. М.: Научный мир. 2013. 436 с.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛАСНЫХ ОЗЁР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ WATER CHEMISTRY OF ALAAS (THERMOKARST) LAKES OF CENTRAL YAKUTIA

Тананаев Н. И.^{1,2}, Солдатова Е. А.³, Кривенок Л. А.⁴
Tananaev N. I.^{1,2}, Soldatova E. A.³, Krivenok L. A.⁴

¹Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск; e-mail: tanni@s-yfu.ru

²Северо-восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск

³Тюменский государственный университет, Тюмень

⁴Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

This abstract reviews water chemistry data from alaastrermokarst lakes of Central Yakutia and its geographical variability. Lakes of younger alaa lakes in the north-eastern part of Central Yakutia have lower total dissolved solids

(TDS) and dissolved organic carbon (DOC) content, while both show an increase in older, mature alaa lakes of central and western parts of the study region. The DOC dominates the chemical composition of lake waters, exceeding every single major ion content. Studied lakes are net sources of methane, while observed carbon dioxide fluxes are negligible.

Водный баланс озёр центральной Якутии формируется в условиях резкой континентальности климата, двукратного превышения испаряемости над годовой суммой осадков, нечетких водоразделов и ограниченного бокового притока. На склонах аласов почвы нередко засолены, а свободный выпас сельскохозяйственных животных (кони, крупный рогатый скот) влияет на содержание в озёрах органического вещества и соединений азота. В данной работе кратко рассмотрены особенности химического состава вод озёр центральной Якутии (ЦЯ), исследованные в ходе полевых работ в июле-августе 2021 г. Исследования проводились на трёх участках: (1) в районе с. Уолба Таттинского района, (2) в районе с. Кыйы Таттинского района, (3) в районе с. Сырдах Усть-Алданского района. Содержание главных ионов определялось на ионном хроматографе DionexICS-5000 (анионы), DionexDX-120 (катионы), растворенного органического углерода и общего азота — методом высокотемпературного сжигания на ТОС-анализаторе Shimadzu в лаборатории функциональной экологии и окружающей среды Национального политехнического института г. Тулуза (Франция), элементный состав определялся методом трёхкврупольной масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, на масс-спектрометре ThermoICAPQQQ, в Обсерватории Юг-Пиренеи, г. Тулуза, Франция. Установлено, что химический состав озёр существенно различается по участкам: на северо-восточном участке (с. Уолба) — $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, на центральном участке (с. Кыйы) и на западе (с. Сырдах) — $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na-Mg}$, притом на СВ озерные воды слабоминерализованные, в центре и на западе ЦЯ — сильно-минерализованные, отдельные озёра солоноватые. В большинстве образцов в следовых количествах присутствуют нитраты и нитриты, среднее содержание NH_4^+ превышает 0.2 мг/л, что указывает на вклад сельхозживотных в формирование химического состава озер. Содержание растворенного органического углерода (РОУ) превышает содержание большинства главных ионов: среднее содержание РОУ составляет 56 мг/дм³ в районе с. Уолба, 160 мг/дм³ в районе с. Кыйы, 388 мг/дм³ в районе с. Сырдах; максимальное содержание РОУ составило 0.82 г/дм³ в солоноватом озере долины Киенг-алас, район с. Сырдах. Содержание растворенного железа и алюминия невелико, средняя концентрация Fe равна 0.09 мг/дм³, Al — 8 мкг/дм³, что не позволяет связать высокие концентрации РОУ с органо-минеральными коллоидными комплексами. Исследованные озёра — источники поступления метана в атмосферу, медианный удельный поток CH_4 составляет от 0.5 до 1.8 мгС/(м²·ч), а в мелководной прибрежной зоне — до 30 мгС/(м²·ч), что говорит о преимущественном метаногенезе в недавно затопленных донных отложениях. В то же время роль озер в диффузионном потоке диоксида углерода пренебрежимо мала. Различия в гидрохимических характеристиках определяются географическим положением озер и не зависят от размера озер и стадии их развития. В докладе также будет приведено сравнение новых результатов с историческими данными, полученными в ходе экспедиций ИМЗ СО РАН по озёрам центральной Якутии в 1960–1980 гг.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ, проект № 21-55-75004.

РЫБНАЯ ЧАСТЬ СООБЩЕСТВА ОЗ. КУЭТСЪЯРВИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

FISH COMMUNITY STATUS OF KUETSJARVI LAKE AT THE CURRENT STAGE

Терентьев П. М., Зубова Е. М., Королева И. М.

Terentjev P. M., Zubova E. M., Koroleva I. M.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: p.terentjev@ksc.ru*

The results of long-term changes in the fish community of Lake Kuetsjärvi (Pechengsky district of the Murmansk region) under conditions of long-term multifactorial anthropogenic load are presented. The reservoir has been exposed to air pollution for a long time, as well as wastewater from the industrial and domestic sector. The consequences

of multifactorial pollution of the reservoir had a negative impact on the state of the ichthyofauna. There were some transformations tissues and organs in fishes (bone and muscle tissue, external integument, excretory, respiratory and reproductive systems). Since the closure of the nickel shop and, obviously, a concomitant reduction in the impact of domestic wastewater in 2020, there have been trends towards improvement in the condition of the fish. The occurrence of fish with transformations has decreased significantly, and a tendency towards an increase in the size indicators of individual fish species has been noted. Further study of the state of the reservoir along the path of restoration using the fish part of the community is a promising and urgent scientific task.

Озеро Куэтсьярви на крайнем северо-западе РФ Мурманской области является примером арктического водоема, которое на современном этапе своего функционирования идет по пути восстановления, обусловленного значительным снижением уровня антропогенной нагрузки. Ранее на протяжении длительного периода озеро находилось под воздействием многофакторного влияния бытового и промышленного загрязнения, включая органическую составляющую. Последствия многофакторного влияния водоема сказывались на состоянии биоты и, в частности, на представителях фауны рыб. Изучению состояния рыбной части сообществ водоема посвящено значительно количество работ, в которых оценивалось состояние представителей фауны рыб от клеточного уровня до уровня сообществ (Денисов и др., 2009; Зубова и др., 2019; Кашулин и др., 1999; Amundsen et al., 2011; Kashulin et al., 2011; State..., 2007). Изменения на уровне тканей и органов и выражались в развитии трансформаций костной и мышечной ткани, кожных покровов, выделительной системы, органов дыхания и воспроизводства. С момента прекращения работы никелевого цеха, а также снижения влияния бытового сектора с 2020 г., наметились предпосылки к улучшению состояния в структуре рыбной части сообщества. В частности, значительно сократилась встречаемость рыб с ранее отмечаемыми изменениями, отмечена тенденция к росту размерных показателей отдельных видов рыб. В то же время, наметившиеся в последнее десятилетие для водоемов Арктики влияние процессов изменения климата на фоне сохраняющейся нагрузки биогенными элементами, обуславливающей интенсификацию эвтрофирования пресных вод, способно отражаться на процессах преобразования в структуре сообществ рыбной фауны. Так, для рыбной части сообщества водоема была отмечена возрастающая роль представителей окуневых, как более теплолюбивых видов, приспособленных к водам с широким диапазоном по шкале трофического статуса, конкурирующих с традиционно доминирующими представителями арктических пресноводных комплексов — лососевых и сиговых рыб. В этой связи, изучение состояния водоема по пути восстановления на примере рыбной части сообщества представляет актуальную научную задачу. В ходе исследований в рамках Большой научной экспедиции (с 2022 г.), организованной компанией «Норникель», совместно с Сибирским отделением РАН, направленной на углубленное изучение биоразнообразия в пределах зоны влияния объектов компании, получены результаты, характеризующие положительную направленность реализуемой экологической политики предприятия на функционирование экосистемы оз. Куэтсьярви.

ЛИТЕРАТУРА

- Зубова Е.М., Кашулин Н.А., Терентьев П.М. Биотическая симпатрия сига *Coregonus lavaretus* (L.) оз. Куэтсьярви (система р. Пасвик, Мурманская область) // Принципы экологии. 2019. № 2. С. 29–51.
- Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.-А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 1999. 142 с.
- Amundsen P.-A., Kashulin N.A., Terentjev P.M., Gjelland K., Koroleva I.M., Dauvalter V.A., Sandimirov S.S., Kashulin A.N. and Knudsen R. Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse // Environmental Monitoring and Assessment. 2011. V 182. P. 301–316.
- Kashulin N.A., Terentyev P.M., Amundsen P.-A., Dauvalter V.A., Sandimirov S.S., Kashulin A.N. Specific features of accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in two whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) morphs inhabiting the Inari–Pasvik lacustrine–riverine system // Inland water biology. 2011. V. 4. № 3. P. 383–392.
- State of the Environment in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area / K. Stebel, G.N. Christensen, J. Derome and I. Grekelä (eds) // The Finnish Environment. 2007. Vol. 6. 88 p.

**УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

**HYDROCARBON COMPOSITION OF WATER AND SEA BOTTOM
SEDIMENTS OF THE KARA SEA NORTHEASTERN PART IN SUMMER**

Тихонова Е. А., Ткаченко Ю. С., Соловьёва О. В., Алёмова Т. Е.
Tikhonova E. A., Tkachenko Yu. S., Soloveva O. V., Alyomova T. E.

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН (ФИЦ ИнБЮМ),
Севастополь; e-mail: tihonoval@mail.ru*

As part of the 50th voyage of the scientific research vessel “Akademik Boris Petrov”, in the summer of 2022, studies of surface and bottom waters, as well as the surface layer of bottom sediments (0–5 cm) of the Kara Sea northeastern part were conducted. Data on the content and composition of hydrocarbons (HC) in the water and bottom sediments of the studied water area were obtained. The content of HC in the surface waters of the Kara Sea is on average 0.06 ± 0.04 mg/l, which slightly exceeds the maximum permissible concentration for oil hydrocarbons (MPC = 0.05 mg/l). In the bottom horizon, the average concentration of HC was 0.1 ± 0.05 mg/l, which exceeds the MPC by 2 times. It was found that the total amount of HC in the bottom sediments of the Kara Sea northeastern part varied from 25.8 to 152.4 mg/kg, on average — 68.21 ± 7.76 mg/kg. When compared with the calculated diagnostic indices (CPI₁, CPI₂, ACL, LWH/HWH, TAR, C₃₁/C₂₉, Paq, TMD, $\Sigma C_{25-35}/\Sigma C_{15-21}$, Pr/Ph), it was found that increased concentrations of HC in water and bottom sediments were caused by natural processes and the predominance of allochthonous organic substances in the samples.

Интерес к изучению углеводородов (УВ) в воде и донных отложениях Карского моря обусловлен высокой нефтегазоносностью высокоширотного региона (Конторович, 2015). В отличие от южной части Карского моря, северная сторона данного региона не изучена глубоким бурением, перспектива нефтегазоносности исследуемого участка может базироваться только на геологических и геофизических данных. В связи с этим повышен интерес к акватории северной части Карского моря, поэтому есть необходимость регулярно проводить исследования экологического состояния морской воды и донных отложений. Целью данной работы является определение углеводородного состава воды и донных отложений северо-восточной части Карского моря в летний период и идентификация вероятных источников их происхождения. Для установления генезиса УВ использованы следующие диагностические индексы: CPI₁, CPI₂, ACL, LWH/HWH, TAR, C₃₁/C₂₉, Paq, TMD, $\Sigma C_{25-35}/\Sigma C_{15-21}$, Pr/Ph (L(U) and Zhai, 2008; Zhang et al., 2014). Концентрация УВ в открытых поверхностных водах Карского моря составила в среднем 0.06 ± 0.04 мг/л, что незначительно превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) для рыбохозяйственных водоёмов (0.05 мг/л). В придонном горизонте средняя концентрация УВ составила 0.1 ± 0.05 мг/л, что превышает ПДК в 2 раза. Во всех пробах поверхностных и придонных вод доминировали гомологи в высокомолекулярной области. В низкомолекулярной области спектра обнаружено повышение концентраций C₁₇ — основного гомолога фитопланктона, а также гомолога C₂₂. Такие данные говорят о содержании в водах продуктов биодеструкции фитопланктонных организмов, а также о микробной трансформации органических веществ. Распределение n-алканов на хроматограммах свидетельствует о смешанной природе УВ. Рассчитанные диагностические индексы также указывают на смешанную природу УВ, в воде обнаружены биогенные компоненты как автохтонного, так и аллохтонного происхождения. Общее количество УВ в донных осадках северо-восточной части Карского моря варьировало от 25.8 до 152.4 мг/кг, в среднем — 68.21 ± 31.04 мг/кг. В составе n-алканов донных отложений в основном преобладали высокомолекулярные гомологи, доминировали нечетные наиболее устойчивые терригенные алканы n-C₂₅–C₂₉, которые являются маркерами аллохтонного органического вещества. Рассчитанные диагностические индексы указывают на аллохтонное происхождение органического вещества донных отложений, источником которого может служить речной сток, имеющий непосредственное влияние на акваторию. В целом, можно заключить, что повышенные концентрации УВ, как в воде, так и в донных отложениях, обусловлены, в основном, природными процессами и преобладанием аллохтонных органических веществ в образцах.

Экспедиционные работы выполнялись при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках научно-образовательной программы «Плавучий университет», гос. задания

ФИЦ ИнБЮМ «Изучение биогеохимических закономерностей радиоэкологических и хемоэкологических процессов в экосистемах водоемов Азово-Черноморского бассейна в сравнении с другими акваториями Мирового океана и отдельными водными экосистемами их водосборных бассейнов для обеспечения устойчивого развития на южных морях России» (№ 1023032000047-8-1.6.19).

ЛИТЕРАТУРА

Конторович А.Э. Пути освоения ресурсов нефти и газа российского сектора Арктики // Вестник РАН. 2015. Т. 85, № 5/6. С. 420-430.

An analysis of organic matter sources for surface sediments in the central South Yellow Sea, China: evidence based on macroelements and n-alkanes / S. Zhang [et al.] // Marine Pollution Bulletin. 2014. Vol. 88, no. 1–2. P. 389–397.

L(U) X., Zhai S. The distribution and environmental significance of n-alkanes in the Changjiang River estuary sediments // Acta Scientiae Circumstantiae. 2008. Vol. 28, iss. 6. P. 1221–1226.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК АРКТИЧЕСКОГО СКЛОНА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

CLIMATE CHANGES IN RIVER FLOW ON THE ARCTIC SLOPE IN THE NORTH-EAST OF RUSSIA

Ушаков М. В.

Ushakov M. V.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения РАН, Магадан; e-mail: mvilorich@narod.ru

The purpose of the work is to study the climatic changes in the flow of rivers on the Arctic slope of the North-East of Russia. The results of long-term observations of the runoff of non-freezing rivers at 12 posts were studied. An analysis of the average annual air temperatures in the study area before 1980 and after showed that their norms increased by 0.8–1.6 °C. Long-term fluctuations in the annual amounts of atmospheric precipitation do not have statistically significant trends. The norm of the average annual runoff, calculated for the series after 1980, on most rivers increased by 13–38%. The increase in runoff by the end of winter by 1.3–4.5 times is especially noticeable. It seems that these changes are caused by climate warming, which involved in the hydrological cycle waters conserved in perennial snowfields, icings, ground ice. With continued climate warming, one should expect the transformation of a continuous permafrost zone into a discontinuous one, with a subsequent increase in river runoff.

В настоящей работе под арктическим склоном понимается атлантический склон, находящийся к северу от Главного водораздела Земли. В частности, он включает в себя территорию бассейнов рек Колымы и Чукотки, впадающих в Восточно-Сибирское море Северного Ледовитого океана.

На речные экосистемы сказывается не только качество вод, но и их количество — величина речного стока и его многолетняя изменчивость.

Одним из следствий происходящего глобального потепления климата (Израэль и др., 2001) является трансформация гидрологического режима рек (Gartsman, Lupaikov, 2017; Фролова и др., 2018; Маргарян и др., 2020; Гельфан и др., 2021).

Цель работы — изучить климатические изменения стока рек арктического склона Северо-Востока России.

Рассматриваемый район имеет холодный климат с суровой зимой и многолетнюю мерзлоту сплошного распространения. Для рек характерны высокое весеннее половодье и дождевые паводки, летняя межень может наблюдаться в любой период июля-сентября. Зимняя межень отмечается с октября по апрель. Малые, а иногда и средние реки зимой промерзают до дна.

В работе исследовались результаты многолетних наблюдений за стоком непромерзающих рек на 12 постах Государственной гидрологической сети. Эти материалы были взяты из Гидрологических

ежегодников Государственного водного кадастра. Данные метеорологических наблюдений имеются в свободном доступе на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных.

Методами исследования были анализ хронологических графиков гидрометеорологических характеристик и сравнение их норм, рассчитанных до 1980 г. и после, с использованием критерия Стьюдента с уровнем значимости 5%.

Анализ среднегодовых температур воздуха на исследуемой территории до 1980 г. и после показал, что их нормы выросли на 0.8–1.6°C. Многолетние колебания годовых сумм атмосферных осадков не имеют статистически значимых трендов.

Норма среднегодового стока, рассчитанная по рядам после 1980 г., на большинстве рек выросла на 13–38%. Особенно заметно увеличение стока к концу зимы в 1.3–4.5 раза.

Представляется, что эти изменения вызваны потеплением климата, которое вовлекло в гидрологический цикл воды, законсервированные в многолетних снежниках, наледях, подземных льдах, каменных глетчерах.

При продолжении потепления климата следует ожидать преобразование сплошной криолитозоны в прерывистую с последующим ростом речного стока.

ЛИТЕРАТУРА

Гельфан А.Н., Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Мотовилов Ю.Г., Гусев Е.М. Влияние изменения климата на годовой и максимальный сток рек России: оценка и прогноз // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2021. Т. 7. № 1. С. 36–79.

Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменение глобального климата. Роль антропогенных воздействий // *Метеорология и гидрология*. 2001. № 5. С. 5–22.

Маргарян В.Г., Овчарук В.А., Голций М.В., Боровская Г.А. Сравнительный анализ и оценка многолетних колебаний максимального стока рек горных территорий Армении и Украины в условиях глобальных изменений климата // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2020. № 12(43). С. 61–75

Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Агафонова С.А., Повалишников Е.С. Антропогенные и климатически обусловленные изменения стока воды и ледовых явлений рек российской Арктики // *Сборник: Вопросы географии*. / Под ред. В.М. Котлякова, Н.И. Коронкевича, Е.А. 245. 2018. С. 233–251.

Gartsman B.I., Lupakov S.Yu. Effect of Climate Changes on the Maximal Runoff in the Amur Basin: Estimation Based on Dynamic–Stochastic Simulation // *Journal Water Resources*. 2017. No. 44(5). P. 697–706.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ MICROBIOLOGICAL STUDIES OF LAKES IN THE MURMANSK REGION

Фокина Н. В.
Fokina N. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: example@mail.ru*

Work to study the bacterial abundance of the lakes of Murmansk and Polyarnye Zori, which are a source of water for centralized water supply, was carried out from 2020 to 2023. It was found that the number of the bacterial component of the lakes of the Murmansk region varied within a fairly wide range from 12 to 8200 cells/ml, which depends both on hydrochemical and climatic conditions, and the presence of anthropogenic pollution. This is also reflected in the presence of *Escherichia coli* bacteria.

Доступность качественной питьевой воды относится к основным факторам обеспечения здоровья человека (Иванов и др. 2017). Одним из принципов гигиенических требований к качеству питьевой воды централизованных систем водоснабжения является приоритетность микробиологических критериев безопасности перед химическими (Murray et al., 2018). Не смотря на то, что природные водные объекты не являются естественной средой обитания патогенных микроорганизмов, некоторые

из них могут длительно сохраняться в природной воде. Целью данной работы было проведение исследования микробиологического состава озер г. Мурманска и Полярные Зори, являющихся источником воды для централизованного водоснабжения.

Работа была выполнена в период с 2020 по 2023 г. Микробиологические исследования проводились общепринятыми стандартными методами (Гусев, Минеева, 2003). Численность энтеробактерий определяли на специализированной лактозо-пептонной среде и среде Кода в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03, 2003.

Численность различных трофических групп бактерий в водоемах Кольского полуострова колеблется в достаточно широких пределах — от 10^1 до 10^4 кл/мл и во многом определяется такими факторами, как температура воды, содержание органического вещества, степень эвтрофирования, развитие фитопланктона и др. (Перетрухина, 2015; Коновалова и др., 2019). Численность сапротрофных и олиготрофных бактерий в образцах воды оз. Имандра в районе г. Полярные Зори и воздействия КАЭС в период исследования колебалась в пределах от 12 до 2750 кл/мл. Численность олиготрофов достоверно превышала численность сапротрофных бактерий, что говорит о незначительном количестве органических веществ в водных образцах. Самая высокая численность обеих трофических групп бактерий наблюдалась в воде губы Молочной и достигала 177–2750 кл/мл. Так же здесь наблюдалось наличие бактерий группы кишечной палочки, чья численность составила 448 кл/мл, превышая установленные СанПиН 2.1.5.980-00 нормативы. Более низкая бактериальная численность была отмечена в воде Зашеечной губы оз. Имандра, достигая 1935 кл/мл олиготрофных бактерий. Так же здесь были обнаружены колинеформные бактерии, превышая установленные показатели. В более чистых участках оз. Имандра, без наличия рыбохозяйственной деятельности, численность обеих групп бактерий не превышала 433 кл/мл, присутствия бактерий группы кишечной палочки обнаружено не было. Кишечная патогенная флора, в т.ч. сальмонеллы и стрептококки, в образцах воды всех исследованных участков обнаружены не были.

Максимальная численность сапротрофных бактерий в водоемах г. Мурманска колебалась от 680 до 8200 кл/мл в зависимости от срока отбора (оз. Ледовое). Максимальная численность олиготрофной составляющей бактериального сообщества наблюдалась в озерах Ледовое и Южное. Минимальная численность как сапротрофов, так и олиготрофов была отмечена в оз. Среднее, она составила 83 и 51 кл/мл соответственно. Следует отметить, что разница в численности между сапротрофной и олиготрофной группами бактерий достоверно значима только для оз. Северное. Здесь можно говорить о преобладании аллохтонной микробиоты, поступающей в водоем с различными источниками загрязнения, по отношению к автохтонным микроорганизмам, обитающим в водной среде. По санитарно-микробиологическим показателям к чистым водоемам можно отнести все озера, за исключением оз. Ледовое, где численность бактерий группы кишечной палочки превышала установленный уровень в 10 раз. Подобное значительное превышение было отмечено как в поверхностном, так и в придонном слое воды. Также данный показатель превышен в 2 раза в поверхностном слое оз. Окуновое, что свидетельствует о возможном загрязнении фекальными сточными водами. Бактерий, относящихся к кишечным патогенам, за период исследований выявлено не было.

Таким образом, можно отметить, что численность бактериальной составляющей озер Мурманской области колеблется в достаточно широких пределах от 12 до 8200 кл/мл, что зависит как от гидрохимических и климатических условий, так и наличия антропогенного загрязнения. Что отражается и на наличии бактерий группы кишечной палочки.

ЛИТЕРАТУРА

- Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология: Учебник для студ. Биол. Специальностей вузов. Москва: Издательский центр «Академия». 2003. 464 с.
- Иванов С.В., Федорова Э.Л., Темиров Э.Э. Влияние качества воды на здоровье населения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 3–2. С. 186–189.
- Коновалова И.И., Троценко А.А., Хазов П.А. Санитарно-химические показатели воды поверхностного источника и питьевой воды на Кольском побережье (на примере г. Североморска) // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 1 (26). С. 42–46.

Перетрухина А.Т. Состояние лентических экосистем в рекреационных зонах города Мурманска / А. Т. Перетрухина, В. Е. Осауленко // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств: междунар. науч.-практ. конф. Мурманск: Изд-во МГТУ. 2015. С. 52–57.

Murray R.T., Rosenberg Goldstein R.E., Maring E.F., Pee D.G., Aspinwall K., Wilson S.M., Sapkota A.R. Prevalence of Microbiological and Chemical Contaminants in Private Drinking Water Wells in Maryland, USA // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018. Vol. 15. P. 1686.

**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОЗЕР БАССЕЙНА Р. ОРТИНА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ И СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ
ECOLOGICAL AND SPECTRAL-BASED DIFFERENTIATION
OF ORTINA RIVER BASIN LAKES**

Цывкунова Н. В., Симонова К. И.
Tsyvkunova N. V., Simonova K. I.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: tsyvkunova.nv@yandex.ru

Tundra lakes play a significant role both in landscape-forming processes and in the life of local flora and fauna. Water habitats' conditions investigations help to assess the processes running there as well as distribution of plant species and their ecological preferences.

Current work is dedicated to lakes classification based on field and remote sensing data, analysis of the basic characteristics of the water bodies and their species composition. The total 23 lakes were classified into 4 groups: glacial oligotrophic, glacial mesotrophic, floodplain mesotrophic and thermokarst dystrophic lakes.

Озера тундровой зоны служат важнейшим источником пресной воды, местообитанием представителей ихтиофауны, а также местами нагула, гнездования и кормовой базой водоплавающих птиц. В связи с этим, актуальную оценку экологического состояния и организацию мониторинга озерных биотопов можно отнести к важнейшим задачам сохранения биологического разнообразия арктических экосистем. В связи с этим, целью исследований было изучение экологических и биологических характеристик серии модельных озер, как объектов мониторинга, различающихся по происхождению, морфометрическим и спектральным показателям.

Объектами исследований служили 23 озера в западной части Большеземельской тундры (бассейн р. Ортина). Полевые работы включали исследование основных характеристик озёр: морфометрические показатели, глубина у берега, форма, характер берега, происхождение, субстрат, цветность, прозрачность, pH и минерализация. Для выполнения работы были использованы спутниковые снимки Sentinel 2A за июнь-август 2023 г. По ним были оцифрованы зеркала озёр, вычислена их площадь и изрезанность береговой линии. Помимо этого, акватории каждого озера были зонированы для анализа различных типов водных местообитаний.

По происхождению, а также на основе анализа экологических и спектральных характеристик все изученные озера были разделены на 4 типа: термокарстовые на торфяниках, термокарстовые на минеральных грунтах, старичные и вторичные пойменные. Наиболее распространенными на данной территории были термокарстовые озера на минеральных грунтах.

Термокарстовые озера были приурочены к плоско- и крупнобугристым торфяникам и плоским водоразделам, сложенным песчаными грунтами (Вехов, Кулиев, 1986). Они характеризовались, небольшой глубиной, форма и размеры были разнообразны (от 0.0003 до 0.3 км²), изрезанность береговой линии также довольно сильно варьировала (от 0.068 до 0.213).

Термокарстовые озера на торфяниках имели низкие значения pH — от 5.09 до 5.51, и низкую минерализацию — 11–24 мг/л. Для данных озер характерна наиболее бедная растительность (Вехов, Кулиев, 1986). Доминируют *Carex aquatilis*, *Hippus vulgaris*, *Sparganium hyperboreum*.

Термокарстовые озера на минеральных грунтах, приуроченные к плоским водоразделам, значительно отличались от термокарстовых озер на торфяниках. Значения pH были близки к нейтральным — 6.19–7.41, минерализация также была незначительна (от 12 до 70 мг/л). Донные отложения песчаные, песчано-илистые и илистые. Для данных озер характерно большее видовое разнообразие, чем для

термокарстовых озер на торфяниках. В озерах с песчаными грунтами в основном встречались прибрежно-водные виды: *Carex aquatilis*, *C. rostrata*, *Equisetum fluviatile*, а также амфибийный вид — *Sparganium hyperboreum*. В озерах термокарстового происхождения с илистыми и песчано-илистыми грунтами наблюдалось увеличение видового разнообразия — появлялись гидатофиты, среди которых наиболее распространен *Potamogeton perfoliatus*.

На исследуемой территории были широко распространены пойменные озера: старицы, образовавшиеся в результате отшнуровывания от русла р. Ортина, и вторично-пойменные озера, прилегающие к пойме р. Ортины и ручья Быкшор. Старицы имели характерную удлиненную форму с длиной до 1 км, площадью в пределах 0.001–0.049 км², и изрезанностью береговой линии от 0.05 до 0.615, вторично-пойменные озера имели округлую форму. Субстрат встречался песчаный, песчано-илистый или илистый. Минерализация, в среднем, выше, чем в термокарстовых озерах (43–49 мг/л), значения рН, в основном, близки к нейтральным (6.44–7.12). Исключение составили старицы, расположенные в непосредственной близости к болотному комплексу и имеющие с ним водообмен, их величина рН составляла 5.44–5.6, минерализация была очень низкая 9–11 мг/л. Растительность пойменных озер представлена осоками *Carex aquatilis*, *C. rostrata*, широко распространены сплавины *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, встречается *Sparganium hyperboreum*.

ЛИТЕРАТУРА

Вехов Н.В., Кулиев А.Н. Распространение гидрофильных растений на Северном Тимане, в Малоземельской и на западе Большеземельской тундр // Ботанический журнал. 1986. Т. 71. № 9. С. 1241–1248.

ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА (СОС) У БЕЛОМОРСКИХ МИДИЙ *MYTILUS EDULUS*, ОБИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СОЛЕННОСТИ И ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОГО РЕЖИМА

INDICATORS OF STATE OF OXIDATIVE STRESS (SOS) IN THE WHITE SEA MUSSELS *MYTILUS EDULIS* LIVING IN CONDITIONS OF DIFFERENT SALINITY AND TIDAL REGIME

Чуйко Г. М., Шаров А. Н., Юдин А. В.
Chuiko G. M., Sharov A. N., Yudin A. V.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская область; e-mail: gchuiko@ibiw.ru

Morphometric characteristics and indicators of oxidative stress were studied in three groups of the White Sea mussel (*Mytilus edulis* L.) from Kandalaksha Bay, living in different tidal regimes and salinity. The goal is to assess the adaptive capabilities of mollusks using morphometric and biochemical indicators. It has been established that mussels of the three groups differ in size, weight and growth characteristics. Mollusks living in the intertidal zone under low salinity conditions have lower levels of water-soluble proteins, which may be a consequence of decreased anabolic protein synthesis or higher tissue hydration. At the same time, their levels of lipid and protein peroxide modification products and the activity of antioxidant enzymes increase, which indicates an increased formation of reactive oxygen species and tension in the antioxidant defense system. The study shows that mollusks from this group are in worse living conditions and experience oxidative stress in comparison with other two groups.

Изучение адаптаций гидробионтов к условиям окружающей среды — одно из фундаментальных направлений водной экологии и гидробиологии. Биохимические процессы являются основой любых адаптаций организма к меняющимся условиям среды обитания. В их ряду находятся процессы, называемые состоянием оксидативного стресса (СОС), которое развивается в организме аэробов в ответ на воздействие абсолютного большинства внешних и внутренних факторов и которое может служить показателем адаптивной способности гидробионтов (Lushchak, 2011). Последнее время показатели СОС вызывают повышенный интерес экологов не только при изучении адаптаций организма к природным факторам, но и как биомаркеры антропогенного загрязнения окружающей среды (Manduzio et al., 2005; Buttner et al, 2010; Klimova et al, 2020).

Цель работы — оценить морфо-биохимическое состояние беломорских мидий, обитающих в условиях разных приливно-отливных и соленосных режимов.

Исследования проводились в сентябре 2023 г. на популяции беломорской мидии (*Mytilus edulis* L.) из Чупинской губы Кандалакшского залива в районе ББС «Картеш» Зоологического института РАН (60°20'14"с.ш., 33°38'54"в.д.). Моллюсков отбирали на станциях из трех локаций, различающихся по условиям их обитания. Группа мидий в губе Кривозерской (ст. 1. 66°20'14.8"с.ш., 33°38'54.8"в.д.) обитает на литорали на глубине до 1.5 м в устьевой зоне ручья, впадающего в губу, и подвергается периодическим колебаниям солености от 6 до 15‰ и обсушению в результате приливов и отливов. На о. Фетах (ст. 2; 66°20'3.8"с.ш., 33°39'1.7"в.д.) мидии обитают в прибрежной приливно-отливной зоне с постоянной соленостью 22–25‰ на глубине до 2 м и периодически подвергается полному обсушению. Мидии в губе Круглой (ст. 3. 66°20'15.5"с.ш., 33°38'10.8"в.д.) обитают в sublittoralной зоне на глубине 12–14 м при постоянной солености (22–25‰) и не подвергается обсушению. Моллюсков собирали во время отлива (ст. 1,2) или при подъеме искусственного субстрата с глубины (ст. 3). После отлова моллюсков в течение ≤1 ч в емкостях с морской водой доставляли в лабораторию и измеряли длину, высоту и ширину раковины, массы общую, мягких тканей и раковины. Затем у моллюсков извлекали жабры и помещали в сухой лед (-70 °С). В таких условиях их хранили до проведения биохимического анализа. На ст. 1 было отловлено 23 особи, а на ст. 2 и 3 — по 20 особей разного размера. Общая масса моллюсков и длина варьировались на разных станциях: 4.6–16.0 г и 39.8–66.4 на ст. 1, 6.9–20.8 г и 38.4–61.4 мм на ст. 2, 5.0–27.2 г и 41.8–66.9 мм на ст. 3.

Для биохимического анализа жабры гомогенизировали, центрифугировали и определяли следующие показатели СОС: содержание общего водорастворимого белка (ВРБ), малонового диальдегида (МДА), карбонильных групп (КГ), активность каталазы (КАТ), глутатионпероксидазы (ГП), глутатион-S-трансферазы (GST). Детально процедуры пробоподготовки и определения показателей описаны ранее (Klimova et al., 2017).

Установлено, что мидии из трех групп отличаются по размерно-массовым характеристикам. При одинаковой длине раковины наибольшую общую массу имеют моллюски на ст. 2, затем следуют особи со ст. 3 и далее особи со ст. 1. Моллюски на ст. 2 и 3 демонстрируют сходную зависимость прироста общей массы при увеличении длины раковины, в то время как у особей на ст. 1 прирост заметно меньше, что особенно заметно проявляется с возрастом.

Моллюски на ст. 1 относительно других групп имеют более низкий уровень ВРБ, что может быть результатом ухудшения анаболических процессов синтеза белка или более высокого обводнения тканей. При этом у них повышен уровень продуктов перекисной модификации липидов (МДА) и белков (КГ) и активность антиоксидантных ферментов (КАТ, ГП, GST), что свидетельствует об усиленном образовании активных форм кислорода и напряжении системы антиоксидантной защиты. Проведенное исследование показывает, что моллюски на ст. 1 находятся в худших условиях обитания и испытывают состояние окислительного стресса.

Работа выполнена в рамках плановой бюджетной темы № з/р 121050500046-8.

ЛИТЕРАТУРА

Buttemer W.A., Abele D., Costantini D. From bivalves to birds: oxidative stress and longevity // *Functional Ecology*. 2010. Vol. 24, No. 5. P. 971–983.

Klimova Y.S., Chuiko G.M., Gapeeva M.V., Pesnya D.S. The use of biomarkers of oxidative stress in zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) for chronic anthropogenic pollution assessment of the Rybinsk Reservoir // *Contemporary Problems of Ecology*. 2017. Vol. 10, No. 2. P. 178–183.

Klimova Y.S., Chuiko G.M., Pesnya D.S., Ivanova E.S. Biomarkers of Oxidative Stress in Freshwater Bivalve Mollusks (Review) // *Inland Water Biology*. 2020. Vol. 13, No. 4. P. 681–690.

Lushchak V.I. Adaptive response to oxidative stress: Bacteria, fungi, plants and animals // *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part C. 2011. Vol. 153. P. 175–190.

Manduzio H., Rocher B., Durand F., Galap C., Le Boulenger F. The point about oxidative stress in molluscs // *ISJ*. 2005. Vol. 2. P. 91–104.

ПОДЛЕДНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН И ЕГО ВЕСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ В СЕВЕРНЫХ ОЗЕРАХ
UNDER-ICE PHYTOPLANKTON AND SPRING PHYTOPLANKTON GROWTH
IN NORTHERN LAKES

Шаров А. Н.

Sharov A. N.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская область; e-mail: sharov@ibiw.ru

The purpose of the work was to study the structure and level of development of phytoplankton under ice and during the spring flowering period in northern oligotrophic lakes. Illumination in winter was low in the studied lakes, which is due to the presence of snow on the ice. The ice contains only algae frozen into it, which return to active life only after the ice melts. The spring peak of phytoplankton biomass is observed under the ice, when the cold-loving peridiniums (*Peridinium* spp.) dominate, the subdominants are *Aulacoseira islandica*, the cyanobacteria *Phormidium* sp. and small flagellated algae (cryptomonads). *A. islandica* reaches 6 mg/l and makes up about 80% of the total phytoplankton biomass in the spring in Onega Lake. The spring peak of biomass under ice in small lakes is 0.6–1.8 mg/l and which can exceed the summer peak in level and contribute to the formation of the overall productivity of northern lakes.

Потепление климата в северных регионах привело к уменьшению периода зимнего ледостава на озерах и увеличению продолжительности «биологического лета» (Филатов и др., 2012). Изменение климата и гумификация могут способствовать структурной перестройке сообществ фитопланктона и преобладанию специфических групп, в том числе, видов с миксотрофным типом питания и цианобактерий (Sharov, Denisov, 2021).

Сезонная сукцессия фитопланктона северных озер достаточно подробно изучена (Sharov, Denisov, 2021). Как правило, для нее характерны два пика его развития — в начале температурной стратификации и во время осеннего перемешивания. При этом считается, что зимой, в условиях низких температур и дефицита света, продуктивность фитопланктона близка к нулю (Ötlerler, 2017). Это устоявшееся мнение стало причиной того, что среди огромного числа работ, лишь немногие включали зимние наблюдения (Suarez et al., 2019). Одной из особенностей функционирования фитопланктона северных озер, является быстрое нарастание биомассы в период таяния льда. Поэтому изучение показателей фитопланктона подо льдом и при сходе льда приобретает особую актуальность.

Целью работы было определение структуры и уровня развития фитопланктона подо льдом и в период весенней вспышки при вскрытии северных олиготрофных озер. Освещенность в зимний период была низкой в изученных озерах, что связано с наличием снега на льду. При отсутствии снега свет проникает до глубины более 30 м, и стимулирует развитие фитопланктона и водорослевых матов на дне озер. Пресноводный лед монолитен, а развитая система пор и каналов возникает только весной, поэтому во льду присутствуют только вмержшие в него водоросли, которые возвращаются к активной жизни лишь после таяния льда. Зимний фитопланктон относительно беден, доминировали цианобактерии, диатомовые и криптофитовые водоросли. Развитие цианобактерий в темное время (зимой) связано с их способностью адаптироваться к низкой освещенности. Это происходит благодаря наличию особых пигментов — фикобилипротеинам (Oliver et al., 2000). Криптофитовые и динофитовые водоросли в подледном фитопланктоне получают преимущество перед автотрофами при низкой освещенности в силу способности к миксотрофии.

В водоемах Севера весенний период начинается в середине апреля и продолжается до установления термической стратификации в конце июня. Весенний пик биомассы фитопланктона наблюдается подо льдом, когда доминируют холоднолюбивые перидинии (*Peridinium* spp.), субдоминантами выступают *Aulacoseira islandica*, цианобактерии *Phormidium* sp. и мелкие жгутиковые водоросли (криptomonеды *Rhodomonas lacustris*, *Komma caudata*, *Cryptomonas* spp.). В Онежском озере весной доминирует *A. islandica*, достигая 6 мг/л и составляя около 80% общей биомассы фитопланктона. В небольших озерах весенний пик биомассы наблюдается подо льдом, составляет 0.6–1.8 мг/л и, как правило, выше, чем в другие сезоны. После освобождения водоема ото льда наблюдается снижение общей биомассы фитопланктона, хотя доминируют те же водоросли, что и подо льдом.

Наши результаты свидетельствуют, что динамика фитопланктона характеризуется ранневесенним пиком, который может по уровню превышать летний пик и вносить вклад в формирование общей продуктивности северных озер. Массовое развитие фитопланктона подо льдом вносит важный вклад в продуктивность северных озер.

ЛИТЕРАТУРА

Филатов Н.Н., Георгиев А.П., Ефремова Т.В., Назарова Л.Е., Пальшин Н.И., Руховец Л.А., Толстиков А.В., Шаров А.Н. Реакция озер Восточной Фенноскандии и Восточной Антарктиды на изменение климата // Доклады Академии наук. 2012. Т. 444. № 5. С. 554–557.

Österler B. Winter Phytoplankton Composition Occurring in a Temporarily Ice-Covered Lake: a Case Study // P. J. Environ. Stud. 2017. 26 (6): 2677–2688.

Oliver R., Ganf G. Freshwater Blooms. In: Whitton, B. and Potts, M., Eds. The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 2000. P. 149–194.

Sharov A., Denisov D. Algae of Lakes in the European North of Russia. In book “Lake Water: Properties and Uses (Case Studies of Hydrochemistry and Hydrobiology of Lakes in Northwest Russia)”, edited by Pokrovsky O.S., Bespalaya Y.V., Shirokova L.S., Vorobyeva T.Ya. Nova Science Publishers, New York. 2021. P. 153–190.

Suarez E.L., M-C Tiffay, N. Kalinkina, T. Chekryzheva, A. Sharov, E. Tekanova, M. Syarki, R. E. Zdorovenov, E. Makarova, E. Mantzouki, P. Venail, B.W. Ibelings. Diurnal variation in the convection-driven vertical distribution of phytoplankton under ice and after ice-off in the large Lake Onego (Russia) // Inland Waters. 2019. V. 9. No 2. P. 193–204.

ПЕРВЫЙ СЛУЧАЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM, 1792) В ОЗЕРАХ БАССЕЙНА РЕКИ ЕНИСЕЙ (ОЗЕРО ЮНЭ, СИСТЕМА РЕКИ ТАНАМА)

THE FIRST FINDING OF PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM, 1792) IN THE LAKES OF THE YENISEY RIVER BASIN (LAKE YUNE, TANAMA RIVER SYSTEM)

Яблоков Н. О., Криволицкий Д. А., Луневский И. В.
Yablokov N. O., Krivolutsky D. A., Lunevsky I. V.

Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»), Красноярск; e-mail: yablokov@niierv.vniro.ru

The paper presents information on the capture of mature pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) in Yune Lake (Tanama river system, Yenisei river basin) in August 2023. Information about the size-age characteristics and fecundity of caught fish is provided. The possibility of spawning and development of juvenile fish in the lake is analyzed.

Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) — анадромный вид, наиболее многочисленный представитель рода тихоокеанские лососи. Нативный ареал горбуши в пределах Евразии охватывает прибрежные воды Тихого и Северного Ледовитого океанов от р. Лены до о. Хоккайдо (Атлас..., 2002). С 1956 г. интродуцируется в реки бассейнов Баренцева и Белого морей. В настоящее время горбуша широко распространилась вдоль побережья Северного Ледовитого океана (Павлов и др., 2014; Богданов, Кижеватов, 2015). Начиная с 1963 г. половозрелые особи горбуши отмечаются в промысловых уловах в низовьях р. Енисей и его притоках — реках Танама и Убойная (Крупницкий, Устюгов, 1977). К началу 2000-х гг. отмечено нарастание численности горбуши в промысловых уловах, а также увеличение протяженности нерестовых миграций этого вида вверх по течению Енисея (Пресноводные рыбы..., 2016). Регулярные находки половозрелых особей горбуши в нерестовый период свидетельствуют о существовании в бассейне р. Енисей самовоспроизводящейся популяции, сведения о границах распространения и численности которой в настоящее время крайне ограничены. В то же время изучение эколого-биологических параметров горбуши в бассейне р. Енисей имеет большое значение, как с точки зрения её рыбохозяйственного использования, так и с позиций сохранения аборигенной ихтиофауны (прежде всего полупроходных сиговых).

В период с 20 по 29 августа 2023 г. в акватории озера Юнэ (70°11'44.90" с.ш., 81°26'57.75" в.д.) поймано 9 половозрелых экземпляров горбуши. Озеро Юнэ общей площадью 7.2 км² расположено в левобережной части р. Яра (бассейн р. Танама), в 8 км от устья. Отловленные особи горбуши характеризовались ярко выраженными признаками полового диморфизма (яркая окраска, нерестовый горб и вытянутая нижняя челюсть у самцов) и имели гонады 5-й стадии зрелости. Абсолютная длина тела рыб изменялась в диапазоне от 44.0 до 53.0 (средняя — 47.6) см, промысловая длина — от 40.4 до 48.1 (средняя — 43.1) см, масса — от 866 до 1396 (средняя — 1050) г. Средние размеры самцов — 48.6 см и 1083 г, самок — 45.6 см и 982 г. Возраст всех отловленных особей составлял 1+ лет. Соотношение самцов и самок в уловах близко к 2:1. Индивидуальная абсолютная плодовитость составляла от 1,37 до 1.62 (средняя — 1.5) тыс. икринок, индивидуальная относительная плодовитость — от 1.7 до 2.4 (средняя — 2.0) икринок на грамм массы. Пищевые компоненты в желудках рыб не зарегистрированы.

Начиная с конца 1960-х годов, в реке Танама в период нерестового хода регулярно отмечаются половозрелые особи горбуши (Крупницкий, Устюгов, 1977). Отдельные особи, по всей видимости, проникают в озерную систему Юнэ в ходе миграции в реки Яра и Танама, чему способствует крайне разветвленная система протоков в их приустьевых зонах. Продолжительность подледного периода в водоёмах Гыданского полуострова составляет более 240 суток, поэтому возможность успешной инкубации икры горбуши в оз. Юнэ маловероятна (Богданов, Кижеватов, 2015). Кроме того, малые глубины озера способствуют его частичному перемерзанию в зимний период и формированию локальных заморозов, что препятствует благополучному развитию личинок горбуши. Однако не исключена возможность успешного нереста горбуши в акватории озера в отдельные годы с теплой осенью и повышенной водностью.

В условиях наметившейся тенденции к расширению ареала горбуши в бассейне р. Енисей очевидна необходимость исследований особенностей нереста и естественного воспроизводства горбуши в системе р. Танама.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас пресноводных рыб России / под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука. 2002. Т. 1. 379 с.
- Богданов В.Д., Кижеватов Я.А. Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) — новый вид водных биологических ресурсов в Ямало-Ненецком автономном округе // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2015. № 3. С. 7–14.
- Крупницкий Ю.Г., Устюгов А.Ф. Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) в реках севера Красноярского края // Вопросы ихтиологии. 1977. Т. 17. № 2. С. 360–363.
- Павлов Д.С., Шарманкин В.А., Гарбаев Д.Д. Результаты акклиматизации дальневосточной горбуши в Европе и о стабилизации уловов // Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С. 85–88.
- Пресноводные рыбы Средней Сибири. Норильск: Апекс. 2016. 200 с.

СЕКЦИЯ 3.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТЕХНОСФЕРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ АРКТИКИ. НОВЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

SESSION 3.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL
PROTECTION AND TECHNOSPHERIC SAFETY
IN THE ARCTIC. NEW SOLUTIONS TO MINIMIZE
THE TECHNOGENIC IMPACT OF ENTERPRISES
MINING COMPLEX ON THE ENVIRONMENT

**ОСОБЕННОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЫЛЕНИЯ
НА ПРОСТРАНСТВЕННО-РАЗНЕСЕННЫХ УЧАСТКАХ ХВОСТОХРАНИЛИЩА
ПРИ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРА ФОНОВОЙ СТРАТИФИКАЦИИ И СКОРОСТИ ВЕТРА**
**FEATURES OF DUSTING INTENSITY IN SPATIALLY SPACED AREAS
OF THE TAILINGS DUMP WITH VARIATIONS IN THE PARAMETER
OF BACKGROUND STRATIFICATION AND WIND VELOCITY**

Амосов П. В.

Amosov P. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: p.amosov@ksc.ru*

The results of the analysis of calculated values of dusting intensities for two size intervals 0–10 μm (I interval) and 10–20 μm (II interval) on discrete spatially spaced twenty dusty sites are presented. A three-dimensional model of the region the “ANOF-2 tailing dump — Apatity city” was used. This model was developed on the basis of a non-specialized COMSOL code and supplemented with consideration of buoyancy and background stratification mechanisms.

The following values of the variable parameters of the model were used when performing numerical experiments using a proven technique: wind velocity of 5 and 11 m/s, background stratification parameter from -0.05 to +0.05 in increments of 0.01 $^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

It has been demonstrated that only at a wind velocity of 11 m/s, dust of both size intervals participates in the process of atmospheric pollution, at a wind velocity of 5 m/s, dust rise of the I interval is not predicted.

It is shown that there is no unambiguity in the behavior of the dust intensity function from the background stratification parameter: the dust intensity also depends on the spatial location of the sites and the terrain.

Представлены результаты анализа расчетных значений интенсивностей пыления для двух интервалов крупности 0–10 (I интервал) и 10–20 (II интервал) мкм на дискретных разнесенных в пространстве двадцати пылящих участков хвостохранилища АНОФ-2. Численные эксперименты выполнены на базе объемной модели площадки «хвостохранилища АНОФ-2 — г. Апатиты» (Амосов и др., 2022). Компьютерная модель разработана на базе неспециализированного кода COMSOL и дополнена на текущем этапе учетом механизмов плавучести и фоновой стратификации (Амосов, Бакланов, 2023).

При выполнении численных экспериментов по отработанной методике использованы следующие значения варьируемых параметров модели: скорость ветра 5 и 11 м/с, параметр фоновой стратификации от -0.05 до +0.05 с шагом 0.01 $^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

Для каждого участка пыления выполнено осреднение горизонтальной компоненты скорости на высоте +10 м над высотой пыления, рассчитаны значения динамической скорости и полного вертикального потока массы с использованием зависимости Westphal et al. и схемы DEAD, как функций 4-й и 3-й степени динамической скорости, соответственно. Определены поинтервальные пороговые скорости и интенсивности пыления.

Продемонстрировано, что лишь при скорости ветра 11 м/с пыль обоих интервалов крупности участвует в процессе загрязнения атмосферы, при скорости ветра 5 м/с подъем пыли I интервала не прогнозируется.

Показано, что при скорости ветра 5 м/с однозначности в зависимости функций интенсивности пыления от параметра фоновой стратификации нет. Функциональная зависимость определяется еще и пространственным расположением потенциальных участков пыления, а также рельефом местности. Есть группы участков с положительной производной функций, но есть участки с отрицательной производной и с производной близкой к нулю или знакопеременной.

Максимальный разброс в значениях графиков интенсивности пыления укладывается примерно в 8%. Таким образом, для принятых модельных условий эффект вариации параметра фоновой стратификации на величину по интервальной интенсивности пыления, а значит, и последующего уровня загрязнения атмосферы, не превысит указанной величины.

Показано, что усиление ветра до скорости 11 м/с, а значит, при практически полном подавлении термического фактора за счет энергии ветрового потока, имеем выход на линейные зависимости интенсивности пыления от параметра фоновой стратификации. Как и в ситуации со скоростью ветра 5 м/с имеем группы участков функции с положительной производной, группы участков с отрицательной и близкой к нулю производной.

Максимальный разброс в значениях графиков интенсивности пыления при скорости ветра 11 м/с укладывается примерно в 2%, а значит, эффект вариации параметра фоновой стратификации на величину поинтервальной интенсивности пыления, а значит, и последующего уровня загрязнения атмосферы, будет еще слабее — на уровне 2 %.

Представляется, что уменьшение величины максимального разброса в интенсивностях пыления с усилением скорости ветра обусловлено тем обстоятельством, что эффект термического фактора становится очень малым и энергия ветрового потока доминирует над тепловым фактором.

ЛИТЕРАТУРА

Амосов П.В., Бакланов А.А. Разработка модели аэротермодинамики атмосферы для исследования процессов пыления на хвостохранилищах с использованием программы COMSOL // Вестник МГТУ. 2023. Т. 26. № 1. С. 25–44. doi: 10.21443/1560-9278-2023-26-1-25-44

Амосов П.В., Бакланов А.А., Макаров Д.В., Маслобоев В.А. Численное моделирование загрязнения атмосферы в подходах случайного выбора дискретных участков пыления и поинтервального распределения размера пыли // Вестник МГТУ. 2022. Т. 25. № 1. С. 61–73. doi: 10.21443/1560-9278-2022-25-1-61-73

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЫЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ ЛЕСОПОЛОСЫ THE RESULTS OF NUMERICAL MODELING OF THE TECHNOGENIC FACILITIES DUSTING PROCESSES WHEN USING THE FOREST BELT CONSTRUCTION

Амосов П. В.¹, Бакланов А. А.², Калабин Г. В.³, Макаров Д. В.¹
Amosov P. V.¹, Baklanov A. A.², Kalabin G. V.³, Makarov D. V.¹

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: p.amosov@ksc.ru, d.makarov@ksc.ru

²Всемирная метеорологическая организация, Женева, Швейцария и Российский государственный
гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург; e-mail: aabaklanov@yahoo.com

³Институт проблем комплексного освоения недр им. Н.В. Мельникова РАН, Москва; e-mail: kalabin.g@gmail.com

A set of computer models of aerogas dynamics was developed to study the processes of both dust generation and dust transfer during the construction of structures in the form of impenetrable barriers on the windward side of a horizontal technogenic dusty surface (for example, a tailings dump), simulating the principles of a dense forest belt functioning. The models were created in COMSOL.

Aerodynamics modeling is implemented in the Incompressible Fluid approximation using the (k-ε) turbulence model. Dust transport modeling is based on the standard convective-diffusion transport equation taking into account dust settling rate.

The feasibility of using such artificial structures in order to reduce the atmospheric pollution both downward the wind flow and directly above the dusty surface was substantiated.

The greatest efficiency of processes for reducing dust formation and its transfer was achieved when using two and three barrier structures and was at least 90%.

The range of influence of engineering structures installed on a raised dusty surface like a dense forest belt was greater than the "theoretical" one for a horizontal surface.

На основе анализа подходов специалистов в области лесомелиорации ландшафтов в борьбе с ветровой эрозией, сформулирована задача по оценке эффективности конструкций плотной лесополосы (КПЛ), сооружаемых на пылящей техногенной поверхности со стороны набегающего ветрового потока. В качестве критерия эффективности принято относительное изменение уровня загрязнения атмосферы вниз по потоку для 3-х вариантов аналога конструкции плотной лесополосы по сравнению с «эталонным»: вариант I — отсутствие барьера; вариант II — один барьер высотой 0.5 м; вариант III — два барьера высотой 0.5 м и 1.0 м; вариант IV — три барьера высотой 0.5 м, 1.0 м и 1.5 м.

Разработан набор компьютерных моделей аэрогазодинамики для исследования процессов пыления и переноса пыли при возведении с наветренной стороны горизонтальной техногенной

пылящей поверхности (например, хвостохранилище) искусственных конструкций в виде непроницаемых барьеров, имитирующих принципы функционирования плотной лесополосы, с использованием программы COMSOL.

Моделирование аэродинамики реализовано в приближении несжимаемой жидкости с привлечением ($k-\varepsilon$)-модели турбулентности, а переноса пыли базируется на стандартном уравнении конвективно-диффузионного переноса с учетом скорости оседания.

Численные эксперименты выполнены по отработанному методическому подходу.

Выполнен цикл расчетов процессов пыления и переноса пыли размером 35 мкм для протяженности пылящей поверхности 300 м при указанных выше вариациях искусственных конструкций. Высота пылящей поверхности составляет +50 м, скорость ветрового потока принята равной 8 м/с на высоте +10 м над основанием модели. Для оценки вертикального потока массы (интенсивности пыления) использованы зависимость Westphal et al.

Подтверждена работоспособность разработанных компьютерных моделей аэрогазодинамики процессов пыления и переноса пыли.

Дальность влияния инженерных сооружений, обустраиваемых на приподнятой пылящей поверхности по типу плотной лесополосы, превышает «теоретическую» для горизонтальной поверхности: в варианте II высота барьера 0.5 м, а дальность влияния более 100 м, в варианте III максимальная высота барьера 1 м, а дальность влияния на уровне 150 м, в варианте IV максимальная высота барьера 1.5 м, а дальность влияния практически 200 м. Основная причина больших значений дальности влияния обусловлена тем, что ветровой поток попадает на КПЛ не перпендикулярно, а с учетом угла откоса пылящей поверхности.

Усложнение КПЛ (пошаговое количественное увеличение барьеров и их высоты) примерно с коэффициентом 3 приводит к уменьшению интенсивности пыления, что отражается на уровне загрязнения атмосферы вниз по ветровому потоку. Продемонстрирована положительная тенденция роста эффективности рассмотренных КПЛ на различных расстояниях от объекта пыления. Для вариантов III и IV расчетная эффективность КПЛ выше 90%. В цепочке вариантов конструкции лесополосы II–III–IV с ростом расстояния эффективность снижается. Причем для варианта II диапазон эффективности изменяется примерно на 5%, для варианта III менее 1.5%, а для вариант IV всего лишь около 0.5%.

Использование КПЛ кардинально меняет поведение функции пространственного распределения над поверхностью пыления: из возрастающей функции для варианта I применение КПЛ делает поведение кривых более сложным — заметный рост загрязнения непосредственно за барьерами и далее монотонный спад. Использование КПЛ изменяет размеры пространственных зон с уровнем загрязнения выше ПДК. При этом применение конструкции варианта IV обеспечивает снижение загрязнения атмосферы до безопасных уровней над всей пылящей поверхностью.

Поставленная и решенная задача может быть расширена исследованиями по оценке влияния на эффективность искусственных сооружений (по типу плотной лесополосы) таких технологических параметров как угол откоса пылящей поверхности и ее протяженности, а также природных факторов (скорость набегающего потока, стратификация атмосферы и др.).

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ СНИМКОВ ПОВЕРХНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА БАЗЕ RGB-МЕТОДИКИ

PRELIMINARY RESULTS OF PROCESSING DIGITAL IMAGES OF TECHNICAL LIQUIDS SURFACEBASED ON THE RGB-TECHNIQUE

Амосов П. В., Горячев А. А., Макаров Д. В.
Amosov P. V., Goriachev A. A., Makarov D. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: p.amosov@ksc.ru; andrej.goria4ev@yandex.ru; d.makarov@ksc.ru*

The exploratory works on the application of RGB-technique for processing digital images of the surface of liquids contaminated with impurities of both different nature and concentration are presented. The objective was to quantitatively describe digital indexes (brightness, saturation, shade, color, redness) depending on the level and nature of pollution.

A forecast was made for concentration values unknown at the time of photograph processing. For the color indexes SI and CI in the «index-concentration» axes, the following approximation functions were plotted: exponential and linear with certainty factor of 0.997 and 0.900, respectively. When describing experimental data through an exponential function, for the CI index we have a forecast error of 0.5%, while for the SI index — 5–11%. The transition to linear approximation functions, which speeds up both data processing and analysis, also led to an increase in the forecast error.

For diluted samples of the apatite-nepheline beneficiation plant wastewater and Saamka Riverwater (illumination conditions from 90 to 400 lux), averaged linear approximation functions were plotted for the color indexes SI and CI in the «index-concentration» axes, which are characterized by its slope of curve.

Традиционно концентрацию взвешенных веществ в водах и растворах определяют нефелометрическим, турбидиметрическим и гравиметрическим методами анализа. Такие виды анализа требуют проведения отбора проб воды, что не всегда осуществимо в реальных условиях. В ряде случаев, например — при аварийном сбросе сильнозагрязненных промышленных вод, требуется тщательный контроль за процессом их разбавления и снижения концентрации взвешенных веществ до впадения в природные водоемы. По этой причине актуален поиск способа дистанционного определения концентрации взвешенных веществ.

Целью данного исследования была разработка методика определения концентрации взвешенных веществ в сточных водах на основе цветовых индексов. Используя наработанный методический подход, авторы на базе RGB-методики обработки цифровых снимков поверхности жидкостей, загрязненных примесями различной природы с разной концентрацией, попробовали количественно описать цифровые индексы (яркости, насыщения, оттенка, окраски, покраснения) в зависимости от уровня загрязнения.

При операции осреднения RGB-показателей цифровых снимков использовалась программа К.А. Малодушева.

На 1-м этапе выполнен прогноз неизвестных на момент обработки фотоснимков значений концентрации. В условиях нормальной освещенности (около 300 лк) по 5 известным значениям концентрации (+2 измерения были неизвестны) для цветовых индексов SI и CI в осях «индекс — концентрация» построены функции аппроксимации: экспоненциальные и линейные с коэффициентами достоверности 0.997 и 0.900 соответственно.

Спрогнозированы два неизвестных значения концентрации: для экспоненциальной функции через индекс SI имеем 210.1 и 150.5 мг/л, а через индекс CI 235.8 и 158.8 мг/л; для линейной функции через индекс SI имеем 250.6 и 200.1 мг/л, а через индекс CI 267.3 и 208.2 мг/л.

Неизвестные экспериментальные значения концентрации составляли 237 и 158 мг/л, соответственно. Таким образом, через экспоненциальную функцию для индекса CI имеем погрешность на уровне 0.5%, а для индекса SI — 5–11%. Переход к линейным функциям аппроксимации, что ускоряет обработку и анализ данных, заметно увеличивает погрешность прогноза: для индексов CI и SI имеем 13–32% и 6–27% соответственно.

Представляется, что при использовании описанного подхода есть возможность достаточно аккуратно прогнозировать неизвестные значения концентрации через индекс CI.

На 2-м этапе исследовано влияние освещенности. Для проведения исследования отобраны образцы сточной воды апатит-нефелиновой фабрики с повышенной концентрацией взвешенных веществ. Из образца сточных вод с использованием дистиллированной воды подготовлены модельные растворы с заданной концентрацией. Во взвесах исходной воды методом РФА обнаружены следующие минеральные фазы: нефелин, мусковит, ортоклаз, микроклин, кварц, лопарит, титанит, натролит апатит.

Для двух диапазонов освещенности (300–335 лк) и (290–394 лк) и 7 значений концентрации для цветовых индексов SI и CI в осях «индекс — концентрация» построены линейные функции аппроксимации. Тангенс угла наклона графиков полученных функций (средние значения для индексов SI и CI равны 0.00033 и 0.00011, соответственно) меняется слабо от освещенности. Имеет место только смещение графиков вдоль вертикальной оси: с ростом освещенности графики располагаются ниже.

Похожая ситуация имеет место для третьей жидкости (река Саамка). Для диапазона освещенности 215–404 лк и 7 значений концентрации для цветовых индексов SI и CI построены линейные функции аппроксимации. Тангенс угла наклона графиков полученных функций меняется очень слабо от освещенности (средние значения для индексов SI и CI равны 0.00074 и 0.00023 соответственно). Имеет место смещение графиков вдоль вертикальной оси.

Исследования продолжаются.

**ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ
ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**STUDY OF THE SURFACE PROPERTIES OF MINERALS IN ORDER
TO ORGANIZE NATURE-SAVING TECHNOLOGIES AT PROCESSING PLANTS
IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Артемьев А. В., Митрофанова Г. В.
Artemev A. V., Mitrofanova G. V.

Горный Институт ФИЦ КНЦ РАН, Анапиты, Мурманская область; e-mail: a.artemev@ksc.ru

The evolution of the mining industry requires an active solution to the issues of improving environmental safety and reducing the negative environmental burden on the part of processing plants. The organization of intra-factory water circulation at concentrating plants, when waste and production drains are not sent to an external tailings dump, is an urgent environmental task. The return of even part of the water to the technological process after pre-treatment will significantly reduce the volume of contaminated water discharged into tailings ponds, which will reduce the negative effect on the environment. The most promising objects from the point of view of return to the process at processing plants are thickening and filtration operations products. In order to select an effective treatment regime for such products, the effect of polyacrylamide flocculants with minerals of phosphorus-containing ores was evaluated. It has been shown that anionic reagents interact more effectively with particles of apatite, nepheline and calcite.

Внедрение на обогатительных фабриках технологии частичного замкнутого водооборота за счет вовлечения в технологический процесс различных жидких отходов производства после их предварительной подготовки решает несколько экологических задач: уменьшает потребность предприятия в использовании чистой воды, а также снижает количество загрязненной воды, сбрасываемой в хвостохранилище (Witecki et al., 2022.). Однако, при быстром возврате обводненных отходов в технологический процесс, без отстаивания их в хвостохранилище, происходит накопление растворенных ионов, взвешенных частиц и реагентов, используемых в предшествующих операциях. При переработке апатитсодержащих руд взвешенные частицы в таких промышленных продуктах представляют собой, в основном, тонкие частицы апатита, нефелина или карбонатных минералов (например, кальцита). Очистка воды от взвешенных частиц минералов, подразумевает применение коагулянтов или флокулянтов. Более предпочтительным является использование органических флокулянтов, наиболее востребованными среди которых являются полиакриламидные реагенты.

Электроповерхностные свойства тонкодисперсных частиц минералов играют определяющую роль в процессах стабилизации или разрушения дисперсных систем. Известно, что состав и структура поверхностного слоя у дисперсных частиц может меняться в зависимости от вещественного состава дисперсной среды (Bonto et al., 2022.). Поверхность минералов гетерогенна и бифункциональна и несет на себе одновременно как кислотные, так и основные центры разной силы, количественное соотношение, которых позволяет говорить о знаке заряда поверхности и характеризует обменные процессы, протекающие между жидкой фазой и поверхностью. Для оценки и описания поверхностных свойств минералов, обуславливающих его взаимодействие с реагентами во флотационном процессе или в операциях сгущения, принято использовать значение и знак электрокинетического потенциала (ξ -потенциал). Анализ имеющихся литературных источников показывает большой разброс данных по величине ξ -потенциала минералов фосфорсодержащих руд. Например, для апатита точка нулевого заряда, в которой ξ -потенциал меняет знак на отрицательный, у разных авторов лежит в диапазоне рН от 1.0 до 8.7 (Fang et al., 2020). Однако стоит отметить, что в щелочной области рН ≥ 9.0 , соответствующей рН флотационной пульпы, поверхность апатита, нефелина и кальцита заряжена отрицательно и взаимодействие с ней катионных флокулянтов должно быть более эффективным.

С целью изучения механизма взаимодействия полиакриламидных флокулянтов различного типа с минеральной поверхностью была проведена оценка суспензионного эффекта — параметра,

характеризующего кислотно-основные свойства поверхности минерала. Проведенные исследования свойств апатита и кальцита методом измерения суспензионного эффекта (Митрофанова и др.) и анализ литературных данных показали, что применяемые в технологии обогащения реагенты и ионы, находящиеся в оборотной воде, оказывают существенное влияние на состояние поверхности минеральных частиц. Так, закрепление катионов металлов обуславливает уменьшение количества основных центров на поверхности, а адсорбция анионов минеральных кислот приводит к противоположному эффекту. Закрепление полимерной молекулы на минеральных частицах вероятно происходит за счет водородных связей между атомами кислорода и азота функциональных групп с ОН-группами на поверхности минералов. Также, как показали ранее выполненные работы (Артемьев, Митрофанова, 2020), в щелочной области рН молекулы ионизированного анионного реагента находятся в развернутом состоянии, что способствует образованию более крупных флокул и более быстрому выделению влаги из образующегося осадка.

Таким образом, за счет изучения поверхностных свойств минералов фосфорсодержащих руд, показана возможность эффективной очистки обводненных стоков обогатительной фабрики за счет использования анионных полиакриламидных флокулянтов и возврат таких стоков в технологический процесс. Внедрение технологии частичного замкнутого водооборота позволит значительно сократить объем загрязненных вод, сбрасываемых в настоящее время в хвостохранилище, что снизит экологическую нагрузку на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

Артемьев А.В., Митрофанова Г.В. Использование анионного флокулянта в процессе подготовки оборотной воды для флотации апатит-нефелиновых руд // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2020. Т. 23. № 2. С. 150–159. doi:10.21443/1560-9278-2020-23-2-150-159

Митрофанова Г.В., Черноусенко Е.В., Артемьев А.В., Поспелова Ю.П., Смирнова Н.А., Бармин И.С. Исследование свойств и действия полиэлектролитов при очистке сливов обогатительной фабрики // Записки Горного института. С. 1–8. EDN CVUHNQ <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/16049>

Bonto M., Eftekhari A.A., Nick H.M. Electrokinetic behavior of artificial and natural calcites: A review of experimental measurements and surface complexation models // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2022. Vol. 301. № 102600. doi:10.1016/j.cis.2022.102600

Fang Zhou, Qi Liu, Xu Liu et al. Surface Electrical Behaviors of Apatite, Dolomite, Quartz, and Phosphate Ore // *Frontiers in Materials*. 2020. Vol. 7. № 35. doi:10.3389/fmats.2020.00035

Witecki K., Polowczyk I., Kowalczyk P.B. Chemistry of wastewater circuits in mineral processing industry — A review // *Journal of Water Process Engineering*. 2022. Vol. 45. № 102509. doi:10.1016/j.jwpe.2021.102509

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА СОСТАВ ОБОРОТНЫХ ВОД

FEATURES OF THE MINERAL COMPOSITION OF APATITE-NEPHELINE ORES THAT AFFECT THE COMPOSITION OF CIRCULATING WATERS

Баева А. П., Митрофанова Г. В.

Baeva A. P., Mitrofanova G. V.

Горный институт ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область;

e-mail: baevaaleksandra093@gmail.com; g.mitrofanova@ksc.ru

Using the example of a number of samples of apatite-nepheline ore, differing in their mineral composition, an analysis of the liquid phase of the crushed pulp was carried out. It has been shown that for ore samples with a high proportion of hypergenically altered minerals in the liquid phase, the content of Fe_{total} and aluminum ions increases significantly. Moreover, iron is in the pulp in the form of fine particles of iron hydroxide. For ore samples from

hypergenesis zones, the sorption capacity for calcium was determined, indicating the amount of calcium ions in minerals capable of ion exchange. The enrichment of the liquid phase of the pulp with certain ions, due to the peculiarities of the mineral composition, has a negative impact on the flotation process and can lead to the accumulation of these ions in the circulating water over time.

Флотационный метод обогащения, используемый при переработке большинства типов руд, требует значительного количества воды. Обязательным условием работы современных обогатительных фабрик является замкнутый водооборот, при котором для ведения процесса используется оборотная вода из хвостохранилища. Как правило, состав оборотной воды предприятия варьируется незначительно в определенном диапазоне концентраций основных составляющих (Гершенкоп, Артемьев, 2014).

Известно, что ионы оборотной воды могут оказывать негативное влияние на технологический процесс. Так, при флотации апатит-нефелиновых руд отрицательно на флотацию влияют катионы поливалентных металлов, фосфат-, сульфат- и нитрат-ионы. Солевой состав оборотной воды определяется перечнем используемых в процессе реагентов, а также типом перерабатываемых руд, а именно их минеральным составом (Ruan et al., 2018).

Проводимые исследования показывают, что одной из возможных причин нарушения флотационного процесса при переработке труднообогатимых руд являются аномально высокие концентрации определенных ионов во флотационной пульпе. Причина этого заключается в растворении минералов руды и возможных ионообменных процессах. В частности, это проявляется при флотации апатит-нефелиновых руд из зон гипергенеза, характеризующихся наличием значительного количества вторично измененных минералов (Пеков и др., 2004; Попов, Абдрахманов, 2014).

Рассмотрим эти процессы на примере трех различных проб апатит-нефелиновой руды, отличающихся содержанием как основных минералов — апатита и нефелина, так и гипергенных минералов.

Пробы руды измельчали в условиях, аналогичных условиям флотационного опыта, с добавлением всех необходимых реагентов. Анализ жидкой фазы пульпы показал, что для руд с высокой долей гидрослюд характерна высокая концентрация ионов алюминия — 100–480 мг/л, при условии содержания в оборотной воде 7–8 мг/л Al^{3+} . Для руды с явными признаками вторичных изменений железосодержащих минералов в жидкой фазе пульпы наблюдается содержание $Fe_{общ}$ на уровне 70–220 мг/л (содержание железа в оборотной воде — 3 мг/л). Следует отметить, что железо находится в пульпе в виде тонкодисперсных коллоидных частиц гидроксида. Именно такие частицы оказывают депрессирующее действие на флотацию апатита, что приводит к снижению выхода апатитового концентрата.

Вызывает интерес повышенное содержание ионов кальция в пульпе для руды с более высоким содержанием слюд. Так, для одной из исследуемых проб с содержанием 17% слюды концентрация ионов кальция в жидкой фазе составила 52 мг/л, при наличии в оборотной воде 22 мг/л Ca^{2+} .

Также была проведена оценка содержания десорбированных катионов по известной методике при обработке руды 7.5%-ным раствором хлорида калия. При этих условиях из минералов в жидкую фазу переходят катионы кальция, способные к ионному обмену с ионами калия. Согласно полученным результатам большими значениями сорбционной емкости по кальцию характеризовались пробы руды с выраженными гипергенными изменениями. Рассчитанная сорбционная емкость проб руды по кальцию составила 0.013–0.025 мг-экв/л. Однаковая корреляции между особенностями минерального состава и данными по десорбции кальция не прослеживалось. Очевидно, для понимания этого вопроса необходим набор большего количества статистических данных.

При обработке руды раствором хлорида калия ни десорбции ионов алюминия и железа, ни растворения соответствующих минералов не наблюдалось.

Такие изменения в составе оборотной воды, обусловленные особенностями минерального состава руды, с одной стороны, оказывают несомненное влияние на процесс флотации. С другой стороны, вовлечение в переработку значительного количества таких руд со временем будет сказываться и на ионном составе оборотной воды, что может потребовать введение дополнительных очистных операций.

ЛИТЕРАТУРА

Гершенкоп А.Ш., Артемьев А.В. Влияние оборотной воды на флотацию апатито-нефелиновых руд и способы регулирования ее состава // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. № 2. С. 36–40.

Попов В.Г. Абдрахманов Р.Ф. Введение в обменно-адсорбционную концепцию формирования подземных вод: структура и ионообменные свойства глинистых минералов, кинетика процессов // Геологический сборник. 2014. № 11. С. 233–242.

Ruan Y., Zhang Z., Luo H., Xiao C., Zhou F., Chi R. Effects of Metal Ions on the Flotation of Apatite, Dolomite and Quartz // Minerals. 2018. Vol. 8. 141. <https://doi.org/10.3390/min8040141>

Пеков И.В., Турчкова А.Г., Ловская Е.В., Чуканов Н.В. Цеолиты щелочных массивов. М.: Эксмо. 2004. 168 с.

**О ПРИМЕНЕНИИ ТРУДНО РЕАЛИЗУЕМЫХ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ
В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**
**ON THE APPLICATION OF DIFFICULT TO REALIZE LANTHANUM
AND CERIUM IN WASTEWATER TREATMENT PROCESSES**

Беликов М. Л., Локшин Э. П.
Belikov M. L., Lokshin E. P.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: m.belikov@ksc.ru; lokshin.ep@gmail.com*

Possible ways of realization of light REE in the form of compounds suitable for purification of various types of waters from fluorine and phosphorus compounds are described.

В результате проведения анализа данных по мировым запасам, спросу и потреблению редких металлов, используемых при создании оборудования в различных секторах высоких технологий и альтернативной энергетики, эксперты пришли к выводу, что ряд редкоземельных металлов являются критическими, так как их потребление превышает или может превысить в ближайшее время объем их мировых поставок (Moss et al., 2013). К критическим элементам относят, например, празеодим, неодим, европий, тербий, диспрозий, иттрий.

При производстве и потреблении редкоземельных элементов (РЗЭ) существует структурный дисбаланс, что отмечалось ранее (Vinnemans et al., 2013). Минеральное сырье, содержащее РЗЭ, в большинстве крупных эксплуатируемых и перспективных месторождений содержит в своем составе высокие концентрации наиболее распространенных в природе легких элементов цериевой группы. Так, например, в сырье, добываемом крупными западными компаниями Molycorp (сейчас компания называется Neoperformance materials) и Lynas, доля легких РЗЭ составляет 98.6 и 94.7%. Отечественные сырьевые источники также не являются исключением (Локшин, Тареева, 2020). В лопарите доля легких РЗЭ превышает 95%, в монаците группа легких составляет 94%, в природном концентрате Томтора — 86%. Поэтому, извлекая из лопарита, допустим, 1 кг тербия, на рынок выводится еще 62.5 кг лантана и более 130 кг церия, применительно к концентрату Томтора эти цифры выглядят как 69.5 и 152 кг, которые не относятся к критическим и реализация которых является проблематичной (РУСРЕДМЕТ).

Таким образом, перед компаниями, добывающими и перерабатывающими сырье, содержащее РЗЭ, стоит вопрос поиска сфер использования большого количества легких РЗЭ. Например, компания Molycorp разработала и освоила производство соединений на основе лантана и церия для процессов водоподготовки промышленного и гражданского применения. Перед отечественными компаниями в условиях увеличивающегося интереса к РЗЭ-содержащему сырью, в частности, к элементам, являющимся критическими, вопрос реализации попутно получаемых легких РЗЭ также является крайне важным.

Авторы считают, что применение соединений на основе лантана и/или церия в качестве реагентов-осадителей в процессах водоочистки является перспективным направлением и может способствовать минимизации техногенного воздействия на окружающую среду. Ранее (Локшин, Беликов 2010)

было предложено использовать сульфатные соединения церия (III) и церия (IV) для очистки сточных вод, содержащих фторид-ионы и фторсодержащие неорганические примеси (SiF_6^{2-} , TiF_6^{2-} , FeF_6^{3-} , AlF_6^{3-}). При мольном отношении $\text{Ce:F}^- = 3.76$ концентрация фтора снижается с 10 мг/л до 0.5–1.5 мг/л, то есть достигаются нормы ПДК. Вторичное загрязнение очищенной воды компонентами используемых реагентов не превышает норм ПДК.

Соединения лантана и церия перспективны для очистки воды от фосфат-ионов до норм ПДК. Предварительные эксперименты показали, что при использовании соединений лантана в качестве реагентов-осадителей в процессе очистки воды, содержащей 60 мг/л PO_4^{3-} , при мольном отношении $\text{La:P} = 1.92$, удается извлечь 95 % фосфат-ионов. Соединения церия в качестве реагентов-осадителей в процессе очистки воды от PO_4^{3-} оказалось еще более эффективным, чем применение соединений лантана. При мольном отношении $\text{Ce:P} = 1.3$ достигнута высокая степень очистки воды, с 120 мг/л фосфат-ионов до 3 мг/л, то есть 97.5 % фосфат-ионов извлечено из очищаемой воды.

Таким образом, перспективным рынком сбыта легких РЗЭ является производство эффективных реагентов-осадителей для очистки воды от фтора и фосфора.

ЛИТЕРАТУРА

Локишин Э.П., Тареева О.А. Применение метода сорбционной конверсии для переработки фосфатного, фторидного, фтор-фосфатного природного и техногенного редкоземельного сырья / Апатиты. Изд-во ФИЦ КНЦ РАН. 2020. 80 с.

Патент № 2382738 РФ. МКИ7 С 02 F 1/58, 1/28, 101/14. Способ очистки сточных вод от фтора / Э.П. Локишин, М.Л. Беликов. Заявл. 24.11.2008. Опубл. 27.02.2010. Бюл. № 6.

РУСРЕДМЕТ. Выделение редкоземельных элементов из экстракционной фосфорной кислоты в контексте мировых проблем их производства и потребления. Режим доступа: <https://rusredmet.ru/f/vydelenie-redkozemelnyh-elementov-iz-ekstrakcionnoj-fosfornoj-kisloty-v-kontekste-mirovyh-problem-ih-proizvodstva-i-potreble.pdf?ysclid=logpe3rx3w105502467>.

Binnemans K., Jones P. T., van Acker K., et al. Rare-earth economics: the balance problem // J. of Metals 2013. V. 65. P. 846–848.

Moss R.L., Tzimas E., Willis P. Critical Metals in the Path towards the Decarbonisation of the EU Energy Sector. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2013. 242 p.

ЗЕЛЕННЫЕ ПРОЕКТЫ: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ В РОССИИ

GREEN PROJECTS: PECULIARITIES OF THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION IN RUSSIA

Волосатова А. А.

Volosatova A. A.

*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
Мытищи, Московская область; e-mail: A.Volosatova@eipc.center*

The article describes approaches to the development and implementation of green projects aimed at improving resource efficiency and environmental performance of the key industries based on Best Available Techniques (BAT). It is emphasised that in industry, green projects form a special category of the environmental and technological projects requirements to which are set by the Russian legislation. It is important that in the sectors regulated on the basis of BAT principles, requirements correspond with the national Reference Documents on Best Available Techniques and namely with BAT-associated resource efficiency and carbon intensity of technological processes and products. In the Arctic, most promising sectors for the development and implementation of green projects include pulp and paper production, energy generation, waste management and municipal wastewater treatment.

В контексте развития ресурсоэффективной, низкоуглеродной, социально и экологически ответственной (зеленой) экономики особую роль играют проекты эколого-технологической трансформации промышленности (www.unep.org/annualreport/2023). В различных регионах и странах мира разрабатываются специальные таксономии — классификации, в которых определяются приоритетные направления, отрасли, типы проектов (Гусева и др., 2022). Основные направления охватывают (1) сокращение выбросов парниковых газов и увеличение их поглощения; (2) адаптацию к изменению климата; (3) сохранение и восстановление биоразнообразия и экосистем; (4) формирование экономики замкнутого цикла; (5) предотвращение и контроль загрязнения (внедрение наилучших доступных технологий, НДТ); (6) устойчивое управление и охрану водных ресурсов (ISO 14030-3:2022...). Эти направления зеленых проектов отражают Цели устойчивого развития (ЦУР), связанные с борьбой с изменением климата (ЦУР 13), сохранением морских экосистем и экосистем суши (ЦУР 14 и 15), а также с индустриализацией (ЦУР 9) и ответственным производством (ЦУР 12).

В нашей стране действуют критерии проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 г.); фактически — это национальная таксономия. Особенностью российской таксономии является применение в качестве критериев положений информационно-технических справочников по НДТ для проектов, которые разрабатываются в областях применения НДТ — промышленности, энергетике, обращении с отходами, очистке коммунальных сточных вод. При этом в ряде отраслей могут быть выполнены именно зеленые проекты (в производстве стали, алюминия, в химической, целлюлозно-бумажной промышленности, в производстве цемента и стекла). Проекты, выполняемые в других отраслях (в добыче и переработке нефти и газа, в добыче угля и др.), отнесены к так называемым «адаптационным» (по сути, переходным проектам).

С 2019 г. в Арктическом регионе реализуются программы повышения экологической эффективности (ППЭЭ, проекты модернизации), направленные на достижение технологических показателей эмиссии загрязняющих веществ в таких отраслях, как целлюлозно-бумажное производство, очистка коммунальных сточных вод, а последнее время — в сфере энергетики. Сумма запланированных инвестиций уже достигла 330 млрд. руб. (~15% от инвестиций в ППЭЭ, запланированных в России).

«Классическими» можно считать ППЭЭ, на основании одобрения которых на национальном и международном уровнях их Перечня экологических «горячих точек» Баренцева Евро-Арктического региона были исключены Сыктывкарский лесопромышленный комплекс и Водоканал Петрозаводска.

В то же время, предприятия региона могут претендовать на получение мер государственной поддержки при выполнении проектов по внедрению НДТ, повышению ресурсной эффективности, сокращению выбросов парниковых газов. Опыт экспертной оценки проектов ППЭЭ и проведения конкурсного отбора проектов (Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 г.), процесс разработки и экспертной оценки проектов программ повышения экологической эффективности можно рассматривать в качестве модельного для подготовки к участию в отборах зеленых проектов.

ЛИТЕРАТУРА

UNEP Annual Report 2023: Keeping the Promise. Nairobi, 2023. URL: <https://www.unep.org/annualreport/2023>

Гусева Т.В., Волосатова А.А., Тихонова И.О. Направления совершенствования таксономии зеленых проектов для устойчивого развития промышленности // Известия Самарского научного центра РАН. 2022. № 5 (109). С. 28–35. DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-5-28-35

ISO 14030-3:2022. Environmental Performance Evaluation. Green Debt Instruments. Part 3: Taxonomy

Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 г. № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации»

ОЧИСТКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ

TREATMENT OF THE INDUSTRIAL WASTEWATERS BY ELECTROCOAGULATION TECHNIQUE

Горячев А. А.¹, Гусева А. Е.², Кудрявцева Л. П.¹, Светлов А. В.¹
Goriachev A. A.¹, Guseva A. E.², Kudryavtseva L. P.¹, Svetlov A. V.¹

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.goryachev@ksc.ru*

²*Апатитский филиал ФГАОУ ВО «Мурманский Арктический университет»; e-mail: office@mstu.edu.ru*

Contaminated wastewater was treated on a laboratory scale using the electrochemical coagulation method. Using a current of 6A and a process duration of four minutes, the total suspended solids concentration was reduced from 396.0 to 7.3 mg/l, the treating efficiency was 98.2%. In addition to suspended solids, a high degree of nitrate and phosphate ions treatment was achieved. A slight increase in the concentration of aluminum and iron ions in the treated water was noted. The electrochemical coagulation method seems to be promising for implementation at northern regions enterprises, which is due to the low dependence of the electrocoagulation main processes on water temperature compared to the reagent treatment method.

Характер воздействия горнопромышленного комплекса на состояние окружающей среды многогранен и включает в себя постоянную нагрузку на водные экосистемы вследствие сброса загрязненных вод. Помимо высокой концентрации загрязняющих веществ, особенностью данного вида воздействия является большой объем сточных вод, образующихся на горнопромышленных предприятиях. В связи с этим предприятия находятся в постоянном поиске способов усовершенствования существующих систем очистки сточных вод. Для обеспечения высокой степени очистки перспективны электрохимические методы очистки, в частности — электрохимическая коагуляция (Николаенко и Катышев, 2016; Светлов и др., 2019; Fikri et al., 2023).

Для проведения исследования были отобраны образцы сточных вод крупного горно-обогательного предприятия (годовой объем сточных вод превышает 130 млн. м³), концентрация взвешенных веществ в которых составила 396 мг/л. Лабораторные эксперименты выполняли по следующей схеме: в емкость из органического стекла помещали электроды, на которые осуществляли подачу напряжения с помощью источника питания постоянного тока MPS-3020 (Matrix Technology Inc, Китай), после чего подавали загрязненную воду объемом 1 л, варьируя силу тока от 1 до 9 А и время электрокоагуляции от 1 до 5 мин. После взаимодействия загрязненной воды с электродами емкость опорожняли и спустя 30 мин оттаивания производили измерение концентрации взвешенных веществ и значения pH. Рассмотрены несколько видов электродов — стальной (сталь марки Ст.3), алюминиевый, комбинированный. Концентрацию взвешенных веществ определяли с помощью портативного измерителя мутности HI98713-02 (Hanna Instruments Inc, Италия), значение pH — на иономере И-160 МИ (ООО «Измерительная техника», Москва). Определение концентрации ионов алюминия, железа, ионов аммония, нитрат-нитрит ионов, сульфат-иона и фосфат-иона было выполнено на базе ЦКП ИППЭС КНЦ РАН.

Наиболее эффективной очистки удалось добиться с помощью стального электрода. При силе тока 6А и взаимодействии в течение четырех минут концентрацию взвешенных веществ удалось снизить до 7.3 мг/л. При использовании алюминиевого и комбинированного электродов концентрацию взвешенных веществ до уровня менее 10 мг/л удавалось снизить лишь при силе тока 9А. С использованием стального электрода при силе тока 6А эффективность очистки от взвешенных веществ составляла 98.2%. Высокая эффективность очистки отмечена для нитрат-иона, его концентрацию удалось снизить с 0.83 мг/л до 0.07 мг/л, а также для фосфат-иона, концентрация которого была снижена с 0.357 до 0.013 мг/л. Это связано с тем, что ионы трехвалентного железа, необходимые для осаждения, в частности — фосфатов, выделяются в водную среду при растворении под действием электрического тока стальных анодов. Кроме того, при этом происходит образование хлопьев гидроксида железа, служащих сорбентом для образующегося мелкокристаллического осадка малорастворимых фосфатов.

Поэтому метод электрохимической коагуляции может быть перспективен, в первую очередь, для предприятий, сточные воды которых не характеризуются превышением нормативов по ионам железа. Шлам после осуществления процесса электрокоагуляции по минеральному составу был близок к минеральному составу исходных взвесей по содержанию основных фаз (апатит, нефелин, титанит, микроклин), отличался лишь повышением относительного содержания гидроксидов железа. Значение рН возрастало до 10.0 ед. при исходном 8.21 ед.

Авторы благодарят к.т.н. Красавцеву Е.А. за определение концентрации взвешенных веществ и Тимохина А.В. за помощь в проведении эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

Николаенко И.В., Катыйшев С.Ф. Электрокоагуляционная очистка сточных вод. Учебный электронный текстовый ресурс. 2016. 18 с.

Светлов А.В., Миненко В.Г., Самусев А.Л., Салахов Е.М. Очистка шахтных вод рудника «Северный» АО «Кольская ГМК» методом электрохимической коагуляции // Цветные металлы. 2019. № 11. С. 52–56.

Fikri E., Sulistiawan I. A., Riyanto A., Saputra A.E. Neutralization of Acidity (pH) and Reduction of Total Suspended Solids (TSS) by Solar-Powered Electrocoagulation System // Civil Engineering Journal. 2023. Vol. 9, No. 5. P. 1160–1172.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ ПЫЛЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД

STUDY OF THE LAWN VEGETATION UNDER THE APATITE-NEPHELINE ORE TAILINGS DUSTING

Горячев А. А.¹, Компанченко А. А.²
Goriachev A. A.¹, Kompanchenko A. A.²

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты,
Мурманская область; e-mail: a.goryachev@ksc.ru*
²*Геологический институт ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты,
Мурманская область; e-mail: a.kompanchenko@ksc.ru*

The research made an attempt to connect the dynamics of the lawn vegetation with the aerotechnogenic load from dusting the apatite-nepheline ores tailings dump. The research results of the lawn grass mixture vegetation with a predominance of perennial ryegrass *Lolium perenne* L., planted at different distances from the tailings dump (300, 3400, 6100, 8400 m) in the same composition soil are presented. During the research, the concentration of dust particles in the atmospheric air, as well as the root and above-ground biomass were measured. An increase in grass biomass was established with distance from the man-made object — at a distance of 300 m, the above-ground biomass was 2.2 g/dm², at a distance of 8400 m — 3.3 g/dm². Over a large area, tailings dump can affect the lawn grasses vegetation due to surface dusting and also, probably, due to the microclimate that forms near such objects.

На урбанизированных территориях Мурманской области зеленые пространства постоянно подвержены различным видам антропогенного воздействия, что, наряду с климатическими условиями, зачастую является основной причиной их неудовлетворительного состояния. Значительное число исследований по данной тематике проведено сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина Кольского научного центра РАН и Полярной опытной станции ВИР (Святковская и др., 2015, Святковская и др., 2017). Данное исследование направлено на выявление закономерностей развития газонных трав в зависимости от удаления от хвостохранилища апатит-нефелиновых руд, оказывающего аэротехногенную нагрузку на прилегающие экосистемы и здоровье населения г. Апатиты.

В ходе исследования производили измерение концентрации пылевых частиц ($PM_{2.5}$ и PM_{10}) в атмосферном воздухе города (ежедневно в дни без осадков) и отбор проб пыли с последующим изучением вещественного состава. Для исследования развития газонных трав была использована травосмесь следующего состава: райграс многолетний (*Lolium perenne* L.) — 45%, овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) — 25%, овсяница красная красная (*Festuca rubra* subsp. *rubra*) — 15%, овсяница красная жесткая (*Festuca rubra* subsp. *commutata*) — 10%, мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) — 5%. Газонную травосмесь высаживали на площадки (70×30 см) в почву одинакового состава в четырех точках на разном удалении от пляжа хвостохранилища апатит-нефелиновых руд: I — 300 м, II — 3400 м, III — 6100 м, IV — 8400 м. На площадках с растительностью также измеряли концентрацию пыли ($PM_{2.5}$ и PM_{10}) в приземном слое атмосферного воздуха (пять раз за месяц), контролируемым параметром развития растительности была биомасса корней и надземной части. Исследование проведено в летний период 2023 года.

В результате мониторинга пыления были выявлены следующие закономерности. Поверхностный сток и испарение способствуют быстрому высыханию поверхности пляжа, пыление возобновляется в интервале от несколько часов до 1–2 суток после выпадения осадков. На экспериментальных участках концентрация взвешенных веществ в точках I и II была схожей — 0.11 мг/м^3 , тогда как в точках III и III она была ниже и составила 0.09 мг/м^3 . В то же время, в черте города Апатиты отмечено несколько случаев превышения ПДК_{м.р.} — один в раз в июне и два раза в июле. Максимальная зафиксированная концентрация частиц $PM_{2.5}$ составила 0.28 мг/м^3 , частиц PM_{10} — 1.13 мг/м^3 . В процессе изучения минерального состава хвостов и атмосферной пыли было установлено, что минералом, указывающим на связь пылевого загрязнения воздуха с хвостохранилищем, может служить содалит $Na_4Si_3Al_3O_{12}Cl$, который является характерным для апатит-нефелиновых руд Хибинского массива и легко диагностируется по свечению оранжевым цветом в УФ-свете. В пробах атмосферной пыли содалит присутствовал в виде единичных зерен и малочисленных сростков с нефелином. Помимо хвостохранилища значительную нагрузку на атмосферный воздух оказывают транспорт и иные промышленные предприятия.

Показатель биомассы корневой и надземной части экспериментальных образцов изменялся прямо пропорционально расстоянию от поверхности пляжа хвостохранилища. Во всех случаях, кроме ближайшей к хвостохранилищу точки, биомасса корневой части была выше надземной. Наибольшее значение зафиксировано на удалении 8400 метров, где биомасса корневой части составила 3.5 г/дм^2 , надземной — 3.3 г/см^2 .

В ходе исследования было установлено, что хвостохранилище способно влиять на рост и развитие газонных трав. Учитывая совокупность факторов климата и постоянной техногенной нагрузки, целесообразно проведение исследования по подбору оптимального состава газонных травосмесей. Внимание должно быть сфокусировано не только на формировании густого травостоя, но и на способности задерживать минеральные пылевые частицы за счет различия в шероховатости листовой пластины. Это позволит выработать адаптированные рекомендации по оформлению городской среды для арктических городов, подверженных пылевой нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

Святковская Е.А., Гонтарь О.Б., Тростенюк Н.Н., Калашиникова И.В., Жиров В.К. Гарденотерапия как составная часть социальной адаптации и профориентации для обучающихся с интеллектуальными нарушениями // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2015. №. 3. С. 244–262.

Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н., Гонтарь О.Б., Салтан Н.В., Шлапак Е.П. Особенности создания скверов на урбанизированных территориях Кольского Севера на современном этапе // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира. 2017. С. 501–504.

**ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЖИГА С СУЛЬФАТОМ АММОНИЯ**
**PROCESSING OF TECHNOGENIC COPPER-NICKEL RAW MATERIALS BY LOW-
TEMPERATURE ROASTING WITH AMMONIUM SULPHATE**

Горячев А. А., Макаров Д. В.
Goriachev A. A., Makarov D. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.goryachev@ksc.ru*

The results of processing technogenic copper-nickel raw materials by low-temperature roasting in a mixture with ammonium sulfate and subsequent water leaching of non-ferrous metals are presented. Technogenic alluvial sands and Allarechensk technogenic deposit ore were the research objects. Maximum recovery of metals was achieved at a temperature of 400 °C for both objects. With a raw materials and ammonium sulfate ratio of 1:3, 73.2% of nickel and 71.6% of copper were recovered from technogenic sands with a size class of –100 microns. From the Allarechensk technogenic deposit, grinded to a particle size of — 40 microns, 91.5% of nickel and 94.8% of copper were recovered at a ratio of 1:7. It was noted that during low-temperature roasting of sulfide raw materials with ammonium sulfate, a gas phase is released, the composition of which indicates the possibility of regenerating ammonium sulfate.

Для расширения ресурсной базы горно-обогатительной отрасли промышленности и минимизации ущерба окружающей среде актуален поиск экономически и экологически обоснованного способа извлечения цветных металлов из труднообогатимых руд и техногенного сырья. Одним из путей, перспективных с эколого-экономической точки зрения, является низкотемпературный обжиг медно-никелевого сырья в смеси с сульфатом аммония. Проведенные ранее исследования позволили установить, что сульфиды и оксиды металлов способны реагировать с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ с образованием водорастворимых сульфатов (Juetal., 2023; Горячев и др. 2022). Целью данного исследования была оптимизация режима низкотемпературного обжига для эффективного извлечения цветных металлов из некондиционного техногенного сырья.

В качестве объектов исследования выбрано следующее техногенное сырье:

- аллювиальные техногенные пески месторождения р. Наледная (Норильский район, Красноярский край) с исходным содержанием никеля 0.32% и меди 0.22%,
- массивная руда Аллареченского техногенного месторождения (Мурманская область) с содержанием никеля 5.85% и меди 2.90%.

Оба объекта расположены в Арктической зоне РФ и представляют значительный интерес.

В ходе исследования отсеивали техногенные пески крупностью –100 мкм и смешивали с сульфатом аммония квалификации х.ч. Руду Аллареченского техногенного месторождения предварительно измельчали в шаровой мельнице ВМУ-100 (НТ Machinery Co., Ltd.) до различных классов крупности. Смесь сырья с сульфатом аммония в течение 240 минут обжигали в муфельной печи СНОЛ 3/11 (ООО «НПФ Термикс»), нагрев до заданной температуры составлял 60 минут. После обжига смесь охлаждали в течение 60 минут. Затем обожженную смесь выщелачивали в подогретой воде в течение 40 минут при постоянном перемешивании. В ходе эксперимента варьировали температуру обжига и соотношение сырья и сульфата аммония от 1:1 до 1:7.

В процессе обжига техногенных песков в смеси с сульфатом аммония были получены следующие результаты. Значительный рост извлечения никеля отмечен при температуре 300 °C и соотношении сырья и сульфата 1:5, в раствор при указанных параметрах извлечено 64.3% никеля. Максимальное извлечение металлов было достигнуто при температуре 400 °C и соотношении 1:3, извлечение никеля составило 73.2%, меди — 71.6%.

Извлечение металлов из руды Аллареченского ТМ при той же крупности –100 мкм было значительно ниже. Так, при данной крупности и соотношении 1:3 после обжига при температуре 400 °C в раствор в процессе водного выщелачивания было извлечено 39.5% никеля и 38.7% меди. Увеличение расхода сульфата аммония до соотношения 1:7 позволило извлечь в раствор в процессе выщелачивания 45.3% никеля и 42.4% меди. Целесообразным являлось более тонкое измельчение

сырья до крупности –40 мкм. При соотношении 1:7 и крупности –40 мкм подаваемой на обжиг смеси к концу эксперимента было извлечено 88.1% никеля и 87.2% меди. Для увеличения извлечения металлов было произведено совместное измельчение руды с сульфатом аммония. При соотношении руда: сульфат 1:7 и крупности подаваемой на обжиг смеси –40 мкм из руды к концу эксперимента было извлечено 91.5% никеля и 94.8% меди. Различия в извлечении металлов двух выбранных объектов объясняются наличием сростков сульфидных минералов с силикатами в руде Аллареченского техногенного месторождения, раскрытие которых требует тонкого измельчения.

Осуществление технологии низкотемпературного обжига приводит к образованию отходов различного агрегатного состояния. Состав отходящих газов (оксиды серы и азота, аммиак) в технологии низкотемпературного обжига с сульфатом аммония указывает на возможность их улавливания не только с целью снижения негативного воздействия на состояние окружающей среды, но также и для регенерации сульфата аммония. Затраты на очистку воздуха будут частично компенсированы за счет повторного использования реагента. Образующиеся после обжига и выщелачивания цветных металлов твердые отходы могут рассматриваться в качестве компонента строительных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

Горячев А.А., Беляевский А.Т., Макаров Д.В., Потанов С.С., Цветов Н.С. Переработка медно-никелевых руд посредством низкотемпературного обжига в смеси с сульфатом аммония // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2022. Т. 58. № 3. С. 447-455.

Ju J., Feng Y., Li H., Xu C., Xue Z., Wang B. Extraction of valuable metals from minerals and industrial solid wastes via the ammonium sulfate roasting process: A systematic review // Chemical Engineering Journal. 2023. V. 457. P. 141197.

ПЕРЕРАБОТКА ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД МЕТОДОМ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

PROCESSING OF TECHNOGENIC COPPER-NICKEL RAW MATERIALS BY LOW-TEMPERATURE ROASTING IN A MIXTURE WITH AMMONIUM SULPHATE PATHWAY

Горячев А. А.¹, Одинцова Е. А.²
Goriachev A. A.¹, Odintsova E. A.²

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.goryachev@ksc.ru*

²*Апатитский филиал ФГАОУ ВО «Мурманский Арктический университет»;
e-mail: ekaterina.odincova.01@mail.ru*

The results of a study of the material composition of the surface layer of the tailing dump of copper-nickel ores in the village of Afrikanda and heap leaching of granular tailings are presented. It was noted that changes occurred in the stale tailings surface layer during the exposure period — the fine fraction of the tailings formed areas with a clay-like structure, where sampling and subsequent analysis were difficult. This feature must be taken into account when choosing a processing technology. A scheme involving granulation of tailings using a 10% solution of sulfuric acid as a binder, irrigation of the granules with an oxidizing agent (nitrous acid), long-term storage at a temperature of -15 °C and heap leaching for 30 days at +20 °C, made it possible to recover 52.3% nickel and 47.8% copper.

Интерес к сульфидсодержащим отходам обогащения, помимо возможности извлечения цветных металлов, обусловлен необходимостью снижения нагрузки на окружающую среду, так как сульфиды цветных металлов и железа в процессе хранения отходов окисляются с образованием серной кислоты, тяжелые металлы при этом переходят в водорастворимые соли и мигрируют в прилегающие экосистемы (Макаров и др., 2007). Для переработки некондиционного сырья перспективным представляется метод кучного выщелачивания. Однако в случае хвостов обогащения возникает необходимость грануляции материала для повышения фильтрационных свойств штабеля. При этом

в сложных климатических условиях целесообразно оптимизировать технологический режим и производить грануляцию хвостов перед продолжительным периодом отрицательных температур, хранение штабеля в зимнее время и выщелачивание в теплый период года. Использование азотистых соединений в качестве окислителя может способствовать интенсификации извлечения цветных металлов на стадии последующего водного выщелачивания (Маркович и др., 2003).

Исследование проводили в два этапа. На первом этапе выполнено опробование поверхностного слоя законсервированного хвостохранилища п. Африканда на глубину 15 см от поверхности. В ходе опробования повторяли схему отбора проб исследований, проведенных в начале 2000-х Д.В. Макаровым (Макаров, 2006). Общее количество проб составило 61, у отобранных проб хвостов определяли гранулометрический состав на ситовом анализаторе. На втором этапе рассмотрена схема переработки хвостов методом кучного выщелачивания с их предварительной грануляцией. Хвосты гранулировали с использованием 10%-го раствора серной кислоты в качестве связующего, варьируя соотношение Т:Ж в диапазоне от 5:1 до 8:1. Полученные гранулы орошали окислителем — 0.5%-ым раствором серной кислоты (Т:Ж = 10:1), содержащим добавку NaNO_2 в количестве 2 г/л. После этого гранулы хранили течение 90 суток при $-15\text{ }^\circ\text{C}$, а затем моделировали кучное выщелачивание дистиллированной водой (15 сут.) и 2%-ым раствором H_2SO_4 (15 сут.) в лабораторных колонках (Т:Ж = 1:5) при температуре около $+20\text{ }^\circ\text{C}$.

При исследовании гранулометрического состава было установлено, что для некоторых проб его определение на ситовом анализаторе было невозможно из-за окомкования материала в крупные бесформенные глиноподобные агломераты. В некоторых точках, где два десятилетия назад производился отбор проб и гранулометрический анализ, в настоящее время пробоотбор и гранулометрический анализ затруднен. Этого говорит о том, что в процессе долговременного хранения произошла значительная дифференциация вещества по крупности — доля таких частиц на поверхности хвостохранилища увеличилась ближе к его центральной части, так как в процессе намыва хвостовой пульпы формировался наклонный рельеф. В настоящее время центральная часть хвостохранилища находится в затопленном состоянии. В тех пробах, которых удалось подвергнуть рассеву на анализаторе, преобладал класс крупности $-0.25+0.1\text{ мм}$.

В связи с указанными особенностями для проведения исследования по извлечению металлов методом кучного выщелачивания были использована лишь та часть хвостов, которая подвергалась рассеву на ситах с размером ячеек -1 мм (содержание Ni — 0.20%, Cu — 0.052%). Несмотря на то, что крупность частиц нехарактерна для хвостов обогащения медно-никелевых руд, содержание никеля по данным химического анализа в классе крупности $-1+0.1\text{ мм}$ было 0.20% и увеличивалось до 0.25 и 0.40% в классах $-0.1+0.05$ и -0.05 мм , соответственно.

В процессе моделирования кучного выщелачивания из гранул, приготовленных при соотношении Т:Ж 6:1, было извлечено 52.3% никеля, максимальное извлечение меди было достигнуто при соотношении 5:1 и составило 47.8%. Прочность полученных при использовании 10%-го раствора серной кислоты гранул была сравнительно невысока и составила 0.20 МПа, что накладывает ограничения на транспортировку такого материала и укладку его в кучу. По этой причине в настоящее время ведутся исследования по грануляции хвостов с использованием полимерных связующих.

Авторы выражают благодарность Тимохину А.В. за помощь в отборе проб, сотрудникам ЦКП ИППЭС КНЦ РАН за определение концентраций цветных металлов.

ЛИТЕРАТУРА

Макаров Д.В. Теоретическое и экспериментальное обоснование химических превращений сульфидов в техногенных отходах и изучение влияния продуктов окисления на технологические свойства, диссертация на соискание уч. степени докт. техн.наук. М.: ИПКОН РАН. 2006. 333 с.

Макаров Д.В., Мазухина С.И., Нестерова А.А., Нестеров Д.П., Маслобоев В.А. Экспериментальное исследование и термодинамическое моделирование гипергенных процессов в хвостах обогащения медно-никелевых руд // Минералогия техногенеза — 2007. Миасс: ИМин УрО РАН. 2007. С. 146–164.

Маркович Т.И., Павлюкова В.А., Энова Е.С., Птицын А.Б. К вопросу о механизме криогенного выветривания сульфидов в зоне окисления с участием кислородных соединений азота // Минералогия техногенеза — 2003. Миасс: ИМин УрО РАН. 2003. С. 109–121.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

USING OF GEOCHEMICAL BARRIERS FOR CONTAMINATED INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Горячев А. А.¹, Олейникова А. Н.², Кудрявцева Л. П.¹, Светлов А. В.¹
Goriachev A. A.¹, Oleinikova A. N.², Kudryavtseva L. P.¹, Svetlov A. V.¹

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.goryachev@ksc.ru*

²*Апатитский филиал ФГАОВ ВО «Мурманский Арктический университет»; e-mail: office@mstu.edu.ru*

Experiments on the treatment of industrial wastewater contaminated with suspended substances by the geochemical barrier method were carried out on a laboratory scale. Inert material was used as a filler for the barrier — crushed rock from the Tulpyavr quarry (Kola region) and carbonatite (Kovdor region). Using crushed stone with a particle size of $-1+0.5$ mm, it was possible to reduce the concentration of suspended solids from 396 to 125.3 mg/l, the treatment efficiency was 68.4%. When using a size class of $-0.5+0.1$ mm, the treatment efficiency was significantly higher — 88.0 and 97.6% for crushed rock and carbonatite, respectively. The low filtration rate (<0.01 cm/sec) of contaminated water through the barrier layer should be taken into account, which will impose restrictions on the annual volume of treated wastewater.

Одним из распространенных способов очистки промышленных сточных вод от взвешенных веществ является применение геохимических барьеров. Работа в данном направлении велась на базе Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН к.т.н. Ю.Л. Денисовой. В настоящее время исследования продолжают с акцентом на оценку эффективности очистки в зависимости от крупности, структуры и состава находящихся в сточных водах взвешенных веществ.

Для проведения исследования был выполнен отбор проб промышленных сточных вод с концентрацией взвешенных веществ 396 мг/л, концентрации других загрязнителей (мг/л): Al — 0.263, Fe — <0.011 , NH₄ — 0.213, NO₂ — 0.09, NO₃ — 19.5, SO₄ — 165, PO₄ — 0.292 (мгР/л). Для очистки воды от взвешенных веществ методом геохимического барьера использовали следующий материал — щебень из плотных горных пород карьера Тулпъявр (Мурманская обл., Кольский район) и карбонатит Ковдорского района. Материал был поделен на фракции: $-2+1$ мм, $-1+0.5$ мм, $-0.5+0.1$ мм. После отсева материал засыпали в пластиковые трубки диаметром 5 см. Высота слоя барьера составляла 50 см. В трубки подавали загрязненную воду объемом 1 л. Концентрацию взвешенных веществ в обработанной воде определяли с помощью портативного измерителя мутности HI98713-02 (Hanna Instruments Inc, Италия), определение концентрации ионов алюминия, железа, ионов аммония, нитрат-нитрит ионов, сульфат-иона и фосфат-иона было выполнено на базе ЦКП ИППЭС КНЦ РАН.

Использование щебня в качестве материала для наполнения геохимического барьера позволило снизить концентрацию следующим образом: фр. $-2+1$ мм — 203.6 мг/л, фр. $-1+0.5$ мм — 125.3 мг/л, фр. $-0.5+0.1$ мм — 47.4 мг/л, эффективность очистки составила 48.6, 68.4, 88.0%, соответственно. Использование карбонатита позволило добиться более высокой степени очистки только в классе $-0.5+0.1$ мм, концентрацию взвешенных веществ удалось снизить с 396 до 9.38 мг/л, при этом эффективность очистки составила 97.6%. Таким образом, использование щебня класса $-1+0.5$ мм позволило существенно снизить концентрацию, тогда как применение карбонатита было эффективно лишь при использовании тонкой фракции $-0.5+0.1$ мм, что также выразалось в невысокой скорости фильтрации (<0.01 см/сек).

Анализ изменения химического состава обработанной воды показал, что использование щебня может приводить к некоторому повышению концентрации железа и алюминия, поэтому данный материал может быть рекомендован для очистки на тех предприятиях, которые не сталкиваются с повышенными концентрациями этих металлов в сточных водах.

Вода после взаимодействия с геохимическим барьером на основе карбонатита ($-0.5+0.1$ мм) имела следующий состав (мг/л): Al — 0.054, Fe — <0.003 , NH₄ — 0.004, NO₂ — 0.076, NO₃ — 17.41, SO₄ — 148, PO₄ — 0.004 мгР/л. Частично на геохимическом барьере извлекались алюминий и железо.

Использование карбоната класса $-0.5+0.1$ мм может быть рекомендовано либо для предприятий со сравнительно небольшим объемом сточных вод, либо при условии организации системы сброса сточных вод с учетом низкой скорости фильтрации на барьере. Поиск инертных наполнителей для геохимического барьера по-прежнему представляет собой актуальную научно-практическую задачу, работа в этом направлении будет продолжена.

Авторы благодарят к.т.н. Е. А. Красавцеву за определение концентрации взвешенных веществ и А. В. Тимохина за помощь в проведении эксперимента.

МАРКЕРНЫЕ ВЕЩЕСТВА: ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ И В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ

MARKER PARAMETERS: APPLICATION IN THE ENVIRONMENTAL TECHNOLOGICAL REGULATION AND ASSESSMENT OF NATURAL ECOSYSTEMS

Гусева Т. В.¹, Молчанова Я. П.²
Guseva T. V.¹, Molchanova Ya. P.²

¹*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
Мытищи, Московская область; e-mail: tatiana.v.guseva@gmail.com*

²*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва*

The article describes approaches to selecting marker parameters (key environmental issues) for applying them in the environmental regulation based on Best Available Techniques (BAT). It is emphasised that marker substances are the most characteristic substances present in the environmental emissions. Sectoral Reference Documents on BAT (both in Russia and in the European Union) set lists of marker substances, for which BAT-associated emission levels are established. Marker substances are also included in the regional environmental monitoring programmes, but in specific biogeochemical provinces, it is rather difficult to evaluate the antropogenic load because of high background concentrations of substances being used (refined) in the technological processes. This is why it is logical to develop regional standards (like maximum permissible concentrations in waterbodies) to be used in the environmental regulation and environmental impact assessment.

В России понятие «маркерные вещества» (параметры) используется в эколого-технологическом нормировании на основе наилучших доступных технологий (НДТ) с 2015 г. (Наилучшие доступные технологии, 2017). За это время определение претерпело изменения; некоторые члены технических рабочих групп, обсуждая подходы к актуализации информационно-технических справочников по НДТ, настаивают на значительном расширении списков маркерных параметров и включении туда веществ, которые в прошлые годы попали в отчетность промышленных предприятий случайно или по ошибке (Петросян, Юрин, 2023).

К маркерным следует относить вещества, характеризующие применяемые технологии (часто — специфические вещества), вещества, наиболее значимые для оценки экологической и ресурсной эффективности производственных процессов. То есть, 1) маркерные вещества поступают в окружающую среду с эмиссиями в значительных количествах; 2) как правило, присутствуют в составе выбросов или сбросов постоянно; а также 3) их концентрации могут быть измерены в соответствии с требованиями обеспечения единства измерений (ГОСТ Р 56828.47–2019). К маркерным целесообразно относить параметры, измерить которые можно с использованием систем автоматического контроля.

В порядке обоснования включения веществ в список маркерных для конкретной отрасли принято использовать сочетание двух подходов: 1) экспертного выбора маркерных веществ и 2) расчета приведенной массы (показателя, учитывающего физическую массу веществ, а также их токсичность). При этом в окончательный список включают вещества, суммарный вклад которых в приведенную массу эмиссий достигает 85%, а вклад каждого из веществ не ниже 10% (ГОСТ Р 56828.47–2019).

В ряде случаев маркерные вещества можно использовать для оценки состояния экосистем, а точнее — оценки изменений, произошедших в этих системах под воздействием производства. Наиболее известный пример — накопление тяжелых металлов, которые часто относят к маркерным веществам, во мхах. Публикации, посвященные этой тематике, в течение многих лет выпускали российские ученые (например, Vasilevich et al., 2019). Однако при оценке содержания металлов, характерных как для конкретных биогеохимических провинций, так и для расположенных в их пределах производств, необходимо принимать во внимание относительно высокие природные фоновые концентрации веществ, отнесенных к маркерным (Гусева, Молчанова, 2001).

Таким образом, в контексте развития эколого-технологического нормирования и оценки состояния природных систем в условиях антропогенной нагрузки целесообразно учитывать региональные (бассейновые) особенности состояния экосистем, в том числе, особенности состава природных вод, донных отложений, почв. Одним из подходов может стать разработка региональных предельно допустимых концентраций для веществ, которыми богаты те или иные биогеохимические провинции.

ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ Р 56828.47-2019. Наилучшие доступные технологии. Производство цемента. Выбор маркерных показателей для выбросов в атмосферу от промышленных источников.

Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Веницианов Е.В. Маркерные показатели в оценке состояния водных объектов при малой антропогенной нагрузке (на примере р. Пры) // Водные ресурсы. 2001. Т. 28. № 4. С. 342–349.

Наилучшие доступные технологии. Определение маркерных веществ в различных отраслях промышленности. М.: Перо. 2017. 220 с.

Петросян В.С., Юрин М.Н. Чудеса химии // Зеленый туман. М.: Деловой экспресс. 2023. С. 48–61.

Vasilevich M.I., Vasilevich R.S. Features of Heavy Metal Accumulation by Epiphytic Lichens in Background Areas of the Taiga Zone in the European Northwest of Russia // Russian Journal of Ecology. 2019. Vol. 49. P. 14–20. doi:10.1134/S1067413618010137

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФЕЛИНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ГИПЕРГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ РУД ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF PRODUCING NEPHELINE CONCENTRATE FROM HYPERGENE-ALTERED ORES

Евстигнеева Д. М., Митрофанова Г. В.

Evstigneeva D. M., Mitrofanova G. V.

Горный Институт ФИЦ КНЦ РАН, Анатиты, Мурманская область; e-mail: kirovsk_darua@mail.ru

On the example of a sample of hard-to-enrich hypergene-altered apatite-nepheline ore containing 11.7% of nepheline and 20.6% of hypergene minerals the possibility of obtaining a conditioned nepheline concentrate is shown. The quality of nepheline concentrate obtained by reverse flotation using traditional reagent regimes — alkylhydroxamic acids and a mixture of tall oil did not exceed 22–24% Al_2O_3 . Along with nepheline it contained a large amount of feldspar, mica, clay minerals and zeolites. The use of cationic collectors from the class of mono and diamine esters in direct nepheline flotation allowed selective separation of aluminum-bearing minerals. As a result, a nepheline concentrate containing 30.5% Al_2O_3 was obtained with nepheline recovery of 39.9%.

Комплексная переработка минерального сырья с получением максимально возможного перечня продуктов является современной задачей для горноперерабатывающих предприятий. Основная продукция при обогащении апатит-нефелиновых руд месторождений Кольского полуострова — апатитовый концентрат, необходимый для получения фосфорных удобрений (Митрофанова и др., 2022.). Однако,

эти руды обладают большим ресурсным потенциалом для получения алюминийсодержащего сырья. Извлечение нефелина в полном объеме решает сразу несколько проблем: снижение образования техногенных отходов, рациональное использование сырьевых ресурсов; снижение себестоимости производства алюминия за счет распределения производственных затрат на все продукты комплексной переработки (Сентемова, 2009). Нефелиновый концентрат получают флотационным способом из хвостов апатитовой флотации. Эффективность флотационного метода зависит от многих факторов: минералогического состава; вкрапленности минералов; температуры; используемых реагентов и других (Чантурия и др., 2018). Снижение содержания полезного компонента и переменный состав руд осложняют получение качественного концентрата, необходимого для производства глинозема.

На примере пробы труднообогатимой апатит-нефелиновой руды проведена оценка возможности получения качественного нефелинового концентрата. Исследуемая руда характеризовалась содержанием апатита — 24%, нефелина — 11.7%, полевого шпата — 21%, гипергенных минералов — 20.6%. Для сравнения была рассмотрена также рядовая апатит-нефелиновая руда с содержанием 40% апатита, 40% нефелина, 3.1% полевого шпата. Традиционно для флотации темноцветных минералов при обратной флотации нефелина используется смесь талловых масел. Этот реагентный режим обеспечивает получение нефелинового концентрата требуемого качества из рядовых апатит-нефелиновых руд, но при этом наблюдаются значительные потери нефелина с пенным продуктом. Реагентом, проявляющим большую селективность разделения минеральных комплексов является ИМ-50, представляющий собой смесь алкилкарбоновых и алкигидроксамовых кислот состава C_7-C_9 .

Опробование этих двух реагентных режимов при обратной флотации нефелина из гипергенно-измененной руды показало, что содержание оксида алюминия в концентрате не превышает 23–24% для режима с талловыми маслами, а в случае использования реагента ИМ-50 руды всего 21–22% Al_2O_3 . В то время как при флотации в тех же режимах рядовой руды содержание Al_2O_3 в концентрате составило 30–31%. Рентгенофазовый анализ продуктов обогащения показал, что в нефелиновом концентрате, полученном из гипергенно-измененной руды содержится большое количество других алюмосиликатных минералов, в том числе цеолиты, глинистые минералы, слюды. Т.е. не наблюдается какого-либо селективного разделения алюминийсодержащих минералов.

Ввиду этого была проведена оценка эффективности прямой флотации нефелина из камерного продукта, полученного после обратной флотации. Были испытаны два реагента из класса катионоактивных собирателей — алкокиэфир моноамина и алкиловый эфир диамина (Чантурия и др., 2018). В результате при использовании обоих реагентов был получен нефелиновый концентрат с содержанием 29.4–30.5% Al_2O_3 . Рентгенофазовый анализ продуктов прямой нефелиновой флотации показал, что концентрат на 82% он состоит из нефелина. Полевой шпат, глинистые минералы, слюды и цеолиты в основном остаются в камерном продукте.

Таким образом, из гипергенно измененной апатит-нефелиновой руды был получен кондиционный нефелиновый концентрат с содержанием нефелина 82% (30.5% Al_2O_3) при извлечении нефелина в него 39.9%.

ЛИТЕРАТУРА

Митрофанова Г.В., Марчевская В.В., Перункова Т.Н. Совершенствование режимов нефелиновой флотации из складированных отходов обогащения апатитнефелиновых руд хибинских месторождений // Цветные металлы. 2022. № 8. С. 8–14. doi:10.17580/tsm.2022.08.01

Сентемова В.А. Использование катионной флотации для получения высококачественных нефелиновых концентратов из апатит-нефелиновых руд с повышенным содержанием полевых шпатов // Обогащение руд. 2009. № 5. С. 11–14.

Из сборника: Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья Чантурия Е.Л., Исмагилов Р.И., Шехирев Д.В., Рахимов Х.К. Экспериментальная оценка эффективности на катионных собирателях при обратной флотации надрешетного продукта тонкого грохочения рядового магнетитового концентрата Михайловского ГОКа имени А. В. Варичева // Плаксинские чтения. 2018. С. 251–254.

ГЕОПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛОТХОДОВ ТЭЦ: ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СЫРЬЯ И УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

GEOPOLYMERS BASED ON FLY ASH FROM THERMAL POWER PLANTS: INFLUENCE OF RAW MATERIAL COMPOSITION AND SYNTHESIS CONDITIONS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

Калинкин А. М., Калинкина Е. В., Кругляк Е. А., Иванова А. Г.
Kalinkin A. M., Kalinkina E. V., Kruglyak E. A., Ivanova A. G.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.kalinkin@ksc.ru

In recent years, intensive research has been conducted on the use of fly ash (FA) from thermal power plants for the synthesis of geopolymer materials. One of the problems preventing large-scale production of geopolymers is the instability of composition and properties of FA from combustion of different types of coal. Using methods of X-ray phase analysis, IR spectroscopy, scanning electron spectroscopy, etc. the characteristics of geopolymers synthesized on the basis of 5 FA with different compositions were studied. To increase the reactivity of the FA, their mechanical activation (MA) in a planetary mill was used. The influence of the duration of MA, type of alkaline agent (NaOH solution or liquid glass), curing conditions (normal and using heat treatment) on geopolymers strength was considered. It is shown that the use of MA of FA in combination with the choice of alkaline agent can be one of the promising directions for solving the above problem.

Предприятия угольного энергетического сектора в РФ ежегодно вырабатывают 22 млн. тонн золошлаковых отходов, в мире эта величина превышает 800 млн т. В России объем твердых отходов угольных ТЭЦ, которые занимают значительные территории и являются источником загрязнения воздушного и водного бассейнов, оценивается в 1.5–2 млрд т. Одним из перспективных направлений утилизации зол и шлаков является их применение в производстве строительных материалов (Gollakota, 2019). Например, добавление зол к портландцементу позволяет снизить его содержание в бетонах. Вместе с тем, у нас в стране утилизируется не более 10% производимых зол и шлаков, поэтому актуальным является поиск новых путей их применения.

В последние годы ведутся интенсивные исследования в направлении использования золы для синтеза геополимерных материалов. Геополимеры или щелочные цементы получают при взаимодействии природного и техногенного алюмосиликатного сырья, такого как золы ТЭЦ, со щелочным агентом — раствором гидроксида натрия или жидким стеклом. Эти материалы имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными цементами. Они обладают высокой прочностью, химической стойкостью и огнестойкостью. Геополимеры также являются экологически более безопасными, так как не требуют высокотемпературного обжига, что снижает выбросы парниковых газов (Davidovits, 2017; Provis, 2018). Одной из наиболее важных проблем, препятствующих крупномасштабному производству геополимеров, является нестабильность состава и свойств зол от сжигания различных видов твердого топлива, даже в пределах отвалов одной ТЭЦ. Это препятствует внедрению геополимерных бетонов в строительную отрасль, так как взаимосвязь между параметрами сырьевой смеси и получаемым материалом не так легко предсказуема, как в случае с системами на основе портландцемента. В результате требуются обширные лабораторные испытания перед использованием конкретной сырьевой геополимерной композиции и постоянного контроля качества на протяжении всего производственного цикла. В данной работе показано, что применение механоактивации (МА) зол в сочетании с выбором щелочного агента может стать одним из перспективных направлений решения указанной проблемы.

С использованием методов рентгенофазового анализа, ИК спектроскопии, измерения удельной поверхности, сканирующей электронной спектроскопии и др. изучены характеристики геополимеров, синтезированных на основе 5 низкокальциевых зол Апатитской ТЭЦ с разным химическим и минеральным составами. Для повышения реакционной способности зол применялась их предварительная МА в центробежно-планетарной мельнице. Рассмотрено влияние следующих факторов на прочность геополимеров — продолжительность МА, вид щелочного агента (раствор щелочи или жидкое стекло), условия твердения (нормальные и с применением тепловлажностной обработки).

При использовании в качестве щелочного агента жидкого стекла по сравнению с раствором NaOH прочность геополимеров заметно выше, и она менее чувствительна к химическому составу золы и способу ее отбора. Это связано с присутствием в щелочном агенте (жидкое стекло) кремния

в растворенном виде, необходимого для формирования геополимерного геля, что особенно важно для высокожелезистых зол, характеризующихся дефицитом активного Si. В частности, прочность при сжатии всех геополимеров на основе зол, механоактивированных 180 с, синтезированных с применением жидкого стекла, после 28 сут твердения во влажных составляет 25-45 МПа. Для аналогичных геополимеров, полученных при использовании раствора гидроксида натрия, прочность находится в пределах 2–12 МПа. Применение тепловлажностной обработки по сравнению с нормальным твердением ощутимо повышает раннюю прочность образцов (7 сут твердения), что в большей степени характерно для геополимеров, синтезированных с применением щелочи. С увеличением времени твердения прочности в целом выравниваются.

ЛИТЕРАТУРА

- Gollakota A.R.K., Volli V., Shu C.-M.* Progressive utilization prospects of coal fly ash: A review // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 672. P. 951–989.
- Davidovits J.* Geopolymers: ceramic-like inorganic polymers // *J. Ceram. Sci. Technol.* 2017. Vol. 8. P. 335–349.
- Provis J.L.* Alkali-activated materials // *Cem. Concr. Res.* 2018. Vol. 114. P. 40–48.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВСЛЕДСТВИЕ ПЫЛЕНИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЗАБРОШЕННОГО РУДНИКА ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION DUE TO DUSTING WASTE ENRICHMENT OF AN ABANDONED MINE

Красавцева Е. А.^{1,2}, Поторочин Е. О.¹, Максимова В. В.^{1,2},
Макаров Д. В.¹, Лазарева Н. М.³, Шилиев И. И.⁴
Krasavtseva E. A.^{1,2}, Potorochin E. O.¹, Maksimova V. V.^{1,2},
Makarov D. V.¹, Lazareva N. M.³, Shilyaev I. I.⁴

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: pnoolr51@yandex.ru

²Центр наноматериаловедения ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: e.krasavtseva@ksc.ru

³Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург

⁴Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск

The paper presents the results of an assessment of atmospheric air pollution due to dusting of enrichment waste from the abandoned Umbozero mine. Samples of the surface layer of loparite ore enrichment tailings were collected and studied. Based on the results of determining the moisture content of the samples, potentially dusty areas were identified. In the unified program for calculating air pollution Ecolog-4.60, dispersion schemes for inorganic dust containing 20–70% SiO₂ were constructed for different meteorological scenarios. Calculation of dust dispersion showed that the atmochemical halo of dust pollution from the tailings pond, despite the rather long period of absence of fresh tailings being deposited, spreads over several kilometers. Under unfavorable weather conditions, dust can reach the boundaries of holiday villages located on the shores of Lake Umbozero and exceed the maximum one-time maximum permissible concentration several times.

Развитие горнодобывающей промышленности неизбежно оказывает негативное воздействие на окружающую среду (Loredo et al., 2006; Lilic et al., 2018). Источниками загрязнения почв, атмосферного воздуха и водных объектов могут являться как действующие предприятия, так и заброшенные рудники и хвостохранилища. Ранее нами было проведено моделирование химического ореола миграции пылевых загрязнений хвостохранилищ лопаритовых руд (Krasavtseva et al., 2021). Целью настоящей работы является проведение оценки загрязнения атмосферного воздуха вследствие пыления отходов обогащения выведенного из эксплуатации рудника «Умбозеро».

Были отобраны и изучены пробы поверхностного слоя хвостохранилища заброшенной обогатительной фабрики в Мурманской области. Определены инженерно-геологические характеристики и вещественный состав отходов. Установлено, что исследуемые отходы относятся к мелким и среднезернистым пескам, преобладающие фракции -0.25+0.1 и -0.5+0.25 мм. В минеральном составе отходов преобладают нефелин, микроклин и альбит.

В качестве потенциально пылящих были выбраны участки с влажностью менее 10%.

Максимальный разовый выброс пыли рассчитывали с помощью программы «Горные работы», версия 1.30.11 от 10.08.2019. Для графического отображения закономерностей миграции атмосферного ореола пылевых частиц был произведен расчет рассеяния неорганической пыли, содержащей 20–70% SiO₂ и размером частиц менее 100 мкм, в приземном слое атмосферы, с использованием унифицированных методик и программного обеспечения (УПРЗА «Эколог» версия 4.60).

Расчет проводился для различных метеорологических условий:

- малая ветровая нагрузка (скорость ветра < 5 м/с);
- нормальные метеорологические условия (скорость ветра < 8 м/с);
- неблагоприятные метеорологические условия (скорость ветра > 10 м/с).

Расчет рассеивания неорганической пыли, содержащей 20–70% SiO₂, в приземной атмосфере показал, что атмосферный ореол пылевого загрязнения от хвостохранилища, несмотря на достаточно длительный срок отсутствия намыва свежих хвостов, распространяется на несколько километров. При неблагоприятных метеорологических условиях — при скорости ветра 10 м/с и более — пыление может достигать границ дачных поселков, расположенных на берегу озера Умбозеро, и превышать максимальную разовую предельно-допустимую концентрацию в несколько раз.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что пыление с поверхности хвостохранилища лопаритовых руд вносит значительный вклад в загрязнение как атмосферного воздуха, так и окружающей среды в целом. Стоит отметить необходимость верификации расчетных данных согласно химическому анализу проб грунтов в районе исследования.

Специфика складированных отходов обогащения предполагает загрязнение сопредельных экосистем редкоземельными элементами, которые в последнее время рассматривают как новые загрязняющие вещества. В этой связи целью дальнейших исследований является отбор проб грунтов, растений, поверхностных вод и донных отложений близлежащего озера Умбозеро для геоэкологической оценки загрязнения экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

- Krasavtseva E., Maksimova V., Makarov D., Potorochin E.* Modelling of the Chemical Halo of Dust Pollution Migration in Loparite Ore Tailings Storage Facilities // *Minerals*. 2021. Vol. 11. P. 1077.
- Lilic N., Cvjetic A., Knezevic D., Milisavljevic V., Pantelic U.* Dust and noise environmental impact assessment and control in Serbian mining practice // *Minerals*. 2018. Vol. 8. P. 34.
- Loredo J., Soto J., Álvarez R., Ordóñez A.* Atmospheric Monitoring at Abandoned Mercury Mine Sites in Asturias (NW Spain) // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2006. Vol. 130(1-3). P. 201–214.

ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСЕЙ МАГНЕЗИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТОГО ШЛАКА И ЗОЛЫ-УНОСА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩИХ ЩЕЛОЧНОЙ АКТИВАЦИИ

APPLICATION OF MIXTURES OF MAGNESIA-FERRIFEROUS SLAG AND FLY ASH TO PREPARE ALKALI ACTIVATED BINDERS

Кругляк Е. А., Калинкина Е. В., Иванова А. Г., Калинин А. М.
Kruglyak E. A., Kalinkina E. V., Ivanova A. G., Kalinkin A. M.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: e.krugliak@ksc.ru

In this work, the characteristics of alkali activated binders synthesized on the basis of a composition including low-calcium fly ash from the Apatitskaya Thermal Power Plant and magnesia-ferriferous slag produced by Pechenganikel Plant were studied for the first time. To increase the reactivity of these raw materials, their preliminary joint mechanical activation in a centrifugal planetary mill was used. The compressive strength of alkali activated binders was studied depending on the composition of the raw material mixture and the type of alkaline agent. The strength of alkali activated binders when using NaOH solution as an alkaline agent was significantly lower than that of the corresponding binders prepared using liquid glass. For the binders based on composition (fly ash + slag) prepared using liquid glass, a synergistic effect was observed.

На сегодняшний день идея «устойчивого развития» в строительстве и промышленности строительных материалов направлена на энерго- и ресурсосбережение, включая замену природного сырья на промышленные отходы, а также разработку и внедрение бесклинкерных экологически более безопасных вяжущих щелочной активации (геополимеров). Эти вяжущие, согласно литературным источникам, являются перспективной альтернативой традиционному портуландцементу, так как превосходят его по кислотоустойчивости, морозостойкости, способности к иммобилизации токсичных и радиоактивных отходов и по другим техническим свойствам. Геополимеры представляют собой вяжущие щелочной активации, которые получают затворением природного и техногенного алюмосиликатного сырья (например, низкокальциевой золы ТЭЦ) щелочным агентом (раствором щелочи или жидким стеклом).

Накопление золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭЦ достигло огромных размеров, что приводит к загрязнению окружающей среды и может представлять угрозу здоровью населения. Использование ЗШО в качестве техногенного алюмосиликатного сырья позволит сократить земельные площади под золоотвалы и улучшить экологическую ситуацию. Согласно Энергетической стратегии России до 2035 года (утверждена Правительством РФ в июне 2020 г.), объем полезного использования золошлаков должен составлять не менее 50% от годового уровня образования по отрасли в целом (Сниккарс, 2020). На данный момент, у нас в стране утилизируется не более 10% производимых зол и шлаков. Для сравнения — Япония сумела достигнуть 100%-й уровень утилизации ЗШО, при этом большая часть вовлекаемых в хозяйственный оборот золошлаков приходится на строительную отрасль (85%).

В ранее проведенных нами исследованиях показано, что комбинирование золы ТЭЦ с карбонатными минералами (Калинкин, 2023) и нефелином (Калинкина, 2023) позволяет повысить физико-механические характеристики геополимеров. Гранулированные магнезиально-железистые шлаки комбината «Печенганикель», образующиеся при переработке медно-никелевых руд, являются перспективным для строительной отрасли видом техногенного сырья. На территории Мурманской области накоплены десятки миллионов тонн этого вида отходов. Исследования по использованию магнезиально-железистых шлаков для нужд строительной индустрии ведутся с 60-х годов прошлого века (Гуревич, 1996). В данной работе с применением методов рентгенофазового анализа, ИК спектроскопии и др. впервые изучены характеристики геополимеров, синтезированных на основе композиции, включающей низкокальциевую золу-уноса Апатитской ТЭЦ и магнезиально-железистый шлаккомбината «Печенганикель». Для повышения реакционной способности этих материалов применялась их предварительная совместная механоактивация (МА) в центробежно-планетарной мельнице. Прочность геополимеров исследовалась в зависимости от состава сырьевой смеси и вида щелочного агента (раствор щелочи или жидкое стекло). В случае использования жидкого стекла и раствора щелочи условия твердения были нормальные и с применением тепловлажностной обработки соответственно.

В целом, прочность вяжущих при использовании в качестве щелочного агента раствора NaOH ощутимо ниже прочности соответствующих вяжущих на жидком стекле. Так, прочность при сжатии геоплимера на основе 100% золы-уноса, синтезированного с применением жидкого стекла, после 28 суток твердения составляет 58 МПа, что вдвое превосходит прочность аналогичного образца на основе золы-уноса, полученного при использовании раствора гидроксида натрия (27 МПа). Разница в прочности в заметно большей степени выражена для вяжущих на магнезиально-железистом шлаке. Прочность образца на 100% шлаке в возрасте 28 сут, синтезированного с применением раствора NaOH, составила 6 МПа, а с применением жидкого стекла — 55 МПа (в 9 раз больше).

Для вяжущих на основе композиции (зола + шлак), полученных с использованием жидкого стекла, наблюдается синергетический эффект. Так, после 28 суток твердения для состава (80% золы + 20% шлака) прочность при сжатии равна 82 МПа, а для состава (20% золы + 80% шлака) — 126 МПа. Такое повышение прочности по сравнению с образцами на 100% золе и 100% шлаке, по-видимому, связано с изменением состава и структуры гидрогеля (основной цементирующей фазы вяжущего), образующегося при взаимодействии механоактивированной композиции с жидким стеклом.

ЛИТЕРАТУРА

Гуревич Б.И. Вязущие вещества из техногенного сырья Кольского полуострова. Апатиты: КНЦ РАН, 1996. 179 с.

Калинкин А.М., Калинин Е.В., Кругляк Е.А., Иванова А.Г. Применение механоактивации для получения геополимерных материалов на основе золоотходов сжигания угля с добавками карбонатных минералов // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14. № 4. С. 168–174.

Калинкин Е.В., Кругляк Е.А., Иванова А.Г., Калинин А.М. Геополимерные материалы на основе механоактивированных композиций низкокальциевой золы ТЭЦ и нефелина // Труды КНЦ РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14. № 4. С. 175–180.

Сниккарс П.Н., Золотова И.Ю., Осокин Н.А. Утилизация золошлаков ТЭС как новая кроссотраслевая задача // Энергетическая политика. 2020. №7 (149). С. 34–45.

БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ
BIOHYDROMETALLURGICAL PATHWAYS FOR THE RECOVERY OF NON-FERROUS METALS FROM SULPHIDE RAW MATERIALS IN ARCTIC

Латюк Е. С., Горячев А. А.
 Latyuk E. S., Goryachev A. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
 Апатиты, Мурманская область; e-mail: latyuk.es@gmail.com*

The method of heap and dump bioleaching, used to obtain non-ferrous metals from low-grade ores or technogenic raw materials, the metal content of which ranges from 0.2 to 2.5%, has become widely used. The high variability of the properties of microorganisms that oxidize sulfide minerals makes it possible to carry out technological processes for processing mineral raw materials in a wide range of conditions (temperature, pH, mineral composition of ores and concentrates). Simulation of heap bioleaching was carried out with technogenic placer of the river Nalednaya, Norilsk Industrial District. Over 60 days, the number of microorganisms increased from 1×10^8 to 5.5×10^8 cells/mL and 31.0% copper and 20.0% nickel were recovered into the solution.

Принцип биогидрометаллургической технологии основан на том, что ацидофильные микроорганизмы, использующие железо и серу в качестве источника энергии, способны окислять сульфидные минералы и выщелачивать металлы. В настоящее время известно несколько десятков видов микроорганизмов, принимающих участие в данном процессе, но в тоже время изучение их разнообразия активно продолжается. Данные микроорганизмы обладают рядом свойств, что позволяет применять их в процессах переработки некондиционных сульфидных руд и концентратов: ацидофилия (оптимальные значения pH в пределах 1–2.5); использование в качестве источника энергии окисление двухвалентного железа, серы и ее восстановленных соединений; высокая устойчивость к ионам тяжелых металлов, накапливающимся в среде в результате выщелачивания сульфидных минералов; способность функционировать в широком диапазоне температур от 5 до 60 °С; способность усваивать различные источники углерода (органические и неорганические). Так, например, *Leptospirillum* spp., *Acidithiobacillus* spp. являются автотрофами и способны усваивать атмосферный CO₂, *Ferroplasma* и *Acidiplasma* spp. — гетеротрофами и нуждаются в органических источниках углерода для роста, *Sulfobacillus* spp. — миксотрофами, способными усваивать и CO₂, и органические субстраты (Кондратьева, Булаев, Муравьев, 2015). Такая вариабельность свойств микроорганизмов, окисляющих сульфидные минералы, позволяет осуществлять технологические процессы переработки минерального сырья в широком диапазоне условий (температура, pH, минеральный состав руд и концентратов).

Широкое применение получил метод кучного и отвального биовыщелачивания, используемый для получения цветных металлов, из бедных руд или техногенного сырья, содержание металлов

в которых составляет от 0.2 до 2.5%. Масса эксплуатируемых рудных куч может достигать нескольких миллионов тонн, время их эксплуатации – нескольких лет. По приблизительным оценкам на 2015 год около 5% мирового производства меди беспечивалось кучным биовыщелачиванием (Johnson, 2014).

В лабораторных экспериментах по моделированию кучного биовыщелачивания был использован штамм *Acidithiobacillus ferrivorans*. Данный штамм был выделен из воды вблизи отвала Аллареченского месторождения (Мурманская область). Объектом исследования являлась техногенная россыпь р. Наледная Норильского промышленного района. Навеску песков крупностью -5+1 мм массой 0.4 кг загружали в пластиковую колонку и с помощью перистальтического насоса (Shenchen Precision Pump Co., Ltd, КНР) орошали поверхность колонки бактериальным раствором. Объем бактериального раствора составил 400 мл, скорость подачи раствора — 0.2 мл/мин. У продуктивных растворов определяли значения pH, Eh, концентрации ионов Fe³⁺, Fe²⁺, Cu, Ni.

В процессе биовыщелачивания после первых суток эксперимента было отмечено повышение значения pH с 2.20 до 2.67 с последующим снижением к концу наблюдения до 1.48 ед. Значения окислительно-восстановительного потенциала в течение эксперимента изменялись в интервале от 477 до 613 мВ. За первые пять суток эксперимента происходило резкое снижение концентрации ионов железа в растворе. Это сопровождалось формированием осадка, предположительно представленного ярозитом. Однако, несмотря на образование осадка, который зачастую приводит к эффекту пассивации при выщелачивании сульфидных руд, в ходе эксперимента отмечалось интенсивное выщелачивание и постепенный рост концентрации цветных металлов в растворе, а также увеличение численности бактерий с 1×10^8 до 5.5×10^8 кл/мл. Наиболее интенсивное извлечение цветных металлов было отмечено впервые 30 суток. За 60 суток эксперимента в раствор было извлечено 31.0% меди и 20.0% никеля.

ЛИТЕРАТУРА

Кондратьева Т.Ф., Булаев А.Г., Муравьев М.И. Микроорганизмы в биогеотехнологиях переработки сульфидных руд. М.: Наука. 2015. 212 с.

Johnson D.B. Biomining — biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials // Current Opinion in Biotechnology. 2014. Vol. 30. P. 24–31.

ЭФФЕКТ ГОРМЕЗИСА И ТОКСИЧНОСТЬ НИЗКИХ ДОЗ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ЛОПАРИТОВЫХ РУД НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

HORMESIS AND LOW-DOSE TOXICITY OF RARE EARTH METALS FOR MICROFUNGI ISOLATED FROM LOPARITE ORE TAILINGS ON THE KOLA PENINSULA

Макаров Д. В.¹, Касаткина Е. А.¹, Кирцидели И. Ю.², Шумилов О. И.¹

Makarov D. V.¹, Kasatkina E. A.¹, Kirtsideli I. Y.², Shumilov O. I.¹

Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,

Апатиты, Мурманская область; e-mail: e.kasatki@yandex.ru

2Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: microfungi@mail.ru

The low-dose toxicity of chloride and nitrate salts of three REEs (La, Ce and Nd) was tested on five microfungi species (*Aspergillus niveoglauca*, *Geomyces vinaceus*, *Penicillium simplicissimum* and *Umbelopsis abellina*) isolated from the Lovozersky MPP's loparite ore concentration tailings on the Kola Peninsula. Lanthanides in the form of chloride salts showed greater toxicity compared to the nitrate case. Nitrates being exogenous nutrients seemed to compensate the toxic effect of REEs. Additionally, treatment with REEs demonstrated a "hormesis effect" on fungal growth with stimulation at low doses and inhibition at high concentrations. However, *P. simplicissimum* and *U. isabellina* showed the higher tolerance to chlorides and the absence of hormetic response in the case of nitrates. These findings may be useful in the assessment of the potential application of the selected fungi to REE bioleaching and bioremediation. In addition, the results may also be useful for the development of methods related to the use of REEs in medical treatment and in agriculture as fertilizers.

Использование редкоземельных элементов (РЗЭ) во многих секторах мировой экономики (например, в сельском хозяйстве, медицине, промышленности) постоянно растет. Поскольку РЗЭ чрезвычайно важны в отраслях высоких технологий и зеленой энергетики в качестве сырья для производства сверхпроводников, автокаталитических преобразователей, мобильных телефонов, супермагнитов, светодиодных светильников, интеллектуальных батарей, солнечных панелей и ветряных турбин, эти элементы называют «витаминами промышленности» (Balaram, 2019). Более того, РЗЭ используются в сельском хозяйстве в качестве удобрений для улучшения роста и продуктивности сельскохозяйственных культур (Balaram, 2019). После запрета Евросоюзом использования антибиотиков в кормах, некоторые РЗМ были введены в качестве альтернативных кормовых добавок, способствующих росту и продуктивности сельскохозяйственных животных (Abdelnour et al., 2019). Кроме того, несколько исследований подтвердили антиоксидантные и антисептические эффекты, связанные с РЗЭ, при лечении некоторых заболеваний (Rim, 2016). Традиционные методы извлечения РЗЭ из руд предполагают использование опасных химических веществ (серной и азотной кислот) и высоких температур, что приводит к высоким эксплуатационным расходам и негативному воздействию на окружающую среду (Balaram, 2019). В настоящее время растет интерес к разработке природоподобных технологий, то есть технологий, имитирующих естественные процессы в различных областях промышленного производства (Ковальчук и др., 2019), например, при биовыщелачивании и биоремедиации. Данные элементы в относительно большом количестве содержатся в хвостах обогащения лопаритовых руд ООО «Ловозерский ГОК» (Мурманская область, Россия) (Красавцева и др., 2021.)

Основной целью данного исследования являлось сравнение токсичности отдельных РЗМ (La, СеиNd) и их солей, а также оценка их потенциала для использования в процессах биоремедиации и биовыщелачивания. Особое внимание уделялось эффекту гормезиса (или «парадоксальной токсичности») — стимулирующему воздействию на организм низких концентраций токсичных веществ. В качестве источников лантаноидов использовались следующие соли: гептагидрат хлорида церия $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ (99,5%), гексагидрат хлорида неодима $NdCl_3 \cdot 6H_2O$ (99%), гексагидрат хлорида неодима $NdCl_3 \cdot 6H_2O$ (99%), гексагидрат нитрата лантана $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (>99%), гексагидрат нитрата церия $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (>99%), гексагидрат нитрата неодима $Nd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (>99%). В качестве тест-объектов для биотестирования использовались микроскопические грибы, выделенные из хвостов обогащения лопаритовых руд при помощи генетического анализа: *A. niveoglaucus*, *G. vinaceous*, *P. Simplicissimum* and *U. isabellina*. Полученные нуклеотидные последовательности генов были депонированы в базе данных GenBank. Для определения уровня токсичности РЗМ проводилась оценка толерантности/резистентности выделенных штаммов к металлам. Для этих целей в течение двух недель измерялась скорость роста колоний, культивированных на среде Сабуро (SDA, декстрозный агар) в трех репликациях темноте при 20° С, при различных концентрациях солей РЗМ (0–10000 мг/л). По результатам измерений скорости роста вычислялся ингибирующий эффект различных концентраций солей La, Ce и Nd. Для определения токсичности и построения кривых доза-эффект использовались несколько типов регрессионных моделей (экспоненциальная, степенная, полиномиальная и ряды Фурье). Для сравнения характеристик роста выделенных штаммов применялся кластерный анализ и критерий Краскела-Уоллиса, являющийся непараметрическим аналогом однофакторного дисперсионного анализа.

Все протестированные штаммы, за исключением *P. Simplicissimum*, демонстрировали радиальный рост колоний при концентрациях ионов металлов (N) более 420 мг/л в присутствии нитратов. Лантаноиды в форме хлоридных солей показали значительно ($p < 0.05$) большую токсичность по сравнению с нитратами (отсутствие роста при $N \sim 142$ мг/л). В данном случае нитраты могут играть роль экзогенных питательных веществ, компенсирующих токсическое действие РЗЭ. Кроме того, было выявлено стимулирующее действие низких доз РЗЭ на рост выделенных штаммов — эффект гормезиса. При этом штаммы *P. simplicissimum* и *U. isabellina*, являясь наиболее толерантными к воздействию РЗЭ в форме хлоридов, продемонстрировали отсутствие толерантности и эффекта гормезиса в случае нитратов. Это может быть связано с различными метаболическими процессами

и/или с различными адаптивными возможностями штаммов грибов при обработке РЗЭ. Полученные результаты могут быть полезны при оценке потенциального применения отобранных грибов для биологического выщелачивания и биоремедиации РЗЭ. Кроме того, результаты также могут быть полезны для разработки методов, связанных с использованием РЗЭ в медицине и сельском хозяйстве в качестве удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Природоподобные технологии: новые возможности и новые вызовы // Вестник РАН. 2019. Т. 89. С. 455–465.

Красавцева Е.А., Макаров Д.В., Максимова В.В., Селиванова Е.А., Икконен П.В. Результаты исследований свойств и состава хвостов обогащения лопаритовых руд // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2021. Т. 57. С. 190–198.

Abdelnour S.A., Abd El-Hack M.E., Khafaga A.F., Noreldin A.E., Arif M., Chaudhry M.T., Losacco C., Abdeen A., Abdel-Daim M.M. Impacts of rare earth elements on animal health and production: Highlights of cerium and lanthanum // Science of the Total Environment. 2019. Vol. 672. P. 1021–1032.

Balaram V. Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact article // Geoscience Frontiers. 2019. Vol. 10. P. 1285–1303.

Rim K-T. Effects of rare earth elements on the environment and human health: A literature review // Toxicology and Environmental Health Sciences. 2016. Vol. 8. P. 189–200.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ CO₂ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO REDUCE MINING TRUCKS CO₂ EMISSION

Макеев М. А.

Makeev M. A.

Институт проблем комплексного освоения недр ИПКОН РАН, ООО «Пиклема», г. Москва; e-mail: mm@piklema.com

The results of the implementation of the Digital Driver Assistant system in open pit mine of Polyus Verninskoye in 2023 based on the use of artificial intelligence technologies are presented. The project confirmed savings in specific fuel consumption of 2.47% and a corresponding reduction in CO₂ emissions per ton of transported rock mass based on the A/B testing methodology. The project assessed the potential effect of achieving a reduction in specific fuel consumption and CO₂ emissions of 6%, as well as an increase in the average speed of dump trucks to 3.1%. The implementation was carried out on mining dump trucks –Komatsu HD1500, HD785 and CAT 785 brands.

The project confirmed that trips with a minimum error in implementing recommendations (deviation from the optimal speed profile) on the same route have lower specific fuel consumption. The same drivers per shift can deviate significantly from the speed profile (comparing 30% of trips with the best and worst approximation to the speed profile). Dump trucks with better technical condition have greater potential for reducing specific fuel consumption.

Представлены результаты внедрения системы Цифровой советчик водителя в условия карьера АО «Полюс Вернинское» в 2023 г. на основе применения технологий искусственного интеллекта. В рамках проекта подтверждена экономия удельного расхода топлива 2.47% и соответствующего снижения выбросов CO₂ на тонну перевезенной горной массы на основе методики А/В тестирования. В рамках проекта оценен потенциальный эффект в достижении сокращения удельного расхода топлива и выбросов CO₂ в 6%, а также увеличения средней скорости движения самосвалов до 3.1%. Внедрение осуществлялось на карьерных самосвалах марок KomatsuHD1500, HD785 и CAT785.

В рамках проекта подтверждено, что рейсы с минимальной ошибкой выполнения рекомендаций (отклонением от оптимального скоростного профиля) на одном и том же маршруте имеют меньший

удельный расход. Одни и те же водители в смену могут значительно отклоняться от скоростного профиля (сравнение 30% рейсов с лучшим и худшим приближением к скоростному профилю). Самосвалы с лучшим техническим состоянием имеют больший потенциал по снижению удельного расхода топлива (Рыльникова и др., 2022).

Система Цифровой советчик водителя основана на сборе и анализе больших данных от самосвала по мгновенному расходу топлива, загрузке, высоте подъема, простоях, маршрутах движения и другой информации, получаемой от CAN шины самосвала, интегрированных данных от существующей системы диспетчеризации, а также метеостанций, дорожных условий, определяемых по датчикам системы (Рыльникова, Макеев и др., 2022).

Оптимальные скорости движения на отдельных участках каждого из маршрутов определяются с помощью математического моделирования и включают сведения о необходимой оптимальной скорости входа на следующий участок (например, разгон перед подъёмом), с учетом максимальной разрешенной скорости движения для решения задач увеличения производительности.

Разрабатывается виртуальная карта точек выдачи рекомендаций по участкам маршрутов. Данная карта загружается в бортовой контроллер с голосовым оповещением. При движении самосвала по маршруту водителю выдаются рекомендации по оптимальной скорости.

В рамках разработки системы использованы методы и алгоритмы обработки больших данных: метод спектральной кластеризации, метод непараметрической модальной регрессии, алгоритм градиентного бустинга валидированного по времени и метод байесовской оптимизации (Захаров и др., 2022).

ЛИТЕРАТУРА

Захаров В.Н., Каплунов Д.Р., Клебанов Д.А., Радченко Д.Н. Методические подходы к стандартизации сбора, хранения и анализа данных при управлении горнотехническими системами // Горный журнал. 2022. № 12. С. 55–61.

Рыльникова М.В., Макеев М.А., Кадоничков М.В., Клебанов Д.А. Большие данные для оптимизации работы погрузочной техники и автотранспорта на горных работах // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022, № 4. С. 343–354.

Рыльникова М.В., Макеев М.А., Кадоничков М.В., Клебанов Д.А. Применение искусственного интеллекта и перспективы развития аналитических систем больших данных в горной промышленности // Горная промышленность. 2022. № 3. С. 89–92.

ОСОБЕННОСТИ ГИПЕРГЕНЕЗА ТОРИЙ-СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ В ХВОСТАХ ОБОГАЩЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД FEATURES OF THORIUM-CONTAINING MINERALS HYPERGENESIS OF RARE-EARTH ORE ENRICHMENT TAILINGS

Максимова В. В.^{1,2}
Maksimova V. V.^{1,2}

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.maksimova@ksc.ru*

²*Центр наноматериаловедения ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.maksimova@ksc.ru*

The investigation examines the main characteristics of the hypergene transformation of thorium-containing minerals from rare earth ore and the way in which thorium ions behave in solutions. The Lovozero mountain range is famous for having special types of rare earth and thorium minerals. Large reserves of technologically advanced rare earth raw materials are concentrated in the tailings of the Umbozero and Karnasurt processing plants. During the gravitational enrichment of ore, some radionuclides pass into the enrichment tailings, giving them activity. Migration of thorium depends on the tailings composition, porosity and permeability, physicochemical properties and thermodynamic conditions. Sorption processes on iron hydroxides and clay particles and the content of organic matter play an important

role in the migration of thorium compounds. The study of hypergenesis of minerals is necessary for the development of an scheme for processing technogenic rare earth resources.

На территории Мурманской области сосредоточена основная часть российских балансовых запасов редкометалльного сырья. Комплексные разрабатываемые месторождения с содержанием редкоземельных металлов (РЗМ) представлены группой Хибинских апатит-нефелиновых месторождений и крупным Ловозерским лопаритовым месторождением. Ловозерский массив является образцом уникальной по специфике, богатству и разнообразию редкоземельной и ториевой минерализации. РЗМ месторождения преимущественно относятся к цериевой группе элементов. Среднее содержание тория в породах массива составляет порядка $3.5 \cdot 10^{-3}$ % (Герасимовский, 1966). Крупные запасы техногенного редкоземельного сырья Ловозерского района размещены в выведенных из эксплуатации и действующих хвостохранилищах обогатительных фабрик «Умбозеро» и «Карнасурт». Суммарный объем складированных отходов составляет порядка 21 млн тонн при среднем содержании лопарита от 0.4 до 0.6%. В процессе гравитационного обогащения руды часть природных радионуклидов переходит в хвосты обогащения, обеспечивая уровень эффективной удельной активности ($A_{эфф}$) в среднем от 800 до 1200 Бк/кг.

В природных условиях торий представлен практически полностью изотопом $^{232}_{90}\text{Th}$. Схожесть геохимических свойств РЗМ и Th^{4+} , а также близость их ионных радиусов обуславливает изоморфизм этих элементов между собой. Для поведения природных радионуклидов в приповерхностной обстановке также большое значение имеет более высокое сродство к редкоземельным элементам легкой группы (LREE) Th^{4+} по сравнению с U^{4+} (Арбузов, 2011). Согласно актиноидной теории, церий и торий являются элементами-аналогами. Строение и близость электронных $5f$ и $6d$ подуровней определяет устойчивую в растворах степень окисления +4 и схожесть химических свойств с цирконием. В породах массива торий в различных соотношениях распределен в породообразующих и аксессуарных минералах. Среди аксессуарных минералов-концентраторов тория и РЗМ можно выделить лопарит, эвдиалит, умбозерит, торит, минералы группы цериевых стенструпинов, рабдофана, также торий присутствует в виде натрий-ториевых силикатов, в ассоциациях с альбитом, натролитом и др. (Kogarko et al., 2002). В породообразующих минералах торий преимущественно рассеян в силикатах, в частности в калий-натриевом полевоом шпате (Пеков, 2001).

Свойства тория как элемента-гидролизата с одной стороны, и способность изоморфно замещать атомы РЗМ в кристаллической решетке минералов с другой, определяют возможность разделения урана и тория и их перераспределение в процессе гипергенеза, способствующее как накоплению, так и выносу элементов в различных геохимических обстановках. Из внешних факторов миграции можно выделить минеральный и химический состав хвостов, их инженерно-геологические характеристики, такие как пористость и проницаемость, физико-химические свойства фильтрующегося раствора и термодинамические условия протекания процесса. Для ионов тория в растворе характерны инертность или слабая подвижность в близонейтральных растворах, а также низкая растворимость минеральной формы в составе упорных минералов, в основном силикатов. При этом характерная для поровых растворов щелочная минерализация способствует созданию благоприятных условий для гидратации ряда минералов. Тем не менее, в низкотемпературных поверхностных условиях ведущую роль в миграции соединений тория начинают играть сорбционные процессы на гидроксидах железа и глинистых частицах, что позволяет сорбционному выносу превалировать над химическим преобразованием. Наличие органического вещества, обусловленное переносом частиц на прилегающие почвы, зарастанием хвостохранилищ, взаимодействием с поверхностными водами значительно изменяет распределение форм большую часть перешедшего в раствор тория и способствует закреплению ионов на поверхности органоминеральных частиц, что усиливает миграцию с коллоидами. В данном случае торий показывает сходство свойств с РЗМ, в том числе взаимодействие и перенос с оксидами и гидроксидами железа и марганца и рост миграционной способности в присутствии органического вещества за счет высокой способности к комплексообразованию.

Исследование гипергенеза торий-содержащих минералов хвостов обогащения редкоземельных руд позволяет не только приблизиться к более точному прогнозированию формирования радиогеохимических аномалий природных радионуклидов, но и необходимо для разработки эффективной и радиэкологически оправданной схемы переработки техногенных редкоземельных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

- Арбузов С.И., Рихванов Л.П.* Геохимия радиоактивных элементов. Томск: Изд-во ТПУ. 2011. 300 с.
Герасимовский В.И., Волков В.П., Когарко Л.Н., Поляков А.И., Сапрыкина Т.В., Балашов Ю.А. Геохимия Ловозерского щелочного массива. М.: Наука. 1966. 398 с.
Пеков И.В. Ловозерский массив: история исследования, пегматиты, минералы. М.: Творческое объединение Земля. 2001. 464 с.
Kogarko L.N., Williams C.T., Wooley A.R. Chemical evolution and petrogenetic implications of loparite in the layered, apatitic Lovozero complex, Kola Peninsula, Russia // *Mineralogy and Petrology*. 2002. Vol. 74. P. 1–24.

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА «ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ТЕХНОЛОГИЙ»: РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ DEVELOPMENT OF THE «ENCYCLOPEDIA OF TECHNOLOGY» PROJECT: RARE EARTH ELEMENTS

Маслобоев В. А.¹, Бурвикова Ю. Н.²
 Masloboev V. A.¹, Burvikova Yu. N.²

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
 Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.masloboev@ksc.ru*

²*Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Московская область; e-mail: u.burvikova@eipc.center*

The authors analyse the existing trends in extracting rare earth elements sector of Russian Arctic (Murmansk Region). The article underlines the crucial role of new resource efficient extraction techniques for sustainable and economically sound development of the sector. It discuss the concept of the best available techniques as a potential driver for environmental and technological modernisation of the extracting industries. The authors argue that the development of Encyclopaedia of Technologies should contribute to the data distribution on rare earths extraction to the decision-makers and other interested parties. In order to stimulate the development of the sector the authors propose to analyse the sector potential for increasing resource efficiency and employing energy and material saving techniques.

Арктический регион всегда считался перспективным для развития добывающих отраслей промышленности. В последнее время интерес к региону устойчиво возрастает не только со стороны стран, имеющих там свои границы, но и более южных соседей (КНР, Япония, Южная Корея) (Дядик и др., 2023).

Одно из основных богатств региона — месторождения редкоземельных элементов (РЗЭ). Экономическая независимость любого государства напрямую связана с уровнем развитие современной техники и технологий, а значит, зависит от рационального использования полезных ископаемых, среди которых важнейшее место занимают минералы, содержащие РЗЭ.

Россия обладает хорошей сырьевой базой РЗЭ, однако добыча РЗЭ ведется в ограниченном количестве (вклад России в мировое производство составляет 1%). Единственное активно разрабатываемое месторождение — Ловозерское (Мурманская обл.), содержит преимущественно элементы цериевой группы.

Ситуация осложняется тем, что сектор РЗЭ — один из самых монополизированных в мире, и лидирующая позиция здесь принадлежит Китаю, как единственной в мире стране, осуществляющей поставки всех видов редкоземельной продукции от сырья до готовых товаров.

Основная сложность состоит в извлечении РЗЭ из руд, т.к. металлы довольно равномерно распределены в земной коре и богатые выходы руд встречаются редко. Но даже их разработка требует

серьезных инвестиций, которые могут окупиться не быстрее чем за десятилетие. Кроме того, значительная часть РЗЭ накапливается в отходах и полупродуктах других (многоотнажных) производств, что обуславливает актуальность решения задач формирования экономики замкнутого цикла, разработки и практического применения технологий извлечения из отходов (Ларичкин и др., 2023).

Для развития технологий и формированию полной экономической независимости требуется привлечение инвестиционного капитала, а также понимание проблем достаточно широким кругом лиц, в том числе представителей современного студенчества. Этому способствует грамотная популяризация сложных технических вопросов на базе концепции наилучших доступных технологий (НДТ). В рамках восстановления отрасли добычи и переработки РЗЭ действует отраслевой информационно-технический справочник по НДТ ИТС 24-2020 «Производство редких и редкоземельных металлов» (Информационно-технический справочник..., 2020), а также готовится издание тома Энциклопедии технологий 2.0, посвященного популяризации отрасли добычи и переработки РЗЭ. Издание базируется на применении НДТ, но носит научно-популярный характер, что позволяет рекомендовать его широкому кругу читателей. Том содержит информацию об истории развития отрасли, современном состоянии технологий, а также перспективные направления развития технологий.

Редкие земли, несомненно, несут в себе высокий потенциал для использования, а для оценки будущей экономической эффективности применения РЗЭ (как, впрочем, и для любых других материалов) необходимо решить ряд взаимосвязанных задач: потенциально возможного снижения стоимости РЗЭ в зависимости от увеличения их производства, а также вероятного увеличения экономической выгоды их применения. Для решения этих задач требуется проанализировать и оценить множество факторов: необходимое качество сырьевой базы, при котором может быть обоснована максимально допустимая стоимость сырья, и необходимое улучшение технологии, при котором обеспечивается получение из сырья требуемого продукта по приемлемой стоимости.

ЛИТЕРАТУРА

Дядик В.В., Маслобоев В.А., Ключникова Е.М., Дядик Н.В., Чапаргина А.Н., Маслобоев А.В. Концептуализация экологической политики: анализ Российского и зарубежного научного дискурса и государственные приоритеты развития Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023 Т. 26. № 1 (79). С. 7–34.

Ларичкин Ф.Д., Череповицын А.Е., Федосеев А.М., Гончарова Л.И. Сравнительный анализ концепций комплексного использования минерального сырья и циркулярной экономики в рациональном недропользовании // Рациональное освоение недр. 2023. № 1 (69). С. 48–59.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 24-2020 «Производство редких и редкоземельных металлов» // Москва. Бюро НДТ. 2020. 329 с.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ХРОМОФОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЛИТИЕВЫХ РАСТВОРОВ SORPTION KINETICS OF CHROMOPHORE IMPURITIES FROM SATURATED LITHIUM SOLUTION

Маслова М. В., Евстропова П. Е.

Maslova M. V., Evstropova P. E.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: m.maslova@ksc.ru*

This work focuses on the application of a titanium phosphate ion exchanger (Li-TiOP) toward Cu^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , and Cr^{3+} ions in the purification of a saturated LiNO_3 solution. The sorption kinetics of the selected ions, considering external and internal mass transfer, as well as chemical interaction, were deeply studied. The kinetic

study showed that the values of intraparticle diffusion rate and effective diffusion coefficients for the studied ions decreased in the following order: Cr(III) > Cu(II) Mn(II) > Co(II) > Ni(II). For all the selected ions, chemical interaction was described with a pseudo-second-order reaction model. Due to fast kinetics, the high degree of removal of trace quantities of the impurities this material gives it consideration as a promising sorbent for the deep purification of lithium salts.

Литий благодаря своим уникальным свойствам, таким как электрохимическая активность, высокая плотность энергии и удельная теплоемкость, стал ключевым элементом современных электронных устройств, а также важным компонентом при получении специальных керамик с различными свойствами. Одним из основных требований к качественным литийсодержащим функциональным материалам является их чистота. Высокоочищенные соединения лития с чистотой >99,9% используются в специальной керамике и стекле, тепловых ядерных системах, акустических и оптических технологиях, силовых лазерных системах и биомедицине. Наиболее нежелательными примесями для таких материалов являются переходные металлы. В оптических материалах концентрация переходных металлов не должна превышать 10^{-4} мас.%. В ядерной и полупроводниковой технике требуется содержание примесей не более 10^{-10} мас%. Наличие примесей переходных металлов в соли лития может изменить состав и структуру целевых материалов и привести к неконтролируемому изменению функциональных свойств конечных соединений. В рамках данной работы показано, что проблема глубокой очистки нитрата лития или других солей щелочных металлов от хромофорных примесей может быть решена на принципиально новом уровне сорбционными методами с применением в качестве сорбента литийзамещенного фосфата титана. В отличие от методов, используемых в настоящее время, новый подход к очистке концентрированных растворов лития отличается простотой, существенно сокращает количество стадий очистки по сравнению с известными методами и обеспечивает получение раствора лития необходимой чистоты экологически чистым способом.

При использовании сорбционного процесса на практике следует учитывать кинетические особенности сорбента для определения степени очистки в зависимости от времени контакта жидкой и твердой фаз. Изучение влияния отдельных стадий на скорость процесса дает важную информацию для организации процесса сорбции и выбора оптимальных условий очистки растворов от микропримесей. В работе изучена кинетика сорбции катионов Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} и Cr^{3+} и показано, что сорбционное равновесие достигается за 3–20 мин для Cu^{2+} и Cr^{3+} и 60 мин для остальных катионов при степени очистки 95–100%. В первые 5–10 мин экспериментальные данные хорошо описываются моделью внешней диффузии, затем скорость определяющей стадией является внутренняя диффузия — массоперенос внутри гранул сорбента. Изменение значений коэффициентов диффузии (D_i) и энергия активации (E_a) массопереноса внутри зерен хорошо коррелирует с величинами ионного потенциала (z/r_c) этих элементов. Экспериментальные данные по кинетике сорбции также очень хорошо удовлетворяют модели псевдо-второго порядка. Установлено, что важными факторами, влияющими на гетерогенное равновесие и кинетику сорбции ионов металлов фосфатом титана, являются размер сольватированного иона металла, его эффективный заряд, электронное строение сорбированного иона и характер его взаимодействия с ионогенными группами сорбента. Результаты проведенных исследований показали, что несмотря на высокие концентрации фонового электролита в растворе, использование сорбента LiTiP позволяет достичь высоких коэффициентов распределения изученных ионов металлов при их совместном присутствии между фазой сорбента и раствором. Показано, что очистка насыщенного раствора нитрата лития от ионов Cu(II) и Cr(III) достигается на первой стадии. Для удаления микропримесей ионов Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , требуется проведение второй стадии доочистки, что позволяет получить литиевую соль чистоты 99.999%. Изучение закономерностей глубокого сорбционного извлечения катионов хромофорных металлов фосфатом титана позволило обосновать технологию его применения при получении прекурсоров особой чистоты для высококачественных функциональных материалов.

ТОКСИКОТОЛЕРАНТНЫЙ ШТАММ ЧЕРНОГО АСПЕРГИЛЛА

A TOXICOTOLERANT STRAIN OF BLACK ASPERGILL

Миндубаев А. З.¹, Бабынин Э. В.², Минзанова С. Т.³

Mindubaev A. Z.¹, Babynin E. V.², Minzanova S. T.³

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет. Казань;
e-mail: mindubaev-az@yandex.ru

²Татарский НИИХП ФИЦ КазНЦ РАН, Казань; e-mail: edward.b67@mail.ru

³Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, Казань;
e-mail: minzanova@iopc.ru

White phosphorus is considered to be among the most hazardous environmental pollutants. However, it is used in industrial and military applications, thus the release of this substance into the environment is not excluded. Microbial cultures growing in media containing white phosphorus up to 1% were obtained for the first time during the study. This exceeds the maximum allowable concentration in wastewater by five thousand times.

The microorganism whose spores were isolated from white phosphorus was identified as a new strain of *Aspergillus niger*. It was assigned the number *A. niger* F-4815D. Two strains of black *Aspergillus niger* from soybean fields near Nanjing, China, capable of dissolving poorly water-soluble soil phosphate minerals, are most closely related to strain F-4815D.

Under white phosphorus exposure, changes in electron density and cell wall thickness are observed. Also, the number of mitochondria in hyphae cells increases significantly.

Биодеградация является важным методом переработки промышленных отходов. Населяющие Землю микроорганизмы приспосабливаются к самым неблагоприятным условиям существования и являются своего рода «иммунной системой» биосферы, способной перерабатывать в биогенные элементы рукотворные вещества практически любого химического строения и класса опасности. Совершенство биохимии микроорганизмов (Wackett, 2013), позволяет обезвреживать даже вещества первого, наивысшего класса опасности, такие, как белый фосфор.

Наш коллектив занимается исследованием биодеградации уже пятнадцать лет. Из них десять мы изучаем интересный штамм гриба черного аспергилла *Aspergillus niger* F-4815D, выделенный в октябре 2014 года из уникального источника — емкости с кусковым белым фосфором, заполненной водой. Вот такой двойной юбилей.

Споры гриба выжили в этих уникальных условиях! И, более того, аспергилл оказался способен обезвреживать белый фосфор. Известно, что практически во все среды, используемые для культивирования микроорганизмов, вносят растворимые фосфаты натрия или калия. Фосфор является биогенным элементом и необходим для роста абсолютно всех форм жизни. Выделенный нами гриб растет в культуральной среде, содержащей белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. То есть, окисляет белый фосфор до фосфата и включает его в состав растущей биомассы. Биодеградацию белого фосфора — крайне токсичного и опасного в обращении вещества, относящегося к первому классу опасности и применяемого в военных целях, мы наблюдали впервые в мире (Mindubaev et al., 2021, Миндубаев и др., 2023). Аналогичных работ в статьях и патентах на русском и на английском языках не нашли. Дальнейшие исследования показали, что необычный токсикотолерантный аспергилл способен обезвреживать красный фосфор — другую аллотропную модификацию этого элемента, более стабильную, чем белый фосфор.

Разумеется, мы стали расширять поиск веществ, разлагаемых *A. Niger* F-4815D. Начали с веществ, содержащих фосфор. Выяснили, что он растет в средах, содержащих фосфонаты (в том числе гербицид глифосат), дитиофосфаты, фосфорамиды, фосфорномолибденовую и фосфорновольфрамовую кислоты [2]. Кроме того, штамм оказался солубилизатором фосфата — он хорошо растет в средах с нерастворимым в воде ортофосфатом кальция.

Филогенетическое дерево штамма, построенное по базе нуклеотидных последовательностей NCBI показало, что ближайшими родственниками F-4815D являются два штамма *Aspergillus niger* из Китая (обнаружены недалеко от Нанкина), которые также солубилизируют нерастворимые фосфатные

минералы. В целом, кластер штаммов, к которому относится наш штамм, распространен в Юго-Восточной Азии и Индостане. Вероятно, белый фосфор, с которым мы работаем, был произведен в Китае, и вместе с ним к нам был завезен китайский штамм гриба.

Исследования показали, что белый фосфор оказывает заметное воздействие на белковый профиль и морфологию штамма. Включаются защитные механизмы — утолщение и изменение структуры клеточной стенки, рост числа и размера митохондрий, появление новых белков в протеоме. Интересно, что в декабре 2016 года мы получили дочерний штамм гриба *A. Niger* F-4816D, еще более адаптированный к росту в среде с белым фосфором. Утолщенная клеточная стенка и увеличенные митохондрии у него наблюдаются и в контроле, в отсутствии этого токсичного вещества (Mindubaev et al., 2021).

В настоящее время мы исследуем биodeградацию при помощи F-4815D и F-4816D веществ, не содержащих фосфор — нефтей и нефтепродуктов (Миндубаев и др., 2023), древесины и продуктов ее переработки, биовыщелачивание минералов. Также, планируем изучать переработку полимерных материалов данными штаммами.

ЛИТЕРАТУРА

Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Бадеева Е.К. Биodeградация промышленных поллютантов при помощи штаммов *Aspergillus niger* // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: техническиенауки. 2023. Т. 1. № 14. С.171–179. doi:10.37614/2949-1215.2023.14

Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г. Способ детоксикации нефти с применением штамма *Aspergillus niger* AM1BKM F-4815D // Патент РФ № 2791735 от 13.03.2023. Бюлл. изобр. № 8. Положительное решение о выдаче патента на изобретение от 15 февраля 2023 г. Заявка 2022122807/10(048738). Дата приоритета 24.08.2022.

Wackett L.P. The Metabolic Pathways of Biodegradation // The Prokaryotes. 2013. Vol. 2. P. 383–393. doi:10.1007/978-3-642-31331-8_76

Mindubaev A.Z., Babynin E.V., Bedeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G., Akosah Y.A. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2021. Vol. 66. No. 8. P. 1239–1244. doi: 10.1134/S0036023621080155

КОМПОЗИЦИОННЫЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ ТИТАНА И МАГНИЯ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА

COMPOSITE SORBENT BASED ON TITANIUM AND MAGNESIUM PHOSPHATES: SYNTHESIS AND PROPERTIES

Мудрук Н. В., Маслова М. В.

Mudruk N. V., Maslova M. V.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: n.mudruk@ksc.ru*

This work focuses on the synthesis procedure of new composite sorbents based on Ti and Mg phosphates. Titanium salt $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and serpentinite $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ were used as precursors. The formation of phosphorus-containing phases and the influence of synthesis conditions on the chemical composition, structure and surface morphology of composite phosphates have been studied. The final products show high sorption ability towards heavy metal cations. Sorption properties of new materials are determined by the synthesis conditions. Changing of latters (the ratio of precursors amount and the concentration of the phosphorus-containing agent) makes it possible to synthesize products of different phase compositions. In turn, the phase composition of the sorbent determines the efficiency of sorption towards different metal cations. Therefore, the synthesis procedure allows the production of a number of materials for purifying solutions with certain composition.

Фосфатные сорбенты представляют большой интерес, т. к. способны образовывать минералоподобные соединения хорошо совместимые с матрицами для захоронения радионуклидов (McMasteretal., 2018). Композиты, состоящие из двух или более неорганических фаз с различными физическими или химическими свойствами, обладают характеристиками, превосходящими свойства отдельных составляющих за счет синергизма компонентов.

В рамках работы для синтеза композиционного сорбента на основе фосфатов Ti и Mg использовали титановую соль — $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (сульфат титанила и аммония), полупродукт переработки техногенного отхода обогащения апатито-нефелиновых руд Хибинского месторождения — сфена CaTiSiO_5 (Gerasimovaetal., 2009). Источником магния служил природный серпентинит $(\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8)$, в котором содержится 25 мас.% магния. В качестве фосфорсодержащего компонента были выбраны растворы ортофосфорной кислоты H_3PO_4 и фосфата аммония $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Условия обработки прекурсоров фосфорсодержащим агентом влияют на структурную модификацию образующегося фосфата, а также на образование растворимых и малорастворимых форм.

Изученные процессы фазообразования при обработке прекурсоров позволили разработать и обосновать двухстадийный способ синтеза новых композиционных материалов. Первоначально осуществляют механоактивацию $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, серпентинит измельчают до тонких размеров и прокаливают при температуре 850 °С. В нагретую до 100 °С ортофосфорную кислоту добавляют измельченный серпентинит и выдерживают полученную смесь при данной температуре и постоянном перемешивании в течение 3 ч. Затем температуру смеси снижают до 60 °С и постепенно добавляют механоактивированную соль титана, смесь выдерживают при температуре и перемешивании 3 ч. Затем вводят 20 мл предварительно нагретого до 60 °С раствора 1М $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (для сдвига рН смеси в область ≥ 2). После остывания смесь фильтруют, промывают водой и сушат при 60 °С.

Результатом проведенной процедуры синтеза является материал со следующим фазовым составом: $\text{Ti}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{TiO}(\text{OH})\text{H}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Соотношение данных фаз в конечном продукте зависит от выбранного соотношения прекурсоров.

Полученные продукты обладают удельной поверхностью 110-135 м²/г, объемом пор 0.16–0.20 см³/г, и средним диаметром пор 7–10 нм. Развитая удельная поверхность синтезированных материалов обуславливает их высокие сорбционные характеристики, а наличие мезопор- быструю кинетику сорбции катионов металлов. Синтезированные материалы показали высокую эффективность при удалении катионов Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} и Pb^{2+} из растворов. Благодаря синергизму фосфатных фаз сорбента достигаются высокие показатели сорбционных емкостей продуктов по отношению к катионам тяжелых металлов.

На основании проведенных физико-химических исследований образования твердых фаз фосфатов титана и магния и их характеристик, а также изучения структуры кремнегеля в реакционной смеси и кинетики вскрытия серпентинита при различных условиях, обоснованы и разработаны общие принципы и методологические подходы к направленному синтезу новых композиционных материалов на основе фосфатов Ti-Mg с использованием техногенных отходов Арктической зоны России.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) в рамках научного проекта №23-23-00187.

ЛИТЕРАТУРА

Gerasimova L.G., Maslova M. V., Shchukina E.S. The technology of sphene concentrate treatment to obtain titanium salts // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2009. Vol. 43. P. 464–467. <https://doi.org/10.1134/s0040579509040186>

McMaster S.A., Ram R., Faris N., Pownceby M.I. Radionuclide disposal using the pyrochlore supergroup of minerals as a host matrix—A review // J. Hazard Mater. 2018. Vol. 360. P. 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.037>

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ
ПОЧВ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
МНОГОЛЕТНЕГО ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**EFFICIENCY OF BIOREMEDIATION OF HYDROCARBON POLLUTED SOILS
IN THE KOLA SUBARCTIC BASED ON THE MULTI-YEAR FIELD EXPERIMENT**

Мязин В. А.^{1,2}, Фокина Н. В.¹, Чапоргина А. А.¹

Myazin V. A.^{1,2}, Fokina N. V.¹, Chaporgina A. A.¹

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.myazin@ksc.ru; n.fokina@ksc.ru; a.chaporgina@ksc.ru*

²*Аграрно-технологический институт РУДН; Москва; e-mail: va-myazin@rudn.ru*

The biological treatment of polluted soil by biostimulation method reduced the hydrocarbon content in soil by 74–76% over 5 years. The maximum rate of hydrocarbon oxidation was recorded in the 2nd and 3rd years after the start of the experiment and reached 109–123 mg of hydrocarbons/kg of soil per day. Bioremediation increased in the number of saprotrophic and hydrocarbon-oxidizing bacteria which was observed throughout all 5 years. The time for complete oxidation of hydrocarbons in polluted soil without treatment will be 40 years; the time until the APC values for tundra soils (700 mg/kg) is 36 years. Biostimulation will reduce the time for complete oxidation of hydrocarbons to 16 years, and the time until the APC values to 14 years, i.e. speed up cleaning by 2.5 times.

Полевые исследования по оценке эффективности биоремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами, проводили в течение 5 лет на северо-западе Мурманской области в районе горы Каскама. Данная территория расположена в пределах субарктического климатического пояса. Участки на горе были загрязнены нефтепродуктами (дизельное топливо) более 20 лет назад. Содержание углеводов в почве на момент начала эксперимента составляло от 25.4 до 56.5 г/кг.

В качестве метода биологической очистки применяли биостимуляцию — внесение комплексных минеральных удобрений (NPK 16:16:16) в количестве 100 г/м² (ежегодно в начале вегетационного периода), доломитовой муки в количестве 250 г/м² (однократно в первый год проведения полевого эксперимента) и гранулированного активированного угля (ГАУ) в количестве 1.3 и 3.9 кг/м² (однократно в первый год проведения полевого эксперимента). Гранулы активированного угля в данном случае выступают как центры локализации углеводородокисляющих микроорганизмов, что снижает влияние на них неблагоприятных факторов среды (Semenyuketal., 2014).

Через 5 лет удалось снизить содержание углеводов в почве на 74–76%. Максимальная скорость деструкции углеводов была зафиксирована на 2-й и 3-й год после начала эксперимента и достигала 109–123 мг углеводов/кг почвы в сутки. В среднем за 5 лет скорость деструкции углеводов в контрольном варианте была 10 мг/кг·сут, а при биостимуляции — 16–19 мг/кг·сут.

Биоремедиация загрязненной почвы привела к увеличению численности сапротрофных и углеводородокисляющих бактерий и росту активности почвенной дегидрогеназы, что наблюдалось на протяжении всех 5 лет. Период максимальной активности дегидрогеназы совпадал с периодом наибольшей скорости деструкции углеводов в почве.

Рассчитанное время полной деструкции углеводов в загрязненной почве без очистки составит 40 лет, время до достижения значений ОДК для тундровых почв (700 мг/кг) — 36 лет. Биостимуляция позволит сократить время полной деструкции углеводов до 16 лет, а время достижения значений ОДК — до 14 лет, т.е. ускорить очистку в 2.5 раза.

Вследствие высокого содержания углеводов, низкой биологической активности почвы, неблагоприятного температурного и питательного режима эффект от внесения ГАУ был меньше, чем показано ранее в лабораторных исследованиях (Мязин и др., 2020). Однако на всех участках с внесением ГАУ всходы травосмеси, посеянной через 1 год после начала эксперимента, появились раньше, чем на участках без внесения ГАУ. Уже через 3 года наблюдалось образование дернины — органоминерального поверхностного слоя, формирующегося под травянистой растительностью.

Таким образом, в результате многолетнего полевого эксперимента была показана эффективность метода биостимуляции при очистке загрязненных почв в Кольской Субарктике, что сократило время

очистки в 2–2.5 раза и снизило степень токсичности почвы. Использование ГАУ позволит проводить фиторемедиацию на более ранних этапах очистки или оставлять загрязненные участки под самозарастание. Биоремедиация будет способствовать улучшению экологического состояния загрязненной территории и постепенному восстановлению биоразнообразия нарушенных экосистем Севера.

ЛИТЕРАТУРА

Мязин В.А., Исакова Е.А., Васильева Г.К. Влияние гранулированного активированного угля на скорость биоремедиации почв Мурманской области, исторически загрязненных нефтепродуктами // Проблемы региональной экологии. 2020. № 2. С. 20–26.

Semenyuk N.N., Yatsenko V.S., Strijakova E.R., Filonov A.E., Petrikov K.V., Zavgorodnyaya Yu.A., Vasilyeva G.K. Effect of activated charcoal on bioremediation of diesel fuel-contaminated soil // Microbiology. 2014. Vol. 83. P. 589–598.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ КОЛОНИЕОБРАЗУЮЩИХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

METHODS FOR ASSESSING THE VIABILITY OF COLONY-FORMING MICROALGAE

Невзорова Ю. В.

Nevzorova Yu. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: junevzorova@mail.ru*

Environmental pollution with heavy metals poses a serious health risk. Bioremediation using microalgae is an effective method for heavy metal removal. Screening for heavy metal resistance can be done through adapted bioassay methods, but limitations exist in terms of available strains and accuracy of inhibitory concentration assessment. This study aims to review viability assessment methods applicable to colonial microalgae. Biomass measurement of individual cells can be done using microscopy or particle counters, with flow cytometry, optical density, and fluorescence intensity being alternative methods. However, these methods may lead to high error rates when applied to colonial algae biomass estimation. Express methods based on biochemical cell activity indicators like catalase and oxygen production rate show promise but have variable results. A colorimetric method using methylene blue absorption has been successfully applied for assessing viability of colonial microalgae.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами представляет серьезный риск для здоровья. Тяжелые металлы и родственные им соединения высокотоксичны и канцерогенны, а также обладают способностью накапливаться в живых организмах и передаваться по пищевым цепям. Биоремедиация с использованием микроводорослей является эффективным методом очистки от тяжелых металлов (Kumar et al., 2023). Благодаря их способности к оксигенному фотосинтезу и, в случае цианобактерий, фиксации азота, возможна очистка разнообразных сред, в том числе почв и сточных вод. Для скрининга на устойчивость к тяжелым металлам могут быть адаптированы методы биотестирования, однако большинство существующих методов предполагает проведение процедуры гомогенизации и использование неприкрепленных видов, что существенно снижает количество доступных штаммов. Кроме того, получаемая ингибирующая концентрация не отражает реальную способность организма выживать под воздействием стресса, поскольку нативная форма биопленки является защитным фактором. Таким образом, целью данной работы является обзор методов оценки жизнеспособности, применимых к колониобразующим микроводорослям. Существует два разных подхода для оценки токсичности, один из которых учитывает изменения в приросте биомассы. Второй подход оценивает изменение отношения количества живых клеток к мертвым. Измерение биомассы микроводорослей, существующих в виде отдельных клеток, может выполняться с помощью микроскопа или электронного счетчика частиц. Среди альтернативных методов выделяют проточную цитометрию, измерение оптической плотности или интенсивности флуоресценции. Применение каждого из этих методов для оценки биомассы колониальных водорослей может привести к высокой

степени погрешности (Vicas et al., 2015). Широко распространены методы с экстракцией и измерением уровня хлорофилла *a*. В ряде исследований оценивается жизнеспособность биопленок, прикрепленных к твердым подложкам. Визуальная оценка отсутствия роста позволяет судить об установлении минимальной ингибирующей концентрации, а количественную оценку прироста биомассы позволяет дать взвешивание сухой биомассы. Кроме того, существует модификация метода с бумажными дисками (Nam, 2016), в котором оценивается площадь зарастания поверхности. Показано, что этот показатель коррелирует с измерениями интенсивности флуоресценции. Существенный недостаток методов на основе измерения прироста биомассы заключается в том, что они лимитируются скоростью роста водорослей, не экспрессны и затруднительны при проверке большого количества штаммов. Перспективными экспресс-методами являются те, в основе которых лежат биохимические индикаторы жизнедеятельности клетки. Среди них можно отметить каталазную активность и скорость продукции кислорода. Однако рядом авторов отмечается неоднозначность получаемых результатов (Vicas et al., 2015, Фокина и др., 2017). Существует спрос на базовые методы, использующие широко доступные инструменты. Так, например, было сообщено об успешном применении колориметрического метода на основе избирательного поглощения мертвыми клетками метиленового синего для оценки жизнеспособности колониальной микроводоросли *Botryococcus braunii* (Vicas et al., 2015). В заключение следует отметить, что методы, основанные на измерении прироста биомассы, включая взвешивание сухой биомассы и оценку площади зарастания, широко распространены, но продолжительны по времени. Наряду с этим, использование биохимических индикаторов жизнедеятельности клеток устраняет данный недостаток.

ЛИТЕРАТУРА

- Фокина А.И., Огородникова С.Ю., Домрачева Л.И., Лялина Е.И., Горностаева Е.А., Ашихмина Т.Я., Кондакова, Л.В. Цианобактерии как тест-организмы и биосорбенты // Почвоведение. 2017. № 1. С. 77–85.
- Vicas J.L., Kleinegris D.M. M., Barbosa M.J. Use of methylene blue uptake for assessing cell viability of colony-forming microalgae // Algal research. 2015. Vol. 8. P. 174–180.
- Kumar N., Gokul G, Md. Sourav Taluk-der, Boggavarapu Veera Venkata Kiran Krishna, Duraisamy Ramamoorthy. Sustainable remediation of the toxic impact of heavy metals in soil and water ecosystem using diverse ap-proaches and microalgal cultivation // Octa J. Biosci. 2023. Vol. 10, №. 2. С. 62–76.
- Nam S.H., An Y.J. Disc method: An efficient assay for evaluating metal toxicity to soil algae // Environmental pollution. 2016. Vol. 216. P. 1–8.

ОЦЕНКА ОБОГАТИМОСТИ ТОНКОЗЕРНИСТЫХ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МАГНЕТИТ-АПАТИТОВОЙ РУДЫ КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

PROCESSIBILITY OF FINE-GRAINED MAGNETITE–APATITE ORE MILL TAILINGS AT KOVDOR DEPOSIT

Поспелова Ю. П., Митрофанова Г. В.
Pospelova Yu. P., Mitrofanova G. V.

Горный институт ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: y.pospelova@ksc.ru

The article presents the laboratory-scale studies on processibility of fine-grained old tailings at Kovdor GOK. Effect of collecting agents represented by fat tall oil acids is investigated. The froth flotation tests show high selectivity of agent Berol-2015 (Nouryon), relative to apatite. From the lab-scale tests, it is found that with collector by fat tall oil acids, the P₂O₅ content of concentrate is not higher than 24.4% despite a high degree of desliming of flotation feed (~70.0%). With collector Berol-2015, the concentrate of P₂O₅ reaches 35.0–37.7% without preliminary desliming.

В современных условиях предприятия горно-перерабатывающей отрасли все больше рассматривают складированные отходы обогащения как источник для расширения своей минерально-сырьевой базы. Переработка таких техногенных месторождений представляет интерес как с точки

зрения получения дополнительных объемов выпускаемой продукции, так и с позиции снижения негативного влияния на окружающую среду со стороны хвостохранилищ. Немаловажен и тот факт, что с января 2023 г. к предприятиям, которые перерабатывают отходы обогащения, при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду применяется нулевой коэффициент. Акционерное общество Ковдорский ГОК уже имеет успешный опыт переработки фосфорсодержащих лежалых хвостов обогащения.

В процессе переработки техногенного месторождения были установлены основные проблемы обогащения такого сырья: низкая селективность разделения, механический вынос в пену частиц крупностью менее 10 мкм, низкая скоростью флотации тонких частиц (Бармин и др., 2020; Hoang et al., 2019). Ввиду естественной сегрегации сырье более глубоких горизонтов хвостохранилища представляет собой тонкую минеральную фракцию. При содержании 50% класса — 0.071 мм возникают трудности с получением кондиционного апатитового концентрата.

В настоящей работе была исследована проба «тонких» хвостов подпрудковой части 1 поля хвостохранилища АО «Ковдорский ГОК». Содержание класса — 0.071 мм в пробе составило 94.4%.

В качестве собирателей были рассмотрены традиционный собиратель — жирные кислоты таллового масла (ЖКТМ) и реагент Berol-2015 (Nouryon), представляющий собой смесь N-ацилированных производных саркозина и неионогенного ПАВ. В качестве реагента регулятора использовали оксиэтилированный изонилфенол с 6 оксиэтильными группами — Неонол 9-6, используемый в технологии получения апатитового концентрата на АО «Ковдорский ГОК» в составе реагентной смеси (Ruan et al., 2019; Severov et al., 2022).

Была рассмотрена флотация апатита из исследуемого сырья при различном количестве сбрасываемых шламов (Морозов, Поливанская, 2021). При использовании в качестве собирателя ЖКТМ селективного разделения апатита и сопутствующих минералов не происходит. Имеет место активная флотация апатит-силикат-карбонатного минерального комплекса, трехкратная перечистка которого не позволяет получить пенный продукт с содержанием P_2O_5 более 24%. Ввиду невысокой селективности ЖКТМ в качестве альтернативы был рассмотрен Berol-2015, с которым уже в основной флотации получается пенный продукт с содержанием 18–21% P_2O_5 , а содержание P_2O_5 в пенном продукте третьей перечистки составляет 29.3–33.6%. Относительно высокое извлечение P_2O_5 в концентрате третьей перечистки при использовании Berol-2015 в оптимальном соотношении с реагентами-регуляторами позволило провести опыты с 4–6 перечистками пенного продукта основной флотации. В результате были получены концентраты с содержанием 35–37.7% P_2O_5 при извлечении от руды от 20.4 до 29.7% в зависимости от реагентного режима. Было выявлено, что реагент Berol-2015 селективно флотирует тонкие частицы. Однако расходы его значительно превышают расходы жирнокислотного собирателя.

Показатели флотации исследуемого техногенного сырья коррелируют с результатами беспенной флотации мономинеральных фракций. Олеат натрия активно флотирует кальцит, выход в пенный продукт, которого при равном расходе собирателя выше, чем апатита. При этом реагент Berol-2015, в молекуле которого имеются две функциональные группировки, проявляет более высокую избирательность взаимодействия с апатитом.

В настоящей работе показана возможность повышения эффективности флотационного разделения тонкозернистого техногенного минерального сырья, отобранного с нижних горизонтов хвостохранилища обогатительной фабрики АО «Ковдорский ГОК» с использованием селективно действующего реагента-собирателя Berol-2015. Использование реагента Berol-2015 в сочетании с регулятором Неонол 9–6 в оптимальном соотношении позволяет получить апатитовый концентрат с содержанием 35–37.7% P_2O_5 при извлечении от руды от 20.4 до 29.7%. Содержание лимитирующей примеси MgO в концентратах составило 1.5–2.5%.

ЛИТЕРАТУРА

Бармин И.С., Морозов В.В., Поливанская В.В. Анализ и совершенствование технологии обогащения лежалых хвостов Ковдорского ГОКа // «Известия вузов. Горный журнал». 2020. № 5. С. 56–65.

Морозов В.В., Поливанская В.В. Повышение эффективности флотации апатит-штаффелитовых руд с применением режима двухстадиального сгущения шламов // Руды и металлы. 2021. № 4. С. 121–131.

Hoang D.H., Hassanzadeh A., Peuker U.A., Rudolph M. Impact of flotation hydrodynamics on the optimization of fine-grained carbonaceous sedimentary apatite ore beneficiation // Powder Technology. 2019. V. 345. P. 223–233.

Ruan Y., He D., Chi R. Review on Benefication Techniques and Reagents Used for Phosphate Ores // Minerals. 2019. V. 9. P. 1–18.

Severov V.V., Filippova I.V., Filippov L.O. Use of fatty acids with an ethoxylated alcohol for apatite flotation from old fine-grained tailings // Minerals Engineering. 2022. Vol. 188. doi.org/10.1016/j.mineng.2022.10783215

ЭФФЕКТИВНЫЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА В ПРОЦЕССАХ ИНАКТИВАЦИИ БАКТЕРИЙ

EFFICIENT PHOTOCATALYSTS BASED ON TITANIUM DIOXIDE IN BACTERIA INACTIVATION PROCESSES

Сафарян С. А.¹, Беликов М. Л.¹, Фокина Н. В.², Сошина А. В.²
Safaryan S. A.¹, Belikov M. L.¹, Fokina N. V.², Soshina A. V.²

¹Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: s.safarian@ksc.ru; m.belikov@ksc.ru

²Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: nadezdavf@yandex.ru; anastasiya.soshina97@yandex.ru

The paper presents the results of studies of photocatalytic inactivation of gram-negative (*Pseudomonas fluorescens*) and gram-positive (*Micrococcus* sp.) bacteria and microfungi in the presence of photocatalysts based on titanium dioxide modified with cationic impurities (W) when irradiated with visible light of natural or artificial origin.

В рамках соглашения о научно-творческом сотрудничестве ИХТРЭМС КНЦ РАН и ИППЭС КНЦ РАН проводятся исследования по оценке возможности фотокаталитической дезактивации различных групп бактерий и микрогрибов с помощью разработанных в ИХТРЭМС КНЦ РАН фотокаталитических материалов на основе диоксида титана, модифицированного иновалентными катионами металлов, в частности вольфрамом.

Показана (Беликов и др., 2022) высокая эффективность применения фотокатализаторов на основе диоксида титана, модифицированного вольфрамом, в процессе фотокаталитической инактивации грамотрицательных бактериальных клеток *Pseudomonas fluorescens* при облучении видимым светом естественного и искусственного происхождения. Показано, что в присутствии фотокатализатора концентрацией 2 мг/мл при облучении видимым светом искусственного происхождения, при котором степень освещенности (E) равна 4300 лк, исходная численность бактериальных клеток ($2.0 \cdot 10^6$ кл/мл) через 6 часов снижается на 67.5%, а через 24 часа снижается до 0. Увеличение концентрации фотокатализатора до 10 мг/мл при облучении светом естественного происхождения с более высокой степенью освещенности ($E = 14500$ лк) приводит к существенному улучшению фотокаталитической инактивации бактериальных клеток, так, уже в первые 20 минут контакта с фотокатализатором при облучении численность бактерий снижается на три порядка (с $2.0 \cdot 10^6$ до $1.7 \cdot 10^3$ кл/мл), а через 120 минут колониеобразующих бактерий не обнаруживается. Также была показана существенная фотокаталитическая инактивация грамотрицательных бактерий *Pseudomonas alcaliphila* в присутствии диоксида титана, модифицированного железом, при облучении видимым светом (Сафарян и др., 2022).

Исследования фотокаталитической инактивации грамположительных бактерий рода *Micrococcus* spp. показали (Беликов и др., 2023), что при облучении светом естественного происхождения ($E = 14000$ лк) численность бактерий ($1.6 \cdot 10^6$ кл/мл) уже через 6 часов стремится к нулю, при этом эффективны не только образцы диоксида титана, модифицированного вольфрамом, но и немодифицированный диоксид титана схожего генезиса.

Были проведены предварительные исследования по возможности фотокаталитической деструкции эукариотических клеток на примере микрогрибов *Saccharomyces cerevisiae*. Показано, что в присутствии

фотокатализаторов (2 мг/мл) при облучении светом естественного происхождения ($E = 14000$ лк) численность клеток *Saccharomyces cerevisiae* в течение первых 3 часов снижается на 54%, а через 24 часа – на 82%.

Таким образом, разработанные фотокатализаторы эффективны при фотокаталитической деструкции различных видов грамотрицательных и грамположительных бактерий и микрогрибов при облучении видимым светом.

ЛИТЕРАТУРА

Беликов М.Л., Фокина Н.В., Редькина В.В., Сафарян С.А. Фотокаталитическая инактивация бактерий в присутствии диоксида титана, модифицированного вольфрамом при облучении видимым светом // Кинетика и катализ. 2022. Т. 63, № 4. С. 433–445. doi:10.31857/S0453881122040037

Инактивация бактерий в присутствии фотокатализаторов на основе TiO_2 , модифицированного вольфрамом или железом, при облучении видимым светом / С.А. Сафарян [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. Химические технологии, науки о материалах, металлургия. Вып. 6: [Доклады XVI Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, специалистов и студентов вузов «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий», 20-22 апреля 2022 г.]. 2022. Т. 13, № 1. С. 217–222.

Беликов М.Л., Фокина Н.В., Сошина А.С., Сафарян С.А. Фотокаталитическая инактивация бактериальной микрофлоры в присутствии композитов на основе диоксида титана при облучении видимым светом // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14. № 3. С. 38–43.

УТИЛИЗАЦИЯ НЕФЕЛИНСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

UTILIZATION OF NEPHELINE-CONTAINING MAN-MADE WASTE INTO EFFECTIVE THERMAL INSULATION MATERIALS

Суворова О. В., Манакова Н. К., Майоров Д. В.

Suvorova O. V., Manakova N. K., Mayorov D. V.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: ov.suvorova@ksc.ru; n.manakova@ksc.ru, d.mayorov@ksc.ru*

The process of low-temperature synthesis of foam materials from silica-containing by-products of the processing of apatite-nepheline and eudialyte ores was studied theoretically and experimentally. The influence of pore-forming and mineral additives on the structure and physical and technical properties of thermal insulation materials has been studied. The effectiveness of introducing modifying additives (chalk, gypsum, graphite, ash, ash and slag mixture) into the composition of the foam silicate mixture has been shown. An improvement was noted in the technical characteristics of foam silicates and, as a consequence, in the performance properties of products.

Waterproof foam materials with a density of 0.36–0.52 g/cm³, thermal conductivity of 0.059–0.062 W/m·K, strength of 2.7–5.2 MPa, which are non-flammable and characterized by the complete absence of organic substances in the composition, have been obtained. They can be recommended for use as thermal insulation materials in the construction and reconstruction of industrial and civil buildings and structures for various purposes.

Хвосты обогащения, отвальные породы, отходы производств и теплоэлектростанций в районах с развитой горнодобывающей и перерабатывающей промышленностью создают серьезные проблемы экономического и экологического характера в особенности.

При обогащении апатито-нефелиновых руд побочным продуктом является нефелиновый концентрат, коммерческое значение которого во много раз ниже ценности апатитового концентрата. Вместе с тем проблема разработки технологий по утилизации и переработке этого сырья актуальна и привлекает внимание как отечественных, так и зарубежных исследователей (Майоров Д.В., Веляев Ю.О., 2023; Манакова Н.К., Суворова О.В., Макаров Д.В., 2021; Jun Jiang et. al., 2023).

Предложен теоретический и экспериментальный подход к процессу низкотемпературного синтеза пеносиликатов на основе кремнезёмсодержащих продуктов переработки апатито-нефелиновых и эвдиалитовых руд. Изучено влияние порообразующих, модифицирующих добавок и технологических режимов на структуру и физико-технические свойства полученных пеноматериалов. Показано улучшение технических характеристик образцов и, как следствие, эксплуатационных свойств изделий.

На основе микрокремнезёма, нефелинового концентрата и смеси мела и гипса при соотношении 3:1 синтезированы блочные пеносиликаты плотностью 0.49–0.52 г/см³, теплопроводностью 0.059–0.062 Вт/м·К. Прочность образцов при введении смеси мела и гипса возрастает в 1.8–2 раза (2.7–3.10 МПа) по сравнению с образцами без добавок, а водопоглощение существенно снижается (до 11 %).

Эффективной добавкой, способствующей формированию замкнутой пористости, является порообразователь окислительно-восстановительного типа — графитсодержащий отход Кандалакшского алюминиевого завода. Введение его в шихту и вспенивание при 675 °С в течение 15–25 мин позволяет значительно снизить водопоглощение образцов (6.8–10.4 %) при достаточно высокой прочности для пеностекольных материалов (2.38–2.86 МПа) и низкой теплопроводности (0.061–0.062 Вт/м·К).

Теоретически и экспериментально обоснована результативность введения в состав шихты золосодержащих отходов Апатитской ТЭЦ в количестве 5–15 %, что позволяет получить пеносиликаты плотностью 0.36–0.45 г/см³, с достаточно высокой прочностью (2.8–5.2 МПа) и более низким по сравнению с материалами, полученными без использования модифицирующих добавок водопоглощением (14 %).

Разработанные пеностекольные материалы негорючи, не выделяют токсических веществ при горении, экологичны. Их можно рекомендовать для использования в качестве облицовочных теплоизоляционных материалов при строительстве и реконструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

Майоров Д.В., Веляев Ю.О. Физико-химические и структурно-поверхностные свойства диоксида кремния, получаемого из минерального сырья // Перспективные материалы. 2023. № 2. С. 44–53. doi 10.30791/1028-978X-2023-2-44-53

Манакова Н.К., Суворова О.В., Макаров Д.В. Влияние минеральных добавок на структуру и свойства теплоизоляционных материалов на основе кремнеземсодержащего сырья // Стекло и керамика. 2021. № 8. С. 35–40.

Jun Jiang et al. Preparation and properties of high-strength lightweight aggregate ceramicsite from nepheline tailings // Construction and Building Materials. 2023. Vol. 368. P. 130458. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130458>

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С САМООЧИЩАЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ТИТАНОСИЛИКАТНЫХ ДОБАВОК BUILDING MATERIALS WITH SELF-CLEANING SURFACE BASED ON NANOSIZED TITANOSILICATE ADDITIVES

Тюкавкина В. В., Цырятьева А. В.
Tyukavkina V. V., Tsyryatyeva A. V.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья имени И.В. Тананаева ФИЦ КНЦРАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: v.tiukavkina@ksc.ru

The photocatalytic activity of cement stone modified nanosized titanosilicate powders obtained by using industrial wastes from the Kola Peninsula has been studied. It was found that all investigated nanoparticles TiO₂-SiO₂, give the cement stone the ability to self-cleaning, both in the ultraviolet and visible spectral light. TiO₂-SiO₂ nanoparticles, characterized by their crystalline structure and high specific surface area, have the greatest influence. Concrete modified

TiO₂-SiO₂ nanoparticles is superior to samples with commercial titanium dioxide in terms of self-cleaning ability when exposed to ultraviolet light and exhibits photocatalytic activity in visible light.

Загрязнение воздуха с каждым годом увеличивается, в основном, это относится к промышленным и городским районам. Одним из интенсивно разрабатываемых способов удаления некоторых загрязняющих веществ из воздуха является использование самоочищающихся строительных материалов. Использование строительных материалов с самоочищающейся поверхностью может оказать влияние не только на улучшение качества воздуха, но и сохранить эстетический вид зданий. Наиболее известным фотокаталитическим полупроводником, который чаще всего используется в качестве добавки к строительным материалам, является диоксид титана в виде анатаза (Ви́ла Гомез, 2013). Помимо придания самоочищающихся и фотокаталитических свойств TiO₂ может ускорить раннюю гидратацию портландцемента, улучшить прочность (Баженов, 2013). Однако следует отметить, что диоксид титана поглощает только ультрафиолетовое излучение, поэтому фотокаталитический процесс может происходить исключительно при воздействии УФ света. В связи с чем, поиск фотокатализаторов активных при видимом свете является весьма актуальной задачей.

В качестве фотокаталитических добавок нами рассматривались наночастицы TiO₂-SiO₂, полученные с использованием техногенного сырья Кольского полуострова. Синтезированные с использованием промышленных отходов титаносиликатные порошки отличаются друг от друга способом получения, химическим и фазовым составом, удельной поверхностью, пористостью, морфологией (Туукавкина et al., 2021). В данной работе изучен характер влияния наночастиц TiO₂-SiO₂ на фотокаталитическую активность цементного камня в ультрафиолетовой и в видимой областях спектра.

Изучение фотокаталитической активности цементного камня, модифицированного наноразмерными титаносиликатными порошками, показало, что все они придают цементному камню способность к самоочищению, как в ультрафиолетовой, так и видимой области спектра. Наибольшее влияние на фотокаталитическую активность оказывают наночастицы TiO₂-SiO₂, обладающие кристаллической структурой и высокой удельной поверхностью. Однако при введении в цементный раствор наночастиц TiO₂-SiO₂ с высокой удельной поверхностью их необходимо предварительно подвергать ультразвуковому диспергированию в присутствии поверхностно активных веществ, либо вводить совместно с суперпластификатором в небольших количествах (0.5–1% от массы цемента). Помимо фазового состава и удельной поверхности большое влияние на фотокаталитическую активность оказывает соотношение TiO₂/SiO₂, самоочищающаяся способность поверхности цементного камня при облучении УФ с увеличением содержания TiO₂ в составе титаносиликатного порошка повышается. В целом способность цементного камня к самоочищению обусловлена фотохимической активностью титаносиликатных порошков. Установлено, что в процессе твердения способность цементного камня, модифицированного наночастицами TiO₂-SiO₂, к самоочищению усиливается. Бетон, модифицированный наночастицами TiO₂-SiO₂, по способности к самоочищению превосходит образцы с коммерческим диоксидом титана при воздействии ультрафиолетовым светом и проявляет фотокаталитическую активность при видимом свете. Для получения бетонов с самоочищающейся поверхностью достаточно введение в его состав 1–2% (от массы цемента) титаносиликатной добавки.

ЛИТЕРАТУРА

Баженов Ю.М., Королев Е.В., Лукутцова Н.П., Завалишин С.И., Чудакова О.А. Высококачественные декоративные мелкозернистые бетоны, модифицированные наночастицами диоксида титана // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 73–78.

Ви́ла Гомез Ж. Обзор по TiO₂ — фотокатализ и некоторые виды его применения в строительной промышленности // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2013. № 4-5 (31). С. 72–87.

Tuukavkina V.V., Shchelokova E.A., Tsyryatyeva A.V., Kasikov A.G. TiO₂-SiO₂ nanocomposites from technological wastes for self-cleaning cement composition // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 44. 102648 <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102648>

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ О. САХАЛИН

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GEOHAZARDS ON SAKHALIN ISLAND PIPELINE SYSTEMS

Харыбина А. С.¹, Зеновская А. И.², Юмашева А. К.³
Kharybina A. S.¹, Zenovskaya A. I.², Yumasheva A. K.³

^{1,2}*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва; e-mail: kharybina.a@gubkin.ru*

³*Институт проблем нефти и газа РАН, Москва; e-mail: anastasiayumasheva@yandex.ru*

The statistics of accidents on main gas pipelines have been studied. The results of previously conducted studies are analyzed and geohazards that manifest themselves on the right of way of the Trans-Sakhalin pipeline system are described. The prerequisites for their development are listed, as well as the risks arising from the activation of these processes. The created database of geohazards created in the ArcGIS software is described, as well as the results of a visual inspection of the pipeline route for oil spills. It is established that the sections of the pipeline route exposed to geohazards were taken into account during the design and construction of the facility, and are also subject to monitoring and regular maintenance. The results obtained allowed us to judge the integrity of the pipeline system, as well as the activity of geohazards affecting it, and, therefore, allowed us to make a forecast of the technical condition of the object of study and develop recommendations.

Транссахалинская трубопроводная система (ТТС) – один из объектов нефтегазового проекта «Сахалин – 2» (оператор — ООО «Сахалинская Энергия»), имеющий протяженность более 800 км и соединяющий объединенный береговой технологический комплекс и производственный комплекс «Пригородное». Актуальность работы обусловлена чрезвычайно высоким уровнем геологических и гидрологических рисков для береговых нефтегазопроводов по проекту вследствие сложных инженерно-геологических и климатических условий, поскольку ТТС пересекает 19 тектонических разломов и 3 климатических пояса (Батугин, 2021; Харыбина и др., 2023).

Исследования опасных геологических процессов (ОГП) на Сахалине проводились Дальневосточным отделением РАН. Тогда опасными процессами, выявленными на участке расположения транссахалинской трубопроводной системы, стали лавинные, селевые, оползневые и русловые процессы (Казаков, Генсиоровский, 2008).

В части рекультивации в работе Лобкиной В.А. (2014) описано, что практика использования биоматов в условиях Сахалина показала, что полотно не разложилось, озеленение склонов произошло фрагментарно, а функции по уменьшению поверхностного стока работают недостаточно эффективно. На некоторых участках произошел сход оползней вместе с закрепленными на его поверхности кокоматами, при этом сетка кокомата способствовала задержанию грунта в русле и провоцировала запруживание реки.

В рамках работы, для того чтобы отследить динамику развития ОГП, были использованы данные ежегодного мониторинга, проводимого в компании ООО «Сахалинская Энергия». Мониторинговые мероприятия в 2019 и 2020 гг. осуществлялись на 14 участках. Результаты производственного мониторинга позволили судить об эффективности коррективных мер по снижению рисков, которые были применены на данных территориях.

Помимо этого, с помощью портала Геологической службы США (USGS) EarthExplorer, предоставляющего онлайн и офлайн доступ к снимкам спутника дистанционного зондирования Земли Landsat-8, визуальным методом на наличие опасных геологических процессов была изучена полоса земледелия на территории Макаровского района.

Итогом проведенной работы стало формирование на базе ПО ArcGIS базы данных опасных геологических процессов, куда вошла информация не только об участках проявления ОГП, но и пунктах мониторинга, а также участках развития склоновых процессов и возможных нефтеразливах на полосе земледелия, выявленных в ходе визуального мониторинга. Одним из элементов базы данных стала информация об очагах землетрясений, произошедших с 15 марта 1924 г. по 26 февраля 2022 г., по данным открытых порталов ФИЦ ЕГС РАН и Геологической службы США (USGS).

В процессе комплексного анализа полосы землеотвода транссахаалинской трубопроводной системы, проходящей по территории Макаровского района, было установлено:

1. Особенности климата, связанные с большим количеством осадков (911 мм в год), продолжительным холодным периодом года, слабосцементированные горные породы: аргиллиты и алевролиты, а также глубина расчленения рельефа (200-1000 м) определяют формирование склоновых процессов в Макаровском районе. Их активизации способствуют подвижки в земной коре, связанные с активными разломами, пять из которых трасса трубопровода пересекает на исследуемом участке.

2. На территории Макаровского района по данным ФИЦ ЕГС РАН и Геологической службы США (USGS) с 1927 по 2022 гг. не были зарегистрированы эпицентры крупных землетрясений с магнитудой выше 5. Максимальная интенсивность и пиковое ускорение грунта для землетрясений за период 200 и 1000 лет для данной территории составляют 8.5 и 9.8 баллов по шкале MSK-64, 0.3 g и 0.69 g

3. Биологическая рекультивация, проводимая компанией «Сахаалинская Энергия» после прокладки трубопровода, эффективна не в полной мере, поскольку были применены не до конца изученные материалы. К ним относятся кокоматы и энкаматы, заявленного разложения которых через 1–2 сезона не произошло.

ЛИТЕРАТУРА

Батугин А.С. К техногенной природе сильных коровых землетрясений // Геодинамические процессы и природные катастрофы: тезисы докладов IV Всероссийской научной конференции с международным участием / отв. ред. Л. М. Богомолв. Южно-Сахаалинск: Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2021. С. 15.

Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкогорье о. Сахаалин как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахаалин-2» // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2008. № 6. С. 483–496.

Лобкина В.А. Использование биоматов в закреплении склонов в условиях о. Сахаалин // Геориск. 2014. № 4. С. 30–33.

Харыбина А.С., Ванчугв И.М., Жаркова В.В., Афанасьев А.В. Выявление геоэкологических рисков эксплуатации производственного комплекса «Пригородное» в рамках нефтегазового проекта «Сахаалин-2» // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2023. № 4 (313). С. 34–41.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СООБЩЕСТВ МИКРООРГАНИЗМОВ

RECOVERY OF OIL-POLLUTANTD AREAS OF THE KOLA SUBARCTIC USING COMMUNITIES OF MICROORGANISMS

Чапоргина А. А.¹, Корнейкова М. В.^{1,2}, Мязин В. А.², Фокина Н. В.¹
 Charorgina A. A.¹, Korneykova M. V.^{1,2}, Myazin V. A.², Fokina N. V.¹

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
 Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.charorgina@ksc.ru

²Аграрно-технологический институт Российского университета дружбы народов (РУДН), Москва

The microorganisms used were isolated from the soils of the Kola Peninsula, which makes them resistant to difficult climatic conditions. The object of the study includes soil contaminated for 20 years with petroleum products. By laboratory experiment, we established five types of microfungi that most intensively decompose petroleum hydrocarbons: *Penicillium canescens* st. 1, *P. simplicissimum* st. 1, *P. commune*, *P. ochrochloron*, and *P. restrictum*. One day after the start of the experiment, 6 to 18% of the hydrocarbons decomposed: at 3 days, this was 16 to 49%; at 7 days, 40 to 73%; and at 10 days, 71 to 87%. For soils of light granulometric composition with a low content of organic matter, a more effective method of bioremediation is sorption-biological treatment using peat or granulated activated carbon: the content of hydrocarbons decreased by an average of 65%, which is 2.5 times more effective than without treatment.

Очистка территорий, загрязненных нефтью, является сложной задачей по восстановлению окружающей среды. К потенциально опасным источникам загрязнения нефтепродуктами на Кольском полуострове относятся нефтебазы, топливно-энергетические объекты, крупные

промышленные предприятия с собственным автопарком, автозаправочные станции и военные объекты, использующие различные нефтепродукты. Микробиологические способы очистки сред от загрязнений нефтепродуктами являются экологически перспективными. К ним относят биостимуляцию, которая основана на увеличении активности аборигенной нефтеокисляющей микробиоты, а также биоаугментацию — внесение культур нефтеокисляющих микроорганизмов.

Основная цель исследования — изучить влияние биологической очистки на эффективность восстановления почв Кольского полуострова, загрязненных нефтепродуктами в условиях полевого опыта. Исследования проводили в почве, подверженной антропогенному загрязнению нефтепродуктами в течение длительного времени. Ранее в лабораторных условиях выявлены наиболее активные штаммы углеводородокисляющих микроскопических грибов (*Penicillium canescens st.1*, *P. commune*, *P. simplicissimum st.1*) и бактерий (*Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *P. baetica*, *Microbacterium paraoxydans*), выделенные из почв Кольского полуострова (Evdokimova et al., 2012; Korneykova et al., 2019). Наиболее активная ассоциация микроорганизмов в дальнейшем использовалась в полевом опыте при оценке эффективности приемов биоремедиации загрязненных грунтов. В качестве сорбентов использовали гранулированный активированный уголь марки с размером гранул 2-3 мм и торф верховой нейтрализованный.

Исходное содержание нефтяных углеводородов в загрязненном грунте составляло на разных площадках от 9385 до 46143 мг/кг. Использование ассоциации углеводородокисляющих микроорганизмов позволило снизить содержание углеводородов нефти на 45% от исходного значения. Эффективность приемов сорбционно-биологической очистки с внесением активированного угля составила 49-53%. Максимальная эффективность наблюдалась при внесении торфа в загрязненный грунт, что способствовало снижению содержания нефтяных углеводородов в среднем на 65%. Исследования показали, что при биоремедиации разложение углеводородов ускоряется в 1.7 и 2.9 раза. При использовании торфа практически полная очистка почвы произойдет за 5.4 года, без биоремедиации — за 16.1 лет. Для почв и грунтов легкого гранулометрического состава с низким содержанием органического вещества сорбционно-биологическая очистка оказалась эффективнее других приемов. Несомненным преимуществом при таком способе очистки является способность углеводородокисляющих микроорганизмов, находящихся на сорбенте, окислять углеводороды и органические соединения других классов. Использование рассмотренных приемов биоремедиации способствует улучшению экологического состояния загрязненной территории и постепенному восстановлению биоразнообразия.

ЛИТЕРАТУРА

Evdokimova G.A., Masloboev V.A., Mozgova N.P., Myazin V.A., Fokina N.V. Bioremediation of oil-polluted cultivated soils in the Euro-Arctic Region // Environmental Science and Engineering. 2012. V. 1. No. 9. P. 1130–1136.

Korneykova M.V., Chaporgina A.A., Redkina V.V. Oil destructive activity of fungi isolated from the soils of the Kola Peninsula Urbanization // Challenge and Opportunity for Soil Functions and Ecosystem Services: Proceedings of the 9th Suitma Congress / Eds. V. Vasenev, E. Dovletyarova, Z. Cheng, T. Prokofieva, J. Morel, N. Ananyeva. Springer. 2019. P. 123–134.

СЕКЦИЯ 4.
ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ
ТАЁЖНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

SESSION 4.
STUDIES AND CONSERVATION OF BIODIVERSITY
IN THE ARCTIC

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ В АРКТИКЕ:
РОЛЬ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**
**ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE ARCTIC:
THE ROLE OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Аюбова И. Х., Юнусов О. К.
Ayubova I. X., Yunusov O. K.

Ташкентский Государственный технический университет им. Ислама Каримова; Ташкент; e-mail: Indiraxon@bk.ru

The Arctic, facing rapid changes due to climate change and human activities, underscores the urgent need for understanding the nexus between biodiversity conservation and ecological sustainability. This region, marked by unique ecosystems and biodiversity, confronts threats from melting sea ice, altered habitats, and increased exploitation of natural resources. These changes pose significant risks to its flora and fauna, impacting ecological resilience. This article emphasizes the pivotal role of biodiversity in enhancing ecosystem stability, advocating for comprehensive strategies integrating protected areas establishment, human activity regulation, and international collaboration for adaptive management.

Арктическая территория находится под серьезной угрозой из-за изменения климата, промышленной эксплуатации и других человеческих воздействий. Сохранение биоразнообразия Арктики представляет собой не только экологическую проблему, но и важный вопрос глобального значения, влияющий на климат, биологические ресурсы и культурное наследие. В этой статье мы рассмотрим роль сохранения биоразнообразия в обеспечении экологической устойчивости в Арктике.

Арктика характеризуется экстремальными климатическими условиями: низкими температурами, обширными ледовыми полями и вечной мерзлотой. Такой климат создаёт суровые условия для жизни, тем ни менее, арктические экосистемы известны своим удивительным биоразнообразием (Anisimov, Reneva, 2006).

В последние десятилетия Арктика столкнулась с рядом экологических вызовов, включая повышение температуры воды и воздуха, ускоренное таяние морских льдов, а также увеличение человеческой активности, связанной с разведкой и добычей полезных ископаемых и развитием судоходства. Эти изменения не только угрожают уникальной флоре и фауне, но и влияют на экологическую устойчивость.

Изменения климата в Арктике особенно ощутимы из-за эффекта арктического усиления, который представляет собой ускоренное повышение температур в этом регионе. Это ведет к гибели и миграции видов, изменению экосистем, что в долгосрочной перспективе может привести к потере уникального биоразнообразия. Так, из-за сокращения площади льда морские млекопитающие, такие как белый медведь, теряют свои привычные места обитания и источники пищи (Stoessel et al, 2018).

Человеческая деятельность в Арктике приводит к дополнительному давлению на экосистемы. Разведка и добыча нефти и газа, освоение новых территорий для морских и воздушных перевозок вызывают загрязнение среды и ухудшение условий для жизни многих видов. Шумовое загрязнение, особенно остро ощущаемое в водной среде, нарушает естественное поведение морских млекопитающих, ведущее к снижению их способности к размножению и поиску пищи.

Биоразнообразие играет ключевую роль в поддержании экологической устойчивости, так как высокое разнообразие видов способствует устойчивости экосистем к внешним воздействиям и изменениям. Виды с различными функциями в экосистеме создают сложную сеть взаимозависимостей, которая обеспечивает эффективность функционирования и восстановление экосистем после возмущений (Wassmann et al., 2011).

Для сохранения биоразнообразия и экологической устойчивости Арктики необходим комплексный подход, включающий регулирование человеческой деятельности, а также международное сотрудничество. Важным аспектом является также сбор данных и мониторинг изменений для оперативного реагирования.

Ключевым направлением является разработка адаптационных мер, помогающих как человеку, так и природе приспособиться к изменяющимся условиям, а также реализация международных соглашений по охране окружающей среды и устойчивому использованию ресурсов региона.

Арктика — уникальный регион с особой экологической устойчивостью, поддержание которой зависит от сохранения его биоразнообразия. В условиях современных глобальных вызовов, таких как изменение климата и увеличение антропогенной нагрузки, необходима немедленная и скоординированная реакция со стороны международного сообщества. Сохранение биоразнообразия Арктики не только поможет поддержать его экологическую устойчивость, но и сбережет этот уникальный регион для будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

Anisimov O.A., Reneva, S.A. Permafrost and changing climate: the Russian perspective // *Ambio: A Journal of the Human Environment*. 2006. 35(4). P. 169–175.

Stoessel M. et al. The Effect of Climate Change on Ecological and Functional Diversity in the Arctic // *Polar Biology*, 2018. 41(8). P. 1607–1620.

Wassmann P. et al. Footprints of climate change in the Arctic marine ecosystem // *Global Change Biology*, 2011. 17(2). P. 1235–1249.

ПРИЧИНЫ СМЕРТНОСТИ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (*RANGIFER TARANDUS*) И ЛОСЯ (*ALCES ALCES*) В ЛАПЛАНДСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ И НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ CAUSES OF MORTALITY OF REINDEER (*RANGIFER TARANDUS*) AND ELK (*ALCES ALCES*) IN THE LAPLAND RESERVE AND THE SURROUNDING AREA

Гилязов А. С.

Gilyazov A. S.

*ФГБУ «Лапландский государственный природный биосферный заповедник»,
Мончегорск, Мурманская область; e-mail: alex@laplandzap.ru*

Between the years 1930–2023, 278 elk and 739 wild reindeer deaths were recorded. Bears were responsible for most of the elk and reindeer mortality: 44% and 12% of deaths, respectively. By comparison, wolves caused 9% of elk and 8% of reindeer deaths and wolverines caused 1.5% of elk and 5% of reindeer deaths. In the area surrounding the Reserve, illegal hunting accounted for 7% of elk mortality and 8% of reindeer mortality, while road kills were responsible for 7% of all elk deaths and 1% of all reindeer deaths. Bears were of greatest danger to elk and reindeer in Laplandia; wolves tended to prey primarily on reindeers. Wolverines most frequently targeted weak or sick animals, though they have been known to occasionally attack adult elk. The mortality rate of adult males (both elk and reindeer) is consistently higher than the rate for females and calves. We were not able to discern the cause of 30% of elk deaths and 60% of reindeer deaths.

За 1930–2023 гг. в Лапландском заповеднике зарегистрировано 278 случаев гибели лосей, 739 — оленей, большей частью по их остаткам на месте гибели. Состояние обнаруженных остатков очень различно и они могут представлять собой: 1) целые или почти целые туши; 2) остатки туши, объединенные хищником; 3) части скелета, пролежавшие более 1 года. Поэтому определить весь набор необходимых стандартных показателей удастся не всегда. Медведь всегда заваливает тушу ветками, дерном, снегом и держится возле нее, пока не съест полностью. Оставляет много меток на деревьях и на земле. Волки никогда не охраняют добычу и не зарывают, и могут уйти, оставив ее почти не тронутой. Росомаха обычно старается растащить, спрятать добычу. В самых крайних вариантах удастся определить лишь вид погибшего животного. Доля таких случаев 23% у лосей и 52% у оленей. Амплитуда изменений численности дикого оленя гораздо выше, чем у лося, как и сама численность. Численность лосей в зимний период на территории заповедника площадью 2780 кв. км составляла максимум 400 особей, а численность оленей колебалась от 100 до 13 000 особей. Медведь основной потребитель и лося, и оленя: 44% обнаруженных остатков лося и 11% оленя, были добыты медведем, волками — 9% лося и 8% оленя, росомахами — 1.5% лося и 5% оленя, собаками — 1% лося, оленя — 2%. Для волка и росомахи более доступны молодняк лося и ослабленные взрослые лоси. Медведь

добывает лосей, в основном, ранней весной по глубокому снегу, позже лосят; осенью, во время гона самцов. Медведи оставляют берлогу 23.04 (средняя многолетняя дата за 83 года наблюдений), осенью последний след встречается 28.10 (за 69 лет наблюдений), т.е. он активен полгода в период с наименьшим снежным покровом. Количество остатков лося, добытых медведем, составляет 123 особи, оленей 84 особи, когда численность лосей всего, в среднем, 150, оленя около 1500. При численности медведя от 12 до 32 в разные годы (в среднем, 22 особи) на одного медведя приходится грубо 7 лосей и 70 оленей. С учетом соотношения количества добытых медведем лосей и оленей получается, что у оленя шансов погибнуть в 15 раз меньше, чем у лося. Медведь охотится или по насту, когда лось проваливается, или скрадывает добычу в лесу, чаще у берегов рек и озер. Оленя медведю добыть труднее, т.к. удельная нагрузка на снег у оленя такая же, как у медведя и олень предпочитает открытые станции (менее облесенные), где медведю его не скрасть и не догнать. Волк лучше приспособлен к добыче оленей, чем медведь, благодаря таким особенностям, как групповая охота, быстрота бега и т.д. Волки уничтожают меньше оленей, чем медведи (58 и 84), хотя медведи и спят полгода, т.к. численность волка не превышала 1–12 особей, а в 1930–1938 гг. их не было и появились в 1939 г., когда оленей достигла 800 особей (Семенов-Тянь-Шанский, 1948а; 1948b; 1977). Вслед за оленями волки уходят за пределы заповедника, где их регулярно уничтожают. В последние годы численность волков в заповеднике растет. Первые добытые волками лоси были обнаружены в 1981 г. и после, когда наблюдалась наиболее низкая численность оленей. Волки перешли на добычу лосей. Росомаха при весе 11–16 кг и при ее небольшой скорости бега, но при огромной выносливости способна добыть и взрослых особей. Половозрастная структура погибших оленей и лосей сходна. Преобладание самцов в пробах объясняется тем, что, во-первых, самцы и оленей, и лосей в период гона теряют осторожность. Меньший процент находок остатков новорожденных лосят объясняется тем, что медведь их съедает полностью и в лесу их обнаружить сложнее, чем пыжиков оленей в тундре. В этом случае возможна избирательность обнаружения остатков. В этом отношении хищничество может быть и преувеличено. Хищники в какой-то мере ускоряют неизбежную гибель одряхлевшего или травмированного животного или же могут употребить уже погибшее животное. 15% гибели оленей и 22% смерти лосей вызываются не хищниками, а другими причинами. Это браконьерство, болезни и травмы, утопление, гибель на автотрассе.

ЛИТЕРАТУРА

Семенов-Тянь-Шанский О.И. Дикий северный олень на Кольском полуострове // Труды Лапландского государственного заповедника. М.: изд. Гл. упр. по заповедникам при Совете Министров РСФСР, 1948а. Вып. 2. С. 3–90.

Семенов-Тянь-Шанский О.И. Лось на Кольском полуострове // Труды Лапландского государственного заповедника. М.: изд. Гл. упр. по заповедникам при Совете Министров РСФСР, 1948b. Вып. 2. С. 91–162.

Семенов-Тянь-Шанский О.И. Северный олень. М.: Наука, 1977. 91 с.

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ МОРСКИХ И ОКОЛОВОДНЫХ ПТИЦ В РАЙОНЕ ПОС. ТЕРИБЕРКА

THE MODERN DINAMIC OF MARINE AND NEAR-WATER BIRDS IN THE TERIBERKA AREA

Гурба А. Н.

Gurba A. N.

Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск; e-mail: anastasiya.gurba@mail.ru

The paper presents the results of regular ornithological surveys in the area of Teriberka (East Murman) in 2021–2023. Observations were carried out on the coast and waters of the Korabel'naya and Zavalishinabays, and in the estuary of the Teriberka river. In total, 25 species of marine and near-water birds were encountered. Two most abundant species Among

them were the common eider *Somateria mollissima* and the herring gull *Larus argentatus*. Presumably, the increase in the number of herring gulls was influenced by the growth of fishing and, accordingly, the increase in its waste, which the birds actively feed on. So far, the reasons for fluctuations in the number of common eiders in this area remain unclear, but nesting conditions (availability of sufficient food and anthropogenic disturbance) may presumably influence this.

Туристическая популярность природного парка Териберка в Мурманской области растет с каждым годом. Чрезмерный турпоток представляет угрозу для экосистем данного района, в том числе — для прибрежной орнитофауны (Отчёт..., 2021). В связи с этим, важное значение имеет регулярный мониторинг морских и околоводных птиц. Данные по орнитофауне Териберской губы до последнего времени носили фрагментарный характер (Кищинский, 1960; Горяев, 2004). В первую очередь, здесь изучали видовой состав и численность птиц-базарников и гораздо меньше внимания уделяли другим видам морских и околоводных птиц (Панёва, 2006). В 2021–23 гг. ММБИ РАН были организованы ежемесячные комплексные экспедиции по заливам и губам побережья Мурмана. Это позволило провести ряд орнитологических маршрутных учётов в эстуарии р. Териберка и бухтах Корабельная и Завалишина. В результате были получены актуальные данные о сезонной динамике численности и видового состава морских и околоводных птиц вдоль береговой линии и в акваториях бухт, а также материалы по гнездованию колониальных птиц.

За три года береговых наблюдений в районе было отмечено 25 видов морских и околоводных птиц, все они являются характерными для арктических прибрежных экосистем. Самыми многочисленными в 2021–22 гг. были представители гусеобразных (Anseriformes) за счёт большего количества обыкновенной гаги *Somateria mollissima*, а в 2023 г. — чайковых (Laridae) за счёт серебристой (*Larus argentatus*) и морской (*L. marinus*) чаек.

Были проанализированы возможные причины межгодовых и сезонных изменений численности двух массовых видов — обыкновенной гаги и серебристой чайки. Наибольшая численность гаги отмечена в апреле 2021 г. и апреле, октябре и ноябре 2022 г., т.е. в периоды миграций и зимовок. Птицы используют этот район как зимовочную стацию с достаточным количеством кормовых ресурсов. Осенью 2023 г. (октябрь) в районе пос. Териберка зафиксирована крайне низкая численность гаги, по сравнению с предыдущим годом. Основной причиной может быть ухудшение условий гнездования, т.к. количество выводков гаги в 2023 г. уменьшилось примерно в два раза, по сравнению с 2022 г. Ежегодно увеличивающийся в данном районе поток туристов крайне пагубно влияет на птиц в гнездовой и выводковый периоды.

Численность серебристой чайки варьирует по годам. В 2021 г. ее пик отмечался в июне, а наименьшая численность — в апреле. В 2022 г., при проведении учётов с апреля по ноябрь, изменение числа птиц по месяцам было незначительным, спад наблюдался в ноябре в связи с отлётом большего количества чаек к местам зимовок вне Мурмана. В 2023 г. отмечен рост количества серебристой чаки, по сравнению с предыдущими годами наблюдений. Скопления птиц были приурочены в основном к местам сброса отходов рыбного промысла, число и доступность которых увеличиваются, благодаря развитию туристической рыболовной деятельности в регионе в последние годы.

ЛИТЕРАТУРА

Горяев Ю.И. Сообщения с мест: губа Териберка, Мурманский берег, Россия // Птицы Арктики. Инф. Бюлл. № 6. 2004. С. 6.

Кищинский А.А. К фауне и экологии птиц Териберского района Мурманской области // Тр. Кандалакшского гос. заповедника. 1960. Вып. 2. С. 122–212.

Отчёт о научно-исследовательской работе по теме: «Обоснование создания особо охраняемой природной территории регионального значения природный парк «Териберка»» по договору 04/09/20 от 04.09.2020 г. Апатиты, 2021. С. 69–76.

Панёва Т.Д. Результаты учета морских птиц на Мурмане летом 1992 г. // X научн. конф. Беломорской биологической станции. М., 2006. С. 175–177.

**ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ЛЕСНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ ЛЯЛЬСКОГО ПОЛИГОНА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)**

**ASSESSMENT OF THE DIVERSITY OF SOIL INVERTEBRATES IN THE FOREST
ECOSYSTEMS OF THE LYALSKY TEST AREA (KOMI REPUBLIC)**

Дитц А. А., Конакова Т. Н., Мелехина Е. Н., Таскаева А. А., Кудрин А. А.
Ditts A. A., Konakova T. N., Melekhina E. N., Taskaeva A. A., Kudrin A. A.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: kolesnikova@ib.komisc.ru

The diversity of soil invertebrates in the middle taiga forests of the Lyalsky test area was assessed. About 16 taxa of large invertebrates (28 species, including four species of earthworms), 25 species of oribatid mites, 36 species of springtails, 28 genera of nematodes were identified.

Почвенная фауна является одним из основных биотических факторов аккумуляции почвенного углерода. Переработка надземного и подземного опада почвенной фауной и микробиотой представляет собой один из путей перехода углерода из пула растительности в пул почв. Увеличение биомассы и активности почвенной фауны увеличивает ее вклад в переработку опада и последующую стабилизацию органического вещества почв в минеральной части профиля (Кузнецова, 2021). Общей особенностью населения лесных подстилок является то, что комплекс почвообитающих беспозвоночных весьма разнообразен в отношении набора функционально-ценотических групп. В составе почвенной макрофауны по типу питания выделяют зоофагов, фитофагов, сапрофагов, полифагов, вклад двух последних групп значим для оценки пула почвенного углерода. Микроартроподы (Oribatida, Collembola) являются важными агентами переработки органических веществ в наземных экосистемах, непосредственно участвуя в процессах образования гумуса. На долю панцирных клещей приходится около 2% потока энергии, поступающего в почву с растительными остатками, а биомасса орибатид коррелирует с их численностью и составляет в лесах 4–6 г/м² (Кривоуцкий и др., 1995). На долю коллембол приходится около 32% мировой численности наземных членистоногих (Rosenberg et al., 2023) и 27.5 мегатонн углерода (Potarov et al., 2023). Учитывая высокое значение нематод в переработке органических веществ и контроле популяций почвенных микроорганизмов (Ferris, 2010), они играют важную роль в регуляции динамики углерода и питательных веществ (Griffiths, 1994).

Для оценки разнообразия почвенной фауны в августе 2023 г. был проведен отбор почвенных образцов в лесах Ляльского полигона. Крупных беспозвоночных (макрофауна) учитывали в ельниках, сосняках и лиственных лесах в образцах подстилки размером 25 × 25 см и нижележащих почвенных горизонтах до глубины 30 см, которые отбирали в одной межкрупной и двух подкрупных позициях на каждой пробной площади. Орибатид, коллембол и нематод учитывали в почвенных образцах размером 5×5 см, отобранных в еловых лесах, аналогично пробам на макрофауна.

В обследованных лесах зарегистрировано 16 таксонов крупных беспозвоночных, включающих 28 видов, в т.ч. четыре вида дождевых червей. В ельниках отмечено по 4–8, сосняках — 3–5, лиственных лесах — 5–8 таксонов. Общая численность макрофауны была высокой в ельниках (до 92.6 экз./м²), средней — в лиственных лесах (35.9–39.1 экз./м²), низкой — в сосняках (10.8–17.9 экз./м²). Общая биомасса макрофауны была максимальной в ельниках (2.98–4.42 г/м²) и березняке (4.50 г/м²), где присутствовали дождевые черви. Без дождевых червей общая биомасса почвенной макрофауны снижалась, достигая минимума в сосняках (0.14–0.16 г/м²).

В еловых лесах выявлено 25 видов панцирных клещей (Oribatida) из 20 семейств, в органогенном горизонте доминировали обитатели мелких почвенных скважин *Oppiella (O.) nova* s. str., *Oppiella (Moritzoppiella) neerlandica* и обитатель поверхности почвы и верхних горизонтов подстилки *Chamobates (C.) pusillus*. Зарегистрировано 36 видов ногохвосток из 24 родов и 9 семейств, из которых 31 вид отмечен в органогенном горизонте и 11 — в минеральном. Это широко распространенные лесные и эврибионтные виды. Ядро доминантов составляют три вида: *Isotomiella minor*, *Parisotoma notabilis* и *Isotoma viridis*. Впервые на территории Ляльского полигона отмечено семь видов коллембол: *Hymenaphorura polonica*, *Isotomodella alticola*, *Mesaphorura yosii*, *Oligaphorura schoetti*,

Protaphorura borealis, *Protaphorura subarctica* и *Pseudachorutes parvulus*. Нематод были представлены 28 родами из 23 семейств; ядро доминантов составляли рода *Acrobeloides*, *Eudorylaimus*, *Filenchus*, *Plectus* и *Tylencholaimus*.

Полученные результаты свидетельствуют о репрезентативности лесов Ляльского полигона для оценки вклада почвенных беспозвоночных в пул почвенного углерода.

Исследования проведены в рамках важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6) и темы НИР отдела экологии животных «Разнообразие фауны и пространственно-экологическая структура животного населения европейского северо-востока России и сопредельных территорий в условиях изменения окружающей среды и хозяйственного освоения» (рег. № 122040600025-2).

ЛИТЕРАТУРА

Криволицкий Д.А., Лебрен Ф., Кунст М. и др. Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C.L. Koch, 1839 / отв. ред. Д. А. Криволицкий. М.: Наука, 1995. 224 с.

Кузнецова А.И. Влияние растительности на запасы почвенного углерода в лесах (обзор) // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4. № 4. С. 1–54.

Ferris H. Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web // Journal of Nematology. 2010. Vol. 42. P. 63–67.

Griffiths B.S. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: Their effects on microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspots and the rhizosphere // Plant and Soil. 1994. Vol. 164. № 1. P. 25–33.

Potapov A., Guerra C., van den Hoogen J. [et al.]. Globally invariant metabolism but density-diversity mismatch in springtails // Nature Communications. 2023. Vol. 14. P. 674.

Rosenberg Yu., Bar-On Yi.M., Fromm A. et al. The global biomass and number of terrestrial arthropods // Science Advances. 2023. Vol. 9. eabq4049. P. 1–12.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА *RANUNCULUS GLACIALIS* (L.) A. LÖVE & D. LÖVE

ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING THE ADAPTIVE POTENTIAL OF *RANUNCULUS GLACIALIS* (L.) A. LÖVE & D. LÖVE

Ермолаева О. В., Шмакова Н. Ю.

Ermolaeva O. V., Shmakova N. Yu.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: olia.ermolik@yandex.ru

Ranunculus glacialis is a rare species listed in the Red Data Book of the Murmansk region. It belongs to a group of northern species that, under climate change conditions, will be exposed to a reduction of range and loss of genetic diversity. The objective of this study was to estimate the adaptive potential of this species in the Khibiny Mountains. Plants growing in natural conditions of the Khibiny Mountains and in the nurseries of the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute were compared in terms of leaf mesostructure and pigment content. Under nursery conditions, at higher temperature than in the field, *R. glacialis* plants showed quantitative rearrangement of leaf mesostructure, disturbance of ontogeny, changes in morphometric indicators of assimilating organs (mass and leaf area), reduced productivity and, consequently, reduced resistance to growing conditions. In this study, we show that this species has a low level of genetic diversity and a limited adaptive potential.

Изменение климата ведет к сокращению ареалов многих видов и утрате генетического разнообразия, определяющего их долговременное существование. Генетическое разнообразие важно для устойчивости вида, его эволюционного потенциала, для структуры сообщества и стабильности экосистемы (Hughes et al., 2008). Это особенно актуально для краснокнижных видов.

Беквичия ледниковая *Ranunculus glacialis* из сем. Лютиковые (Ranunculaceae) — вид, внесенный в Красную Книгу Мурманской области (статус — уязвимые, сокращающиеся в численности), входит в группу стенобионтных видов. Характерным местообитанием в Хибинах является плато в поясе арктической пустыни (более 800 м н.у.м.) — каменистые россыпи с пятнами мелкозема, в местах позднего схода снега и по берегам горных речек, разреженный растительный покров. На основе комплекса эколого-физиологических показателей оценен адаптационный потенциал *R. glacialis* при его культивировании на питомниках Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН.

Выявлено, что на питомниках у *R. glacialis* происходит постепенное уменьшение морфометрических показателей ассимилирующих органов (сухой массы листа — 20.4 мг, в природе — 22.6 мг, площади листа — 2.7 и 3.2 см² соответственно) и габитуса растений, постепенное выпадение фазы цветения. Достоверные изменения в мезоструктуре листа выражаются в увеличении его толщины (862 мкм, в природе — 760 мкм) за счет более развитой системы межклетников; уменьшении числа устьиц при увеличении их размеров; возрастании объема клетки, соответствующего одному хлоропласту (в 1.6 раза). Последний факт указывает на меньшие размеры зеленых пластид у растений питомника, т.е. хлоропласту приходится обслуживать больший объем клетки (Наконечная и др., 2019), что приводит к угнетению ростовых процессов. Удельная поверхностная плотность, связанная с толщиной листа, оказывается выше на питомнике (0.77 г/дм², в природе — 0.72).

Выявлены достоверные различия в содержании хлорофиллов в листьях *R. glacialis*: в природном местообитании оно в 1.2 раза меньше, чем в культуре (в фазе вегетации составило 3.95 и 4.86 мг/г сухого веса, соответственно), что связано с уменьшением содержания хлорофиллов в одном хлоропласте. Доля хлорофиллов от суммарного количества пигментов составила 83% на питомниках против 79% в естественных условиях. В содержании каротиноидов различий не выявлено, однако соотношение хлорофиллы/каротиноиды, меньшее в природе (3.8), чем на питомнике (4.8), подтверждает большую долю участия желтых пигментов в защите фотосинтетического аппарата от высокой освещенности в естественном местообитании.

Уменьшение морфометрических показателей листа при повышении функциональных показателей фотосинтетического аппарата у *R. glacialis* в условиях культуры по сравнению с природными местообитаниями указывают на потенциальную способность растения накапливать значительно больше органического вещества в условиях культуры, однако этого не происходит. Вероятно, условия культивирования способствуют увеличению интенсивности фотосинтеза *R. glacialis*, но неблагоприятны для запасаания органического вещества, и энергия тратится большей частью на выживание особей, которые, как правило, начинают выпадать на 3–4 год культивирования. В Норвегии в экспериментах с потеплением климата выявили, что внедрение в среду обитания *R. glacialis* более конкурентоспособных видов приведет к снижению плотности популяции беквичии ледниковой (Totland and Alatalo, 2002). Т.об., важной задачей является сохранение этого вида в естественных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

Наконечная О.В., Гафицкая И.В., Бурковская Е.В., Хроленко Ю.А., Грищенко О.В., Журавлев Ю.Н., Субботин Е.П., Кульчин Ю.Н. Влияние интенсивности света на морфогенез *Steviarebaudiana* в условиях *in vitro* // Физиология растений. 2019. Т. 66. № 4. С. 304–312.

Hughes A.R., Inouye B.D., Johnson M.T.J., Underwood N. and Vellend M. Ecological consequences of genetic diversity. Ecology Letters. 2008. V. 11. P. 609–623.

Totland O., Alatalo J.M. Effects of temperature and date of snowmelt on growth, reproduction, and flowering phenology in the arctic/alpine herb, *Ranunculus glacialis*. Oecologia. 2002. V. 133. P. 168–175.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАЗНООБРАЗИИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ХИБИНАХ
THE FIRST FINDS OF EARTHWORMS *APORRECTODEA ROSEA* (SAV)
AND *OCTOLASION CYANEUM* (SAV) IN Khibiny MOUNTAINS

Зенкова И. В.¹, Рапопорт И. Б.²
 Zenkova I. V.¹, Rapoport I. B.²

¹Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
 Апатиты, Мурманская область; e-mail: i.zenkova@ksc.ru

²Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН, Нальчик; e-mail: rap-ira777@rambler.ru

It is reported about the first finding of two endogeic earthworm species new to the lumbricofauna of the Khibiny Mountains (Murmansk region). Fourteen specimens were found in wet podzolized podburs in a spruce-birch mixed-grass forest at an altitude of 338-355 m a.s.l. in the Woodyavrchorr Mt. We associate the findings of this anthropochoric species with activities of the Polar Alpine Botanical Garden, located at the foot of the mountain. Now, on example of Khibiny Mts, at least eight species of earthworms are known for the Murmansk region. Most of them are cosmopolitan, no autochthonous species have been recorded.

Дождевые черви (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) являются ключевой группой сапрофильного комплекса, участвующего в процессах биотрансформации органического вещества в почвенном ярусе наземных экосистем. В Мурманской области разнообразие и численность этих кальцефильных беспозвоночных невелики, что объясняется повышенной кислотностью и преобладанием кислого гумуса фульватного типа в органогенном горизонте зональных почв, сформированных на морене. На значительной территории этого заполярного региона в качестве единственного вида люмбрицид неоднократно указывался мелкоразмерный космополит *Dendrobaena octaedra* (Sav.), устойчивый к низким значениям pH и окружающих температур. В лесной зоне, при наличии лиственных пород в древостое и величине pH водной вытяжки не ниже 4.2, наряду с подстилочным *D. octaedra* встречаются почвенно-подстилочные виды-космополиты *Lumbricus rubellus* Hoff. и *Dendrodriilus (Bimastos) rubidus* (Sav.), а в подзолах на озерно-ледниковых песчаных отложениях с $pH_{H_2O} \geq 5$ им сопутствуют почвенно-подстилочный вид *Eisenia fetida* Sav. и почвенный *Aporrectodea caliginosa caliginosa* Sav. (Зенкова, Рапопорт, 2017; Zenkova, 2010). В горных почвах Хибин с повышенным содержанием гумуса, сформированных на щелочных породах богатого минералогического и химического состава, в разные годы отмечали от 4 до 6 видов червей: *D. octaedra*, *De. rubidus*, *L. rubellus*, *A. caliginosa* (Rybalov, Kamaev, 2012), *E. fetida* и *Eisenia nordenskioldi* Eisen (Zenkova, Rapoport, 2014).

В июле 2023 г., в соответствии с целью исследования разнообразия ключевых групп почвенной биоты в зональных и горных лесах Мурманской области* и утвержденной методикой почвенно-зоологических работ, был проведен отбор почвенных проб в лесных поясах Хибинской горы Вудъяврчорр, 67°38' с.ш., 33°39' в.д. На 10-ти площадках горно-таежного пояса (330–357 м н.у.м.) и пояса березовых криволесий (380–430 м) отобрано 30 почвенных монолитов размером 25 × 25 см на глубину 30 см и в лабораторных условиях выполнен их тщательный ручной разбор.

Выявлено 103 экз. дождевых червей, принадлежащих к 6-ти видам, 5-ти родам и 3-м жизненным формам: подстилочной (2 вида), почвенно-подстилочной (1 вид) и собственно почвенной (3 вида). Два вида, относящихся к собственно почвенной морфо-экологической группе, впервые найдены в Хибинах: 14 экземпляров извлечены из влажных оподзоленных подбуров, отобранных в елово-березовом чернично-зеленомошно-разнотравном лесу на высотах 338–355 м н.у.м. Находки этих видов, антропохорных в северных широтах и известных на освоенных территориях соседней Северной Норвегии до 68°–70° с.ш. (Erseus, Liebe, 2020), мы связываем с расположением у подножья г. Вудъяврчорр Полярно-альпийского ботанического сада-института, деятельность которого сопряжена с завозом интродуцентов, удобрений и грунта. Теперь, на примере Хибин, для Мурманской области известно не менее 8-ми видов дождевых червей, большинство из них по типу ареала являются космополитами, автохтонных видов не зарегистрировано.

Исследования выполнены в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода

и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6)».

ЛИТЕРАТУРА

Зенкова И.В., Рапопорт И.Б. Мониторинг разнообразия и численности дождевых червей в лесных подзолах Мурманской области // Вклад заповедной системы в сохранение биоразнообразия и устойчивое развитие. Тверь: ТГУ. 2017. С. 178–184.

Erseus C., Liebe H. Artsprosjektet_59-10_barcoding_earthworms (Occurrence dataset), 2020. Ver. 1.4. The Norwegian Biodiversity Information Centre (NBIC). <https://doi.org/10.15468/vvq5kk>.

Rybalov L.B., Kamaev I.O. Comparative analysis and long-term dynamics of soil macrofauna in forest-tundra ecotone of the Khibiny mountains // Russ. Entomol. J. 2012. Vol. 21. P. 179–183. doi: 10.15298/rusentj.21.2.11

Zenkova I.V. Diversity of earthworms and ecology of the dominating species *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843 in the northern taiga podzols of the Murmansk region (*Oligochaeta, Lumbricidae*) // Zoology in the Middle East (Supplementum). 2010. Vol. 2. P. 141–150.

Zenkova I.V., Rapoport I.B. Species richness and high altitude distribution of earthworms in the Khibiny Mountain Massive (Murmansk Region) // Advances in Earthworm Taxonomy VI. — Heidelberg: Kasperek Verlag. 2014. P. 141–151.

СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНОВ А И Е В ТКАНЯХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ (EULIPOTYPHILA) В КАРЕЛИИ

VITAMINS A AND E CONTENT IN THE TISSUES OF SMALL MAMMALS OF THE ORDER EULIPOTYPHILA IN KARELIA

Ильина Т. Н., Баишникова И. В., Якимова А. Е.

Pyina T. N., Baishnikova I. V., Yakimova A. E.

Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск; e-mail: iravbai@mail.ru

The content of vitamins A (retinol) and E (tocopherol) in the liver, kidneys, heart and skeletal muscle of 5 Eulipotyphla species: *Sorex araneus* L., *S. caecutiens* Lax., *S. minutus* L., *Neomys fodiens* Pennant. and *Talpa europaea* L. was investigated. The species studied differed slightly in the level of vitamin A, the highest content of which in all species was found in the liver. Vitamin E level in the liver, kidneys and heart of the *Neomys fodiens* and *Talpa europaea* was higher compared to three shrew species. In the kidneys, the highest values were found in semi-aquatic *Neomys fodiens*, in the heart — in *Neomys fodiens* and *Talpa europaea* adapted to a subterranean lifestyle. *S. minutus* was characterized by the lowest level of vitamin E. The tissues level of vitamins A and E in Eulipotyphla studied is obviously associated with their ecological specialization and reflects the needs of the body, ensuring the effective functioning of metabolic systems in the habitat conditions on the northern periphery of the range.

Мелкие млекопитающие, благодаря многочисленности и широкому распространению, являются модельными объектами эколого-физиологических исследований. Малые размеры определяют общие экологические и физиологические особенности этих животных, прежде всего их энергетику (Шмидт-Ниельсен, 1987). Индикаторами состояния физиологических систем выступают различные физиолого-биохимические показатели, в их числе — витамины А (ретинол) и Е (токоферол), играющие важную роль в метаболизме. Они обладают разносторонними физиологическими эффектами и биохимическим действием и, как низкомолекулярные антиоксиданты, принимают участие в поддержании окислительно-восстановительного гомеостаза.

Цель работы состояла в изучении содержания витаминов А и Е у обитающих в условиях северной периферии ареала 5-ти видов, отловленных в Карелии в летне-осенний период: крота

европейского (*Talpa europaea* L., лето, n = 11), куторы обыкновенной (*Neomys fodiens* Pennant., лето, n = 24), бурозубок обыкновенной (*Sorex araneus* L., лето, n = 6; осень, n = 22), средней (*S. caecutiens* Lax., осень, n = 11) и малой (*S. minutus* L., осень, n = 11). Уровень витаминов определяли в печени, почках, сердце и скелетной мышце методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на научном оборудовании ЦКП ФИЦ «Карельский НЦ РАН».

Насекомоядные незначительно различались по уровню вит. А, содержание, которого у всех видов было наибольшим в печени (в среднем в пределах 10.22–25.29 мкг/г ткани) и значительно меньшим — в почках, сердечной и скелетной мышцах. В печени более высокое по сравнению с другими видами содержание ретинола выявлено у куторы. У всех видов, за исключением бурозубки средней, обнаружены особи, накопившие существенные количества вит. А (до 131,43 мкг/г ткани). У бурозубки обыкновенной содержание вит. А в печени осенью было в два раза выше по сравнению с летним периодом, что может быть связано как с особенностями питания животных, так и со сменой возрастного состава: в осенних уловах встречались исключительно готовящиеся к зимовке сеголетки, а летом — зимовавшие размножившиеся особи, которые полностью элиминировались к осени.

Содержание вит. Е в печени, почках и сердце было более высоким у подземно-роющего крота и полуводной куторы по сравнению с тремя видами бурозубок. В почках наиболее высокие значения обнаружены у куторы, в сердце — у куторы и крота, для которых содержание токоферола в этом органе было наибольшим среди исследованных тканей. Малая бурозубка отличалась низким уровнем вит. Е, особенно в скелетной мышце. У двух других видов бурозубок высокие значения токоферола отмечались в печени и мышечных тканях.

Выявленные у исследованных видов уровни вит. А и Е, с одной стороны, связаны с экологической специализацией животных, с другой, — отражают потребности организма, обеспечивающие эффективное функционирование метаболических систем в условиях северной периферии ареала.

Исследования профинансированы из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (тема FMEN-2022-0003).

ЛИТЕРАТУРА

Шмидт-Нильсен К. Размеры животных: почему они так важны. Москва: Мир. 1987. 259 с.

СТИМУЛЯЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛОНИЙ У МИКРОМИЦЕТОВ ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВУФ ИЗЛУЧЕНИЯ

STIMULATION OF COLONY FORMATION IN MICROMYCETES OF POLAR REGIONS UNDER THE INFLUENCE OF VUV RADIATION

Кирцидели И. Ю.¹, Зверева Г. Н.²
Kirtsideli I. Yu.¹, Zvereva G. N.²

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Санкт-Петербург; e-mail: microfungi@mail.ru

²Университет гражданской авиации им. А.А. Новикова, Санкт-Петербург; e-mail: galnik123@rambler.ru

It is known that irradiation of microfungi with small doses of ionizing or short-wave ultraviolet radiation can stimulate of their vital activity and colonies formation. We investigated the dependence of the stimulating effect of VUV radiation ($\lambda = 166\text{--}182\text{ nm}$) on the type of pigment and the number of cells contained in the spores. The micromycetes of polar regions, *Cladosporium herbarum*, *Rhodotorula colostri*, *Pseudogymnoascus pannorum*, and *Alternaria consortialis*, were exposed to irradiation. The results showed that in carotene-stained cells of the yeast *Rhodotorula colostri* stimulation of colony formation was observed at lower doses and was less pronounced than in melanin-containing cells of *Cladosporium herbarum*. Irradiation of melanin-containing multicellular spores of *Alternaria consortialis* resulted in a smaller increase in the number of colonies compared to unicellular spores of *Cladosporium herbarum*.

Стимулирующее действие малых доз внешних факторов на биологические системы известно как явление гормезиса. Оно подразумевает, что при увеличении интенсивности этих факторов их биологическое действие оказывается отрицательным. Облучение микроскопических грибов

малыми дозами ионизирующего или коротковолнового ультрафиолетового излучения приводит к стимуляции их жизнедеятельности и увеличению числа образуемых колоний. Это показано на примере микромицетов из полярных регионов: *Exophiala xenobiotica*, *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium herbarum*, *Rhodotorula colostri*, *Pseudogymnoascus pannorum* при воздействии малых доз (менее 50 Гр) ионизирующего протонного и гамма-излучения (Kirtsideli et al., 2023) и грибов *Cladosporium herbarum*, *Rhodotorula colostri*, *Pseudogymnoascus pannorum* — при действии малых доз (менее 1 мДж/см²) вакуумного ультрафиолетового излучения (ВУФ, $\lambda = 166\text{--}182$ нм) (Zvereva et al., 2023). Как в случае ионизирующего, так и ВУФ излучения, наибольший стимулирующий эффект наблюдался у микромицетов *Cladosporium herbarum*, что можно объяснить наличием меланина в их клетках.

В настоящей работе исследовалась зависимость стимулирующего воздействия ВУФ излучения ($\lambda = 166\text{--}182$ нм) от вида пигмента и структуры грибных спор (одно- или многоклеточные). Облучению подвергались микромицеты *Cladosporium herbarum*, *Rhodotorula colostri*, *Pseudogymnoascus pannorum* и *Alternaria consortialis*. Результаты показали, что у окрашенных каротином клеток дрожжей *Rhodotorula colostri* стимуляция образования колоний наблюдается при меньших дозах и менее выражена, чем у содержащих меланин клеток *Cladosporium herbarum*. Облучение многоклеточных меланинсодержащих спор *Alternaria consortialis* приводило к меньшему росту числа колоний по сравнению с одноклеточными спорами *Cladosporium herbarum*. При этом максимум роста колоний для этих двух видов спор наблюдался при одинаковых дозах облучения — 0.25 мДж/см².

ЛИТЕРАТУРА

Kirtsideli I.Yu., Zvereva G.N., Vasilev A.A., Kuzora N.A., Vaganyan L.G., Pak F.A., Iliushin V.A., Matches E.M., Khalikov A. . Influence of ionizing radiation on microfungi at polar latitudes // Biogenic-Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems — 2022 / Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2023. P. 541–556.

Zvereva G.N., Kirtsideli I.Yu. Hormesis in microorganisms under the action of VUV radiation // Proc. of SPIE. 2023. Vol. 12920, 129200Y.

ЧИСЛЕННОСТЬ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА NUMBER AND TAXONOMIC STRUCTURE OF SOIL MICROMYCETES COMMUNITIES IN HUMMY PEATLANDS OF THE CIRCULAR URAL

Ковалева В. А., Виноградова Ю. А., Лаптева Е. М., Денева С.В., Перминова Е. М.
Kovaleva V. A., Vinogradova Yu. A., Lapteva E. M., Deeva S. V., Perminova E. M.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: kovaleva@ib.komisc.ru

The study concerned the abundance and species composition of cultivated microscopic fungi from peat soils and hollows of flat-palsa bogs in the mountain landscapes of the sub-Polar Urals. The number of fungi in the studied peat soils varied from 0.4 to 242 thousand CFUs/g a.d.s. The taxonomic list of cultivated micromycetes included 61 species of fungi from 15 genera, two divisions and *Mycelia sterilla*. The majority of cultivated fungi belonged to the division *Ascomycota* (43 species from 10 genera). The genus *Penicillium* dominates by species number (21 species). The dominating group consisted of *Pseudogymnoascus pannorum* and sterile mycelium. Most abundant in the layer of live mosses were *Penicillium spinulosum* (17%), *P. thomii* (18%), *Talaromyces funiculosus* (19%). In the seasonally thawed peat layers, the following species were highly abundant as *Pseudogymnoascus pannorum* (11%), *Talaromyces funiculosus* (14%), and sterile mycelium (16%). In the gley soil horizons, *Pseudogymnoascus pannorum* (78%) dominated by abundance. Only single colonies of sterile mycelium were found in frozen peat layers.

Территории Приполярного Урала представляют собой огромное многообразие болотных комплексов депрессий и склонов. Бугристые болота Приполярного Урала приурочены к районам с суровым

климатом и наличием многолетнемерзлых грунтов. В торфяных отложениях и многолетнемерзлых торфах таких экосистем законсервировано значительное количество органического углерода. Именно такие болотные экосистемы, развивающиеся в экстремальных условиях, имеют высокий потенциал видового разнообразия почвенных микроорганизмов, определяющих функционирование болот в глобальном масштабе.

Исследования проводили на территории Республики Коми в горных ландшафтах Приполярного Урала (северная часть национального парка «Югыд ва»). Болотные массивы на Приполярном Урале относительно невелики по размерам. Бугристые болота приурочены чаще всего к крупным межгорным котловинам, обычно связаны с долинами рек, петляющих по плоскому днищу котловин, обязательным при этом является наличие мерзлых грунтов.

Объектами исследования послужили два болотных массива, приуроченных к межгорной долине реки Балбанью. **Болото I** расположено у подножия склона горы Старик-из ($65^{\circ}10'20.8''$ с.ш., $60^{\circ}14'16.9''$ в.д.), **Болото II** расположено на надпойменной террасе в межгорной долине реки ($65^{\circ}11'47.2''$ с.ш., $60^{\circ}13'31.8''$ в.д.).

В болотных комплексах Приполярного Урала численность микромицетов в верхних слоях торфяных почв составляет 0.4–242 тыс. КОЕ/г а.с.п. Среди изученных профилей максимальными значениями общей численности микромицетов отличается слой живых мхов почвы торфяного бугра **Болота I** — 242.0 ± 66.2 тыс. КОЕ/г а.с.п. В аналогичных слоях профилей **Болота II-а** и **Болота II-б** численность микромицетов значительно ниже и составляет — 41.7 ± 14.4 и 81.2 ± 6.8 тыс. КОЕ/г а.с.п. соответственно. Это может быть обусловлено спецификой расположения болотных комплексов в ландшафте и различиями в их теплообеспеченности: **Болото I** занимает подножие восточного, более прогреваемого, склона горного массива, **Болото II** находится в тени северо-западного склона. Наиболее низкими значениями численности микромицетов характеризуются мочажины. В мочажине **Болота I** численность микромицетов — 28.6 ± 7.1 тыс. КОЕ/г а.с.п., в мочажине **Болота II** — 32.9 ± 25.5 тыс. КОЕ/г а.с.п. Благодаря значительному пространственному варьированию, численность грибов в верхнем слое (0–20 см) сфагнового торфа мочажин достоверно не различается в рассмотренных болотных комплексах.

Таксономический список культивируемых микромицетов включает 61 вид грибов из 15 родов, двух отделов и стерильный мицелий. Отдел *Mucoromycota* представлен 17 видами из 5 родов. Большая часть выделенных грибов относится к отделу *Ascomycota* (43 вида из 10 родов). Доминирует по числу видов род *Penicillium* (21 вид). Группа доминантов по частоте встречаемости представлена видом *Pseudogymnoascus pannorum* и стерильным мицелием. К часто встречающимся относятся виды: *Mortierella alpina*, *Mucor hiemalis*, *Umbelopsis ramanniana*, *U. vinacea*, *Penicillium canescens*, *P. granulatum*, *P. lividum*, *P. simplicissimum*, *P. spinulosum*, *P. thomii*, *P. verrucosum*, *Talaromyces funiculosus*. Наиболее обильны в слое живых мхов — *Penicillium spinulosum* (17%), *P. thomii* (18%), *Talaromyces funiculosus* (19%). В сезонно-талых слоях торфа высоким обилием характеризуются виды: *Pseudogymnoascus pannorum* (11%), *Talaromyces funiculosus* (14%) и стерильный мицелий (16%). В глеевых горизонтах доминирующим по обилию является вид *Pseudogymnoascus pannorum* (78%), а в мерзлых слоях торфа обнаружены только единичные колонии стерильного мицелия.

При сравнении сообществ микромицетов торфяных почв бугристых болот выявлена высокая степень сходства видовых составов. При этом комплексы микромицетов бугристых болот имеют свою специфичность. Так, в профиле **Болота II-а** выявлено высокое обилие видов рода *Trichoderma* и в целом более высокое видовое разнообразие в отличие от двух других биотопов, что, возможно, связано с разнообразием растительного покрова в пределах одного болота в разные периоды формирования торфяной залежи.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Криогенез как фактор формирования и эволюции почв арктических и бореальных экосистем европейского Северо-Востока в условиях современных антропогенных воздействий, глобальных и региональных климатических трендов» (№ 122040600023–8).

**ДИНАМИКА ГЕПАТОСОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ОБЫКНОВЕННОГО СИГА
В ОЗЕРАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**DYNAMICS OF HEPATOSOMATIC INDEX OF WHITEFISH IN LAKES
OF THE NORTH-WEST AREA OF THE MURMANSK REGION**

Королева И. М.

Koroleva I. M.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: koririn@yandex.ru*

The possibility of using morphophysiological indices as indicators of the initial processes occurring in a fish population has been studied for more than a century. This method allows us to get an idea of the degree of viability of populations based on the state of the body of individual individuals, namely the relative weight of their internal organs. Its further use, for example, for the purposes of biomonitoring of water quality, is possible with the establishment of a morphophysiological "norm", which will depend on the species, ecomorph, season and readiness for spawning. In addition, it is necessary to take into account the size and weight heterogeneity of the sample and create groups for comparison that are similar in weight characteristics. A tendency has been revealed for a decrease in the value of the hepatosomatic index (HSI) in large fish compared to small, (usually slow (stunt)-growing) morphs that are in the same physiological state (stages of gonad maturity, seasonal changes).

Органосоматические показатели часто используются в ихтиологических исследованиях, поскольку их легко определить, и они могут быть отличными предикторами неблагоприятного состояния здоровья рыб. Область применения метода морфофизиологических индикаторов весьма широка. Это наблюдения за изменениями относительного веса внутренних органов в онтогенезе, в процессе созревания, нереста, резорбции икры (Комова, Андреева, 1988; Копориков, Богданов, 2019, Rathode, 2021). Изменения в соотношениях веса тела и органов обусловленные воздействием внешней среды, доказывают их приспособительные значение (Смирнов и др., 1972). Особенно актуально в последние десятилетия их применение для оценки токсичного воздействия поллютантов (Hossain et al., 2016).

Объектом данной работы явился обыкновенный сиг (*Coregonus lavaretus* L.), отловленный сетями в водоемах северо-западной части Мурманской области. Выбранные озера относятся к малым, с площадью зеркала от 1.25 до 22.0 км². За исключением оз. Куэтсьярви, их гидрохимический режим определяется как олиготрофный, общая минерализация не превышает 30 мг/л. Вследствие интенсивного техногенного загрязнения Куэтсьярви имеет статус эвтрофного, общая минерализация в среднем составляет 90 мг/л.

Ихтиологический материал собирался в озерах водосбора Баренцева моря — Куэтсьярви, Иля-Наутсиярви, Хутоярв, Виртуовошьярур, Кочьяур в период с 2005 по 2023 гг. (август–сентябрь). Всего проанализировано 210 экземпляров. Рыба обрабатывалась принятыми в отечественной ихтиологии методами (Правдин, 1966). В полевых условиях определялись размерно-весовые показатели, пол, стадия зрелости гонад, жирность, степень наполнения желудка, вес внутренних органов. Каждая особь взвешивалась с точностью до грамма, органы до первого знака, после запятой. Определение возраста проводилось по чешуе. Гепатосоматический индекс (ГСИ), рассчитывался как отношение веса печени рыб к общему весу тела без внутренностей в процентах, как это принято в мировой практике.

$$\text{ГСИ} = P_1/P_0 * 100,$$

где ГСИ — относительный вес органа в процентах, P_1 — вес органа (печени), P_0 — вес тела.

Выбранный интервал времени позволил сформировать для анализа группы, состоящие из неполовозрелых или пропускающих в текущем году нерест (стадия зрелости II, II-III, III) и потенциально готовых к нересту особей (стадия зрелости III-IV, IV). В пределах каждой группы дополнительно была произведена разбивка на мелких (весом до 200 г включительно) и крупных сигов. Деление на малотычиковую и среднетычиковую формы не производилось.

При статистической обработке определяли: n — объем выборки, M — медиану, m — статистическую ошибку, CV — коэффициент вариации.

В исследованных озерах гепатосоматический индекс у самок был больше по сравнению с самцами во всех рассмотренных вариантах. В оз. Куэтсьярви ГСИ был выше при попарном сравнении готовых к нересту самцов и самок у мелкой формы и у пропускающих нерест самцов мелкой формы. В оз. Иля-Наутсиярви готовящиеся к нересту особи практически отсутствовали, за исключением нескольких самок мелкой формы. Среди пропускающих нерест рыб ГСИ был по-прежнему выше у мелкой формы. В оз. Хутоярв в уловах присутствовали только мелкие сиги. Наименьший ГСИ отмечен у самцов, наибольший у зрелых самок. В оз. Виртуовошъяур выявленная закономерность сохранилась у самцов, у неготовых к нересту самок ГСИ оказался выше у крупной формы. В оз. Кочеярв пропускающие нерест крупные сиги отсутствовали, сравнение готовых к нересту рыб показало, что у мелких самцов ГСИ выше, у зрелых самок данный показатель был больше у крупной формы. Таким образом, за исключением нескольких случаев разнонаправленной динамики, тенденция очевидна — у одного и того же вида при сходном физиологическом состоянии значительное влияние на величину показателя оказывает принадлежность к определенной размерной группе. Для использования органометрического метода в целях определения влияния различных факторов среды, оценки качества воды необходимо учитывать данный факт чтобы не получать ложных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

Копова Н.И., Андреева А.М. Изменение массы печени у синца *Abramis ballerus* (L.) (Cyprinidae) в процессе резорбции икры // Биология внутренних вод. 1988. № 78. С. 42–44.

Копориков А.Р., Богданов В.Д. Зависимость продолжительности покатной миграции личинок налима (*Lota lota*) от гепатосоматического индекса производителей // Экология, 2019. № 2. С. 125–132.

Смирнов В.С., Божко А.М., Рыжков Л.П., Добринская Л.А. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб. Петрозаводск: Изд-во «Карелия». 1972. 168 с.

Hossain S., Miah I., Islam S. and Shahjahan. Changes in hepatosomatic index and histoarchitecture of liver in common carp exposed to organophosphate insecticide sumithion // Asian J. Med. Biol. Res. 2016. 2 (2), 164–170. doi:10.3329/ajmbr.v2i2.29006

Rathode S.D. Correlation of hepatosomatic index (IH) and Fulton's condition factor (K) with some biological parameters of Ambient species from Mumbai inward waters // BNB: A Multidisciplinary Journal, ISSN 2454-2776. 2021. Vol. 11. P. 137-151. doi: 10.5281/zenodo.7538868

БИОТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДВУХ КОНТРАСТНЫХ МЕСТНОСТЕЙ СПЕЦИФИЧЕСКОГО ДЕНУДАЦИОННО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО СЕЛГОВОГО ТИПА ЛАНДШАФТА (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

BIOTIC COMPLEXES OF TWO CONTRASTING TERRAINS OF A SPECIFIC DENUDATION- TECTONIC RIDGE (SELGA) TYPE OF LANDSCAPE (SOUTHERN KARELIA)

Кравченко А. В., Карпин В. А., Полевой А. В., Предтеченская О. О., Рудковская О. В.,
Руоколайнен А. В., Тимофеева В. В., Туунен А. В., Фадеева М. А., Хумала А. Э.
Kravchenko A. V., Karpin V. A., Polevoi A. V., Predtechenskaya O. O., Rudkovskaya O. V.,
Ruokolainen A. V., Timofeeva V. V., Tuunnen A. V., Fadeeva M. A., Humala A. E.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск; e-mail: alex.kravchen@mail.ru

One of the most specific landscape in Karelia is the denudation-tectonic ridge (selga) landscape, which is also called «Karelian». The landscape represents a system of ridges (selgas) composed of crystalline rocks, separated by hollows with a system of small lakes, watercourses, and mires. Two contrasting terrains have been studied — a widespread nominativemedium ridge (selga) one on basic and ultrabasic rocks and a rarely encounteredsmall ridge-hilly on carbonate rocks. The study of forest cover, local flora, mycobiota of agaric, aphyllorphorous and lichenized fungi and entomofauna revealed significant differences reflecting the specificity of the landscape at the sub-landscape level. Different groups

of organisms reflect the sub-landscape features of the area in different ways. This is due, among other reasons, to the different degree of influence of certain environmental factors, both natural and anthropogenic, on the composition of biotic complexes: for some groups the diversity of biotopes is more important, for others — the diversity of substrate-ecotopes.

Территория Карелии отличается высоким ландшафтным разнообразием, отражающим особенности строения Фенноскандинавского кристаллического щита и последствия воздействия покровных оледенений. В детально разработанной типологии ландшафтов Карелии выделяется 20 типов (Экосистемы..., 1990). Наиболее специфическим типом ландшафта, характерным именно для территории Карелии, является денудационно-тектонический грядовый, который также называют сельговым или «карельским». Ландшафт представляет собой систему ориентированных в направлении северо-запад-юго-восток и сложенных кристаллическими породами гряд (сельг) высотой в несколько десятков метров с крутыми склонами и сглаженными ледником гребнями. Сельги разделяются ложбинами ледникового выпаживания с корытообразным поперечным профилем, заполненными рыхлыми четвертичными отложениями с системой озер, водотоков, болот. Смена растительных сообществ по вертикальному профилю сельг достаточно регулярная — сосняки лишайниковые скальные на гребне вниз по склону постепенно сменяются сосняками брусничными, затем черничными, далее чернично-травяными у подножья; также постепенно растёт участие ели в составе сообществ. Это в миниатюре напоминает смену поясов растительности на склонах гор.

В Карелии в границах подзоны средней тайги сельговый тип ландшафта встречается к северо-западу от Онежского озера и представлен единственным контуром, занимающим 5,9% региона (Экосистемы..., 1990). В ландшафте преобладают сосновые местообитания (на них приходится 80% лесопокрываемой площади), заболоченность ландшафта средняя. Данный тип ландшафта отличается повышенным биоразнообразием, что показано для восточной части контура (Сельговые..., 2013).

В границах ландшафта можно выделить несколько типов местности, при этом по набору экотопов с номинативной грядовой (сельговой) местностью на основных и ультраосновных породах существенно контрастирует пологоволнистая местность на карбонатных породах. При изучении сублокальных флоры сосудистых растений, микобиоты агариковых, афиллофоровых и лишайнизированных грибов и энтомофауны этих двух контрастных местностей, расположенных в западной части контура, были выявлены существенные отличия, отражающие особенности структуры одного и того же типа ландшафта на субландшафтном уровне. При этом субландшафтные особенности территории по-разному отражаются на видовом составе и численности популяций различных групп организмов. Это связано, в том числе, с разной степенью влияния факторов среды, как естественных, так и антропогенных: для одних групп важнее разнообразие биотопов (сосудистые растения, агариковые грибы, насекомые), для других — разнообразие субстрато-экотопов и давность последнего значительного антропогенного воздействия (афиллофоровые грибы, лишайники). Оба типа местности имеют достаточно высокую зоологическую значимость — в них выявлено по 22 охраняемых в республике вида. При этом только списки охраняемых видов агариковых грибов в обеих местностях близки — 5 из 8 видов являются общими. В остальных группах организмов общих видов либо нет (сосудистые растения, насекомые), либо есть по одному такому виду — *Lobariapulmonaria* среди лишайников и имеющий высокую категорию охраны афиллофоровый гриб *Rigidoporus crocatus*. В местности на карбонатных породах хорошо представлена, что естественно, группа кальциефильных видов из числа сосудистых растений и лишайников, среди которых обнаружены редчайшие в регионе растение *Hypopitys hypophegea* и лишайник *Peltigerae lisabethae*. Здесь же выявлен охраняемый в России жук *Ceruchus chrysomelinus*.

Работы проводились в рамках государственного задания Института леса КарНЦ РАН, тема FMEN-2021-0016.

ЛИТЕРАТУРА

Сельговые ландшафты Заонежского полуострова: природные особенности, история освоения и сохранение. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2013. 180 с.

Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика) / Волков А.Д., Громцев А.Н., Еруков Г.В. и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 1990. 284 с.

**СОСТОЯНИЕ ОРНИТОФАУНЫ И ЕЁ ИЗМЕНЕНИЯ В СЕВЕРНЫХ МОРЯХ
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

**STATUS OF AVIFAUNA AND ITS CHANGES IN THE NORTHERN SEAS
OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

Краснов Ю. В.¹, Ежов А. В.^{1,2}
Krasnov Y. V.¹, Ezhov A. V.^{1,2}

¹Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск; e-mail: khalov51@mail.ru

²Кандалакшский государственный природный заповедник,
Кандалакша, Мурманская область; e-mail: mr.haliaeetus51@mail.ru

Species composition, seasonal dynamics and abundance of birds in the Barents, White and Kara seas are described. The avifauna of these seas is limited to 52–85 species of 10 orders. Species diversity is highest in the Barents Sea. There, species of the boreal-Atlantic and Arctic seabird complexes are widely represented. Wintering areas and areas of seasonal concentrations of Kittiwakes (*Rissatridactyla*), Common guillemots (*Uriaaalge*) and Brünnich's guillemots (*U. lomvia*) have been identified. Two separate wintering areas have been discovered among kittiwakes in Novaya Zemlya: Atlantic and Pacific. In the Barents Sea, degradation of colonies of the boreal-Atlantic type (Murman) and a stable state of colonies of the Arctic type (Novaya Zemlya, Franz Josef Land) were revealed. The depressed state of populations in the southern part of the Barents Sea is caused by a number of factors: the level of capelin stocks (key food source) and a general decrease in the availability of food in winter and spring due to changes in oceanographic conditions in the North Atlantic waters.

В ходе сухопутных, судовых и авиационных наблюдений установлен видовой состав птиц Баренцева, Карского и Белого морей. На открытых акваториях этих морей он ограничен 52–85 видами десяти отрядов. Разнообразнее всего авифауна Баренцева моря, где широко представлены виды бореально-атлантического и арктического комплексов морских птиц. Для Карского моря такое сочетание характерно в меньшей степени. Представители последнего только летне-осенний период проникают в западную часть бассейна. Среди орнитофауны открытых районов Белого моря встречаются представители бореально-атлантического и арктического комплексов морских птиц. Нами описана сезонная динамика наиболее массовых видов. На основе данных геолокаторов выявлены районы их пред- и постгнездового откорма, определены районы зимовки российских популяций. Осенью моевки (*Rissatridactyla*) Баренцева моря концентрируются в его северо-западной части. Атлантическая часть ареала зимовки баренцевоморских моевок охватывает акватории от юго-западной части Карского моря на востоке до юго-западного побережья Гренландии и Ньюфаундленда на западе. Районы зимовки отдельных популяций в значительной степени перекрываются. Мурманские, новоземельские и моевки Земли Франца-Иосифа в небольших количествах остаются в Баренцевом море, но большая их часть зимует в водах Северной Атлантики. Часть моевок южного острова Новой Земли (21%) зимует в Тихоокеанском регионе в акваториях Берингова, Чукотского морей и залива Аляска. Большинство тонкоклювых кайр (*Uriaaalge*) зимует на ограниченной акватории Баренцева моря у побережий Финнмарка и Мурмана. Весенний ареал тонкоклювых кайр представляет собой единую компактную область в юго-западной части Баренцева моря. Зимний ареал толстоклювых кайр (*Urialomvia*) из колоний Мурмана и южного острова Новой Земли охватывает акватории Северной Атлантики до юго-западного побережья Гренландии. В южной части Баренцева моря наиболее ограниченную площадь занимают птицы из мурманских колоний. Вблизи границы с Белым морем их ареал перекрывается с областью зимовки новоземельских кайр с юга архипелага. Она включает юго-восточную часть Баренцева моря и прилегающие к Карским Воротам акватории Карского моря. Кайры из колоний севера Новой Земли держатся в центральных районах бассейна, где смешиваются с кайрами Земли Франца-Иосифа. С севера они огибают Новую Землю, проникая в приграничные районы Карского моря. Весной толстоклювые кайры из колоний севера Новой Земли и Земли Франца-Иосифа придерживаются центральных районов Баренцева моря. Область весеннего распространения толстоклювых кайр с мурманского побережья охватывает исключительно юго-западную часть моря, а птиц с юга Новой Земли — юго-восточную и прилегающие к Карским Воротам акватории Карского

моря. В ходе наблюдений на птичьих базарах Мурмана, Новой Земли и Земли Франца-Иосифа установлено, что в последние десятилетия в зоне действия атлантических водных масс происходит деградация колоний морских птиц (Краснов, Ежов, 2020). Неблагополучное состояние их популяций в южной части Баренцева моря вызвано комплексным воздействием нескольких факторов: низким уровнем запасов мойвы (их ключевого кормового объекта) и общим снижением доступности кормовых ресурсов в зимне-весенний период, первопричиной которого является изменение океанографических условий в Северной Атлантике и прилегающих морях (Краснов, Ежов, 2023). В зоне действия арктических водных масс на архипелагах Новая Земля и Земля Франца-Иосифа состояние популяций толстоклювых кайр и моевок вполне благополучное. В Карском море на архипелаге Северная Земля состояние колоний моевки стабильное.

ЛИТЕРАТУРА

Краснов Ю.В., Ежов А.В. Состояние популяций морских птиц и факторы, определяющие их развитие в Баренцевом море // Труды Кольского научного центра РАН. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. Океанология. 2020. Вып. 7. С. 225–244.

Краснов Ю.В., Ежов А.В. Деструкция колоний кайр в южной части Баренцева моря и определяющие ее факторы // Зоологический журнал. 2023. Т. 102. № 5. С. 572–580.

ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ — МАЛОИЗУЧЕННЫЙ КОМПОНЕНТ РЕЧНОЙ ИХТИОФАУНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) PACIFIC SALMON – A POORLY STUDIED COMPONENT OF THE RIVER ICHTHYOFAUNA IN REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Никифоров А. И.¹, Карпова Л. Н.²
Nikiforov A. I.¹, Karpova L. N.²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва; e-mail: hsnianig@gmail.com

²Якутский филиал ФГБНУ ВНИРО («ЯкутскНИРО»), Якутск; e-mail: l.karpova@yakutsk.vniro.ru

The results of a scientific expedition to study the biological characteristics of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from a poorly studied population of the Indigirka River on the territory of the Allaikhovskiy ulus of the Republic of Sakha (Yakutia) in August-September 2023 are considered. Information is given on the approved volumes of the projected catch of chum salmon in the Indigirka River and the actual production volumes in recent years. As a result of this work, for the first time in the current century, documented size and weight data, age and fertility of chum salmon in the Indigirka River were obtained. Chum salmon tissue samples from the Indigirka River have been added to the Russian National Collection of Reference Genetic Materials.

Кета *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792), как широкоареальный вид тихоокеанских лососей (Salmoniformes, Salmonidae), характеризуется наличием нескольких крупных генетических кластеров, внутри которых выделяют популяционные группировки на основании локального зоогеографического районирования и уровня их генетической дифференциации (Животовский и др., 2021). Факты эпизодической поимки кеты в приустьевых участках крупных рек Якутии (Лены, Индигирки, Колымы и др.) известны на протяжении всей истории ихтиологических наблюдений. В реке Индигирке этот вид лососей издавна регистрируется в уловах, попадаясь в сетные и неводные орудия лова при добыче сиговых видов рыб в осенний период. Изредка попадаются и экземпляры горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792; Кириллов, 2002). Протекая по территории Республики Саха преимущественно в северном меридиональном направлении, Индигирка имеет обширный водосборный бассейн (360 тыс. км²) и по этому показателю входит в десятку крупнейших рек России с объёмом годового стока около 50 000 км³. Современная ихтиофауна Индигирки представлена 32 видами рыб, однако локализация

и протяжённость анадромных миграций, места и сроки нереста, а также биологические параметры кеты в реках республики практически не изучены (Кириллов, 2002; Кириллов и др., 2008; Тяптиргянов, 2014). В текущем веке, вплоть до 2012 г., в связи с недостаточностью информации о состоянии популяции кеты, объёмы прогнозируемого вылова (ПВ) для Индигирки устанавливались на основании экспертных оценок. С 2013 по 2019 гг. объёмы ПВ на кету не устанавливались из-за внесения вида *Oncorhynchus keta* в Красную книгу Республики Саха (Якутия). В 2019 г., кета была исключена из Красной Книги, и на данную единицу запаса вновь стали устанавливать объёмы ПВ. Согласно официальной промысловой статистике, освоение величины ПВ при промысле кеты в р. Индигирке в 2021 г. составило 50% (или 0.5 т); в 2022 г. официально зарегистрированного вылова кеты не было. При этом, по авторским опросам рыбаков с. Русское Устье и пос. Чокурдах Аллаиховского улуса, кета практически ежегодно в некотором количестве (а в отдельные годы — массово) попадает в уловы в низовьях Индигирки при промысле сиговых рыб.

Экспедиционные работы проводили с 23 августа по 22 сентября 2023 г. на территории Аллаиховского улуса Республики Саха, в окрестностях с. Русское Устье, на рыбопромысловом участке «Стариково» в 78 км от устья Индигирки. В задачи исследования входили: сбор статистической информации о динамике нерестового хода кеты в нижнем течении Индигирки; получение материалов, характеризующих биологические параметры кеты в промысловых уловах; сбор образцов тканей для уточнения популяционно-генетической структуры кеты. Рыб отлавливали закидным неводом общей длиной 80 м и ячеей 40 мм. Сбор ихтиологического и генетического материала и биологический анализ проводили по принятым в рыбохозяйственной науке методиками. С 19 по 21 сентября было добыто две самки и один самец кеты возрастом 4+; все пойманные экземпляры имели слабовыраженную брачную окраску. Масса рыб составляла от 3.63 до 3.83 кг (в среднем 3.76 кг), длина (AD) — от 60.0 до 62.5 см. У одной из самок в хвостовой части имелось зарубцевавшееся повреждение покровов неясной этиологии. У всех пойманных особей половые продукты находились на IV–V стадиях зрелости. Плодовитость самок была в пределах видовой нормы и составляла 3241 шт. икринок. Гонадо-соматический индекс, в среднем, равнялся 14.2 при коэффициенте упитанности (по Фультону) 1.62. Судя по величине гонадо-соматического индекса, состоянию половых продуктов и наличию брачного наряда, добытые особи были физиологически готовы к нересту.

Образцы тканей кеты были переданы в Российскую национальную коллекцию эталонных генетических материалов (РНКЭГМ), где до настоящего времени образцы генетического материала представителей нативной ихтиофауны лососевых р. Индигирки отсутствовали. Полученные материалы позволят оценить уровень генетической уникальности популяции кеты в Индигирке по сравнению с другими популяциями данного вида промысловых рыб. В результате проведенных работ впервые в текущем веке получены документально подтвержденные данные о размерно-весовых характеристиках и плодовитости кеты в р. Индигирке.

ЛИТЕРАТУРА

Животовский Л.А., Подорожнюк Е.В., Кульбачный С.Е. и др. Экогеографические единицы и единицы запаса кеты амурской зоогеографической провинции // Вопросы ихтиологии. 2021. Т. 61. № 4. С. 432–440.

Кириллов А.Ф. Промысловые рыбы Якутии М.: Научный мир. 2002. 194 с.

Кириллов А.Ф., Иванов Е.В., Ходулов В.В. История формирования, современный видовой состав и особенности распределения пресноводной ихтиофауны реки Индигирки // Вестник Якутского государственного университета. 2008. Т. 5. № 2. С. 9–19.

Тяптиргянов М.М. Экспериментальные работы по акклиматизации кеты в водоемах Якутии // Якутск: Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2011. Т. 8. № 1. С. 35–39.

Тяптиргянов М.М. Фаунистический анализ ихтиофауны Якутии // Наука и образование. Якутск: АН РС (Я). 2014. № 3(75). С. 88–91.

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЕСНОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (*RANGIFER TARANDUS FENNICUS* LONNB.) В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕСТООБИТАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

MOVEMENTS OF FOREST REINDEER (*RANGIFER TARANDUS FENNICUS* LONNB.) UNDER HABITAT TRANSFORMATION IN THE REPUBLIC OF KARELIA

Панченко Д. В.¹, Кузнецова А. С.¹, Ильина О. В.²
Panchenko D. V.¹, Kuznecova A. S.¹, Ilina O. V.²

¹*Институт биологии ФИЦ КарНЦ РАН, Петрозаводск; e-mail: danja@inbox.ru*

²*Карельская региональная общественная организация «Северная природоохранная коалиция», Петрозаводск*

Studying of the movements of forest reindeer is important for understanding the features of space development and for preserving the habitats of this Red listed species. Forest usage negatively affects the pastures, calving and rutting areas. We used data of the movements of three wild forest reindeer collared with GPS collars and analyzed positions distribution in different seasons of the year by habitat type: intact forests, clearings of different ages, mires, lakes. The share of positions in intact forests in winter was 13.8%, and in summer — 67.9%. It was noted that cutting areas are visited more in winter — 16.3% than in winter — 2%. Probably due to active development of space and larger home ranges in the winter season (Danilov et al., 2020; Mamontov, 2021). The results of the study confirmed the significance of intact forests for the wild forest reindeer. The study was carried out under project of Russian Science Foundation (№ 24-24-00420), <https://rscf.ru/en/project/24-24-00420/>

Изучение перемещений лесного северного оленя имеет значение не только для понимания особенностей освоения пространства этим краснокнижным зверем, но и для применения этих знаний на практике — выделения ключевых участков и сохранения его местообитаний. В Республике Карелия и Финляндии лесной северный олень использует мозаику зрелых хвойных таежных лесов, болот и озер (Paasivara et al., 2021) и лесоэксплуатация негативно отражается на состоянии пастбищ, мест отела и гона, а, соответственно, на благополучии группировок. В работе использованы данные о перемещениях трех важенок (самок) топозерской группировки лесного северного оленя, меченных GPS-ошейниками. Изучаемая территория в прошлом была пройдена рубками, и представленность малонарушенных лесов в пределах участков обитания особей, рассчитанных с помощью минимального полигона для всех регистраций, составила только 6.4%. Сделан анализ распределения позиций местоположений особей в разные сезоны года по типам местообитаний: малонарушенные леса и леса без признаков рубок за последние 40 лет, вырубki разного возраста, болота, озера. Доля позиций в малонарушенных лесах зимой составила 13.8%, а в летом — 67.9%, что можно объяснить тем, что важенки проводили лето в прибрежной зоне оз. Топозера, где леса, благодаря водоохранной зоне и труднодоступности, сохранились в большей мере. Отмечено, что вырубki возрастом более 15 лет посещаются больше в зимний период — 16.3%, летом же эти местообитания используются значительно реже — 2%. Вероятно, в этом случае сказывается более активное освоение пространства и большие по размеру участки обитания в зимний сезон (Данилов и др., 2020; Мамонтов, 2021), а также то, что звери могут проходить довольно большие расстояния перемещаясь между участками зимних пастбищ в том числе и по сомкнутым вырубкам. Значительная доля регистраций зверей в зимний период происходила на озерах — 5.8%. Сезонные перемещения меченных зверей проходили, главным образом по малонарушенным или лесам без признаков рубок за последние 40 лет (52.2%), с высокой долей болот (31.3%), и, в меньшей степени, вырубok возрастом больше 15 лет (11.0%). Таким образом, результаты исследования подтвердили большое значение малонарушенных лесов для лесного северного оленя и необходимость сохранения таких территорий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-24-00420).

ЛИТЕРАТУРА

Данилов П.И., Панченко Д.В., Тирронен К.Ф. Северный олень Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2020. 187 с.

Мамонтов В.Н. Динамика численности и ареала и особенности экологии европейского лесного северного оленя (*Rangifer tarandus fennicus* Lonnb.) на восточной границе Фенноскандии // Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Биогеография. 2021. № 1. С. 69–81.

Paasivaara A., Kaartinen S., Puoskari V., Rytönen S., Pusenius J. Summer habitats of wild forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus* Lönnb.) in Finland — A preliminary predictive model // Динамика популяций охотничьих зверей Северной Европы: тезисы 7 международного симпозиума. Петрозаводск. 2018. С. 207–208.

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ
МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ НА ДРЕВЕСИНЕ ПЛАВНИКЕ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ
BIODIVERSITY AND ENZYMATIC ACTIVITY OF MICROFUNGI
ON DRIFT WOOD IN THE ARCTIC SEA**

Панькова И. Г., Кирцидели И. Ю., Ильюшин В. А.
Pankova I. G., Kirtsideli I. Yu., Iliushin V. A.

ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: microfungi@mail.ru

We studied drift wood samples taken from the archipelagos of Franz Josef Land, Novaya Zemlya, Severnaya Zemlya, Svalbard and island Vise. As a result of our research, we identified 64 species of microfungi. The most of the identified fungi belonged to the division Ascomycota. Among the identified fungi, the main share belonged to the following genera *Pseudogymnoascus*, *Thelebolus* and *Cadophora*. In the study of enzymatic activity of microfungi, it was noted that ligninolytic activity was possessed by up to 50% of the studied strains, while amylolytic and cellulolytic activities were possessed by most of the studied strains. It was also noted that isolates of the same species had different degrees of enzymatic activity.

Высокий адаптационный потенциал микроскопических грибов позволяет им развиваться в различных климатических зонах, в том числе на крайнем севере. Благодаря высокой метаболической пластичности микромицеты, способные использовать в качестве субстрата древесину плавника, могут распространяться и активно функционировать в экстремальных условиях арктических морей и акватории Северного Ледовитого океана, где практически утрачивают свои функции афиоллофоровые базидиальные грибы — основные деструкторы древесины в средних и южных широтах.

Исследования микроскопических грибов на древесине плавника в высоких широтах на сегодняшний день остаются единичными, что связано с труднодоступностью региона и методической сложностью выделения и культивирования микромицетов в чистой культуре. Актуальность таких исследований определяется, с одной стороны, необходимостью практического решения проблемы биодеструкции деревянных строений в условиях Арктики, с другой стороны, — получения фундаментальных знаний о путях распространения микроорганизмов в высоких широтах.

Были изучены образцы древесины-плавника, собранные в летние периоды 2018–2022 г.г. с береговых линий островов Северного Ледовитого океана. Микроскопические грибы выделяли на стандартных и селективных питательных средах. Определение микромицетов проводили по макро- и микроморфологическим признакам и с использованием методов молекулярно-генетического анализа. Также изучали лигнино-, амило- и целлюлозолитическую активность выделенных микромицетов.

На образцах древесины с архипелагов Земля-Франца Иосифа, Новая Земля, Шпицберген, Северная Земля и о-ва Визе было выделено 64 вида микроскопических грибов. Основное место в микобиоте древесных субстратов занимали представители отдела Ascomycota, грибы из отделов Mucoromycota и Basidiomycota являлись минорным компонентом из ограниченного числа видов.

Среди изолятов преобладали широко распространенные в Арктике виды: *Pseudogymnoascus pannorum*, *Thelebolus microsposus*, виды рода *Cadophora*. Виды рода *Penicillium* были широко представлены только на о-вах южной части архипелага Новая Земля. Следует отметить сравнительно

высокую долю дрожжевого компонента (как аско, так и базидиального аффинитета) в микобиоте плавника. Она была представлена видами: *Goffeauzyma gilvescens*, *Piskurozyma yama*, *Rhodotorula mucilaginoso*, *Cystobasidium ongulense*, *Xenopolyscytalum pinea*.

При изучении микроскопических грибов, развивающихся на плавнике, особый интерес представляют ферменты, способствующие разрушению древесины в условиях Арктики, независимо от ее происхождения. Качественные тесты на лигнинолитический, целлюлолитический и амилолитический ферменты показали, что микромицеты обладали как окислительными, так и амилолитическими и целлюлолитическими ферментами. Лигнинолитические ферменты выявлены у 30–50% исследованных штаммов, что значительно выше, чем в комплексах микромицетов почв или других субстратов. Целлюлолитической и амилолитической активностью обладали более 90% исследованных изолятов грибов. Полученные данные свидетельствуют, что при формировании комплексов микромицетов на древесине в арктических экосистемах происходит селективный отбор, который приводит к заселению древесины плавника видами, типичными для Арктики и вторично-водными микроскопическими грибами. Различные изоляты одного вида могут показывать разные уровни ферментативной активности, это свидетельствует о разлитии их свойств, а, возможно, и различном происхождении.

Таким образом, хотя древесина в высоких широтах Арктики является привнесенным субстратом, она служит источником новых видов и зоной накопления видов, обладающих свойствами биодеструкторов.

БАЗИДИОМИЦЕТЫ КАРЕЛЬСКОЙ ЧАСТИЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ BASIDIOMYCETESIN KAREIAN PARTOF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA

Предтеченская О. О., Руоколайнен А. В.

Pradtechenkaya O. O., Ruokolainen A. V.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск; e-mail: opredt@krc.karelia.ru; annaruo@krc.karelia.ru

The Green Belt of Fennoscandia (GBF) is a network of protected areas (PAs) along the Russian-Finnish and Norwegian borders from the Barents to the Baltic Seas. Fragments of indigenous taiga forests and swamps are preserved in this territory. The current checklist for Karelia includes 1422 species of 365 genera of Basidiomycetes. 759 species of 283 genera were identified within the GBF. 42 species listed in the Red Data Book of the Republic of Karelia, and 2 species listed in Red Data Book of Russian Federation. The mycologists of the Karelian Research Center of the RAS, of the Botanical Institute of the RAS and Finnish specialists carried out research in the PAs Kostomuksha, Paanayarvi, Ladoga Skerries, Kalevalsky, Vottovaara, Valaam Archipelago and the planned Pas Tulos, Tolvojarvi, Maksimjarvi and Lake Nyuk. The need to designate PAs Tulos, Naapalampi-Northern Ladoga, Maksimjarvi and Lake Nyuk is confirmed by the findings of a large number of red-listed species.

Зеленый пояс Фенноскандии (ЗПФ) — вытянутая полоса от Баренцева до Балтийского моря вдоль границы России с Финляндией и Норвегией, шириной около 50 км. В ЗПФ входят особо охраняемые природные территории (ООПТ) Республики Карелия, Мурманской и Ленинградской областей, на которых сохранились фрагменты коренных таежных лесов и болотные массивы. За пределами ЗПФ леса сильно трансформированы рубками. Уникальные коренные лесные массивы ЗПФ считаются эталонами первобытной тайги и имеют высокое видовое разнообразие разных групп организмов, в том числе грибов. Базидиальные грибы (*Basidiomycota*) относятся к организмам, для охраны которых требуется сохранение местообитаний, что в современных условиях возможно лишь на ООПТ различного статуса.

В Республике Карелия базидиомицеты исследованы микологами КарНЦ РАН, БИН РАН и финскими специалистами в ГПЗ «Костомукшский», НП «Паанаярви», «Ладожские шхеры», «Калевальский», «Воттоваара» и планируемых «Тулос», «Толвоярви», «Максимъярви» и «Озеро Нюк» (Крутов и др., 2012, Предтеченская, 2012). В последние годы дополнительно проведены исследования в ГПЗ «Костомукшский», НП «Калевальский» и «Ладожские шхеры», ПП «Валаамский архипелаг», ППамПр

«Хаалампи-Северное-Приладожье», ПЛЗ «Максимъярви» и «Озеро Нюк». Наиболее изученными являются ПП «Валаамский архипелаг», НП «Калевальский», ГПЗ «Костомукшский» и НП «Ладожские шхеры». Число видов грибов, выявленных на отдельных ООПТ ЗПФ, отличается в зависимости от площади территории, разнообразия представленных на ней типов леса, биотопов, древесных пород, а также от степени ее изученности.

Представленность базидиомицетов на ООПТ Карелии в пределах Зеленого пояса Фенноскандии

ООПТ (с севера на юг)	Виды	Рода	Краснокнижные виды
Республика Карелия	1422	365	71
ООПТ ЗПФ	759	283	42
НП «Паанаярви»	231	136	12
НП «Калевальский»	300	142	21
ГПЗ «Костомукшский»	293	158	15
ПЛЗ «Озеро Нюк»	183	114	9
ПЛЗ «Максимъярви»	196	121	17
ПЛЗ «Тулос»	230	119	16
НП «Воттоваара»	76	58	2
ПЛЗ «Толвоярви»	163	82	3
ППамПр «Хаалампи–Северное Приладожье»	216	126	10
НП «Ладожские шхеры»	267	147	4
ПП «Валаамский архипелаг»	395	174	11

К настоящему времени в Республике Карелия зарегистрировано 1422 вида базидиомицетов из 365 родов (Большаков и др., 2022; Bolshakov et al., 2021). Из них в пределах ЗПФ выявлено 759 видов из 283 родов. В Красную книгу Республики Карелия (2020) занесен 71 вид грибов. Из них на ООПТ ЗПФ встречаются 42 вида и 2 вида, включенных в Красную книгу Российской Федерации (Приказ..., 2023). Необходимость создания ЛЗ «Тулос», «Максимъярви» и «Озеро Нюк», Памятника природы «Хаалампи–Северное Приладожье» также подтверждается находками большого числа охраняемых, индикаторных и специализированных видов базидиомицетов.

Работа выполнена в рамках государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

ЛИТЕРАТУРА

Большаков С.Ю., Волобуев С.В., Ежов О.Н., Паломожных Е.А., Потанов К.О. Афиллофороидные грибы европейской части России: аннотированный список видов / Отв. ред. С.Ю. Большаков, С.В. Волобуев. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2022. 578 с.

Красная книга Республики Карелия / Гл. редактор О.Л. Кузнецов. — Белгород: Константа. 2020. 448 с.

Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Исаева Л.Г., Химич Ю.Р. Афиллофоровые грибы ООПТ Российской части Зеленого пояса Фенноскандии // Грибные сообщества лесных экосистем. Т. 3. М.; Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2012. С. 117–146.

Предтеченская О.О. Агарикоидные макромицеты Зеленого пояса Фенноскандии // Грибные сообщества лесных экосистем. Т. 3. М.; Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2012. С. 147–158.

Приказ Минприроды России № 320 от 23.05.2023 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации». Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307210008?ysclid=lu17isuwgs870664897>.

Bolshakov S., Kalinina L., Palomozhnykh E., Potapov K., Ageyev D., Arslanov S., Filippova N., Palamarchuk M., Tomchin D., Voronina E. Agaricoid and boletoid fungi of Russia: the modern country-scale checklist of scientific names based on literature data. // Bio. Comm. 2021. Vol. 66, Is. 4. P. 316–325. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2021.404>

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЛКИХ
МЛЕКОПИТАЮЩИХ ХИБИН**

A MODIFIED METHOD OF SMALL MAMMALS RESEARCH IN Khibiny MOUNTAINS

Стасюк И. В.¹, Миронов А. Д.², Павленя Н. Г.²
Stasyuk I. V.¹, Mironov A. D.², Pavlenya N. G.²

¹Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург; e-mail: norroendreng@mail.ru

²Российский Государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург; e-mail: vorskla1968@gmail.com

Since 2021 systematic monitoring of small mammals has been launched in the Khibiny Mountains using a modification of the traditional trapping method, taking into account the factor of altitude zonality. Not one, but two lines of traps were used, located in two perpendicular directions: along the mountain slope (from the foot to the top) and across (along the foot). A similar number of *Sorex araneus* and representatives of the genus *Myodes* and *Microtus* were captured in the birch-versatile forest at the foot and on the slope of Kukisvumchorr Mountain, but the rare red vole *Myodes rutilus* was caught only in a mixed birch forest with juniper on the slope. Streaming video recording using camera traps showed that gray voles *Microtus sp.* prefer the moist forest areas at the foothills, whereas lemming *Lemmus lemmus* is most abundant in the mountain tundra.

Экологический мониторинг состояния природной среды на современном этапе развивается с учетом классических полевых приемов и инновационных разработок. Сочетание длительного мониторинга экологического фона и гибких экспресс-методов предполагает повышение эффективности оценок антропогенного пресса на экосистемы.

Одной из ключевых индикаторных групп являются мелкие наземные млекопитающие — грызуны и насекомоядные. В Хибинах они представлены несколькими таксономическими группами: насекомоядные — землеройками-бурозубками рода *Sorex*, до 5 видов; грызуны — лесными (рыжими) и серыми полевками родов *Myodes* и *Microtus*, по 2–3 вида и леммингами, 2 вида — *Lemmus lemmus* и *Myopus schisticolor*. Естественной причиной, определяющей пространственное распределение животных в горах, является высотная поясность. С учетом этого фактора мы модифицировали традиционную методику отлова зверьков: сохранили сроки, дистанцию ловчей линии и число ловушек в ней, но добавили вторую линию, расположив обе линии во взаимно перпендикулярных направлениях — вдоль склона горы (от подножия к вершине) и поперек (вдоль подножия).

В 2022 г. у подножия г. Кукусвумчорр (березняк разнотравный, высота 350–370 м н.у.м.) на 100 ловушко-суток были пойманы: 15 экз. *Myodes sp.*, 5 экз. *Microtus sp.* и 19 экз. *Sorex araneus*. Сходным был улов зверьков в березняке разнотравном с можжевельником выше по склону (400–440 м н.у.м.): 17 экз. *Myodes sp.*, 6 экз. *Microtus sp.* и 28 экз. *Sorex araneus*. При сходных численных показателях видовой состав лесных полевок различался: только в березняке на склоне была поймана редкая красная полевка *Myodes rutilus*. Учёт методом двойных линий на г. Юкспорр (смешанный лес, 330–405 м н.у.м.) показал, что серые полевки предпочитают более увлажненные участки леса у подножия до высоты 350 м.

При экспресс-учётах в горах важно иметь эталонный участок, на котором ведется длительный мониторинг динамики численности животных. В наших исследованиях им стала «экологическая тропа» ПАБСИ КНЦ РАН, на которой применяли методику потоковой видеорегистрации активности норвежского лемминга *L. lemmus* и симпатрических видов *Micro mammalia*. В 2022 г. работы проводили на двух участках экотропы — в смешанном елово-березовом лесу (уч. 1, высота 359–368 м н.у.м.) и березовом криволесье (уч. 2, 420–434 м). Зафиксировано 302 попадания животных в кадр, большинство из которых (295) — на уч. 1, причем 252 регистрации пришлись на птиц. Лемминги отмечены не были. В 2023 г. был добавлен участок горной тундры (уч. 3, 443–462 м н.у.м.) и получено 409 регистраций: 99, 145 и 166 на каждом участке соответственно. Разнообразие регистрируемых животных убывало с высотой от уч. 1 к уч. 3, но частота регистрации лемминга *L. lemmus* была наибольшей в тундре (138) и почти в два раза меньшей — на уч. 2. (72 регистрации).

**АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ
БИОРАЗНООБРАЗИЯ ТУНДРОВЫХ И ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЛАНДШАФТОВ
ТАЗОВСКО-ГЫДАНСКОГО ОКРУГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

**AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING FOR THE CONSERVATION
OF BIODIVERSITY OF TUNDRA AND FOREST-TUNDRA LANDSCAPES
OF THE TAZOVO-GYDAN DISTRICT OF EASTERN SIBERIA**

Трофимова Л. С.
Trofimova L. S.

*Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса
(ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса), Лобня, Московская область; e-mail: viktrofi@mail.ru*

The laboratory of Geobotany and agroecology has developed an agro-landscape and ecological zoning of the East Siberian Natural and Economic region of the country based on the soil and ecological zoning of Russia at Moscow Lomonosov State University and others materials. It is designed to assess the potential, rational agricultural use of natural resources, solve environmental problems and protect the environment in the region. According to the results of zoning, the characteristic of the landscapes of the Tazovo-Gydan district of Eastern Siberia is given. About 90% of the district's area is occupied by deer pastures, which in places have been disrupted as a result of irrational use by reindeer herders, mining, construction, and transport. The ecological state of landscapes, forests and deer pastures is tense. As a result of man-made impacts, the area of deer pastures is reduced, the load on them increases, pastures are degraded, and forage resources are reduced.

Актуальной проблемой России и мира являются рациональное природопользование, сохранение уникальных ландшафтов, природных ресурсов, земель, плодородия почв, биоты и населения Севера.

Первоочередной научной задачей является изучение северных ландшафтов, их регионального, ландшафтного, биологического и экологического разнообразия, земельных, природно-климатических ресурсов с целью рационального природопользования, создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, адаптированного к условиям конкретного региона (Трофимов и др., 2022, 2023).

В ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование Восточно-Сибирского природно-экономического района, на основе почвенно-экологического районирования России МГУ им. М.В. Ломоносова (Карта..., 2013) и др. материалов. В качестве информационной основы использовали также Национальный атлас почв России, природно-сельскохозяйственное, ландшафтно-экологическое и почвенно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты, данные государственного земельного учета, фондовые, наземные и дистанционные данные (Методика..., 2015; Трофимова, 2021). Агроландшафтно-экологическое районирование предназначено для оценки потенциала, рационального сельскохозяйственного природопользования, решения экологических проблем и защиты окружающей среды в регионе.

По результатам районирования дана характеристика пространственного распределения природных ресурсов на территории Тазовско-Гыданского округа Восточной Сибири. Тазовско-Гыданский округ представлен моренными аккумулятивно-морскими ландшафтами низменных платформенных равнин с пологоволнистым рельефом. По понижениям округ заболочен. Западная и северная границы округа проходят по р. Танаме, пойма которой также заболочена. Болотами и водой занято больше 20% территории. В почвенном покрове преобладают бугорково-кочкарниковые комплексы тундровых глеевых торфянистых, торфянисто-глеевых болотных почв и почвенных пятен. Встречаются подбуры тундровые. Кустарники занимают около 30% площади округа. Реже встречаются ивняки мохово-кустарничково-травяные и кустарничково-лишайниковые. Еще реже (в северо-восточной части округа) — травяно- и кустарничково-моховые заболоченные тундры. Пойма Танама занята злаково-осоковыми ивняками.

Почти 75% площади округа используется под выпас оленей. Оленьи пастбища представлены разреженными кустарниковыми мохово-лишайниковыми тундрами. Оленеёмкость пастбищ Красноярского края составляет 140–150 тыс. голов. Экологическое состояние оленьих пастбищ удовлетворительное, местами напряжённое. В результате техногенного воздействия площадь пастбищ сокращается,

нагрузка на них возрастает, кормовые ресурсы истощаются, пастбища деградируют. Местами они нарушены в результате нерационального использования оленеводами, добычей полезных ископаемых, строительством, транспортом.

Расположение участков и сроки выпаса, пути движений стад, численность животных должны быть юридически закреплены за хозяйствами долгосрочными проектами землеустройства пастбищных угодий. Это позволит сохранить растительные ресурсы оленьих пастбищ. Управлять стадами северных оленей могут только люди, приспособленные к природно-географическим условиям Арктики, способные жить в естественных природных условиях леса и тундры, имеющие специальные знания и навыки и способные вести кочевой образ жизни совместно с оленьим стадом. Оленеводы должны заботиться о сохранении оленьих пастбищ, знать сезоны их использования и маршруты кочёвок, особенности поведения оленей. Система оленьи пастбища — олени — оленеводы должна быть сбалансированной.

ЛИТЕРАТУРА

Методика эффективного освоения многовариантных технологий улучшения сенокосов и пастбищ в Северном природно-экономическом районе / А.А. Кутузова, А.А. Зотов, К.Н. Привалова и др. М: Угрешская типография. 2015. 68 с.

Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агрolandшафтно-экологическое районирование оленьих пастбищ и природных кормовых угодий Индигирско-Колымской провинции Северо-таежной зоны Дальнего Востока // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2023. № 1 (173). С. 66–70.

Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Шпедт А.А., Асеева Т.А. Агрolandшафтно-экологическое районирование — основа устойчивого развития сельского хозяйства Восточной Сибири и Дальнего Востока // Биосфера. 2022. Т. 14. № 3. С. 193–199. doi:10.24855/biosfera.v14i3.695.

Трофимова Л.С. Инновационные технологии устойчивого развития и защиты окружающей среды в Байкало-Патомском, Олекма-Чарском, Становом и Прибайкальском горных округах Восточной Сибири и Дальнего Востока // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. Казань: Изд-во КНИТУ. 2021. С. 1685–1688. ISBN 978-5-7882-3028-3

Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П. и др. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. М.: Талка+. 2013. 16 л.

ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОГРЕБЕННОГО ТОРФЯНИКА В РЕЧНОМ ОБНАЖЕНИИ (П-ОВ ТАЙМЫР)

THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS OF ORGANIC MATTER OF BURIED PEATLAND IN THE RIVER OUTCROP (TAIMYR PENINSULA)

Шапченкова О. А., Карпенко Л. В., Пляшечник М. А.
 Shapchenkova O. A., Karpenko L. V., Plyashechnik M. A.

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН — обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,
 Красноярск; e-mail: shapchenkova@mail.ru*

Increasing attention has been paid to assessing stocks and properties of soil and peatland organic matter in the Arctic in relation to the climate change. We characterized organic matter of buried peatland from the Taimyr Peninsula by thermogravimetry. We found that peat in the profile (0–120 cm) had a low decomposition degree (5–15%). Thermogravimetry showed that the organic matter was significantly dominated by thermolabile components, indicating its greater availability for biodegradation.

Береговые обнажения рек Восточного Таймыра Арктической зоны зачастую сложены погребенными торфяниками, перекрытыми слоями речных наносов. Аккумуляция торфа в долинах рек Вост. Таймыра началась в теплый бореальный и атлантический периоды голоцена (Белорусова, Украинцева, 1980).

Последующее похолодание в субатлантическом периоде привело к ее затуханию (Andreev et al., 2003). В настоящее время в связи с проблемой изменения климата особое внимание уделяется оценке запасов и свойств органического вещества (ОВ) почв и торфяников в Арктике. Термический анализ является альтернативой традиционным методам оценки качества ОВ. При регистрации потери массы исследуемого образца в условиях программируемого нагрева можно количественно определить термолабильные и термостабильные (устойчивые) компоненты ОВ. Более высокая термическая стабильность ОВ указывает на бóльшую устойчивость и меньшую скорость его биодеградаци.

Целью работы являлась характеристика ОВ погребенного торфяника в обнажении правого берега р. Большой Балахни (Вост. Таймыр). Выполнено морфологическое описание разреза мощностью 1.2 м, определен ботанический состав и степень разложения торфа, проведено радиоуглеродное датирование прослоек торфа на глубинах 55–65, 65–75 и 75–85 см. Термогравиметрию образцов торфа проводили в окислительной атмосфере (воздух) при скорости нагрева 10°/мин от 25 до 700 °С.

Судя по результатам ботанического анализа торфа, видовой состав растений-торфообразователей от основания залежи до дневной поверхности изменялся мало. Болотные фитоценозы отложили следующие виды низинного торфа: гипновый→травяной→травяно-гипновый→гипново-травяной→пушицевый→гипновый. Торф имеет волокнистое строение и слабую степень разложения от 5 до 15%. Абсолютный возраст торфа свидетельствует о его субатлантическом происхождении: 55–65 см — 520 ± 60 лет назад (л. н.), 65–75 см — 720 ± 80 л. н. и 75–85 см — 880 ± 75 л. н. Однако возможно и его омоложение, т. к. в береговых обнажениях происходит дренаж и усадка слоев торфа, их механическое оползание и обваливание во время половодий, обогащение прослоями песка, что отчетливо видно на поверхности зачищенной стенки разреза.

По результатам термогравиметрического анализа установлено значительное обогащение торфа минеральной фракцией. Остаточная масса составила 49.02–85.23%. Использование сканирующей электронной микроскопии в сочетании с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией показало, что практически вся поверхность стеблей и листьев мхов покрыта мелкими минеральными частицами, в элементном составе которых доминируют Fe, Ca, Si, Al. Потеря массы в интервале 160–700 °С, обусловленная термодеструкцией ОВ, составила 13.2146.35%. Значительное варьирование содержания ОВ обусловлено присутствием минеральных частиц в исследуемых образцах торфа. В составе ОВ на всем протяжении профиля преобладают термолабильные компоненты, термодеструкция которых происходит в интервале 160–360 °С. Их доля составила 62–92 % от общего содержания ОВ. Термолабильные компоненты представлены в основном полисахаридами (гемицеллюлозы, целлюлоза). На долю термостабильных компонентов (>360 °С), к которым относятся лигнин и другие полифенолы, приходится 8–38%. Значительно более высокое содержание термолабильных компонентов в составе ОВ отмечено для травяного и пушицевого видов торфа по сравнению с гипновым, гипново-травяным и травяно-гипновым видами. Это обусловлено разным химическим составом доминантных видов растений-торфообразователей. Более высокая термостабильность ОВ гипнового торфа подтверждается величинами T_{50} — температуры, которая соответствует половине потери массы ОВ. T_{50} составила: для гипнового торфа 307–338 °С, травяно-гипнового — 312, гипново-травяного — 285–319, пушицевого — 303–309, травяного — 291–323 °С. Значительное превалирование термолабильных компонентов в составе ОВ свидетельствует о меньшей устойчивости торфа террасового обнажения р. Большой Балахни к биодеградаци при потеплении климата.

Работа выполнена при поддержке государственного задания № FWES-2024-0028.

ЛИТЕРАТУРА

Белорусова Ж.М., Украинцева В.В. Палеогеография позднего плейстоцена и голоцена р. Новой на Таймыре // Ботанический журнал. 1980. Т. 65. № 3. С. 368–379.

Andreev A.A., Tarasov P.E., Sigert C. [et al.]. Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate on the northern Taymyr Peninsula, Arctic Russia // Boreas. 2003. Vol. 32. P. 484–505.

МАССОВЫЙ ЗАЛЕТ БАБОЧЕК В МУРМАНСКУЮ ОБЛАСТЬ В 2022 ГОДУ MASS MIGRATION OF BUTTERFLIES TO THE MURMANSK REGION IN 2022

Шутова Е. В.
Shutova E. V.

Кандалакшский государственный природный заповедник,
Кандалакша, Мурманская область; e-mail: shutovakand@gmail.com

In 2022 in the Murmansk region, especially its southern part, there has been a massive appearance of butterflies. Some of them were previously relatively rare here, *Nymphalis antiopa* (L.) – 114 observations in 2022, *Vanessa atalanta* (L.) — 150 ones *Vanessa cardui* (L.) — 83, *Nymphalis* (L.) — 39, *Polygonia c-album* (L.) — 12, and *Gonepteryx rhamni* (L.) — 58 observations/ Most of the meetings occur with butterflies of the summer generation in late August–September. Such amount of butterflies could not have appeared only due to the reproduction of local species, Since the weather conditions in July were unfavorable due to heavy rains. These are probably migrants from more southern areas, where the summer generation was very numerous. Three species are new to the Murmansk region: *Argynnis paphia* (L.), *Catocala fraxini* (L.), *Arctia caja* (L.).

Разнообразие дневных бабочек в Мурманской области невелико, и большинство видов являются редкими или немногочисленными. Однако, в последние два десятилетия некоторые виды на юге области стали обычными (зорька *Anthocharis cardamines* L., краеглазка петербургская *Lasiommata petropolitana* F., пестрокрыльница *Araschnia levana* L.), и чаще стали появляться виды, ранее почти не встречавшиеся (лимонница *Gonepteryx rhamni* L., павлиний глаз *Nymphalis io* L., углокрыльница с-белое *Polygonia c-album* L.). С середины 1990-х годов почти ежегодно залетают виды-мигранты (адмирал *Vanessa atalanta* L. и репейница *Vanessa cardui* L.).

Наши наблюдения проводились в южной части Мурманской области в окрестностях г. Кандалакши (67°09' с.ш., 32°25' в.д.) и с. Лувеньги (67°06' с.ш., 32°42' в.д.). Летний сезон 2022 года был не очень благоприятным для бабочек. Из-за холодного и дождливого июля размножение местных видов оказалось по большей части неудачным. В результате у видов, имеющих летнюю генерацию (пестрокрыльница, крапивница, репейница), встречаемость бабочек в конце июля и первой половине августа была заметно ниже, чем в июне. Но после 20–25 августа стали часто встречаться различные виды дневных бабочек летнего поколения. На цветах бодяка полевого *Cirsium arvense* (L.) Scop. собиралось одновременно до 20–30 особей разных видов. Всего по собственным наблюдениям и сообщениям местных жителей получена информация почти о 150 встречах адмиралов, 114 траурниц *Nymphalis antiopa* (L.), 83 репейниц, 58 лимонниц, 38 павлиньего глаза, 12 встречах углокрыльниц с-белое. Такое количество бабочек не могло появиться только в результате размножения местных особей. Судя по срокам появления бабочек и их количеству, в более южных регионах летнее поколение этих видов было, видимо, очень многочисленным, и бабочки начали расселяться, в том числе и на север. Во второй половине августа на севере Карелии автомобилисты отмечали десятки летающих вдоль дорог траурниц.

Перезимовавшие или залетевшие на территорию области в первой половине лета траурницы и адмиралы встречались в небольшом количестве (11 и 4 встречи соответственно). Репейницы были более обычны (45 встреч). В конце лета за счет мигрантов численность этих видов увеличилась: встречено соответственно 103, 144 и 38 особей. Некоторые бабочки долетали до побережья Баренцева моря. Более редкие у нас павлиний глаз, углокрыльница с-белое и лимонница в начале лета не встречались, а появились только в конце августа. Было зарегистрировано соответственно 39, 12 и 58 бабочек этих видов.

Впервые в Мурманской области отмечены 3 вида: перламутровка Пафия *Argynnis paphia* (L.) — 26.08.22, в окрестности Лувеньги; голубая орденская лента *Catocala fraxini* (L.) — 24.08.22, мыс Корабль на Терском берегу; медведица Кайя *Arctia caja* (L.) — 15.07.22, гусеницы на о-ве. Ирвасиха в Кандалакшском заливе, из которых в августе вывелись бабочки.

**НАХОДКИ ЖУКОВ-НОСОРОГОВ *ORYCTES NASICORNIS*
(COLEOPTERA, SCARABAEIDAE) В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**FINDS OF RHINOCEROS BEETLES *ORYCTESNA SICORNIS*
(COLEOPTERA, SCARABAEIDAE) IN THE MURMANSK REGION**

Шутова Е. В.
Shutova E. V.

*Кандалакшский государственный природный заповедник,
Кандалакша, Мурманская область; e-mail: shutovakand@gmail.com*

The rhinoceros beetle *Oryctesnasicornis* (Linnaeus, 1758), whose natural habitats are broad-leaved forests, has been found in the north of Karelia and south of the Murmansk region since 2011. Currently, they are found in the vicinity of several settlements where lumber mills used to work. The larvae inhabit piles of rotting sawdust. Imago appears in August. The dispersal of rhinoceroses to the north apparently takes place through the territories of former timber mills and sawmills.

Естественными станциями обитания жука-носорога *Oryctesnasicornis* (Linnaeus, 1758) из семейства пластинчатоусых (Coleoptera, Scarabaeidae) являются широколиственные леса. Северная граница ареала в европейской части СССР в 1960-е годы распространялась от Балтийского моря на Ленинградскую, Новгородскую, Кировскую области. Однако вместе с человеком жуки-носороги проникали вглубь тайги, где были приурочены к теплицам и парникам в результате завоза личинок с грунтом (Медведев, 1960). В 1970-е годы на юге Карелии личинок находили в местах массового складирования гниющих опилок. В настоящее время вид расселился на север и достиг широты Полярного круга. В Мурманской области жук-носорог впервые был обнаружен в 2011 году в окрестностях пос. Умба (66°44' с.ш., 34°21' в.д.). Позднее его находки на юге области стали регулярными. Жуков отмечали в окрестностях поселков Лесозаводский (66°44' с.ш., 32°49' в.д.) и Зеленоборский (66°51' с.ш., 32°23' в.д.), г. Кандалакши (67°10' с.ш., 32°22' в.д.), в Лоухском районе на севере Карелии (65°55' с.ш., 33°40' в.д.). В перечисленных пунктах раньше функционировали лесозаводы, и сохранились многолетние залежи опилок, которые теперь являются местами размножения жуков. Личинки разного возраста были обнаружены в гниющих опилках летом на глубине 20-30 см, зимой — на глубине 1 м. Имаго появляются в августе и, по-видимому, способны преодолевать значительные расстояния, т.к. были встречены в 30–40 км от возможных мест размножения.

Таким образом, продвижение жуков-носорогов на север, скорее всего, происходит естественным путем, через территории лесозаводов и лесопилок, которых много в Карелии. Этому способствует и потепление климата, особенно заметное в северных широтах в последние два десятилетия.

ЛИТЕРАТУРА

Медведев С.И. Пластинчатоусые (Scarabaeidae) // Фауна СССР. Жесткокрылые. 1960. Т. X. Вып. 4. 397 с.

СЕКЦИЯ 5.
ОХРАНА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. РАЗВИТИЕ
СЕТИ ООПТ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ
И ИХ РЕКРЕАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

SESSION 5.
COMPREHENSIVE UTILIZATION AND PROTECTION
OF NATURAL RESOURCES. CURRENT ADVANCES
IN THE NETWORKING OF PROTECTED AREAS
IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

**К ВОПРОСУ О МЕСТОПОЛОЖЕНИИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ООПТ
НА Р. СУХОНЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**
**ABOUT PROJECTED LOCATION OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL
TERRITORY ON THE SUKHONA RIVER (VOLOGDA REGION)**

Арашин С. Ю.
Arashin S. U.

ФГБОУ ВО Вологодский государственный университет, Вологда; e-mail: ar.serg@rambler.ru

The features of development of the network of protected areas in Vologda region, located in two subzones of taiga and in drainage basins of three seas, are discussed. It is noted that the complex landscape and hydrographic structure of the territory and the focus on preserving forests have determined the extremely low representation of aquatic ecosystems in the network of protected areas. The imbalance in the structure of the network is also reflected in the spatial pattern of the location of protected waterbodies, their absence in the east of the region. To maintain the biodiversity of different watersheds, a few criteria for choosing the location of the designed biological reserve on the large Sukhona River have been justified. This aquatic ecosystem is a natural object with high landscape and biological diversity, including the presence of unique species. This will expand the network of protected areas in the basin, where Sukhona River can be considered as an ecological framework.

Вологодская область вследствие сложного генезиса территории отличается высоким ландшафтным и биологическим разнообразием, для поддержания которого требуется обширная сеть ООПТ (Природа..., 2007). Расположение территории в подзонах средней и южной тайги, а также в бассейнах стока трех морей усложняет задачу развития сети ООПТ для адекватного охвата уникальных биотопов в разных районах области. Поэтому актуальной проблемой остается выбор местоположения проектируемых ООПТ, учитывая «белые пятна» в ее сети, выявленные в ходе международных проектов в 2000-е годы (Сохранение..., 2011). В частности, «ГЭП-анализ» показал недостаточную суммарную площадь ООПТ, далеко неполный охват разнообразия биотопов, особенно водных, крайнюю неравномерность распределения охраняемых территорий. К этому привела ориентация на сохранение лесных таежных массивов в комплексных ландшафтных заказниках, которая легла в основу концепции создания сети ООПТ. В настоящее время сеть ООПТ разных категорий и статусов насчитывает 187 объектов. Большинство из них представлено наземными экосистемами, а на долю водных экосистем приходится крайне незначительная часть. Это около десятка водных объектов, имеющих свой статус охраны, включая памятник природы, четыре гидрологических на малых озерах и два биологических заказника в разливах рек для сохранения нерестилищ рыб. Причем дисбаланс в структуре сети ООПТ отражается не только в количестве, но и месторасположении охраняемых водных объектов, приуроченных в западной части области и относящихся к бассейну стока Балтийского и Каспийского морей. В восточных районах, расположенных в бассейне стока Белого моря, ООПТ на водных объектах отсутствуют. Поэтому при расширении сети ООПТ необходима реализация принципа поддержания биоразнообразия в пределах разных водосборных бассейнов (Болотова, 2018).

Этой задаче соответствует выбранное местоположение проектируемого биологического заказника на самой крупной реке Сухоне, протекающей в пределах центральных и восточных районов Вологодской области, водосбор которой занимает 2/3 ее территории (Природа..., 2007). Принадлежность реки к бассейну Северной Двины определяет межрегиональную значимость планируемого расширения сети ООПТ. Большая протяженность реки (558 км) и развитая гидрографическая сеть обусловила геологическое и биотопическое богатство, что дает возможность для создания на ней ООПТ разного статуса.

В этом плане проектируемая новая ООПТ на р. Сухона является уникальным природным объектом с высоким ландшафтным и биологическим разнообразием, расположенная в трех ландшафтных областях Русской равнины и обладающая геоморфологическими особенностями. Со спецификой строения долины и русла связано наличие порогов и перекатов в среднем и нижнем течении реки, к которым приурочено обитание жилой формы сухонской стерляди, внесенной в Красную книгу Вологодской области. Это единственный представитель семейства осетровых в водных объектах региона, что определило конкретное местоположение проектируемой ООПТ «Нерестилища стерляди»,

направленной на сохранение редкого вида. Для обоснования выбора местоположения биологического заказника благоприятным обстоятельством служило также наличие в долине р. Сухоны нескольких ландшафтных заказников. В перспективе это создает возможности сохранения ландшафтного и биологического разнообразия за счет расширения «бассейновой сети» ООПТ, где река Сухона может рассматриваться в качестве ее экологического каркаса (Болотова, 2010).

ЛИТЕРАТУРА

Болотова Н.Л. О стратегии сохранения биоразнообразия в единой сети ООПТ таёжной зоны Северо-Запада России. // Материалы VI Международного контактного форума по сохранению местообитаний в Баренцевом регионе. Архангельск, 2010. С. 84–85.

Болотова Н.Л. Проблемы сохранения северных водных экосистем в системе ООПТ (на примере Вологодской области) // Итоги областной конференции «Современные проблемы ООПТ регионального значения, посвященной Году ООПТ. Вологда. 2018. С. 36–37.

Природа Вологодской области /гл. ред. Г.А. Воробьев. Вологда: Вологжанин. 2007. 434 с.

Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России: Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга / Коллектив авторов. Под. ред. Кобякова К.Н. СПб., 2011. 220 с.

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТИ ООПТ ХИБИНСКИХ И ЛОВОЗЕРСКИХ ГОР (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

APPROACHES TO EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE PA NETWORK OF THE Khibiny AND LOVOZERO MOUNTAINS (MURMANSK REGION)

Ахмерова Д. Р.¹, Боровичев Е. А.^{1,2}, Петрова О. В.¹
Akhmerova D. R.¹, Borovichev E. A.^{1,2}, Petrova O. V.¹

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: diana.008@mail.ru*

²*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область*

The Khibiny and Lovozero Mountains accommodate the mining industry, large settlements and nature, which is protected by a network of protected areas (PAs). The protection regime, conservation of habitats and protected species of flora and fauna are important indicators for PAs. This report presents an evaluation of the effectiveness of PAs in the mountainous region using two approaches. The environmental effectiveness of the most PAs of mountain ranges exceeds 80% according to the M.S. Stishov's method. Using a method based on regime compliance analysis, it was found that 78% of all PAs perform their conservation objectives.

Создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) является основным инструментом территориальной охраны природы. Целостность ООПТ, сохранность их естественных ландшафтов, водоемов, лесов, водно-болотных угодий, разнообразие растительного и животного мира, адекватность режима имеющимся угрозам, наличие объектов охраны являются важными показателями того, насколько полно они выполняют свою основную функцию.

Ранее было показано, что эффективность ООПТ Мурманской области, оцененная на основе соответствия режимов охраны имеющимся для территорий угрозам, невелика и лишь единичные ООПТ эффективны (Боровичев и др., 2018).

Цель настоящей работы — апробировать различные методики для оценки эффективности ООПТ Хибинских и Ловозерских гор.

Среди существующих методологических подходов преобладают методики, нацеленные на анализ эффективности управления ООПТ (Ervin, 2003; Pomeroyetal., 2004; Stoltonetal., 2021). В исследовании мы использовали методики, учитывающие, прежде всего, выполнение ООПТ их природоохранных задач (Сохранение..., 2011; Стишов, 2012).

Хибинские и Ловозерские горы — крупнейшие горные массивы Мурманской области, где расположены горнодобывающие предприятия и значимые в Арктике населенные пункты. Также здесь сосредоточены уникальные природные и историко-культурные объекты. Сеть ООПТ исследованного района состоит из 18 объектов (национальный парк, два заказника, ботанический сад и 14 памятников природы).

Методика М.С. Стишова (Стишов, 2012) предназначена для оценки природоохранной эффективности отдельных ООПТ, а также их систем. Расчеты выполняются по пяти основным природоохранным функциям ООПТ: 1) эталонная, выражаемая в сохранении не- и малонарушенных природных комплексов, в расчет принимаются видовое и ландшафтное разнообразие, чуждые и синантропные элементы, эталонные экосистемы, распространение антропогенно-нарушенных экосистем; 2) рефугиумная, проявляющаяся в сохранении редких, исчезающих таксонов и сообществ; 3) резерватная, учитывающая роль в сохранении крупных скоплений животных, в воспроизводстве охотничье-промысловых видов животных и имеющих утилитарную ценность растений; 4) монументальная, определяемая наличием уникальных природных объектов и ландшафтов, имеющих научно-познавательную или эстетическую ценность; 5) эколого-стабилизирующая, выражаемая в предоставлении ООПТ различных экосистемных услуг. Определив показатели природоохранной ценности и значимости, можно рассчитать природоохранную эффективность ООПТ. Показано, что природоохранная эффективность 8 из 9 ООПТ Ловозерских гор превышает 80%, в среднем составляя 90%, то есть вполне удовлетворительная. В Хибинах — ситуация сходная, за исключением национального парка, который с момента своего создания существует как номинальная ООПТ.

Для определения эффективности отдельных ООПТ нами использован метод, основанный на анализе соответствия запретов на различные виды хозяйственной деятельности на ООПТ и имеющихся для этих территорий угроз (Сохранение..., 2011; Боровичев и др., 2018). По результатам анализа режимов, существующих ООПТ в соответствии с Положением (Паспортом) каждой конкретной ООПТ было выделено три основных вида наиболее «природообразующих» видов хозяйственного использования, которые, в большинстве случаев, приводят к значительному повреждению или утрате естественных природных комплексов, в результате чего территория теряет свое природоохранное значение, среди них: рубки леса (Р); геологоразведочные работы, добыча полезных ископаемых, торфа и сапропеля (Г); строительство вне населенных пунктов (кроме строительства объектов инфраструктуры ООПТ) (С). Далее для каждой ООПТ (функциональной зоны) отмечалось, существует ли в режиме этой ООПТ запрет на один или несколько видов такой деятельности и после этого для целей анализа режимы были объединены в четыре группы: заповедный режим охраны (I), строгий режим — запреты Р+Г+С (II), нестрогий режим — один или два запрета из Р, Г, С (III), разрешающий режим — не предусматривает запрета ни на один из вышеперечисленных видов деятельности (IV). Выявлено, что большая часть ООПТ выполняет свои природоохранные задачи, к ним относятся — территория ПАБСИ, заказник «Сейдьяввр», все ботанические памятники природы и один геологический памятник природы «Пегматиты горы Малый Пункарайв», они вошли в I или II группу. В III группу вошли — оставшиеся геологические памятники природы, а в IV группу вошел биологический заказник «Симбозерский». По факту к последней группе (не эффективных) следует отнести национальный парк «Хибинский» т.к. до сих пор режим охраны и Положение об ООПТ не утверждены.

Вышеописанные методы позволяют оценить природоохранную эффективность деятельности охраняемых территорий, а также оптимизировать и корректировать стратегии, направленные на улучшение результатов природоохранной деятельности. Хотя важнейшим показателем эффективности, по крайней мере, памятников природы является сохранность номинального объекта охраны.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-14-20006 <https://rscf.ru/project/24-14-20006>).

ЛИТЕРАТУРА

Боровичев, Е.А. Сеть ООПТ Мурманской области: вчера, сегодня, завтра / Е. А. Боровичев, В. Н. Петров, О.В. Петрова, Н.Е. Королева. // Арктика и Север. 2018. № 32. С. 107–120. // URL: <http://www.arcticandnorth.ru/upload/uf/39b/AiS32.pdf> (дата обращения: 09.03.2024). Текст: электронный. doi: 10.17238/issn2221-2698.2018.32.107

Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга / Под ред. К. Н. Кобякова. СПб: Кольский центр охраны дикой природы, 2011. 506 с.

Стишов М.С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. М.: World Wide Fundfor Nature России, 2012. 284 с.

Ervin J. 2003. Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management (RAPAM). Gland (Switzerland): World Wide Fund for Nature

Pomeroy R., Parks J., Watson L. 2004. How is Your MPA Doing? A Guidebook of Natural and Social Indicators for Evaluating Marine Protected Area Management Effectiveness. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xvi + 216 pp.

Stolton S., Dudley N., Hockings M. 2021. METT Handbook: A guide to using the Management Effectiveness Tracking Tool (METT). Second edition guidance for using METT-4. World Wide Fund for Nature, Gland, Switzerland

**РАСЧЕТ СУММАРНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕВЫШЕНИЯ МЕДИАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ
В РАМКАХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ
ОСАДКОВ СИСТЕМЫ ОЗЁР ОЗЕРЯВКИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ»**

**CALCULATION OF THE TOTAL INDICATOR OF EXCESS OF MEDIAN VALUES
WITHIN THE FRAMEWORK OF ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASSESSMENT
OF THE CONDITION OF BOTTOM SEDIMENTS OF THE OZERYAVKI LAKE SYSTEM
IN THE SEBEZHISKY NATIONAL PARK**

Богданов Т. В., Алексеева И. Е., Бессонова А. М.

Bogdanov T. V., Alekseeva I. E., Bessonova A. M.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург; e-mail: st076578@student.spbu.ru

National parks are multifunctional objects whose tasks include, among other things, the organization of ecological tourism, which potentially entails the threat of anthropogenic changes in the components of the natural environment. Bottom sediments are a depositing medium in which substances entering water bodies accumulate, as a result of which their study makes it possible to carry out an integral assessment of the degree of anthropogenic impact on water bodies over a long time, as well as to track trends in the formation of the geochemical background of a reservoir and its catchment area.

Национальный парк «Себежский» является крупнейшей особо охраняемой природной территорией, расположенной на территории Псковской области. Национальные парки являются многофункциональными объектами, в задачи которых, помимо природоохранной и научной деятельности, входит также организация экологического туризма. Подобное использование природных комплексов потенциально влечет за собой антропогенные изменения компонентов природной среды (Алексеева и др., 2022).

Цель исследования — провести интегральную оценку закономерностей распределения тяжёлых металлов (Zn, Pb, Cu, Ni, Cr) в донных отложениях системы озер Озерявки национального парка «Себежский».

Объект исследования — система озер Озерявки национального парка «Себежский». Методы исследования. Пробоотбор поверхностных отложений производился при помощи бентосного дночерпателя Ван-Вина. Отбор проб стратифицированных колонок производился при помощи пробоотборника ГОИН 1.5 м., позволяющего отбирать донные отложения без перемешивания слоев. Пробы отобраны через каждые 10 см колонки или при выраженной смене слоев. Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 «Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность». Анализ проб на содержание Zn, Pb, Cu, Ni, Cr проводился рентгенофлуоресцентным методом с помощью рентгеновского анализатора AP-104.

В результате полевых работ на оз. Озерявки отобрано 18 поверхностных проб и 4 стратифицированных колонки донных отложений. Для интегральной оценки закономерностей распределения исследуемых элементов был рассчитан суммарный показатель превышения медианных значений — $Z(\text{exceed})/Z_{\text{ex}}$, аналогичный коэффициенту суммарного загрязнения почв (Z_c).

Рассчитывался данный показатель по формуле, аналогичной формуле Саета: (Геохимия окружающей среды, 1990)

$$Z_c = \sum K_{C_i} - (n - 1),$$

где K_{C_i} — коэффициент концентрации относительно фоновых значений, n — число элементов в выборке.

Коэффициент концентрации K_{C_i} рассчитан относительно медианы вследствие отсутствия данных о фоновых концентрациях металлов в донных отложениях. Кроме того, для расчетов были использованы все точки, включая те, где значение показателя ниже 1. Для расчета коэффициента были использованы пробы поверхностных донных отложений, а также пробы из верхней части колонок (до глубины 0–20 сантиметров колонки).

По результатам расчета коэффициента Z_{ex} прослеживается закономерность увеличения показателя с увеличением глубины. Кроме того, точки с более высокими показателями приурочены к эколого-просветительскому центру «Озерявки», являющимся единственным объектом, оказывающим антропогенное воздействие на систему озер Озерявки. Таким образом, по результатам анализа поверхностных проб донных отложений справедливы будут следующие выводы:

Активная туристическая и хозяйственная деятельность в летний период года способствует антропогенной нагрузке на близлежащие экосистемы;

В целом значения показателя Z_{ex} не превышают значения 3.0, что говорит о низком уровне нагрузки на озеро, так как по нормативам, утвержденным в СанПиН 2.1.7.1287-03, для аналогичного суммарного показателя загрязнения почв уровень загрязнения считается низким (допустимым) при Z_c от 0 до 16.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеева И.Е., Бессонова А.М., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р. Закономерности содержания тяжелых металлов в донных осадках некоторых озер национального парка «Смоленское Поозерье» // «Экологический мониторинг на особо охраняемых природных территориях» VII Международная научно-практическая конференция «Чтения памяти Н.М. Пржевальского». Смоленск: Маджента. 2022. С. 66–73.

Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш. Геохимия окружающей среды. М.: Недра. 1990. 335 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ СУРГУТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

FUNCTIONAL ZONING OF THE SURGUT BOTANICAL GARDEN

Богданова Д. В., Кукуричкин Г. М., Тюрин В. Н.
Bogdanova D. V., Kukurichkin G. M., Tyurin V. N.

Сургутский государственный университет, Сургут, ХМАО — Югра; e-mail: danhik-81093@yandex.ru

Surgut Botanical Garden's functional zones are based on a detailed analysis of natural components and social factors. Administrative-exhibition zone (1.2 ha, 8%): parter, capital buildings of a scientific and educational center and a greenhouse are designed. This is the most difficult and capital-intensive zone; its development has not start. Introduction zone (2.1 ha, 14%): here in the open ground there is the main collection of plants (about 900 taxa) is concentrated, active scientific and educational work is carried out. Arboretum (3.9 ha, 25%): the most decorative exotic woody plants are planted. This zone is optimal for organizing thematic cultural events (competitions, exhibition setc.). Park zone (6.5 ha, 42%): pronounced relief; landscape park concept is used; care of forest plantations, local design. Zone of Siberian flora (1.7 ha, 11%): well-preserved natural forest plantations; cover of vegetation is enriching by typical Siberian plant species.

Любой ботанический сад выполняет целый ряд задач — сохранение биоразнообразия, интродукция, фундаментальные исследования, мобилизация фиторесурсов, образование и просвещение, рекреация и дизайн и т.д. В нем необходимо вести активную хозяйственную и просветительскую деятельность, но при этом минимизировать воздействие на природные компоненты. Достижение трудно совместимых задач возможно благодаря рациональному функциональному зонированию.

В 2000–2002 гг. под руководством профессора Ю. В. Титова был разработан и впоследствии частично реализован проект ботанического сада в Сургуте на площади 15.4 га. Ботсад расположен на берегу водохранилища речки Саймы и примыкает к общегородскому парку (Кукуричкин, 2018).

Этапу проектирования предшествовали предпроектные работы: инженерно-геологические изыскания, картографирование растительности и почв, подеревная съемка. Изыскания доказали, что место для создания ботанического сада было выбрано оптимальное: выраженный рельеф, наличие водных объектов, относительно высокое богатство почв, сочетание открытых участков и естественных лесных массивов.

Особенности территории легли в основу функционального зонирования ботсада. В нем выделено пять зон. Ниже приведена их краткая характеристика (согласно проекту, с учетом корректировок последних лет).

Административно-выставочная зона (1.2 га, 8%) — организована на пустыре с ровным рельефом и примыкает на севере к городской магистрали. Решается в регулярном стиле: партер со стриженными живыми изгородями, цветниками и газонами. В центральной ее части запроектировано здание научно-образовательного центра с оранжереей для тропических и субтропических растений. Это самая сложная и капиталоемкая зона, её обустройство не начато до сих пор.

Зона интродукции (2.1 га, 14%) — создана на пустыре и совмещает в себе опытный участок по выращиванию растений и музей под открытым небом — для экспонирования растений в тематических композициях. Здесь допускается размещение вспомогательных сооружений (садовый домик, теплицы, беседки и т.п.). По периметру зона окружена защитными древесно-кустарниковыми изгородями. С 2014 г. территория ограждена и имеет регламентированный доступ. Здесь в открытом грунте расположена основная коллекция растений (около 900 таксонов), обустроены 17 экспозиций (цветочная плантация, розарий, альпийские горки, коллекции редких растений, первоцветов, широколиственных деревьев и др.) (Кукуричкин, Богданова, 2023). В зоне интродукции ведется активная научная и просветительская работа.

Дендросад (3.9 га, 25%) — также организован на пустыре. В нем созданы ложа для искусственных водоемов, проложена сеть прогулочных дорожек. Это самая открытая, солнечная часть ботсада. В дендросаду высаживаются наиболее декоративные экзотические кустарники и низкорослые деревья. Участок оптимален для организации тематических культурных событий (ярмарки сельхозпродукции, конкурсы ландшафтного дизайна, выставки и т.п.).

Парковая зона (6.5 га, 42%) — имеет наиболее выраженный естественный рельеф, с сочетанием открытых, полуоткрытых и закрытых пейзажей. Проведено берегоукрепление, проложены дорожки. В парковой зоне реализуется концепция «европейского» культурного ландшафта. В проекте предусмотрено формирование пейзажного («английского») парка, размещение элементов европейской парковой культуры. На участке предусмотрены: рубки ухода, локальные подпологовые культуры, оформление опушек. В основных чертах зона приспособлена под рекреацию.

Зона флоры Сибири (1.7 га, 11%) — является вариантом парка с хорошо сохранившимся естественным лесным покровом. В ней проложены дорожки, проводится посадка типичных для севера Сибири видов. Концепция «сибирского» культурного ландшафта предусматривает создание деревянных скульптур, организацию познавательных экотроп.

Функциональные зоны соединены асфальтированной дорогой, построенной для обеспечения работы будущей оранжереи.

ЛИТЕРАТУРА

Кукуричкин Г.М. Многоликий ботсад: становление Ботанического сада в Сургуте // Hortusbotanicus. 2018. Т. 13(1). С. 86–96.

Кукуричкин Г.М., Богданова Д.В. Анализ реализованных проектных решений обустройства зоны интродукции Сургутского ботанического сада // Ботанические сады в современном мире. 2023. Вып. 2. С. 45–49.

**О ПРОБЛЕМЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК НА ООПТ
НА ПРИМЕРЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ МЕСТНОСТИ
«ЗЕЛЕНАЯ РОЩА» (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**
**ABOUT THE PROBLEM OF UNAUTHORIZED LANDFILLS IN PROTECTED
AREAS ON THE EXAMPLE OF A TOURIST AND RECREATIONAL AREA
«GREEN GROVE» (VOLOGDA REGION)**

Болотова Н. Л.
Bolotova N. L.

Вологодский государственный университет, Вологда; e-mail: bolotova.vologda@mail.ru

The consequences of unauthorized landfills in protected areas, most often identified when territories are used for recreational purposes, are discussed. The model object for the study was the Green Grove protected area, which has the status of a tourist and recreational area near the industrial center of Cherepovets City in the Vologda Region. Analysis of the chemical composition of the soil and biotesting showed significant toxic contamination of the soil around four landfills, which is associated with the large volume and multicomponent composition of waste. The situational consequences of large-scale landfills for visitors to protected areas and the emergence of prolonged negative processes are considered. Disturbance of the landscape, clogging, mechanical impact is accompanied by eutrophication, toxification, soil acidification and degradation of biocenoses. Restoration of the territory through biological reclamation is complicated by the problem of preserving rare species.

Недопустимость размещения несанкционированных свалок отходов закреплена законодательно, тем более на землях особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Однако данная проблема складирования твердых бытовых отходов на ООПТ остается актуальной и наиболее часто выявляется при использовании территорий в рекреационных целях. Поэтому для исследования влияния свалок на функционирование ООПТ модельным объектом послужила туристско-рекреационная местность «Зеленая роща» в пригородной зоне г. Череповца Вологодской области, где обнаружено масштабное захламление территории. В 2023 г. на четырех участках территории были задокументированы свалки общим объемом отходов 161.69 тонн на площади 14324 м². Отчуждение значительной площади территории при масштабном засорении, захламлении и появлении техногенного ландшафта сужает жилую зону обитания растений и животных, приводит к фрагментации функционирования ООПТ и снижает эстетическую и рекреационную ценность территории. Установленный многокомпонентный состав твердых бытовых отходов с разным сроком разложения при наличии практически неразлагаемых компонентов вызывает спектр негативных пролонгированных экосистемных процессов токсификации, эвтрофирования и подкисления, начальным этапом которых служит трансформация почвы. Поэтому был проведен химический анализ образцов почвы и их биотестирование с использованием модельных объектов (хлорелла и цериодафнии). Отбор проб на фоновых площадках попериметру свалок отразил распространение загрязняющих элементов на прилегающую территорию и их аккумуляцию по профилю 0.05–0.2–0.5 м. Установлено содержание в образцах почвы 14 элементов как показателей процессов эвтрофирования (фосфор, азот аммонийный, нитраты, нитриты), токсификации (тяжелые металлы, нефтепродукты, бенз(а)пирен) и подкисления.

В районах свалок по сравнению с фоновыми участками выявлено превышение в почве тяжелых металлов: свинец, цинк, никель, медь, марганец, относящихся по токсичности к 1, 2, 3 классу опасности. Следует подчеркнуть пролонгированность процессов на другие участки с почвенно-грунтовыми водами и по трофическим цепям, тем более что биотестирование проб почвы подтвердило IV класс ее опасности для живых организмов. Неблагоприятным фоном служит подверженность почв

воздушному промышленному загрязнению тяжелыми металлами и кислотообразующими веществами из-за близости г. Череповцу. Кислые лесные почвы усиливают подвижность токсичных ионов, тем более, что в районах свалок обнаружено снижение pH до 3.0 ед. Подкисление почвы также способствуют перегниванию в свалках древесины и растительных остатков с выделением высоко опасных фенолов, а также стимулирует создание локальных очагов эвтрофирования. Это подтверждается повышением содержания азота и фосфора по периферии свалок до глубины 0.5 м. Например, на участке с наибольшим объемом отходов содержание нитритов превышало фоновое в 5.4 раз и подвижных форм фосфора — в 4 раза. Особая уязвимость ООПТ связана с высокой рекреационной нагрузкой, о чем свидетельствуют материалы обследований в 1993–2021 гг. и анализ условий обитания редких видов. Пролонгированным результатом изменений почвенного покрова будет сдвиг в структуре фитоценозов в сторону нитрофильных видов, что снижает значимость данного ООПТ для сохранения исходного облика лесов южнотаежных ландшафтов и высокого биоразнообразия. Здесь встречается более 30 видов редких растений, занесенных в Красную книгу Вологодской области, в т. ч. неккера перистая (*Neckerapennata* Hedw.) как вид — индикатор сохранности старовозрастных лесов, включенный в Красную книгу Европы (Румянцева и др., 2021; Маханцева, Румянцева, 2018). Технический этап восстановления территорий должен сопровождаться биологической рекультивацией, что может создать угрозу сохранения редких видов и усугубляет проблему ликвидации последствий несанкционированных свалок в границах ООПТ.

ЛИТЕРАТУРА

Маханцева А.В., Румянцева А.В. Картирование и учет редких и охраняемых видов на территории ООПТ «Зеленая роща» г. Череповец (Вологодская область) // Материалы IV (XII) Междунар. ботанич. конф. молодых ученых в Санкт-Петербурге (22–28 апреля 2018 г.). СПб.: БИН РАН. 2018. С. 132–133.

Румянцева А.В., Михеева Д.Д., Афонин Д.А. Популяции *Neckerapennata* Hedw. в окрестностях Череповецкого промышленного комплекса, их динамика и лимитирующие факторы произрастания / Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология Севера. 2021. Вып. 9. Т. 12. № 6. С. 113–119. doi:10.37614/2307-5252.2021.6.12.9.013

РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ DEVELOPMENT OF TOURISM IN THE MURMANSK REGION: ECOLOGICAL RISKS AND WAYS TO OVERCOME THEM

Булыгина И. И.

Bulygina I. I.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: i.bulygina@ksc.ru
Комитет по туризму Мурманской области, Мурманск*

The article discusses the environmental risks that arise with an increase in tourist flow to the Murmansk Region, located in the Arctic zone of the Russian Federation. Among the main risks are an increase in anthropogenic load on natural areas, an increase in garbage and household waste, air pollution, and harm to flora and fauna. Ways to overcome these risks and the work being carried out in this direction are considered.

Арктические территории становятся все более привлекательными для туристов. По данным Министерства по развитию Дальнего Востока и Арктики турпоток в Арктику по итогам 2023 года превысил 1.1 миллиона человек (Электронный ресурс, 2024). Мурманская область принимает почти половину этого потока, причем в последние годы туризм в регионе стал круглогодичным и почти не подвержен сезонным колебаниям. Увеличение турпотока в Мурманскую область можно оценить в динамике: 2017 г. — 414 тыс. туристов, 2018 г. — 438 тыс. туристов, 2019 г. — 458 тыс. туристов,

2020 г. (ковидные ограничения) — 350 тыс. туристов, 2021 г. (ковидные ограничения) — 486 тыс. туристов, 2022 г. — 539 тыс. туристов, 2022 г. — прогнозные данные 593 тыс. туристов (по данным Комитета по туризму Мурманской области).

Повышение спроса усиливается как со стороны россиян, так и со стороны иностранных туристов. Учитывая темпы роста интереса к путешествиям в Мурманскую область, регион нуждается в оперативном мониторинге туристских ресурсов и нагрузки на природную среду. С этой целью региональный Комитет по туризму с 1 марта 2021 г. проводит анкетирование туристов, прибывающих на территорию Мурманской области. За 3 года обработано более 2000 анкет, анализ которых позволил выявить, что приоритетной целью путешествия в Мурманскую область 84% респондентов является посещение природных территорий, причем большинство опрошенных туристов выражают готовность совершить повторное путешествие.

Этот факт заставляет задуматься о том, как сохранить хрупкую северную природу и преодолеть множество рисков, связанных с увеличением турпотока в регион, в числе которых:

1. Увеличение нагрузки на природные территории, в том числе за счет появления на них объектов туристской инфраструктуры.
2. Увеличение количества мусора и бытовых отходов.
3. Загрязнение воздуха за счет увеличения количества используемой техники, повышения интенсивности работы мусоросжигательных заводов и пр.
4. Возможность причинения вреда (умышленного или по незнанию, неосторожности) растительному и животному миру (неконтролируемые охота, рыбалка, сбор грибов, ягод, ягеля), геологическим, археологическим и пр. объектам туристского интереса.

Для преодоления этих рисков необходимо обеспечить:

1. Регулярный мониторинг экологической обстановки со стороны учёных и природоохранных организаций.
2. Оценка рекреационной емкости отдельных ООПТ.
3. Организацию широкой эколого-просветительской деятельности среди местного населения, работников гостинично-туристического бизнеса и туристов.
4. Внедрение раздельного сбора мусора и цивилизованной его утилизации.
5. Контроль за соблюдением природоохранного законодательства со стороны государственных органов, общественных организаций и местных жителей.

За последние три года в этом направлении проделана большая работа: налажена совместная эколого-просветительская работа совместно с КНЦ РАН, Кандалакшским, Лапландским заповедниками и заповедником «Пасвик». Также разработаны и оцифрованы на турпортале 13 экологических троп, проводятся регулярные эколого-просветительские встречи с представителями турбизнеса. Кольским научным центром РАН совместно с НКО «Ассоциация гидов-проводников и экскурсоводов Хибин» налажена подготовка гидов, работающих на природных территориях. Во время проведения событийных мероприятий предлагается использование своей посуды (пищевых боксов и термокружек), чтобы уменьшить количество одноразовой посуды; накануне и после мероприятий проводятся субботники.

Также были предприняты меры экологической безопасности в наиболее посещаемых районах области. В частности, в последние несколько лет значительно возрос турпоток в сельское поселение Териберка. Чтобы сохранить уникальную природу этого места, там создана особо охраняемая природная территория, посещение которой осуществляется только после предварительной регистрации, что позволяет вести контроль количества посещений, чтобы в дальнейшем проработать механизм равномерного распределения нагрузки на окружающую среду. Однако пока это только маленькая часть необходимой экологической работы, которую предстоит проделать.

ЛИТЕРАТУРА

В 2023 году Арктику посетили более миллиона туристов. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.pnp.ru/social/v-2023-godu-arktiku-posetili-bolee-milliona-turistov.html>. Дата обращения 20.02.2024

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ
ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**
**PROSPECTS FOR IDENTIFYING GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL NATURAL
MONUMENTS IN THE MURMANSK REGION**

Вашков А. А.
Vashkov A. A.

Геологический институт ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.vashkov@ksc.ru

The appearance of the modern relief of the Kola region is determined by the combination of forms of crystalline rocks of the Baltic Shield, built on by specific glacial accumulative forms. The glacial landscape is formed by a complex of sediments deposited over the last 20 000 years during the last glaciation. The complex of these deposits is represented by glacial, glaciofluvial and glaciolacustrine sediments up to 120 m thick. The cover of these sediments is developed over most of the Kola region, with the exception of the east, north-east parts and plateau-like low mountains. Specific mesoforms of glacial relief include: terminal moraine ridges, lateral moraines, hummocky moraines, ribbed moraines, drumlins, radial eskers, deltas and kames. The morphological appearance of these forms is unique for the north-west of Russia. The glacial relief is important scientific and educational information about the paleogeographic evolution of the natural environment in the Late Glacial and Holocene. The features of the geological structure of these forms show the nature and scale of exogenous processes in the area of distribution of ice sheets.

Современный ландшафт Кольского региона представляет собой сочетание разнородных форм рельефа кристаллического фундамента Балтийского щита и аккумулятивных форм (Стрелков и др., 1976). Среди последних наиболее распространены формы ледникового генезиса. Они встречаются повсеместно, за исключением востока и северо-востока региона и платообразных вершин низких гор, где покров четвертичных отложений отсутствует (Дедков и др., 1989). Исключением являются и участки вдоль аккумулятивных морских берегов, где развит рельеф морских террас.

Ледниковые формы рельефа построены осадками осташковского горизонта, которые образовались во время последнего оледенения в максимум продвижения Скандинавского ледникового покрова около 18–17 тысяч лет назад (Стрелков, 1976; European glacial landscapes, 2022). Во время максимума оледенения вся территория региона была перекрыта ледниковым покровом. Деграляция ледникового покрова происходила поэтапно, как путем отчленения широких полос мертвого льда, так и омертвлением узких полос покрова вдоль его фронта. На территории Кольского региона она происходила в промежуток времени от 17 до \approx 11 тысяч лет назад (Евзеров, Николаева, 2000; European glacial landscapes, 2022).

Морфологический облик ледникового рельефа региона предопределен рядом факторов: а) движение покровного ледника происходило по всхолмленной равнинной территории, с отдельными выступами высотой 600–1000 м; б) ледник двигался по относительно устойчивым против ледниковой экзарации кристаллическим породам Балтийского щита; в) на значительной территории краевая зона оледенения контактировала с приледниковыми бассейнами, в том числе морскими. Указанные факторы привели к формированию специфического сочетания ледниковых ландшафтов в регионе, многие из которых являются уникальными для территории распространения плейстоценовых покровных оледенений в России. Однако, в настоящее время ни одна из ледниковых аккумулятивных форм (за исключением бараньего лба у Семеновского озера — формы ледниковой экзарации) не выделена в качестве памятника природы либо особо охраняемой природной территории (Приказ..., 2023). В то же время ряд характерных ледниковых образований, перечисленных ниже, представлены в границах крупных особо охраняемых природных территорий – заповедниках, национальном и природных парках.

К наиболее специфическому аккумулятивному ледниковому и водно-ледниковому рельефу региона можно отнести:

1. Рельеф краевых зон фаз сокращения последнего ледникового покрова. Например, система гряд Терских Кейв, построенная деформированными водно-ледниковыми отложениями и моренами, с надстройкой из озов, камов и флювиогляциальных дельт (Стрелков и др., 1976; Евзеров, Николаева, 2000). Также интерес представляют как отдельные конечно-моренные гряды, так и цепи гряд в центральной части Кольского региона.

2. Параллельно-грядовый рельеф боковых морен, распространенный на склонах низких гор. Морфологический облик этих гряд, вместе с распространенными здесь же латеральными каналами стока талых вод, несет в себе информацию о мощности покровного ледника.

3. Холмистый моренный рельеф вместе с многочисленными замкнутыми озерными котловинами, широко распространен в виде полос протяженностью до 70 км или в виде площадок до 18 км в диаметре.

4. Ребристые морены, которые представляют собой системы из более чем 30 параллельных друг другу моренных гряд.

5. Отдельные друмлины и поля друмлинов, которые являются важными маркерами направления движения ледникового покрова.

6. Системы радиальных озв и водно-ледниковых дельт, длина которых в Кольском регионе может достигать 100 км. Водно-ледниковые дельты в окончании этих систем несут в себе важную информацию о промежуточных рубежах краевой зоны оледенения на границе с приледниковым водоёмом.

7. Камы, камовые террасы и гляциокарстовые западины заключают в себе важную информацию о процессах вытаивания масс льдов в позднеледниковье.

Таким образом, рассмотренные выше комплексы аккумулятивного ледникового рельефа и отдельные мезоформы рельефа являются перспективными в качестве геоморфологических памятников природы. Геологические разрезы наиболее типичных форм рельефа могут быть выделены в качестве геологических памятников природы. Информация об отдельных формах ледникового рельефа на территории уже существующих государственных природных комплексных заказников может быть использована для развития заказников в научно-познавательном плане.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №22-17-00081 и в рамках госзадания по теме ГИ КНЦ РАН FMEZ-2024-0007.

ЛИТЕРАТУРА

Дедков Н.С., Ильин В.А., Горбунов Е.О. Карта четвертичных отложений с элементами геоморфологии Мурманской области. Евзеров В.Я. (Ред.). Апатиты: ГИ КНЦ РАН. 1989.

Евзеров В.Я., Николаева С.Б. Пояса краевых образований Кольского региона // Геоморфология. 2000. № 1. С. 61–73.

Приказ об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения, расположенных в границах Мурманской области по состоянию на 01.01.2023. Мурманск: Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области (МПР МО). 2023.

Стрелков С.А., Евзеров В.Я., Кошечкин Б.И., Рубинраут Г.С., Афанасьев А.П., Лебедева Р.М., Каган Л.Я. История формирования рельефа и рыхлых отложений северо-восточной части Балтийского щита. Л.: Наука. 1976. 164 с.

European glacial landscapes. Maximum extent of glaciations. Palacios D., Hughes P.D., Garcia-Ruiz J.M., Andres N. (Eds.). Amsterdam: Elsevier. 2022. 527 p.

РЕДКИЕ И ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ СЕМ. CHAMAESIPHONACEAE, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ НА ООПТ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

RARE AND PROTECTED SPECIES OF CYANOBACTERIA OF THE FAMILY CHAMAESIPHONACEAE, OCCURS IN SPECIALLY PROTECTED AREAS OF NORTHWEST RUSSIA

Величко Н. В.¹, Макеева А. С.¹, Смирнова С. В.²
Velichko N. V.¹, Makeeva A. S.¹, Smirnova S. V.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург; e-mail: n.velichko@spbu.ru

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Санкт-Петербург; e-mail: ssmirnova@binran.ru

Cyanobacteria (formerly blue-green algae) are unique primary producers of aquatic and terrestrial ecosystems capable of oxygenic photosynthesis. Many studied species of cyanobacteria are cosmopolitan and are widely used

as objects for biotechnological needs and scientific research. In addition, there are endemic and rare species of microalgae occupying special ecological niches. For example, unicellular asymmetrically dividing cyanobacteria of the family Chamaesiphonaceae. They lead an attached lifestyle and occur as epiphytes of aquatic plants or inhabit rock surfaces of streams and fast-flowing rivers. They belong to the oligosaprobic microorganisms — dwellers of very clear waters, preferring low organic matter content. Some known species of Chamaesiphon are reliable bioindicators of water purity status and, according to the previously approved European Water Directive 2000/60/EC, they are used to monitor the state of natural ecosystems (Gutowski et al., 2015). In connection with the expansion of human economic activity and the constant increase in anthropogenic load, the problems of protection of rare species of water bodies of protected areas of the Russia, as well as the description of their biodiversity, are becoming more urgent.

Цианобактерии — уникальные первичные продуценты водных и наземных экосистем, способные осуществлять окислительный фотосинтез. Многие виды цианобактерий являются космополитами и широко используются в качестве объектов для биотехнологических нужд и научных исследований. Кроме этого, существуют эндемичные и редкие виды микроводорослей, занимающие особые экологические ниши. Так, одноклеточные асимметрично делящиеся цианобактерии сем. Chamaesiphonaceae ведут прикрепленный образ жизни и встречаются как эпифиты водных растений или заселяют поверхности камней ручьев и быстротекущих рек. Они относятся к олигосапробным микроорганизмам — обитателям очень чистых вод, предпочитающим невысокое содержание органических веществ. Некоторые известные виды *Chamaesiphon* spp. являются надежными биоиндикаторами состояния чистоты воды и, согласно ранее утвержденной Европейской водной директиве 2000/60/ЕС, их используют для мониторинга состояния природных экосистем (Gutowski et al., 2015). В связи с расширением хозяйственной деятельности человека и постоянным увеличением антропогенной нагрузки, все актуальнее становятся проблемы охраны редких видов водоемов ООПТ РФ, а также описание их биоразнообразия.

Цианобактерии включены в региональные Красные книги 16 субъектов РФ. Редким и исчезающим видам цианобактерий Северо-Запада посвящено, крайне мало публикаций. В основном проводятся исследования фитопланктона водоемов, изменение динамики которого используется для оценки уровня эвтрофикации водоёмов. В целом, большинство трудностей выявления редких и исчезающих видов цианобактерий связано с недостаточной полнотой описания их встречаемости и таксономического разнообразия охраняемых биотопов. Список редких и охраняемых видов цианобактерий в нашей стране относительно небольшой и насчитывает около шести десятков таксонов. В частности, в региональных красных книгах отмечены: *Stigonema ocelatum* (Dilw.) Thur., некоторые виды *Phormidium* Kütz. (*Phormidium laminosum* (Ag.) Gom., *P. ambiguum* Gom., *P. curtum* Hollerb., *P. thermophilum* Elenk., *P. rezii* (Ag.) Gom., *P. foveolarum* (Mont.) Gom.), *Nostoc pruniforme* Ag. Ex Born et Flah., *Aphanizomenon flexuosum* Komárek et Kováčik, *Dolichospermum danicum* (Nygaard) Wacklin et al., *Sphaerocavum microcystiforme* (Hindák) Azevedo et Sant' Anna, *Coccolopia limnetica* Troitzk., *Chroococcus lithophilus* Erceg., *Microcrocis sabulicola* (Lagerh.) Geitl., *Planktothrix planctonica* (Elenk.) Anagn. et Komárek, *Gloeothechia natans* (Hedw.) Rabenh., *Gloeothechia pisum* Thuret ex Bornet et Flhault., *Hyella maxima* (Geitler) Anagn. & Pant. и другие (Комулайнен и др., 2006; Комулайнен, 2009). На территории Северо-Запада уязвимые и редкие виды цианобактерий наиболее часто встречаются в Ленинградской, Новгородской, Мурманской областях, а также в пределах г. Санкт-Петербурга (<http://www.oort.aari.ru/bio>). Например, *Nostoc pruniforme* охраняется в 8 субъектах Северо-Западного региона. Среди асимметрично делящихся цианобактерий редкими и охраняемыми видами являются *Chamaecalyx swirenkoi* (Schirsch.) Korn. et Anagn. (обнаружен в заказнике «Кургальский») и *Clastidium setigerum* Kirchn. (охраняется в Нижнесвирском заповеднике) (<https://cicon.ru>). Кроме них, в эпиперифитоне ручьев Валдайского национального парка нами были описаны обширные коричневатые биопленки водорослево-бактериальных сообществ, в которых доминирующими одноклеточными цианобактериями является недавно описанный вид *Chamaesiphon fontinalis* sp. nov. (Velichko et al., 2023). Мы обнаружили, что он отличается от ранее описанных видов *Chamaesiphon* spp. не только необычной пурпурной пигментацией, но и морфологическими особенностями. Молекулярно-генетический анализ первичной последовательности 16S рРНК и вторичных структур внутреннего транскрибируемого спейсера рибосомального оперона также подтвердил его уникальность. Филогенетически штамм представляет собой независимую линию на эволюционном древе (Velichko et al., 2023). Установлено, что представители рода *Chamaesiphon* прикрепляются к придонным субстратам, водным растениям и макроводорослям (среди них отмечены *Tolypothrix*, *Cladophora*, *Vaucheria*, *Rhodochorton*) или эпилитону в проточных водах холодных ручьев, озер и влажных скалах. Несмотря на то, что виды этого рода часто являются обитателями

эпиперифитона быстротекущих вод, многие из них имеют достаточно ограниченное географическое распространение и обнаруживаются в основном в горных альпийских ручьях и реках Европы. На территориях ООПТ Северо-Запада РФ представители р. *Chamaesiphon* отмечены пока в основном на территории Национального парка «Валдайский» (Смирнова, 2021, Velichko et al., 2023). На основании полученных данных нами сформулировано предложение о внесении вида *Chamaesiphon fontinalis* в список редких и охраняемых видов микроводорослей.

Исследование проведено при поддержке ресурсных центров Научного парка СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий», «Культивирование микроорганизмов» и «Биобанк».

ЛИТЕРАТУРА

Комулайнен С.Ф. Пресноводные водоросли в Красных книгах: состояние и проблемы. // Труды Карельского НЦ РАН. № 1(8). Материалы по ведению Красной книги Республики Карелия. 2009. С. 57–61.

Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология // Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2006. 81 с.

Смирнова С.В. Цианопрокариоты водных объектов национального парка «Валдайский» (Новгородская область). 2021. Автореф. дисс. канд. биол. наук. 202 с.

Gutowski A., Foerster J., Doege A., Paul M. *Chamaesiphon* species in soft-water streams in Germany: occurrence, ecology and use for bioindication // *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie*. 2015. Vol. 148(1). P. 33–56.

Velichko N.V., Makeeva A.S., Averina S.G., Smirnova S.V. *Chamaesiphon fontinalis* sp. nov., a new species of unicellular asymmetrically dividing cyanobacteria // *Nature Conservation Research*. Заповедная наука. 2023. Vol. 8(3). P. 47–60.

ДОБРОВОЛЬЦЫ И НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК: ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА С ПРИРОДНЫМИ ПОЖАРАМИ

VOLUNTEERS AND THE NATIONAL PARK: PREVENTIVE WORK WITH WILDFIRES

Максимова Н. Н.¹, Олешкевич М. О.¹, Смышникова Е. Р.²

Maksimova N. N.¹, Oleshkevich M. O.¹, Smishnikova E. R.²

¹Межрегиональная общественная благотворительная организация

«Общество добровольных лесных пожарных», Санкт-Петербург; e-mail: tal-nataly@yandex.ru

²ФГБУ национальный парк «Ладожские шхеры», Сортавала; e-mail: galerad@mail.ru

Ladoga Skerries is a unique territory for Russia, which in 2017 received the status of a national park. Over the past 20 years, the number of visitors increased and, accordingly, the anthropogenic load increased. One of the problems is forest fires that occur in skerries due to the fault of people. In 2008, volunteers came together to fight fires and from that time have gained a valuable experience. It is important to work on the causes of fires, so since 2022, volunteer firefighters have been studying fireplaces in the skerries and how visitors of the skerries handle fire. Requirements for a safe fireplace are formulated. Only 4 of 203 surveyed fireplaces were safe, while the rest should be refurbishment or elimination. The most important task is educational work among visitors. Volunteer firefighters intend to continue fire safety work, research and data collection, and participate in educational activities. Cooperation between the national park and volunteers will lead to better results.

Для территории национального парка «Ладожские Шхеры» актуальна проблема лесных пожаров. В шхерах с 2008 года работает группа пожарных добровольцев, которые в течение летнего сезона дежурят на островах и тушат обнаруженные пожары. В 2017 году шхеры получили статус национального парка. Сотрудничество с пожарными добровольцами существенно расширяет возможности парка в борьбе с пожарами. За 15 лет накоплено много данных о пожарах на островах. Чаще всего пожары случаются по выходным и понедельникам, во время или сразу после того, как в шхерах побывали посетители. На большинстве пожаров у края выгоревшей площади отчётливо видно костровое место, из которого разошёлся огонь. На фоне возрастающего туристического потока необходимо особенное внимание уделять профилактике возникновения пожаров, обустройству безопасных костровых мест.

В 2022–2023 годах нами проводилось исследование стоянок и костровых мест. Всего было обследовано 203 кострища. Мы описывали: размер кострового места, субстрат под кострищем, субстрат вокруг кострища, наличие и характер расположения камней вокруг кострища, удаление от воды в метрах, высоту кострища от уреза воды в метрах, расположение кострища под кронами или на открытом месте, наличие корней под кострищем.

В ходе работы нами были сформулированы признаки пожароопасных кострищ и совокупность условий, при которых кострище безопасно. Некоторые особо опасные кострища были ликвидированы либо переоборудованы в безопасные при наличии возможности. В дальнейшем проводился их мониторинг.

Также проводились устные опросы туристических групп. Вопросы касались особенностей выбора места для стоянки и костра, тушения костров, отношения туристов к оборудованию стоянок, цели разведения костров. Всего было опрошено 23 группы посетителей.

Большинство обследованных кострищ (93%) оказались опасными. Лишь 4 кострища из 203 полностью соответствовали условиям безопасных кострищ: подъем от уровня воды 2 метра и ниже, удаление от воды 20 метров и меньше, минеральный негорючий грунт под кострищем и вокруг, отсутствие корней под кострищем и рядом, открытое (не под кронами).

За сезон 2023 года было проверено 12 ликвидированных в 2022 году кострищ. Из них удалось отыскать на местности 8, во всех случаях, кроме одного, это просто следы ликвидации и надо знать, где искать. Одно кострище возобновилось в прежнем месте с прежней степенью опасности. Лучше всего работает сочетание всех способов ликвидации: и разбрасывание камней, и уборка золы, и смывание при помощи пожарного оборудования, и маскировка места костра лишайником. Осенью 2023 года было ликвидировано 17 опасных кострищ.

Также мы проверили 7 переоборудованных в 2022 году кострищ. За год незначительно повысилась опасность двух из них – вокруг начали прорастать трава и мох. Лучше всего на второй год выглядели кострища, отсыпанные галькой.

Осенью 2023 года была опробована методика описания кострищ по фотографиям. Для этого нужны координаты кострища, одна фотография крупным планом и одна фотография общего вида, включающая ландшафт. Остальные параметры могут быть описаны опытным наблюдателем на основании снимков. Подобная методика позволит собрать большой объем материала для дальнейшего исследования и разработки базы безопасных костровых мест.

Опросы посетителей парка показали необходимость массового качественного просвещения на тему пожарной безопасности в шхерах. Мало кто представляет, что на островах оторфованная почва, умеет правильно потушить костер. Особый интерес представляет информация о том, какие стоянки люди считают наиболее удобными и привлекательными для себя. Именно эти моменты оказываются причиной появления очень пожароопасных кострищ на удаленных от воды местах с красивым видом, одноразовых кострищ прямо на грунте и других.

Национальный парк и добровольцы собираются продолжать совместную работу по защите Ладожских шхер от пожаров.

**РАЗНООБРАЗИЕ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБОВ
ООПТ КАНДАЛАКШСКОГО РАЙОНА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)
DIVERSITY OF APHYLLOPHOROID FUNGI IN PROTECTED
AREAS OF THE KANDALAKSHA DISTRICT (MURMANSK REGION)**

Химич Ю. Р.
Khimich Yu. R.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: ukhim@inbox.ru*

The Kandalaksha District covers the south of the Murmansk Region on the border with the Republic of Karelia. Nine protected areas are located in the district. The mycobiota has been better studied in the Kandalaksha Nature Reserve, where 171 species of aphylloroid fungi have been recorded. In total, the locations of eight Red Book species of fungi have been identified in the protected areas of the Kandalaksha District, and finds of *Skeletocutis lilacina* and *Haploporus odorus* are currently known only in this district.

Кандалакшский район представляет собой административную единицу на юге Мурманской области и граничит с республикой Карелия; его площадь составляет 14 410 км². На его территории на данный момент располагается девять ООПТ: заповедник (Кандалакшский государственный природный заповедник), два заказника («Кайта», «Кутса»), шесть памятников природы («Гранитоиды острова Микков», «Ирин-гора», «Кедры в Ковдском лесничестве», «Ковдские лиственницы», «Лечебные грязи Палкиной губы», «Нямозерские кедры») (Министерство..., 2024).

За последние десять лет осуществлены работы по изучению биоразнообразия грибов на различных ООПТ Кандалакшского района, некоторые результаты отражены в обобщающих публикациях (Боровичев и др., 2019; Химич, 2022), приведены в отчетах, хранятся в гербариях КРАВГ и INEP. В первую очередь работы по инвентаризации биоразнообразия проводятся в заповедниках. Несмотря на то, что микологические исследования в Кандалакшском заповеднике затронули лишь отдельные участки и не являются многолетними, на данный момент там отмечен 171 вид афиллофороидных грибов (Химич, 2022). В границах заповедника выявлены местонахождения следующих краснокнижных видов: *Cantharellus cibarius* Fr., *Clavariadelphus truncatus* Donk, *Dichomitus squalens* (P. Karst.) D. A. Reid, *Hericium coralloides* (Scop.) Pers., *Junghuhnia collabens* (Fr.) Ryvarden, *Leptoporus mollis* (Pers.) Quél., *Sidera lenis* (P. Karst.) Miettinen.

Первые сведения о грибах заказника «Кутса» появились в конце тридцатых годов прошлого века и сейчас там известно 76 видов афиллофороидных грибов (Боровичев и др., 2019), некоторые из них известны в регионе пока только на этой территории. С 2023 г. нами начаты целенаправленные работы по инвентаризации микобиоты заказника. По микобиоте заказника «Кайта» и памятникам природы известны лишь отрывочные сведения.

Для этих территорий известно на данный момент не более 20 видов на территорию. Тем не менее, при их обследовании зарегистрированы находки таких редких грибов как *Haploporus odorus* (Sommerf.) Bondartsev & Singer, *Hericium coralloides* (Scop.) Pers. («Ирин-гора»), *Skeletocutis lilacina* A. David et Jean Keller («Ковдские лиственницы») (Химич и др., 2021; Боровичев и др., 2023). Находки *Haploporus odorus* и *Skeletocutis lilacina* стали третьими в регионе. И данные виды прежде отмечались лишь в Кандалакшском районе. Следует отметить, что в 2019 году на территории памятника природы «Нямозерские кедры» впервые для Мурманской области отмечен гриб *Pseudomerulius aureus* (Fr.) Jülich, который в настоящее время повторно не встречен в регионе.

Согласно имеющимся данным на ООПТ Кандалакшского района выявлены местонахождения восьми краснокнижных видов. Однако, несмотря на существенный прогресс, необходимо дальнейшее изучение микобиоты района.

ЛИТЕРАТУРА

Боровичев Е.А., Кожин М.Н., Белкина О.А., Константинова Н.А., Кравченко А.В., Мелехин А.В., Попова К.Б., Разумовская А.В., Урбанавичюс Г.П., Химич Ю.Р. Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении редких видов грибов, лишайников и растений Зеленого пояса Фенноскандии (Мурманская область) // Труды Карельского научного центра РАН. 2019. № 4. С. 100–118.

Боровичев Е.А., Кожин М.Н., Урбанавичюс Г.П., Химич Ю.Р. Значимые находки растений, лишайников и грибов на территории Мурманской области. VI // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 5. С. 43–53.

Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области. <https://mpr.gov-murman.ru/activities/napravleniya/okhrana-okruzhayushchey-sredy/09.oopt/>

Химич Ю.Р. История изучения и современное состояние биоты афиллофороидных грибов Кандалакшского заповедника // Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 90-летию юбилею Кандалакшского государственного заповедника «90 лет научных исследований в Кандалакшском заповеднике: история и перспективы», г. Кандалакша, 19–22 сентября 2022 г. Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН. 2022. С. 100–101.

Химич Ю.Р., Ширяев А.Г., Исаева Л.Г., Боровичев Е.А. Новые данные о распространении краснокнижных видов грибов в Мурманской области // Труды Карельского научного центра РАН. 2021. № 1. С. 106–112.

Химич Ю.Р., Ширяев А.Г., Исаева Л.Г., Боровичев Е.А. Новые данные о распространении краснокнижных видов грибов в Мурманской области // Труды Карельского научного центра РАН. 2021. № 1. С. 106–112.

СЕКЦИЯ 6.
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В АРКТИКЕ:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

SESSION 6.
CLIMATE CHANGE IN THE ARCTIC:
CURRENT STATE AND PROSPECTS

**ВОЗДЕЙСТВИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

**CLIMATE CHANGE IMPACT ON THE NET PRIMARY PRODUCTION
OF RUSSIAN NORTHERN REGIONS**

Голубятников Л. Л.
Golubyatnikov L. L.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва; e-mail: golub@ifaran.ru

We analyzed regional net primary production (NPP) changes in the northern regions under global climate warming in the 21st century at the territory of Russia. We used output of the climate model MPI-ESM1-2-LR developed at the Max-Planck-Institute for Meteorology (Germany). Corresponding numerical experiments were performed under the aggressive SSP1-8.5 and moderate SSP1-2.6 climatic scenarios for the 21st century. To determine the NPP response of Russian tundra and boreal regions to possible climate changes we used the model developed at the Laboratory of Mathematical Ecology of the Institute of Atmospheric Physics (Russia). This model is based on the bioclimatic scheme in which the NPP is a function of the net radiation balance and annual evapotranspiration. To determine the bioclimatic scheme we used an extensive experimental information about annual net primary production. Our model estimates future spatial patterns and levels for possible changes of the vegetation over the territory of Russia for global climate warming in the 21st century. The results point to a significant NPP increase for fairly extended latitude range in Russian boreal forest. At the same time, we see regional differences for the possible NPP changes for scenarios under study.

Экосистемы арктических и таёжных территорий оказывают существенное влияние на содержание углекислого газа в атмосфере, вносят определяющий вклад в углеродный газообмен между наземными экосистемами и атмосферой в Северной Евразии. Количественным показателем интенсивности процесса аккумуляции и депонирования углерода растительностью является ее первичная биологическая продукция. Данная работа посвящена анализу отклика растительного покрова таёжных и арктических экосистем равнинных территорий России на ожидаемые в XXI веке климатические изменения. Получены оценки возможных изменений значений первичной биологической продукции растительности рассматриваемых северных регионов при вероятных изменениях климата.

Для оценки отклика продуктивности растительного покрова на ожидаемые в XXI веке климатические изменения использованы результаты расчетов по климатической модели MPI-ESM1-2-LR, разработанной в Институте метеорологии Макса Планка (Германия). Расчеты выполнены для антропогенного потепления климата, соответствующего изменению концентрации углекислого газа в атмосфере по сценариям SSP1-8.5 (агрессивный сценарий) и SSP1-2.6 (умеренный сценарий), которые представлены в проекте CMIP6 программы по изучению климата. Для определения отклика первичной биологической продукции растительного покрова исследуемых северных регионов России на климатические изменения использовалась модель, разработанная в Лаборатории математической экологии Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН (Голубятников, Денисенко, 2009). В основе этой модели лежит биоклиматическая схема, которая устанавливает зависимость значений биологической продуктивности растительных сообществ от величин радиационного баланса поверхности и суммарного испарения. В данной работе использованы результаты экспериментальных исследований первичной биологической продукции тундровых и лесных фитоценозов России (Базилевич, 1993; Бобкова и др., 2014; Усольцев, 2010).

Модельные расчеты позволяют выявить пространственные тенденции и масштабы вероятных изменений продуктивности растительного покрова, рассматриваемой территории России. Согласно сделанным оценкам, можно ожидать заметного увеличения первичной продукции в достаточно протяженном широтном диапазоне произрастания бореальных лесов. В то же время следует отметить значительные региональные различия возможных изменений продуктивности растительности при разных модельных сценариях климатических изменений. Существенное значение имеет выявление тундровых и бореальных территорий России, в которых возможны наиболее значительные изменения величины первичной биологической продукции по сравнению с началом XXI века.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6) и в рамках Государственного задания ИФА им. А.М. Обухова РАН «Моделирование влияния изменений климата на экологические процессы и системы» (рег. № 1021032424681-6).

ЛИТЕРАТУРА

- Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.
 Бобкова К.С., Машика А.В., Смагин А.В. Динамика содержания органического вещества в среднетаежных ельниках на автоморфных почвах. СПб.: Наука, 2014. 270 с.
 Голубятников Л.Л., Денисенко Е.А. Влияние климатических изменений на растительный покров европейской России // Известия РАН. Сер. геогр. 2009. №. 2. С. 57–68.
 Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 569 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ В ЛЕТНИЙ СЕЗОН CHANGES IN CYCLONIC ACTIVITY ON THE TERRITORY OF YAKUTIA IN THE SUMMER SEASON

Игнатьева Ю. И.
 Ignateva Y. I.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск; e-mail: ignatieva.juliana@gmail.com

Studying the dynamics of cyclonic situations is important for predicting possible extreme weather events. This study examines changes in cyclonic activity in Yakutia during the summer season from 1950 to 2022. For the analysis were used tracks of extratropical cyclones of the Northern Hemisphere (ERA-5). This work was carried out analysis of cyclone number statistics and spatial analysis. As a result, there is a reduction in the number of cyclonic situations. The decline in the number of cyclones in the northern regions contributed more to the overall decline in the number of cyclones over the past decade.

Изучение активности циклонов необходимо для улучшения прогнозирования погоды и выявления изменений в климатических процессах (Топтунова, 2016). Летние циклоны связаны с риском прохождения дождевых паводков и наводнений, а отсутствие фронтальных осадков повышает вероятность лесных пожаров. Результаты исследования в данной работе показали динамику изменения циклонических ситуаций на территории Якутии, в летний сезон, за период с 1950 по 2022 г.

Для анализа циклонических ситуаций были использованы треки внетропических циклонов северного полушария 5 ретроспективного анализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ERA-5), каждая точка на треке отображает положение центра циклона в момент стандартного времени метеорологических наблюдений (Crawford et al., 2020). Для пространственного анализа использовался QGIS 3.22.8.

Северные районы Якутии лидируют по количеству циклонических ситуаций в отдельные месяцы и в летнем сезоне в целом. В этих районах количество проходящих циклонов больше в полтора-два раза. Циклоническая активность в Северо-Восточной Якутии интенсивнее, чем в Северо-Западной Якутии, за исключением июля и августа 1950–1959 гг. Западная Якутия лидирует среди оставшихся регионов. В Южной и Центральной Якутии циклоническая активность слабее по сравнению с другими регионами, во все летние месяцы. В большинстве районов отсутствует направленное изменение количества циклонических ситуаций во все летние месяцы, кроме Северо-Западной Якутии, где циклоническая активность снижается во все летние месяцы.

Пространственное распределение циклонической активности за летний сезон в целом не сильно отличается от среднемесячного. Северо-Восточная и Северо-Западная Якутия характеризуются наибольшим средним числом циклонических ситуаций за весь период наблюдений, причем в Северо-Восточной Якутии их наблюдается больше, чем в Северо-Западной Якутии, начиная с 1960-х годов. Во второй группе, в порядке убывания циклонической активности: Западная, Восточная, Южная и Центральная Якутия, за исключением периода 1950–1959 годов, когда циклоны возникали в основном в Западной Якутии в полтора-два раза чаще.

Ход изменения числа циклонов в Северо-Западной и Северо-Восточной Якутии в основном сходен, что свидетельствует о наличии общих факторов. Активность циклонов в Северо-Восточной Якутии определяется циклонами, возникающими на периферии Алеутского минимума, а в Северо-Западной Якутии - высокоширотными циклонами со стороны Северной Атлантики. В июне рост количества циклонических ситуаций в Северо-Западной Якутии (1990–1999 гг.) сопровождается его снижением в Западной, Северо-Восточной и Восточной Якутии.

Центральная Якутия занимает последнее место по количеству циклонических ситуаций за весь период наблюдений, так как в этом районе в большинстве случаев фиксировалось наименьшее количество циклонов. Именно так формируется резко-континентальный климат этого региона, под влиянием блокирующего действия отрогов Азиатского антициклона. С течением времени количество циклонических ситуаций направленно уменьшается только в Северо-Западной Якутии.

Таким образом, наибольшее количество циклонических ситуаций зафиксировано в арктических районах Якутии, которые являются зоной циклогенеза или активного транзита циклонов. Уменьшение количества циклонов в северных районах внесло больший вклад в общее уменьшение количества циклонов за последнее десятилетие, в отличие от других районов. Изучение циклонических ситуаций важно для понимания и прогнозирования возможных экстремальных погодных явлений, которые могут возникать на территории Якутии, так как нахождение центра циклона на территории, напрямую влияет на вероятность возникновения циклонической погоды.

ЛИТЕРАТУРА

Топтунова О.Н. Анализ циклонических режимов северного и южного полушарий: дис. канд. физ.-мат. наук: 25.00.30. Санкт-Петербург, 2016. 166 с.

Crawford A.D., Barber D., Dahl-Jensen D., Stroeve J. C., Serreze M.C., Sommer N. (2020). Northern Hemisphere Extratropical Cyclone Tracks from ERA-5 [Data set]. Canwin. — URL: <https://doi.org/10.34992/ebnw-s681>

МИКРОБНЫЕ ПИЩЕВЫЕ СЕТИ В СИБИРСКИХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В АРКТИКЕ

MICROBIAL FOOD WEBS IN SIBERIAN ARCTIC SEAS AND CLIMATE CHANGE IN ARCTIC

Копылов А. И.^{1,2}, Заботкина Е. А.^{1,2}, Романенко А. В.¹, Сажин А. Ф.²

Kopylov A. I.^{1,2}, Zabolkina E. A.^{1,2}, Romanenko A. V.¹, Sazhin A. F.²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН,
пос. Борок, Ярославская обл.; e-mail: kopylov@ibiw.yaroslavl.ru

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва; e-mail: andreysazhin@yandex.ru

On the shelf of the Siberian Arctic seas in summer, the biomass of phytoplankton exceeded the biomass of bacterioplankton, while at the end of the growing season the biomass of heterotrophic bacteria was an order of magnitude higher than the biomass of phytoplankton. A comparison of the primary production of phytoplankton and the production of heterotrophic bacteria obtained in summer and autumn also revealed a similar pattern. In coastal waters receiving runoff from large rivers, the specific growth rate and production of bacteria were significantly higher than those in open sea waters. In mixed waters, viruses are adsorbed to tiny suspended particles, which significantly

reduces number of free viruses and the death of bacteria as a result of viral lysis. It has been established that: 1. planktonic Protozoa play a more important role in bacterial mortality than bacteriophage viruses, 2. Infection of bacteria with lytic cycle viruses (phages multiply and kill the host cell) and lysogenic cycle viruses (phages multiply without killing the host cell) are comparable.

Северный Ледовитый океан — регион Мирового океана, в котором климатические изменения наиболее заметны по сравнению с другими широтами. Поскольку морские планктонные микроорганизмы играют ключевую роль в биогеохимических циклах в океане крайне важно оценивать влияние климатических изменений на морские микробные сообщества. Результаты экспериментальных исследований предполагают, что повышение температуры воды и содержания в воде CO_2 в Арктическом океане могут привести к снижению концентрации и продукции первичных продуцентов, при увеличении концентрации и продукции гетеротрофных бактерий, т.е. в более «теплой и кислой» Арктике будет происходить снижение чистой продукции планктонного сообщества и ослабление способности арктического планктонного сообщества поглощать CO_2 (Vaquer et al., 2019). Ожидаются существенные изменения в потоках углерода внутри микробных сообществ: преобладание лизогении над вирусным лизисом, увеличение роли простейших в смертности гетеротрофных бактерий. Для подтверждения гипотезы и контроля за развитием этих неблагоприятных прогнозов в Сибирских Арктических морях необходимы как экспериментальные, так и длительные полевые исследования, охватывающие разные сезоны и акватории.

В этом исследовании представлены современные данные о состоянии планктонных микробных сообществ в Карском море, море Лаптевых и Восточно-Сибирском море. Анализ результатов полевых исследования показал, что на арктическом шельфе летом биомасса фитопланктона существенно превышает биомассу бактериопланктона, тогда как в конце вегетационного сезона биомасса гетеротрофных бактерий выше биомассы фитопланктона на порядок. Сравнение величин продукции фитопланктона и продукции гетеротрофных бактерий, полученных летом и осенью, также выявило подобную закономерность. В прибрежных водах, принимающих стоки крупных рек богатых растворенным и взвешенным органическим веществом, величины удельной скорости роста и продукции бактерий существенно выше таковых в морских открытых водах. Здесь, осенью, бактериальная продукция CO_2 превышает скорость фотосинтеза фитопланктона на порядок (Korylov et al., 2023). В смешанных водах происходит адсорбция вирусов к мельчайшим взвешенным частицам, в результате существенно снижается численность свободных вирусов и гибель бактерий в результате вирусного лизиса. Увеличение объемов стока сибирских рек, вероятно, будет положительно влиять на удельную скорость роста и продукцию бактерий, но отрицательно на вирусную инфекцию и смертность бактерий в результате вирусного лизиса. Установлено, что: (1) Планктонные простейшие играют более важную роль в смертности бактерий, чем вирусы-бактериофаги; (2) Зараженность бактерий вирусами литического цикла (фаги размножаются и убивают клетку хозяина) и вирусами лизогенного цикла (фаги размножаются без гибели клетки хозяина) сопоставимы. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФ проект 22-17-00011.

ЛИТЕРАТУРА

Korylov A.I., Kosolapov D.B., Romanenko A.V., Zobotkina E.A., Sazhin A.F. Abundance, biomass and production of bacterioplankton at the end of the growing season in the Western Laptev Sea: impact of Khatanga River discharge (Arctic) // *J. Mar. Sci, Eng.* 2023. Vol. 11. 1573.

Vaque D., Lara E., Arrieta J.M., Holding J., Sa E.L., Hendriks I.E., Coello-Camba A., Alvarez M., Agusti S., Wassmann P.F., Duarte C.M. Warming and CO_2 enhance Arctic heterotrophic microbial activity // *Front. Microbial.* 2019. Vol. 10. 494.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И БИОПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
ВОД БАРЕНЦЕВА МОРЯ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

**BARENTS SEA STRUCTURE AND BIOPRODUCTIVITY POTENTIAL
INVESTIGATION UNDER CLIMATE CHANGE**

Крашенинникова С. Б.
Krashennnikova S. B.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского ФИЦ РАН, Севастополь; e-mail: svetlanabk@mail.ru

The distribution and long-term dynamics of the chlorophyll-*a* concentration — the bioproduction potential of the Barents Sea waters based on data from contact and satellite observations were analyzed. The thermohaline structure of the Barents Sea waters is described based on contact data and reanalysis. Long-term changes in temperature and ice cover in the Barents Sea in relation to changes in surface temperature intensity, North Atlantic currents and global climate signals were investigated.

Баренцево море представляет стратегический интерес для России как промысловый и транспортный регион. В нем происходят значительные изменения температуры воды и ледовитости на межгодовом и десятилетнем масштабах (Крашенинникова и др., 2019). Многолетние исследования показывают, что приповерхностная температура воды в Арктике растет в два раза быстрее, чем в других районах Мирового океана. Площадь ледового покрова в Арктике летом и зимой постоянно сокращается, что заметно проявляется в Баренцевом море (Onarheim, Årthun, 2017). Уменьшение площади льда морей Европейской Арктики чаще всего связывают с влиянием атмосферной циркуляции, увеличением адвекции теплого и влажного воздуха из низких широт Северной Атлантики (Dahlke, Maturilli, 2017). Среднее термодинамическое состояние Баренцева моря также определяется меридиональным переносом тепла из Северной Атлантики и интенсификацией системы течений Гольфстрим-Североатлантическое (Алексеев и др., 2017). Существует связь изменчивости температуры воды и ледовитости Баренцева моря и глобальных климатических сигналов — Североатлантического колебания (САК) и Атлантической мультideкадной осцилляции (АМО). Изменение температурного режима оказывает существенное влияние на динамику популяций гидробионтов и их биоразнообразие и, в целом, на биопродуктивность вод Баренцева моря (Alexander et al., 2018). Концентрация хлорофилла-*a* (основной пигмент фитопланктона — базового трофического звена), является показателем биопродукционного потенциала. Поэтому исследование особенностей ее распределения и динамики с учетом изменений гидродинамических параметров вод Баренцева моря, связанных с влиянием циркуляции Северной Атлантики и глобальных климатических сигналов, является весьма актуальным для выявления районов высокой биопродуктивности вод и прогнозирования их дальнейших изменений положения.

Цель работы: исследование гидродинамической структуры и биопродукционного потенциала вод Баренцева моря в связи с изменениями поверхностной температуры и интенсивности течений Северной Атлантики под действием глобальных климатических сигналов.

Материалы и методы. В работе использовались следующие данные:

- концентрации хлорофилла-*a* (Международный банк данных и спутниковые наблюдения);
- температуры воды и скоростей течений в Баренцевом море и Северной Атлантике (реанализы ORA-S4, GLORYS12v1);
- ледовитости Баренцева моря (натурные данные и модельные расчеты CMIP5);
- климатические индексы — САК, АМО (данные NOAA).

Для поиска связи биологических с гидродинамическими параметрами на межгодовых масштабах в работе производился корреляционный анализ, с оценкой значимости полученных результатов. Также оценивалась значимость долговременных тенденций их изменений.

Результаты. Выявлены особенности распределения и динамики концентрации хлорофилла-*a* в условиях региональных изменений температурного и ледового режима Баренцева моря, связанных с динамикой течений Северной Атлантики, а также с глобальными климатическими индексами САК и АМО.

Выявлены наиболее биопродуктивные районы Баренцева моря и сделаны предположения возможных изменений их положения.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев Г.В., Кузьмина С.И., Глок Н.И. Влияние аномалий температуры океана в низких широтах на атмосферный перенос тепла в Арктику // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2017. Т. 1. С. 106–123.

Крашенинникова С.Б., Крашенинникова М.А. Причины и особенности долговременной изменчивости ледовитости Баренцева моря // *Лёд и Снег*. 2019. Т. 59, № 1. С. 112–122.

Alexander M., Scott J., Friedland K., Mills K., Nye J., Pershing A., Thomas A. Projected sea surface temperatures over the 21st century: Changes in the mean, variability and extremes for large marine ecosystem regions of Northern Oceans // *Elementa: Science of the Anthropocene*. 2018. Vol. 6. P. 9.

Dahlke S., Maturilli M. Contribution of Atmospheric Advection to the Amplified Winter Warming in the Arctic North Atlantic Region // *Advances in Meteorology*. V. 2017. Article ID 4928620, 8 p.

Onarheim I.H., Årthun M. Toward an ice-free Barents Sea // *Geophysical Research Letters*. 2017. V. 44. № 16. P. 8387–8395.

ЭМИССИИ МЕТАНА ИЗ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ ЮЖНОТУНДРОВОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

METHANE EMISSIONS FROM OLIGOTROPHIC FENS IN THE SOUTHERN TUNDRA ZONE OF WESTERN SIBERIA

Ларина А. В., Казанцев В. С., Белов А. Е.
Larina A. V., Kazantsev V. S., Belov A. E.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва; e-mail: larin.arina2003@gmail.com

The assessment of greenhouse gas emission is an important issue for the Siberian region due to its high swamp percentage. This work considers measurements of CH₄ emission from oligotrophic fens in Western Siberian tundra zone by static chamber method.

Нагрев нижних слоев атмосферы, приводящий к изменению климатических условий Земли связывают с ростом эмиссии парниковых (H₂O, CO₂, CH₄, N₂O, O₃) газов. Накапливаясь в атмосфере, они не пропускают часть отраженного землей излучения в ИК (инфракрасном) спектре. Оценке глобальной эмиссии CH₄ от природных источников характерна значительная неопределенность, так вклад болот и заболоченных земель оценивается в 102-182 МтCH₄год (IPCC, 2021). Болота Западной Сибири занимают 1/3 территории региона (Peregon et al., 2008), составляя 1/10 площади болот мира (Терентьева и др., 2020).

Данное исследование посвящено оценке удельных потоков метана (УПМ) с поверхности олиготрофного болота в южнотундровой подзоне Западной Сибири. В задачи исследования вошло: измерение УПМ методом статических камер с различных элементов болотного микроландшафта; изучение однородности УПМ со схожих элементов микроландшафта; оценка связи между УПМ и условиями среды (температурой воздуха, почвы на разных глубинах, уровнем болотных вод). Точки измерения находились на удалении около 1 км от лагеря (67°22'23.3"N 78°37'37.4"E). На плоскобугристо-мочажинном комплексевыбрано пять участков, где измерение велось на двух

элементах микроландшафтов, а именно на грядах и мочажинах, разделенных на сухие и увлажненные в зависимости от уровня влажности.

В исследовании использовался метод темных статических камер. Экспозиция составляла от 30 до 45 мин, измерения производились в двукратной повторности. Газ отбил в пенициллиновые флаконы, заполненные насыщенным раствором NaCl, для герметизации пробы. Фиксация температуры воздуха и атмосферного давления велась портативной метеостанции Kestrel5000, для регистрации температуры почвы использовались датчики «Thermochroni Button».

Анализ проб осуществлялся на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» с пламенно-ионизационном детектором. Для расчета УПМ использовалась программа MSExcel.

Для каждой из 13 точек получено 13-16 УПМ. Значения для гряд, сухих и увлажненных мочажин (включая хасырей и морозобойную трещину) были объединены в группы, вариация внутри которых, обусловлены континуальностью объекта исследования, затрудняющей разделение микроландшафтов на категории.

Удельные потоки CH₄ на грядах слабо варьируются около нуля (-0.26–0.35 мгCH₄м⁻²ч⁻¹), что связано с аэробными условиями благоприятными для метанотрофов. На сухой мочажине УПМ изменялись от -0.3 до 3.7 мгCH₄м⁻²ч⁻¹, что объясняется совместным влиянием факторов: влажности торфа, его температуры. Увлажненные мочажины характеризуются наибольшей неоднородностью УПМ (0.2-11, с медианой 4.8 мгCH₄м⁻²ч⁻¹), ассоциированной не только с вышеназванными факторами, но и со степенью разложения торфа.

Для определения взаимосвязи между УПМ и факторами внешней среды (уровнем болотных вод, температурой воздуха, и почвы на глубинах 0 см; 5 см; 10 см; 15–20 см; 20–30 см; >30 см) произведен корреляционный анализ Спирмена. По результатам анализа для гряды не выявлено наличие такой связи, ввиду неблагоприятных для метаногенов аэробных условий в верхней части профиля. Для сухой и увлажненной мочажин наибольшая связь наблюдается с температурой почвы на глубине 10 см (0.41–0.46) и влажностью торфа, составляя -0.46 и -0.31, соответственно и -0.70 для усреднения по мочажинам. Также наблюдалось наличие обратной связи (-0.33 — -0.53) между УПМ и температурой поверхности почвы на мочажинах, что может быть связано с влиянием других факторов. Однако, достоверное объяснение этого факта требует дополнительных исследований.

Таким образом, оценка величины эмиссии с поверхности олиготрофного болота позволила выявить неоднородность УПМ, ассоциированную с варьированием условий температуры и влажности. Величина УПМ имеет прямую связь с уровнем влажности в верхней части профиля, изменяясь от слабо отрицательных величин свойственных сухим элементам микроландшафта до 11 мгCH₄м⁻²ч⁻¹ на увлажненных.

Работа выполнена в рамках госзадания 1022030400001-9 «Мониторинг и анализ динамики эмиссии парниковых газов из наземных и пресноводных экосистем арктической зоны России».

ЛИТЕРАТУРА

Терентьева И.Е., Филиппов И.В., Сабреков А.Ф., Глаголев М.В., Курбатова Ю.А., Максюттов Ш.Ш. Картографирование таежных болот западной Сибири на основе дистанционной информации // Изв. РАН. География. 2020. Т. 84. № 6. С. 920–930.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA, 2391 pp.

Peregon A., Maksyutov S., Yamagata Y., An image-based inventory of the spatial structure of West Siberian wetlands // Environ. Res. Lett. 4. 2009. 6 pp.

**СЦЕНАРНЫЙ КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ НА ОСНОВЕ РЕГИОНАЛЬНОГО
АНСАМБЛЯ МОДЕЛЕЙ КЛИМАТА ПРОЕКТА СМIP6 ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

**SCENARIO-BASED CLIMATE PROJECTIONS BASED ON REGIONAL ENSEMBLE
OF CMIP6 GLOBAL CLIMATE MODELS FOR SAKHA (YAKUTIA) REPUBLIC**

Тананаев Н. И.^{1,2}

Tananaev N. I.^{1,2}

¹*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск; e-mail: tanni@s-yfu.ru*

²*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск*

Future climate projections for Sakha (Yakutia) Republic are produced, based on regional ensemble of global climate models (GCMs) from the latest Climate Models Intercomparison Project (CMIP6). In our approach, reanalyses models that were best-performing regionally, GHCN-CAMS for mean annual air temperature and CRU TS 4.05 for total precipitation, were used as baseline climate for 1981–2010 period. Regional GCMs ensemble was assembled from regionally best-performing models, the GCM performance was evaluated using Spearman spatial correlation with the reanalysis fields, and correlation coefficients were used as weights, which improved the ensemble performance.

Климатический прогноз необходим для информированного планирования региональных мер по митигации климатических изменений и адаптации к ним. Существующие прогнозные оценки на период до 2100 г., сделанные в Главной геофизической обсерватории Росгидромета и основанные на ансамблевом подходе, получены для регионов в целом. Республика Саха (Якутия) — крупнейший административный регион в мире площадью свыше 3 млн км², потому для него особенно актуальны прогнозные оценки климатических изменений с более детальным пространственным разрешением. В нашей работе эта задача решена следующим образом: (1) Базовый климат для периода 1981–2010 гг. был получен из моделей реанализа, оптимальных для территории региона; таковыми оказались модель GHCN-CAMS для среднегодовой температуры воздуха (СГТВ) и модель CRUTSv. 4.05 для годовой суммы осадков, притом оптимальность реанализа оценивалась по метрикам связи со значениями этих климатических переменных на метеорологических станциях. (2) Региональный ансамбль климатических моделей CMIP6 был собран из пяти моделей, показавших наилучшую пространственную скоррелированность с полем оптимального реанализа по СГТВ: CESM2-WACCM, CMCC-ESM2, CNRM-CM6-1-HR, INM-CM5-0, MPI-ESM1-2-HR. Для оценки пространственной согласованности использовались поля изменения СГТВ между периодами 1961–1990 и 1981–2010 гг. Коэффициенты пространственной корреляции Спирмена между модельным изменением СГТВ и таковым в оптимальном реанализе использовались в качестве весов, с которыми модели входят в региональный ансамбль. (3) Изменение СГТВ между историческим (1981–2010 гг.) и прогнозными периодами оценивалось по взвешенному региональному ансамблю климатических моделей, после чего полученные модельные поля изменений СГТВ для различных прогнозных периодов, например, 2021–2050 гг., складывались с полем «базового климата» для получения оценок абсолютных значений СГТВ в данный период при реализации каждого из четырех основных климатических сценариев: SSP 1-2.6, SSP 2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5. Результаты исследования показали, что между двумя климатическими периодами, 1961–1990 и 1991–2020 гг., среднегодовая температура воздуха на территории РС(Я) выросла на $+1.3 \pm 0.14$ °С, наибольший рост СГТВ отмечен на Северо-Востоке РФ, а также в Алданском и Мирнинском районах РС(Я). Основной прирост СГТВ связан с увеличением средневесенней температуры (период с марта по май), а также интенсивном потеплении в осенний сезон (с сентября по ноябрь) на Северо-Востоке. Прогнозируемые климатические изменения наиболее ярко проявятся в Арктической зоне РС(Я) и западных районах республики, где при реализации умеренных сценариев, SSP 2-4.5 и SSP3-7.0, увеличение СГТВ составит от +2.0 до +2.6°С к 2050 г. и от +4.0 до +7.0°С — к 2100 г. При наиболее неблагоприятном сценарии глобального социально-экономического развития, SSP5-8.5, к концу столетия в двух юго-западных районах РС(Я), Ленском и Олёкминском, значение

СГТВ станет положительным, а в трёх арктических улусах региона — Анабарском, Аллаиховском и Нижнеколымском — увеличение СГТВ составит от +8.0 до +8.2 °С, что неизбежно приведёт к ответной реакции криолитозоны и преобразованию мерзлотных экосистем.

Исследования выполнены при поддержке РФФ, проект № 22-27-00344.

ЭМИССИИ МЕТАНА С ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

METHANE EMISSIONS FROM OLIGOTROPHIC FENS IN THE SOUTHERN TUNDRA ZONE OF WESTERN SIBERIA

Тышова Е. А.¹, Казанцев В. С.¹, Усачева А. А.^{1,2}
Tyshova E. A.¹, Kazantsev V. S.¹, Usacheva A. A.^{1,2}

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва; e-mail: lena.tyshova@mail.ru

²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

The assessment of greenhouse gas emission is an important issue for the Siberian region due to its high mineral soils percentage. This work considers measurements of CH₄ emission from the surface of mineral soils in Western Siberian tundra zone by static chamber method.

Метан входит в число важнейших парниковых газов по воздействию на радиационный форсинг, оказывая влияние на тепловой баланс климатической системы. Он образуется в строго анаэробных условиях вследствие деятельности метаногенных архей и окисляется метанотрофными микроорганизмами как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Существенный объём метана был выведен из современного биогеохимического круговорота и законсервирован в вечной мерзлоте, где наряду с метаном сохраняются и жизнеспособные анаэробные микроорганизмы, в том числе метанобразующие археи (Евграфова и др., 2010). Измерений потоков метана с поверхности минеральных почв проводилось относительно мало, что делает настоящие исследования особенно актуальными (Глаголев, 2012).

Целью настоящего исследования являлась оценка удельных потоков метана (УПМ) с поверхности минеральных почв в южной тундровой зоне Западной Сибири.

Задачи:

1. Измерение УПМ методом статических камер с различных элементов микроландшафта минеральных почв южной тундровой зоны Западной Сибири.

Изучение однородности УПМ на схожих элементах микроландшафта.

2. Оценка связи между УПМ и условиями среды (температурой воздуха, атмосферным давлением, температурой почвы на разных глубинах).

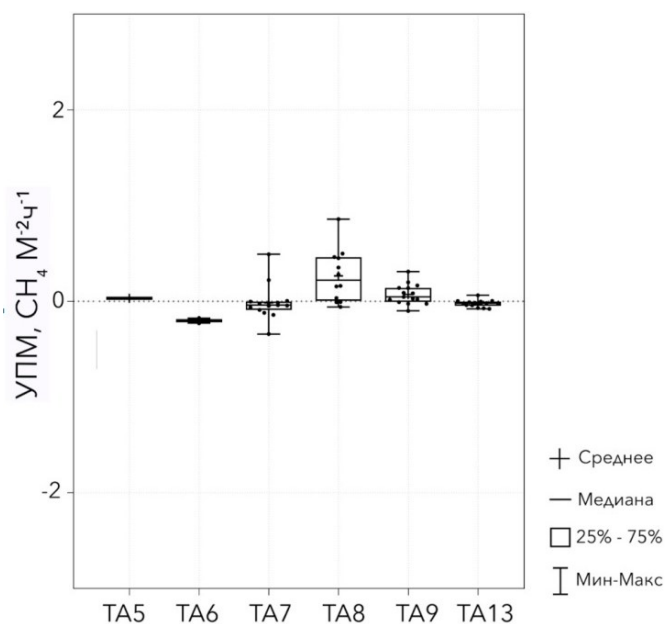
Исследования проводились в летний период 2023 года. Точки замера УПМ были заложены на расстоянии 12 км от посёлка Тазовский в Ямало-Ненецком автономном округе России (67°22'23.3"N 78°37'37.4"E).

Измерения потока CH₄ на каждой точке исследования проводились с использованием темных статических камер в двукратной повторности. Время экспозиции варьировалось от 30 до 45 мин. Метан отбирался в пенициллиновые флаконы, заполненные насыщенным раствором NaCl, необходимый для герметизации пробы. Фиксация температуры воздуха и атмосферного давления велась портативной метеостанцией Kestrel 5000, а для измерения температуры почвы использовались датчики «Thermochroni Button».

Концентрацию метана измеряли на газовом хроматографе с пламенно-ионизационным детектором «Кристалл 5000.2». Для расчета УПМ использовалась программа MS Excel. Для каждой из 6 точек получено в среднем от 13 до 16 УПМ.

Исследования показывают, что эмиссия метана с минеральных почв незначительна и колеблется от -0.341 до $0.858 \text{ CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$, что в целом согласуется с исследованиями (IPCC, 2021), которые показывают, что минеральные почвы не характеризуются высокой эмиссией метана, напротив, в глобальном масштабе они являются депо для этого парникового газа ($11\text{-}49 \text{ MtCH}_4\text{год}$). Проведенные измерения также свидетельствуют, что на отдельных точках опробования (см. рис. 1, т. ТА6, ТА7, ТА13) наблюдается депонирование CH_4 . Медиана фиксируется на уровне $-0.01 \text{ CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$.

Работа выполнена в рамках госзадания 1022030400001-9 «Мониторинг и анализ динамики эмиссии парниковых газов из наземных и пресноводных экосистем арктической зоны России».



Удельные потоки метана (УПМ) с поверхности минеральных почв южной тундровой зоны Западной Сибири

ЛИТЕРАТУРА

Глаголев М.В. Эмиссия и поглощение метана почвами России. 2012.

Евграфова С. Ю., Гродницкая И. Д., Криницын Ю. О., Сырцов С. Н., Масыгина О. В. Эмиссия метана с поверхности почвы в тундровых и лесных экосистемах Сибири // Вестник КрасГАУ. 2010. № 12.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA, 2391 pp.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

CLIMATE CHANGE AND POPULATION DYNAMICS OF SMALL MAMMALS

Шишикин А. С., Люто А. А.

Shishikin A. S., Lyuto A. A

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО АН РФ, Красноярск; e-mail: shishikin@krasn.ksc.ru

The issues of the mechanism of influence of the changing climate in the Arctic on small mammals are considered. A number of observations of population dynamics began in 1961. The work uses scientific data and literary sources. It is assumed that a sharp climate change will disrupt the reproductive potential and the established connection between the aborigines and the habitat. This violation will lead to a decrease in the number of Arctic species.

Ранее (1960–1979 гг.) динамика численности (ДЧ) мелких млекопитающих (ММ) была прогнозируема и имела известную периодичность 3–4 года (Боржонов и др., 1977). После колебания климата (12 лет) ДЧ изменила свое периодичность с потерей продуктивности населения ММ. Поэтому можно констатировать снижение (утрату) адаптивных способностей ММ поддерживать высокую численность при известной периодичности климата в арктической зоне, где они имеют ведущее кормовое значение (Боржонов и др., 1977; Отчет, 2009). Регулярные подъемы численности ММ компенсировались спадом и ММ сохраняли свое ведущее положение в прокормлении позвоночных (Шишкин и др., 2014). Изменение климата привело к нарушению цикличности погодных условий и как следствие нарушило ДЧ ММ (по нашим данным последняя высокая численность позвоночных наблюдалась в 2001 г.), а по данным М.Н. Королевой (2002) депрессия лемминга длилась с 1981 по 1985 гг., что не наблюдали ранее. Наибольшие последствия дали не среднее повышение температуры, а временной сдвиг наступления сезонности, и её продолжительности, что сильнее всего сказалось на биоритмах популяций. В результате мы констатируем один из негативных сценариев изменения климата в Арктической зоне нарушающих цикличность продуктивности аборигенных зооценозов и функциональных связей в экосистемах.

Отлов ММ проводили конусами и ловушками Геро на 7 постоянных и 8 временных пробных площадях с 2001 по 2022 гг. в зонах действия Норильского промрайона.

Как известно, динамика численности ММ в Арктической зоне обусловлена темпами воспроизводства и выживаемостью молодняка, а цикличность зависит от колебания погодных условий (Максимов, Ермаков, 1985). Синхронизация погодных условий и воспроизводственного потенциала вида приводит к популяционному (кормовому) механизму регуляции численности (лемминг Таймыра) (Королева, 2002). Нарушение годового цикла погоды приводит к снижению численности ММ и усилению хищнической деятельности (песец) на другие виды (перелетные птицы).

При этом во время депрессии ММ на фоновых участках, возрастает их численность на нарушенных территориях в зонах сильного воздействия металлургического производства. Этому явлению есть два объяснения: миграция и формирование более благоприятных условий, которые нивелируют негативное воздействие внешних факторов. Мы отлавливали на техногенных площадях молодых особей, что свидетельствует о первой теории, но видовое разнообразие трав (в более чем два раза выше) и участие в них бобовых поддерживает вторую теорию. Однако начинает действовать прямой фактор аэрогенного загрязнения и вторая теория не реализуется.

Механизм воздействия изменения климата в Арктике на животных не раскрывается. ММ выполняют большую роль в прокормлении аборигенных и перелетных позвоночных. В то же время негативные последствия вызывают эффект «домино» и проявляются для большинства видов, которые используют Арктику для воспроизводства своих популяций, что приводит к снижению их общей численности.

ЛИТЕРАТУРА

Боржонов Б., Булавкин В., Завацкий В. и др. Охотничье хозяйство Енисейского Севера. Красноярск, 1977. 223 с.

Королева М.Н. Материалы многолетних наблюдений (1961–1997 гг.) за численностью леммингов и миофагов на полуострове Таймыр // Исследование природы Таймыра. Вып. 2. Четвертичная история, климат, почвы, флора и растительность, животный мир. Красноярск: Восточно-Сибирский филиал Международного института леса. 2002. С. 148–156.

Максимов А.А., Ермаков Л.Н. Циклические процессы в сообществах животных (биоритмы, сукцессии). Новосибирск: Наука. 1985. 236 с.

Отчет НИР «Оценка воздействия строительства Нижне-Курейской ГЭС и водохранилища на растительность и наземных животных». Ответственный исполнитель д.б.н. А.С. Шишкин. Красноярск, 2009. 41 с.

Шишкин А.С., Абаимов А.П., Онучин А.А. Методология и принципы организации исследований природных экосистем в регионах с экстремальным техногенным воздействием // Сибирский экологический журнал. 2014. № 6. С. 863–871.

**ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРНОЙ БЕРЕЗЫ
НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ ЛЕСА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)**

**DENDROCLIMATIC POTENTIAL OF MOUNTAIN BIRCH
AT THE NORTHERN TREELINE ON THE KOLA PENINSULA**

Шумилов О. И., Касаткина Е. А., Поторочин Е. О.
Shumilov O. I., Kasatkina E. A., Potorochin E. O.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: o.shumilov@ksc.ru*

The longest (AD 1917–2021) was firstly developed from mountain birch (*Betula pubescens* Ehrh.) at the northern tree line on the Kola Peninsula (68.86 N, 34.69 E). It consists of 22 samples, including the oldest living birch tree of 105 years old. The highest significant ($p < 0.05$) correlations occurred for the May temperature ($r = 0.39$, $p < 0.05$) and July sunshine duration ($r = -0.39$, $p < 0.05$). The increase of radial growth in May seemed to be connected to snowmelt giving rise to soil temperature after winter dormancy. The negative correlation with the July sunshine duration seemed to be caused by changes in spectral composition of solar radiation in the end of the polar day in July on the Kola Peninsula. The results of the wavelet analysis revealed significant (>95%) spectral peaks corresponding to the main cycles of solar activity: 5.5 years, 11 years and 22 years. These findings confirm the existence of dendroclimatic potential of the northernmost birch trees in Europe that allows us to expand the area of dendrochronological research further beyond the conifer treeline above the Arctic Circle.

Реакция лесных экосистем на глобальное изменение климата в последнее время привлекает все большее внимание ученых. Известно, что рост деревьев лимитируется температурой, осадками, солнечным светом и т.д. Деревья, произрастающие на северной границе леса (эктон лесотундры), находятся в наиболее суровых климатических условиях, включая короткий вегетационный период, низкую температуру и недостаток солнечного света, и поэтому считаются более чувствительными к изменению климата. В настоящее время в лесотундре Северной Скандинавии и Кольского полуострова преобладает горная береза (*Betula pubescens* Ehrh. ssp. *tortuosa*). До сих пор на Кольском полуострове не проводилось дендроклиматологических исследований образцов березы. В целом такие исследования очень ограничены, что может быть связано с трудностями обработки древесины березы, относящейся к деревьям сосудистого типа. Тем не менее, вблизи высотных пределов своего распространения в Азии (Dawadi et al., 2012), Японии (Takahashi et al., 2005) и на Камчатке (Пугачева, 2009) береза обладает сильной климатической реакцией и подходит для дендрохронологических исследований. Некоторые работы также исследовали влияние климатических условий на рост березы на северной границе леса в Фенноскандии (Nag et al., 2021) и в аридных зонах южной Сибири (Babushkina et al., 2019). Способность березы пушистой произрастать на слабо освоенных и загрязненных участках предопределяет использование *B. pubescens* в дендрохронологии. Таким образом, широколиственные породы деревьев, такие как *B. pubescens*, демонстрируют большой потенциал для дальнейшего расширения существующего банка древесно-кольцевых хронологий. Целью данного исследования было создание высокоширотной древесно-кольцевой хронологии *B. Pubescens* на северной границе леса на Кольском полуострове и выявление основных факторов окружающей среды, влияющих на рост деревьев данного типа в регионе.

Впервые в России была получена высокоширотная хронология *B. Pubescens* из образцов, собранных на северной границе леса на Кольском полуострове (68°51'688 с.ш.; 34°41'393 в.д.). Она состоит из 22 образцов, включая самое старое живое дерево возрастом 105 лет (1917–2021 гг.). Для анализа были использованы пять среднемесячных метеопараметров ст. Териберка (69°10' с.ш.; 35°10' в.д.), наиболее близко расположенной к месту отбора образцов: средняя температура и сумма осадков за период (1959–2021 гг.); продолжительность солнечного сияния за период 1983–2021 гг.; общая и низкая облачность (1966–2021 гг.). Из метеорологических параметров наиболее значимые ($p < 0.05$) корреляции наблюдались для температуры мая ($r = 0.39$, $p < 0.05$) и продолжительности солнечного сияния в июле ($r = -0.39$, $p < 0.05$). Увеличение радиального прироста в мае, по-видимому, было связано с таянием снега, приводящим к повышению температуры почвы после зимнего покоя. Отрицательная корреляция

с продолжительностью солнечного сияния в июле, по-видимому, была вызвана изменениями спектрального состава солнечной радиации в конце полярного дня в июле на Кольском полуострове. Результаты вейвлет-анализа выявили значительные (>95%) спектральные пики, соответствующие основным циклам солнечной активности: 5.5 года, 11 лет и 22 года. Данные результаты подтверждают наличие дендроклиматического потенциала у горной березы на Кольском полуострове, что позволяет нам расширить область дендрохронологических исследований за пределы северной границы леса в данном регионе. Полученные результаты позволят также выявить особенности физиологии роста горной березы за полярным кругом.

ЛИТЕРАТУРА

- Пугачева Е.С.* Дендроклиматический анализ годовых колец каменной березы (*Betula ermani* Cham.) на южной Камчатке // Лесной вестник. 2009. № 1. С. 67–74.
- Babushkina E.A., Zhirnova D.F., Belokopytova L.V., Tychkov I.I., Vaganov E.A., Krutovsky K.V.* Response of four tree species to changing climate in a moisture-limited area of South Siberia // Forests. 2019. Vol. 10. P. 999.
- Dawadi B., Liang E., Tian L., Devkota L.P., Yao T.* Pre-monsoon precipitation signal in tree rings of timberline *Betula utilis* in the central Himalayas // Quaternary International. 2012. Vol. 283. P. 72–77.
- Harr L., Esper J., Kirchhefer J.A., Zhou W., Hartl C.* Growth response of *Betula pubescens* Ehrh. to varying disturbance factors in northern Norway // Trees. 2021. Vol. 35. P. 421–431.
- Takahashi K., Tokumitsu Y., Yasue K.* Climatic factors affecting the tree-ring width of *Betula ermanii* at the timberline on Mount Norikura, central Japan // Ecological Research. 2005. Vol. 20. P. 445–451.

СЕКЦИЯ 7.
ЧЕЛОВЕК В АРКТИКЕ: СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ,
СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ

SESSION 7.
HUMAN SURVIVAL IN THE HIGH LATITUDES:
SOCIAL, ECONOMIC AND MEDICAL ISSUES

**ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ОБРАЗЦАХ ВОЛОС У ДЕТЕЙ И БОЛЕЗНЯМИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

**POSSIBLE ASSOCIATION BETWEEN THE CONTENT OF RARE EARTH ELEMENTS
IN CHILDREN HAIR SAMPLES AND DISEASES OF THE NERVOUS SYSTEM**

Белишева Н. К.¹, Дрогобужская С. В.²
Belisheva N. K.¹, Drogobuzhskaya S. V.²

¹*Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: natalybelisheva@mail.ru*

²*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: drogosv@yandex.ru*

The possible relationship between REE content in hair samples of children living in the zone of REE pollution and incidence of nervous system diseases was assessed. Hair samples of children (7–15 years old, n = possibility of the neurotoxic effect of REE bases on connection between REE chronic accumulation in children's body and the highest prevalence of nervous systems diseases in children 15–17 years old in the Lovozero district.

Содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) ассоциировано с нарушениями нервной системы (Yongwei et al., 2019), влияя на нервную проводимость, задержку постсинаптических потенциалов, снижение ацетилхолинэстеразы (Zhu et al., 1997). Цель исследования — выявить возможную связь между содержанием РЗЭ в образцах волос у детей, проживающих в зонах загрязнения, и заболеваемостью болезнями нервной системы.

Образцы волос детей 7–15 лет (n = 53), проживающих в пос. Ловозеро Мурманской области в зоне влияния хранилища отходов обогащения лопаритовых руд (Krasavtseva et al, 2021, 2022), были исследованы на содержание элементов Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu с применением масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Данные по заболеваемости детей болезнями нервной системы (на 1000 человек населения соответствующего возраста), в городах Мурманск, Апатиты, Кандалакша, Мончегорск, Оленегорск и в Ковдорском, Кольском, Ловозерском и Печенгском районах за период 2018–2020 гг. были получены из Мурманского областного медицинского информационно-аналитического центра. Содержания РЗЭ в образцах волос детей из п. Ловозеро сравнивали с уровнями РЗЭ в волосах детей сходного возраста из Забайкалья, Казахстана, РЗЭ — горнодобывающего района в китайской провинции Фуцзянь.

Содержание Sc у детей в п. Ловозеро было выше, чем в Забайкалье и Казахстане, а содержание Gd, Ho, Tm, Yb, Lu – выше, чем в пров. Фуцзянь. Распространенность у детей 0–14 лет эпизодических и пароксизмальных расстройств (G40–G47) преобладает в Мурманске, Ловозерском и Ковдорском р-онах, составляя у детей 15, 16 и 17 лет 42.6 ± 4.4 , 51.7 ± 7.6 и 17.5 ± 8.9 случаев на 1000 человек, соответственно, что превышает эти показатели у детей 0–14 лет в 1.5, 3.0 и 2.8 раз. Заболеваемость эпилепсией, эпилептическим статусом (G40–G41) у детей 0–14 лет наиболее высокая в Мурманске, Кандалакше, Ковдорском и Ловозерском р-онах, при этом у детей 15–17 лет она выше в 1.2, 2.3, 1.2 и 2.5 раза соответствующих значений у детей 0–14 лет: 9.0 ± 1.5 , 14.1 ± 5.2 , 6.5 ± 1.7 , 15.0 ± 5.8 случаев/1000 чел. Распространенность церебрального паралича и других паралитических синдромов (G80–G83) у детей 15–17 лет в Мурманске, Кандалакше, Кольском и Ловозерском р-нах составляет 4.7 ± 0.4 , 4.6 ± 0.1 , 3.0 ± 0.8 и 6.0 ± 1.7 случаев/1000 чел., соответственно, и отличается от уровня заболеваемости у детей 0–14 лет в 1.1, 0.9, 0.8 и 1.9 раза.

Таким образом, среди сравниваемых территорий Ловозерский р-он лидирует по заболеваемости детей 15–17 лет болезнями нервной системы. Это может свидетельствовать о нейротоксическом эффекте накопления РЗЭ при хроническом поступлении в организм малых доз, ведущих к снижению ацетилхолинэстеразы и возрастанию заболеваемости болезнями нервной системы.

Исследование выполнено в рамках НИР № 122022200516-5, 122022400094-6.

ЛИТЕРАТУРА

Krasavtseva E., Sandimirov S., Elizarova I., Makarov D. Assessment of Trace and Rare Earth Elements Pollution in Water Bodies in the Area of Rare Metal Enterprise Influence: A Case Study — Kola Subarctic // *Water*. 2022. Vol. 14. P. 3406.

Krasavtseva E., Maksimova V., Makarov D., Potorochin E. Modelling of the Chemical Halo of Dust Pollution Migration in Loparite Ore Tailings Storage Facilities // *Minerals*. 2021. Vol. 11. P. 1077.

Yongwei W. et al. Relationship between Rare Earth Elements, Lead and Intelligence of Children Aged 6 to 16 years: A Bayesian Structural Equation Modelling Method // *Int. Arch. Nurs. Health Care*. 2019. Vol. 5. P. 123.

Zhu W. et al. Bioelectrical activity of the central nervous system among populations in a rare earth element area // *Biol. Trace Elem. Res.* 1997. Vol. 57. N. 1. P. 71–77.

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СООБЩЕСТВА
КОРЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА**

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON NORTH INDIGENOUS COMMUNITIES

Веселова Д. Н.
Veselova D. N.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург; e-mail: daria-voronchikhina@mail.ru

The article discusses the problems of the indigenous peoples of the North in connection with ongoing climate change. The changes affected all spheres of life of the population: social, economic, psychological and spiritual. To a greater extent, climate change negatively affects the traditional crafts of the population, which leads to a deterioration in the physical and psychological health of the indigenous population and their premature mortality. The changes also affected the material and financial components of people's lives. A way out of this situation can be the adoption of a state program for adaptation to climate change of the indigenous peoples of the North.

Вопрос климатической безопасности в последнее время вошел в ряд важных экологических проблем человечества. Особенно быстро климатические изменения происходят в Арктике, на территории которой проживает коренное население, ведущее традиционный образ жизни. Согласно данным переписи населения 2020 года в российской Арктике проживают около 140 тысяч человек, декларирующих свою принадлежность к коренным малочисленным народам. Якуты, которые не являются малочисленным народом, насчитывают 478 409 человек (Итоги..., 2020).

Изменения климата негативным образом влияют на все сферы жизнедеятельности народов, ведущих традиционный образ жизни: социальную, экономическую, духовную и психологическую. При этом среди ученых отмечается, что еще не до конца изучено влияние последствий изменения климата на психическое здоровье (Гладун и др., 2023) коренных народов Севера.

Охота, рыболовство, собирательство, оленеводство являются традиционными промыслами коренных народов Севера. Климатические изменения затронули все сферы хозяйственной деятельности. Так, повышение температуры воздуха и таяние вечной мерзлоты приводят к более позднему ледоставу и более раннему сходу льда, что влияет на продолжительность сезона охоты, так как мешает охотникам добираться до промысловых участков. Кроме того, происходит смена маршрутов и сроков миграции животных и птиц, их истощение и болезни. В рыболовстве прослеживаются похожие тенденции: нарушаются периоды хода рыб, изменяется их численность и видовой состав. Несмотря на повышение разнообразия дикоросов, из-за повышения температуры стали чаще происходить засухи и пожары, которые уничтожают растения. Стада оленей из-за вынужденных миграций вытаптывают дикоросы, чем снижают их урожай (Матвиенко, 2023). Таяние вечной мерзлоты приводит к разрушению скотомогильников и хранилищ различных отходов и высвобождению опасных заболеваний, вместе с пожарами они уменьшают количество пастбищ оленей. Повышение толщи снега из-за обильных снегопадов затрудняет доступ к корму, а образование ледяных корок из-за частых оттепелей приводит к вымерзанию ягеля. Летом увеличивается число кровососущих насекомых. Все эти факторы

негативно влияют на упитанность и здоровье оленей. В последнее время все чаще происходят падежи животных. Проблемы в традиционных отраслях сказываются на доходе, жизни и здоровье коренного населения. Уменьшение добычи выражается в сокращении заработка. Снижение калорийности питания ухудшает иммунитет. Аномальная жара и пожары приводят к болезням сердца и дыхательных органов; ухудшение качества воды и появление новых видов насекомых — к инфекционным заболеваниям; истончение льда — к травматизму. Ухудшает ситуацию появившаяся в связи с изменением климата проблема с транспортной доступностью, влияющей на оказание квалифицированной медицинской помощи, на завоз лекарственных средств и продуктов питания (Матвиенко, 2023). Решением данной проблемы может служить развитие телемедицины. Все это влияет на продолжительность жизни населения. Из-за таяния вечной мерзлоты происходит разрушение инфраструктуры: дорог, жилых домов, зданий, инженерных коммуникаций, что требует применения новых технологий и денежных средств из бюджета. Традиционные знания являются для коренных народов сакральными. Нарушение предсказательной способности традиционных знаний влияют и на культурную и на психологическую составляющие. Однако взаимная поддержка позволяет людям адаптироваться к происходящим изменениям. Со стороны государства требуется разработать отдельную программу по адаптации к изменениям климата коренных народов Севера.

ЛИТЕРАТУРА

Гладун Е.Ф., Задорин М.Ю., Горбунова А.И. Региональные практики защиты прав коренных малочисленных народов Российской Арктики // Вопросы государственного и муниципального управления. 2023. № 3. С. 122–154. doi: 10.17323/1999-5431-2023-0-3-122-154.

Итоги ВПН-2020. Том 5 Национальный состав и владение языками. URL: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom5_Nacionalnyj_sostav_i_vladienie_yazykami (дата обращения 04.03.2024).

Матвиенко И.И. Современные проблемы коренных малочисленных народов российской Арктики в условиях климатических изменений // Арктика и Север. 2023. № 52. С. 153–166. doi:10.37482/issn2221-2698.2023.52.153

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО МЕТОДА РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ РЕГИОНА: ПРОМЫШЛЕННЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

IMPROVING THE PROGRAM-TARGET METHOD OF IMPLEMENTING THE ECONOMIC AND INDUSTRIAL POLICY OF THE REGION: INDUSTRIAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

Гилярова Ю. Л.

Gilyarova Y. L.

*ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук»,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: y.gilyarova@ksc.ru*

The purpose of the study is to solve a scientific and practical problem: improving the process of regulating socio-economic systems through the formation of necessary institutions and improving the program-target method of implementing the industrial and economic policy of the region. In the course of the study, an analysis of indicators determining the state of investment attractiveness of the region, the effectiveness of the implementation of national projects in the Murmansk region was carried out, and a link between accelerated economic growth and investment activity was revealed. Based on the analysis of concepts and strategies of socio-economic development, it is determined that the development of the Arctic territories continues to follow a resource-exploiting scenario, which results in an increase in anthropogenic load, which is an important factor influencing the achievement of sustainable development goals and environmental safety in the Arctic.

Основу экономики арктических регионов Российской Федерации традиционно составляют добывающие отрасли промышленности. Освоение природных ресурсов - разработка месторождений и добыча полезных ископаемых и углеводородов, биологических водных ресурсов, строительство промышленных объектов и элементов инфраструктуры вызывает существенную антропогенную нагрузку на территорию. Следует отметить, что данные отрасли являются наиболее восприимчивыми потребителями новых технологических решений, направленных на повышение эффективности производственных процессов, сохранение и рекультивацию территорий, подвергшихся техногенному воздействию с помощью внедрения экологически чистых, природоподобных и биотехнологий, реализацией «зеленых проектов», являющихся частью комплексных программ экологической безопасности.

Комплексный план социально-экономического развития территории (город, регион, макрорегион) дает возможность скоординировать развитие различных отраслей промышленности, осуществляющих деятельность на территории, выявить резервы, заложенные в специализации и (межотраслевой и межрегиональной) кооперации, увязать эти планы со спецификой конкретной территории, выделить главные для данного (конкретного) периода проблемы и сосредоточить на их решении как материальные, так и трудовые ресурсы, наиболее эффективно решать вопросы повышения качества жизни населения и ликвидировать отдельные диспропорции. Разработка комплексных программ развития экономической и социальной сфер жизнедеятельности региона, как целостного образования является наиболее сложной проблемой ввиду необходимости учета специфики, в первую очередь связанной с географическим положением. Являясь частью Арктической зоны РФ, Мурманская область является одним из приоритетных геостратегических регионов Российской Федерации, обладающим рядом перспективных экономических специализаций, но характеризуются неравномерностью развития некоторых аспектов инновационных процессов. Системное представление о социально-экономическом развитии территории (региона) характеризуется прежде всего формированием системы целей социально-экономического развития и выбором способа их достижения. Программно-целевой метод должен быть использован, если проблема не устраняется в процессе естественного функционирования системы, а наоборот, обладает тенденцией к обострению. В процессе реализации программ можно сформулировать перечень существующих проблем и провести их структурирование, с целью выявления приоритетов развития.

В настоящее время, Мурманская область занимает лидирующие позиции по привлечению инвестиций, объем которых за период с 2019 по 2023 гг. составил 1.2 триллиона рублей, на период до 2030 инвестиционный портфель Мурманской области сформирован проектами на сумму в 3.2 триллиона. На территории региона действуют преференциальные режимы, реализуется национальные проекты и региональные программы, в том числе с привлечением крупных промышленных предприятий. Согласно данным Отчета правительства Мурманской области за 2023 год, объем финансирования по реализации национальных проектов составил 15,3 миллиарда рублей. При этом объем инвестиций по реализации программ и проектов, направленных на охрану окружающей среды, существенно уступает другим направлениям, что является важным фактором, влияющим на достижение целей устойчивого социально-экономического развития, среди которых ключевыми являются обеспечение экологической безопасности, сохранение населения, укрепление здоровья и повышение качества жизни.

ЛИТЕРАТУРА

Гилярова Ю.Л. Формирование и развитие региональных экономических систем // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2024. № 2. С. 25–33.

Гилярова Ю.Л. Современные тенденции инновационного развития Арктического субъекта РФ // Фундаментальные исследования. 2022. № 5. С. 29–34.

Официальный сайт Правительства Мурманской области URL: https://gov-murman.ru/about/zasedaniya_pmo/?ysclid=lwg8m40урq404841453 (дата обращения 15.05.2024)

Сайт АО «Корпорация развития Мурманской области» URL: <https://invest.nashsever51.ru/registry/investment-projects#1> (дата обращения 19.12.2023)

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ СЕВЕРА СИБИРИ КАК ФАКТОР
ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ СТУДЕНТОВ**

**ENVIRONMENTAL HISTORY OF THE NORTH OF SIBERIA
AS A FACTOR OF FORMING THE ECOLOGICAL CONSCIOUSNESS OF STUDENTS**

Гололобов Е. И.
Gololobov E. I.

Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, ХМАО — Югра; e-mail: gololobov.eig@yandex.ru

Ecological consciousness in the XXI century turns into a necessary and obligatory component of society's culture. Environmental history is of great importance in the formation of environmental consciousness. Regional environmental history provides the best basis for the application of active teaching methods (work with museum exhibits and documents, sources from local and family archives, collecting memories of fellow countrymen, etc.). There is a need to use it for professional training of students of natural sciences. In this regard, the experience of the historical research laboratory of SurgutStatePedagogicalUniversity is interesting. They have developed a training course «Ecological History of Siberia». Comprehensive study and teaching of the environmental history of human exploration of the North of Siberia in universities is a real way to the convergence of humanitarian and natural science knowledge, an integrated approach to solving environmental problems.

Экологические знания, мышление и сознание в XXI веке превращаются в необходимую и обязательную составляющую культуры общества. Поэтому экологизация образования не должна быть механической «добавкой» к общему образованию, она должна стать органической частью системы образования, формирующей общественное экологическое сознание. Без гуманитарной составляющей в вузовском образовании невозможно глубокое понимание проблем взаимодействия природы и человека, лежащих в основе современного экологического кризиса. Это касается и подготовки специалистов естественнонаучного профиля. В первую очередь, отметим большое значение экологической истории в формировании экологического сознания.

Цель экологической истории заключается в формировании глобального экологического сознания, в развитии исторического представления о человеке как части природы и невозможности дальнейшей истории человечества без сохранения окружающей его среды, о проблемах, связанных с взаимоотношениями общества и природы в различные исторические эпохи.

Региональная экологическая история обеспечивает наилучшую основу для применения активных методов обучения (работа с музейными экспонатами и документами, источниками из местных и семейных архивов, сбор воспоминаний земляков и т.п.). Таким образом, студенты знакомятся с методами исторического исследования, которые смогут использовать для решения своих профессиональных задач. Игнорируя прошлое, общество лишает себя необходимой информации. Это особенно актуально в случае с экологической историей, имеющей мощный общественно значимый интеллектуальный потенциал. Она представляет студентам материал из их непосредственного окружения и собственного жизненного опыта, актуальный для эмоционального переживания, интеллектуального и ценностного осмысления. Привлечение краеведческих материалов и фактов «микроистории» (событий из прошлого населенного пункта, семьи в эколого-историческом контексте) делает обучение личностно ориентированным, студенты начинают активно участвовать в процессе познания, а их жизненный опыт и прошлое становятся предметом осмысления. Назрела необходимость использовать его в полной мере для профессиональной подготовки студентов естественнонаучного профиля.

Природа всегда играла большую роль в истории России в целом и отдельных ее регионов, она властно вторгалась в жизнь общества и из ее фона превращалась в активного соучастника исторического процесса. Сибирь — не исключение.

Экологическая история — достаточно молодое научное направление. Тем не менее, в России оно активно развивается. Есть интернет-ресурсы. Интенсивно в этом направлении работает НИЛ исторических исследований СурГПУ. Ведется подготовка специалистов высшей квалификации.

Защищаются диссертации. Лаборатория участвует в реализации исследовательских проектов как совместно с партнерами, так и самостоятельно. Издаются монографии и учебные пособия (Гололобов 2013; Гололобов, 2018). Вестник СурГПУ на своих страницах публикует статьи по экологической истории. Традиционно эколого-исторической тематике посвящен декабрьский номер журнала. Разработан учебный курс «Экологическая история Сибири». Он читался историкам-магистрантам ИАИ РГГУ, аспирантам-историкам СурГПУ и экологам СурГУ. Задачи курса — информационные, просветительские, эвристические.

Отрицательные экологические последствия освоения Севера Сибири, требуют глубокого анализа, в том числе — изучения исторического опыта, позволяющего реконструировать картину сложившейся ситуации, понять логику принятия тех или иных решений, экономические, политические и иные причины, приведшие к современному состоянию экологии в регионе (Gololobov, 2021; Gololobov, 2023; Gololobov, 2023a). Комплексное изучение и преподавание в вузах экологической истории освоения человеком территории Севера Сибири и других северных регионов — реальный путь к конвергенции гуманитарного и естественнонаучного знания, подлинно междисциплинарного, комплексного подхода к изучению и решению экологических проблем.

ЛИТЕРАТУРА

Гололобов Е.И. Человек и природа на Обь-Иртышском Севере (1917–1930): исторические корни современных экологических проблем. Ханты-Мансийск: Новости Югры. 2013. 213 с.

Гололобов Е.И. Экологическая история Сибирского Севера. XX в.: поиск и анализ источников: учебное пособие. Сургут: РИОСурГПУ. 2018. 156 с.

Gololobov E.I. The North of Western Siberia in the Socioeconomic Space of the USSR: Shifting Models of Nature Use // *The Soviet and Post-Soviet Review*. 2021. № 48. P. 262–288.

Gololobov E.I. The USSR's Experience in Combating Industrial Pollution of Arctic Basin in Siberia in the Late Soviet Period (1981–1991) // *ARCTIC Journal*. 2023. № 73 (10). P. 37–44.

Gololobov E.I. “Environing” the North Fishing and Hunting in the Industrial Development of Khanty-Mansi Okrug, 1960–1975 / *Thinking Russia’s History Environmentally*. Berghahn Books. New York-Oxford, 2023a. Chapter 5. P. 123–150.

ГЕОХИМИЯ ВОД И СОСТАВ БИОСУБСТРАТОВ ЖИТЕЛЕЙ АПАТИТСКО-КИРОВСКОГО И ЛОВОЗЕРСКОГО РАЙОНОВ

GEOCHEMISTRY OF WATERS AND COMPOSITION OF BIOSUBSTRATES OF RESIDENTS OF APATITSKO-KIROVSKY AND LOVOZERSKY DISTRICTS

Дрогобужская С. В.¹, Мазухина С. И.²
Drogobuzhskaya S. V.¹, Mazukhina S. I.²

*1*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. В.И. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН; e-mail: s.drogobuzhskaya@ksc.ru
*2*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: simazukhina@mail.ru

Analysis of the chemical composition of the waters of the Central intake and gastric juice of the population showed the presence of the same set of chemical elements as in natural waters, but in much higher concentrations. The composition of gastric juice was compared with an ideal model obtained using a PC "Selector" based on literature data. Low average concentrations of Na, K, and Cl were found, compared with the ideal model, and high concentrations of P and B. REE is present in the composition of LC, selective accumulation of elements in gastric juice of different age groups was found: U, Ce, Nb, Sr, Ba, Zn, Cu predominate in group 1 (age 12–22); Mo — in group 2 (age 32–55); Zr, La — in 3-th (age 60–79 years). In the samples of bile concretions, the qualitative composition corresponds

to the composition of gastric juice, and the concentrations of elements are much higher. Stones belong to different types (pigmented, cholesterol and mixed), so the concentration of calcium varies from 0.06 to 31.4%, the maximum concentrations of Na, K, Sr, Si, Mg, Ti, Fe, Mn, Cu and P reach 0.0n-0.n%. Rare, REE and noble metals are present in the samples. The analysis of natural and drinking waters in the Lovozersky district showed the presence of REE in the composition and increased concentrations of Na in drinking waters that have undergone water treatment. The elemental composition of the hair of schoolchildren. Lovozero contains excess sodium (compared to reference values), and the average concentrations of heavy REE exceed the average values in hair samples of children living in the Chinese REE mining province.

Для профилактики неблагоприятного воздействия химических элементов на организм человека необходимо выяснить источники и пути их поступления. Основной путь — пероральный, а питьевая вода — один из источников поступления макро- и большого числа микроэлементов. Влияние Na, Mg, K и Ca на организм хорошо изучено, а вот роль редких элементов, которые в организме содержатся в следовых количествах, изучена недостаточно, но существенна, так как они являются регуляторами биологических процессов.

Заболеваемость взрослого и детского населения (по данным Федерального информационного фонда) в Апатитско-Кировском и Ловозерском районах превышает среднероссийские уровни по ряду заболеваний. Цель данной работы — оценка химического состава природных, питьевых вод и биосубстратов (желудочного сока (ЖС), желчных конкрементов и волос) жителей этих районов. Работа является продолжением исследования химического состава природных вод и их трансформации в организме человека.

Для анализа водных проб и биосубстратов использовали современные прецизионные методы (ИСП МС, ИКС, РСА). Аспирацию желудочного сока проводили по существующим протоколам, желчные биосубстраты получены после холецистэктомии (жители Апатитско-Кировского района), отбор образцов волос проведен у школьников с. Ловозеро. Термодинамическое моделирование выполняли с помощью пакета программ (ПК) «Селектор».

Анализ химического состава вод водозабора «Центральный» и ЖС ($n = 20$) населения показал наличие такого же набора химических элементов, что и в природных водах, но, в гораздо, больших концентрациях. Сравнение состава ЖС проводили с идеальной моделью, полученной с помощью ПК «Селектор», основанной на литературных данных. Установлены низкие средние концентрации Na, K, Cl по сравнению с идеальной моделью и высокие концентрации P и V. В составе ЖС присутствуют РЗЭ, что может стать причиной формирования стойкой тенденции к возникновению патологических состояний организма. Обнаружено селективное накопление элементов в ЖС разных возрастных групп: U, Ce, Nb, Sr, Ba, Zn, Cu преобладают в 1-й группе (возраст 12–22); Mo — во 2-й группе (возраст 32–55); Zr, La — в 3-й (возраст 60–79 лет). У ряда пациентов наблюдается низкий уровень Cl в желудке (гипохлоргидрия) и высокий уровень pH, причиной этого может быть возраст и лекарственные препараты.

В образцах желчных конкрементов ($n = 7$) качественный состав соответствует составу желудочного сока, а концентрации элементов значительно выше, чем в ЖС. Камни относятся к разным типам (пигментные, холестериновые и смешанные), поэтому концентрация кальция варьируется от 0.06 до 31.4%, максимальные концентрации Na, K, Sr, Si, Mg, Ti, Fe, Mn, Cu и P достигают 0.0n–0.n %. В образцах присутствуют редкие, РЗЭ и благородные металлы.

Анализ природных и питьевых вод в Ловозерском районе показал наличие в составе РЗЭ и повышенные концентрации Na в питьевых водах, прошедших водоподготовку. Элементный состав волос школьников (7–15 лет) с. Ловозеро ($n = 53$) содержит избыточный натрий (по сравнению с референтными значениями), а средние концентрации тяжелых РЗЭ превышают средние значения в образцах волос детей, проживающих в Китайской РЗЭгорнодобывающей провинции.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 24-17-00114, проект «Оценка химического состояния природных и питьевых вод Мурманской области, форм миграции, влияние на элементный статус жителей».

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

HEALTH RISK ASSESSMENT CAUSED BY THE QUALITY OF DRINKING WATER FROM SURFACE WATER SOURCES IN URBAN SETTLEMENTS OF THE MURMANSK REGION

Исаев Д. С.¹, Сергеев А. А.², Еремин Г. Б.¹
Isaev D. S.¹, Sergeev A. A.², Yeremin G. B.¹

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Санкт-Петербург; email: d.isaev@s-znc.ru

²Управление Роспотребнадзора по Мурманской области, Мурманск; email: adm@murmanpotrebnadzor.ru

In this study, a health risk assessment from drinking water consumption by the population of Olenegorsk was carried out. The initial data were the results of social and hygienic monitoring of drinking water in the water source (32 indicators), before entering the distribution network and in the network itself (26 and 15 indicators, respectively), as well as the results of monitoring surface water pollution performed by the Federal State Budgetary Institution «Murmansk Department of the Hydrometeorological Service» (24 indicators) for 2018–2022. The results of the performed health risk assessment according to the social and hygienic monitoring data did not show unacceptable levels of chronic non-carcinogenic and carcinogenic risk. According to the monitoring of «Murmansk Department of the Hydrometeorological Service», unacceptable levels of chronic non-carcinogenic risk were not revealed, and there were no indicators that cause carcinogenic risk. To clarify the causes of the discrepancy in the quality of drinking water in Olenegorsk, it is necessary to carry out in-depth studies water quality, which will determine the nature and depth of the problem and justify optimal management decisions, improve drinking water quality monitoring systems, select the regime and methods of water treatment.

Обеспечение качества питьевой воды имеет важнейшее значение для здоровья человека и является приоритетной задачей Роспотребнадзора (Клейн, Вековщина, 2020). Известно, что обеспеченность качественной питьевой водой влияет на общую продолжительность жизни всего населения (Попова и др., 2020). Качественной питьевой вода признается при соответствии гигиеническим нормативам¹. При несоответствии качества питьевой воды необходимо установить причины его ухудшения и обеспечить отсутствие угрозы здоровью населения. Наличие или отсутствие вреда здоровью определяют в соответствии с методологией оценки риска здоровью населения (Богданова и др., 2023; Исаев и др., 2023).

Согласно государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2022 году» в питьевой воде централизованной системы водоснабжения, а также источнике питьевого водоснабжения (Пермусозеро) г. Оленегорска регистрируются превышения гигиенических нормативов. Доля проб, не соответствующих по санитарно-химическим показателям в источнике водоснабжения, составляет 25%, а в распределительной сети — 20.5%. В настоящей работе представлена оценка риска здоровью населения в соответствии с актуализированным в 2024 году Руководством².

Материалы и методы: Качество питьевой воды оценивалось на соответствие гигиеническим нормативам. Исходными данными служили результаты социально-гигиенического мониторинга (СГМ) в источнике питьевого водоснабжения (32 показателя), перед поступлением в распределительную сеть и в самой сети (26 и 15 показателей соответственно), а также результаты наблюдения за загрязнением поверхностных вод, выполненные ФГБУ «Мурманское УГМС» (24 показателя) за 2018–2022 гг.

В оценку не вошли микробиологические, органолептические и обобщенные показатели, а также показатели, для которых отсутствуют референтные дозы. Расчет канцерогенного и не канцерогенного риска выполнялся отдельно для каждой из точек мониторинга.

¹ СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

² Р 2.1.10.3368-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания».

По данным УГМС были выявлены превышения только по показателю ХПК (химическое потребление кислорода). По данным СГМ в источнике водоснабжения выявлены превышения по показателям: обобщенные колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии, растворенный кислород, взвешенные вещества. Перед поступлением в распределительную сеть — цветность и однократное превышение хлора остаточного свободного. В распределительной сети — цветность, железо, хлороформ и однократное превышение по обобщенным колиформным бактериям.

Результаты выполненной оценки риска здоровью по данным СГМ не показали недопустимых уровней хронического не канцерогенного и канцерогенного риска. По мониторингу ФГБУ «Мурманское УГМС» не выявлено недопустимых уровней хронического не канцерогенного риска, показатели, обуславливающие канцерогенный риск, отсутствовали.

Приоритетным фактором по данным СГМ перед поступлением в распределительную сеть и в сети является хлороформ, в источнике — никель и свинец. Стоит отметить, что, согласно данным USEPA³, свинец обладает беспороговым действием — может обуславливать вредные эффекты при любых концентрациях. Кроме того, выявлено несоответствие показателей в перечнях СГМ при отборе проб в источнике водоснабжения, перед поступлением в распределительную сеть и в сети.

Для уточнения причин несоответствия качества питьевой воды в г. Оленегорске необходимо выполнить более глубокие исследования качества воды водоисточника и в водоразборных сетях, что позволит определить характер и глубину проблемы и обосновать оптимальные управленческие решения, усовершенствовать системы наблюдения за качеством питьевой воды, подобрать режим и методы водоподготовки.

ЛИТЕРАТУРА

Богданова В.Д., Аленицкая М.В., Сахарова О.Б. Анализ референтных доз химических соединений, поступающих перорально с питьевой водой // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 49–62. doi 10.21668/health.risk/2023.3.05. EDN МТНТКА

Исаев Д.С., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Грибова К.А., Степанян А.А., Бузинов Р.В. Обоснование временных отступлений от нормируемых показателей качества питьевой воды // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 8. С. 868–875. doi 10.47470/0016-9900-2023-102-8-868-875. EDN НТДVCP

Клейн С.В., Вековищина С.А. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 49–60. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.06

Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Клейн С.В., Глухих М.В., Камалтдинов М.Р. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 1–17. doi:10.21668/health.risk/2020.1.01. EDN LASPIL

КОРОНА ЗЕМЛИ. ЯРКИЙ ЦЕЛЬНЫЙ ПРИРОДНО-КУЛЬТУРНЫЙ МАКРОРЕГИОН

CROWN OF THE EARTH.

BRIGHT, INTEGRATED NATURAL AND CULTURAL MACROREGION

Каганский В. Л.

Kagansky V. L.

Институт географии РАН, Москва; e-mail: kaganskyw@mail.ru

Analytical synthesis of work on the Arctic Atlas, including familiarization with all cartographic and textual material for creating the text of the Introduction; other materials were also used, including the author's educational travels. A research and cultural position has been formulated that allows us to embrace and present the natural and cultural landscape of the macroregion as a whole. The extremely high and striking specificity and uniqueness of the Arctic on a planetary scale and, as a consequence, the need for non-trivial strategies for research, understanding, development

³ https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=277.

and development of the region's territories are emphasized. A general description of the Arctic as a complex landscape macroregion of the Earth is given. The special position and importance of the Russian Arctic in society, culture, economy and state is presented.

Для создания верного и полного представления о смысле Арктики на Земле необходим вид «сверху». Арктика — не совокупность северных окраин южных мест, а самостоятельное целое. Арктика — большой, реальный, целостный природный и культурный регион субглобального размера. Ее целостность задана астрономически и сильным комплексным географическим положением и семейством следствий для всех компонентов ландшафта. Арктике присуща характерная система зон концентрической циркумполярной зональности. Арктика и целостный комплексный район, и ядро огромного природного узлового макрорайона. Это водосборный бассейн с огромной территорией. Периферией Арктики является и Байкал: Ангара, вытекающая из Байкала, впадает в Енисей, Енисей — в Северный Ледовитый океан. Водосборные бассейны рек Арктики — Большой Север России, примерно 2/3 территории РФ и такая же часть всей Северной Евразии. Целостность Арктики усиливается своеобразием воздушных масс и естественной климатической границей — атмосферным арктическим фронтом. Арктику как целое маркируют и эндемичные биологические таксоны и сообщества и «эндемичные» этнокультурные сообщества и хозяйственно-культурные типы.

Регион Арктика существует реально, он дан и обыденному сознанию, очерчиваясь целым пучком близких, но не совпадающих границ; это обычно для сложных регионов. Это и граница полярной ночи, и граница леса, и граница земледелия и т.д.

Это самая своеобразная цивилизация Земли. Цивилизация в основном в ночи; единственная цивилизация без земледелия; почти вся пища животного происхождения. Полная противоположность остальным цивилизациям — ночная зимняя северная цивилизация без сельского хозяйства на очень бедной и очень хрупкой природной основе, научившаяся экологически оптимальному образу жизни!

Хотя Север, Юг, Запад, Восток – понятия географические, а не национальные, Россия — самая главная и самая большая северная страна. Чисто топографически российский сектор Арктики самый длинный, включая сушу и шельф, наибольший. Россия вместе с Канадой одна из двух самых северных стран — стран, в ландшафте, хозяйстве и государстве которых северные районы особо важны. Но Россия куда «севернее» - на сопоставимых широтах в России есть важные производства, которых нет в Канаде.

В пространстве России, по меньшей мере, с 17 века Арктика играет роль замыкания: Север связывает Россию. Если понимать скрепы буквально географически, то именно Север — скрепа России как страны и Российского государства территориально, финансово и символически. Арктика — существеннейшая часть России и, как ни странно, ее (северное) ядро.

Государственный бюджет РФ и многих миллионов бюджетников и пенсионеров — выражение роли Арктики в современной российской жизни. Без ресурсов Севера хозяйство страны было бы другим.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас «Российская Арктика. Пространство, время, ресурсы». ООО «Феория». Москва, 2019. ISBN 978-5-91-796-066-1, 796.

Каганский В.Л. Корона Земли // «Семь искусств». № 10 (103), октябрь 2018. URL: <https://7i.7iskusstv.com/2018-nomer10-kagansky/>.

ПОЛОВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАРУШЕНИЙ СНА У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА SEX AND AGE DIFFERENCES OF SLEEP DISTURBANCES IN RESIDENTS OF THE NORTH

Канева А. М.
Kaneva A. M.

Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: amkaneva@mail.ru

Contrasting daylight conditions in the North have a significant impact on humans. Changes of daylight duration cause transformation of hormonal and metabolic profiles in northerners, which can lead to functional disorders including

sleep disturbances. The aim of this study was to determine features of sleep disturbances among residents of the North. This cross-sectional study included 1318 men and 1386 women aged 20-79 years selected from a random population of Arkhangelsk. Subjects were divided into four age subgroups, spanning 15 years each. The prevalence of sleep disturbances was significantly higher in women than in men. The incidence of sleep disturbances increased with age. Most respondents indicated problems with sleep in winter. The influence of sex, age and season on sleep disturbances in residents of the North should be taken into account when developing preventive measures to preserve and improve the health of the population living in high latitudes.

Сезонная смена светового режима на Севере оказывают значительное влияние на организм человека. Световой фактор вызывает изменение гормонального профиля у северян, обуславливая метаболические и физиологические сдвиги, которые могут привести к функциональным расстройствам, в том числе — к нарушению сна (Бойко, 2005). Неполноценный сон, в свою очередь, заметно ухудшает качество жизни человека, снижает работоспособность и приводит к психологическим проблемам. Целью данной работы было изучение структуры нарушений сна у жителей Севера. Работа выполнена по дизайну «одномоментное популяционное исследование» на случайной репрезентативной выборке неорганизованного населения г. Архангельска. Анкетирование прошли 1318 мужчин и 1386 женщин в возрасте от 20 до 79 лет. Деление на возрастные группы осуществлялось с шагом 15 лет: 20–34, 35–49, 50–64 и 65–79 лет.

Частота нарушений сна была значимо выше у женщин, чем у мужчин (35% против 12% соответственно, $p < 0.001$) и закономерно увеличивалась с возрастом: у мужчин с 4% в младшей возрастной группе до 31% в старшей, у женщин с 18% до 68% соответственно. Большинство респондентов обоего пола во всех возрастных группах указывали на проблемы со сном в зимний период, что объясняется смещением циркадианных ритмов в результате сдвига времени начала и продолжительности секреции мелатонина (Бочкарев и др., 2019; Arendt, 2006). Минимальная частота нарушений сна у мужчин и женщин во всех возрастных группах наблюдалась весной и летом. Мужчины младшей возрастной группы наиболее часто указывали на трудности засыпания (62%) и пробуждения (31%). Мужчины из средних возрастных групп (35–49 и 50–64 лет) жаловались на частые пробуждения в течение ночи (41 и 55%) и отсутствие ощущения отдыха после сна (30 и 62%). Возрастные мужчины (65–79 лет) отмечали частые пробуждения в течение ночи (76%), трудности засыпания (53%), раннее пробуждение (42%) и отсутствие ощущения отдыха после сна (40%). У женщин во всех возрастных группах преобладали трудности засыпания (37–65% в зависимости от возраста), частые пробуждения в течение ночи (44–72%) и отсутствие ощущения отдыха после сна (44–52%). Кроме того, 44% женщин из младшей возрастной группы указывали на трудности пробуждения.

Наблюдаемые половозрастные особенности нарушений сна у северян согласуются с результатами крупномасштабного исследования «Эпидемиология сердечнососудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации (ЭССЕ-РФ)», проведенного в 2012–2014 гг. в 13 регионах РФ (Бочкарев и др. 2018). Выявленные половые, возрастные и сезонные различия в структуре нарушений сна у жителей Севера могут быть использованы при разработке профилактических мер по сохранению и укреплению здоровья населения, проживающего в высоких широтах.

ЛИТЕРАТУРА

Бойко Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН. 2005. 190 с.

Бочкарев М.В., Коростовцева Л.С., Фильченко И.А. и др. Социально-демографические аспекты инсомнии в российской популяции по данным исследования ЭССЕ-РФ // Ж. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2018. Т. 118. № 4. С. 26–34.

Бочкарев М.В., Коростовцева Л.С., Коломейчук С.Н. и др. Роль сна и изменений ритма сна — бодрствования в адаптации к условиям Арктики // Вестник уральской мед. академ. науки. 2019. Т. 16. № 2. С. 86–95.

Arendt J. Melatonin and human rhythms // *Chronobiol. Int.* 2006. Vol. 23. N 1-2. P. 21–37.

**ТЕХНОЛОГИИ ОБЩЕСТВЕННОГО УЧАСТИЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИКЕ**

**TECHNOLOGIES OF PUBLIC PARTICIPATION FOR ENSURANCE
ENVIRONMENTAL SECURITY IN THE ARCTIC**

Ключникова Е. М.
Klyuchnikova E. M.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: e.klyuchnikova@ksc.ru*

The purpose of the research presented in the report was to identify the most appropriate methods of public participation in the processes of ensuring environmental safety in the Arctic. The need for public participation is justified by the fact that environmental safety is directly related to the protection of vital interests of the individual. The citizen science methodology was chosen as the most adequate for collecting data in order to study the vital interests of the individual in the context of environmental protection. Specific methods of citizen science are structured, which are divided into methods that collect the subjective knowledge of volunteers, methods of delegating research tasks to volunteers, and methods of geographic information systems for public participation. It has been suggested that for studying issues related to environmental safety in the Arctic, GIS methods of public participation may be the most effective.

Экологическая безопасность определена российским законодательством как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Включение в определение экологической безопасности понятия «жизненно важные интересы человека» кроме утверждения связанности и взаимозависимости вышеназванных понятий, предполагает также и определение того, что жизненно важно для человека и как принимаемые решения влияют на жизненно важные интересы людей. Без включения человека в систему сбора информации об изменениях окружающей среды и их влияния на людей невозможно принимать решения в целях обеспечения экологической безопасности.

В настоящий момент разработан большой спектр технологий учета мнения людей по вопросам, касающимся окружающей среды. Системой таких технологий в научной среде является гражданская наука, которая объединяет множество методов информационно-пропагандистской работы для общества со сбором научных данных с участием добровольцев на местном, региональном и других уровнях (Cooper et al., 2007). Набор специфических методов гражданской науки постоянно расширяется, а сами методы развиваются. Методы гражданской науки можно подразделить на несколько направлений. Первое направление включает онлайн опросы, этнографические методы, различные виды интервьюирования, в том числе в целях оценки стоимости нематериальных ресурсов (метод желаний платить), фокус-группы, игры и игровые технологии, форсайт-сессии. Эти методы ученые используют для получения информации, связанной с субъективными оценками, личными знаниями и строительством планов. Второе направление включает в себя наблюдение и документирование результатов этого наблюдения различными способами, выполнение микрозадач в рамках крупных проектов, привлечение к решению научных задач широкого круга лиц на добровольных началах, используя различные способы привлечения добровольцев (Couch et al., 2019). Эти методы основаны на том, что подготовленным добровольцам доверяется проведение рутинных исследовательских операций. Часто ключевым элементом этих методов является использование возможностей сети интернет. Не так давно начало разрабатываться третье направление: геоинформационные системы общественного участия (на английском PPGIS — public participatory GIS). Преимуществами ГИС общественного участия как инструмента сбора и анализа данных в рамках пространственного исследования аспектов экологической безопасности в Арктике являются — субъектность, субъективность, гибкость, точность, тиражируемость и привязка к местности.

Предположительно, для сбора объективной информации о жизненно важных интересах человека в контексте охраны окружающей среды в Арктике наиболее подходят ГИС общественного участия. Подготовка и проведение такого рода исследований требуют междисциплинарных усилий.

ЛИТЕРАТУРА

Cooper C., Dickinson J., Phillips T., Bonney R. Citizen science as a tool for conservation in residentail ecosystems // *Ecology and Society*. 2007. Vol. 12 (2). URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art11/> (дата обращения 23.12.2023)

Couch J., Theisz K., Gillanders E. Engaging the Public: Citizen Science. In: Hall K., Vogel A., Croyle R. (eds) *Strategies for Team Science Success*. Springer, Cham. 2019. P. 159–167. doi: 10.1007/978-3-030-20992-6_12

**ВОЗРАСТНАЯ УЯЗВИМОСТЬ К ВРЕДНЫМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ
ФАКТОРАМ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

**AGE-RELATED VULNERABILITY TO OCCUPATIONAL HAZARDS
IN WORKPLACES IN THE FAR NORTH**

Ковшов А. А.^{1,2}, Никанов А. Н.¹, Еремин Г. Б.¹
Kovshov A. A.^{1,2}, Nikanov A. N.¹, Eremin G. B.¹

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья»,
Санкт-Петербург; email: a.nikanov@s-znc.ru

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
Минздрава России, Санкт-Петербург; email: a.kovshov@s-znc.ru

According to the results of periodic medical examinations, among the 760 workers of the refining shop of the Kola Mining and Metallurgical Company who underwent periodic medical examinations, 205 people were classified as at risk group, and 17 had a preliminary diagnosis of an occupational disease. The highest rate of pre-diagnoses of occupational diseases was observed among workers over 50 years of age (5.4%). The frequency of workers classification into the risk group increased with their age to 11.6, 20.1, 32.1, and 46.2% in age groups, under 30, 30–40, 40–50, and over 50 years old, respectively. For work experience of less than 10 years, the highest frequency of workers from the risk group was observed among people aged 30 years and younger (11.6%). Thus, despite the effect of the harmful professional hazards accumulation with the age increasing, workers with less than 10 years of work experience aged 30 years and younger are the most vulnerable. This requires improvement of preventive measures at the KMM Company.

В России во вредных или опасных условиях труда заняты 36.1% работников (без учета субъектов малого предпринимательства), в металлургических производствах удельный вес таких работников составляет 69.6% (rosstat.gov.ru). Поскольку состояние здоровья человека находится в прямой зависимости от условий труда, закономерно, что до 70% населения России за 10 лет до достижения пенсионного возраста имеют хронические заболевания, в т.ч. потенциально связанные с условиями труда (Измеров, 2007). Это требует разработки эффективных мер управления профессиональными рисками, в особенности в АЗРФ, где из-за повышенной восприимчивости организма к ряду вредных факторов (Никанов и др., 2013) возможно изменение возрастной уязвимости к их действию.

Цель исследования — определить удельный вес работников с нарушениями здоровья с учетом возраста и стажа работы на примере рафинировочного цеха Кольской горно-металлургической компании. Проанализированы результаты углубленных периодических медицинских осмотров, проведенных НИЛ ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», и данные производственного контроля рабочих мест рафинировочного цеха за 2015 г. Определены доли лиц с предварительным диагнозом профзаболевания и лиц, отнесенных к группе риска развития профзаболеваний (имеющих начальные признаки воздействия вредных производственных факторов). Исследованы возрастные групп: до 30 лет, 30–40, 40–50, старше 50 лет, с учетом стажа работы во вредных условиях менее 10 лет, 10–20, 20–30 и более 30 лет.

Большинство рабочих мест в рафинировочном цехе характеризуются повышенными концентрациями сложных аэрозолей, содержащих никель-медный феррит и ди-железо-три-оксид. Наиболее высокий класс опасности условий труда (3.4) установлен на рабочих местах обжигальщика и дробильщика

(превышение ПДК до 40.8 раз). Класс 3.3 отмечается на рабочих местах электромеханика, электрогазосварщика, слесаря-ремонтника и обжигальщика (превышение норматива до 18.3 дБА). На многих рабочих местах регистрируется повышенный шум.

Из 760 работников, прошедших периодический медосмотр, 205 были отнесены к группе риска, и у 17 установлен предварительный диагноз профзаболевания. Наиболее высокая частота предварительных диагнозов профзаболевания отмечена у работников старше 50 лет (5.4%, из них 71.4% работали более 20 лет). В возрастной группе 40–50 лет частота составила 3.3% (из них 87.5% со стажем 20–30 лет), среди работников 30–40 лет — 0.7% (все со стажем менее 20 лет). Чаще всего в качестве предварительного диагноза профзаболевания был установлен хронический бронхит (70.6%), реже — бронхиальная астма и шумовые эффекты внутреннего уха (по 11.8%) и радикулопатия (5.8%).

С возрастом работников растет частота их отнесения к группе риска: до 30 лет — 11.6%, 30–40 лет — 20.1%, 40–50 лет — 32.1%, более 50 лет — 46.2%. Установлена значимая корреляция между возрастом и стажем работы (коэф. корреляции Спирмена 0.634, $p < 0.001$), свидетельствующая о большей уязвимости отдельных возрастных групп к действию вредных производственных факторов при меньшем стаже работы. Так, при стаже менее 10 лет, наиболее высокая частота лиц, отнесенных к группе риска, отмечена среди работников в возрасте до 30 лет (11.6%, из них у 71.4% обнаружены хронические болезни нижних дыхательных путей), тогда как в возрастных группах 30–40, 40–50 и более 50 лет частота составила 3.0, 2.5 и 2.3% соответственно.

Таким образом, несмотря на накопление эффектов вредных производственных факторов с возрастом работников, при стаже работы менее 10 лет наиболее уязвима категория в возрасте до 30 лет, особенно в отношении химических веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Этот факт требует совершенствования профилактических мероприятий на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

Измеров Н.Ф. Национальный проект «Здоровье» — роль медицины труда // Медицина труда и промышленная экология. 2007. № 12. С. 4–8.

Никанов А.Н., Чащин В.П., Дардынская И. [и др.] Рискоориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека, 2019. № 2. С. 12–20.

Удельный вес численности работников организаций, занятых на работах с вредными и(или) опасными условиями труда, по Российской Федерации по отдельным видам экономической деятельности (на конец 2022 г.) (без субъектов малого предпринимательства) / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/opendata/7708234640-employeesactivity2022> (дата обращения 12.02.2024).

КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕВЕРА СИБИРИ И АРКТИКИ (1970–1980 ГОДЫ) CONCEPTS FOR CREATING A COMFORTABLE URBAN ENVIRONMENT UNDER THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE NORTH OF SIBERIA AND THE ARCTIC (1970-1980)

Ляхов М. И.
Lyakhov M. I.

Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, ХМАО — Югра; e-mail: lyamigor86@gmail.com

The article is devoted to the analysis of Soviet scientific thought in the field of formation of the urban environment in the North of Siberia and the Arctic. Emphasis is placed on the diversity of scientific disciplines that have made attempts to solve the problems of northern settlements arrangement. Options for creating a favorable environment for industrial workers have been identified, taking into account the climatic conditions of the regions. It is concluded that the application of the proposed concepts would make it possible to solve the problems and contradictions of the Soviet experience in the development of the North.

Освоение Севера Сибири и Арктики поставило перед советским правительством задачу решить проблему обустройства поселений для новоприбывших работников промышленности. Ситуация осложнялась наличием суровых климатогеографических условий в регионах. В течение 1970-х — 1980-х годов сформировались теоретические концепции создания комфортной городской среды на Севере Сибири и Арктике. Активная фаза разработок совпала с формированием Западно-Сибирского нефтегазового комплекса и Норильского промышленного района, ставшими площадками для применения новых градостроительных идей.

Поскольку суровый климат являлся одной из основных проблем для формирования поселений на Севере, были предложены варианты сокращения пребывания человека на открытом пространстве. Среди них — строительство домов-комплексов. Однако, возник вопрос об акклиматизации населения и формировании физически здорового постоянно проживающего населения (Назарова, 1973).

Не меньшую озабоченность в градостроительных кругах вызывали высокая скорость ветра в комплексе с низкими температурами. В результате жителям городов надо были перемещаться между городскими объектами как можно быстрее с минимальным вредом для здоровья. С этой целью для территорий Крайнего Севера рекомендовалось не допускать создания ограждений, киосков, опор светильников. Рекомендовалось также озеленять кустарниковыми насаждениями улицы и проезды. В противном случае, происходило образование снегоотложений, затруднялась механизированная снегоуборка. Освещение улиц предлагалось закреплять на зданиях, киоски располагать за границами территорий общего пользования в разрывах между домами. Обеспечение населения объектами торговли, обслуживания, образования и культуры предлагалось в шаговой доступности к остановкам городского транспорта с размещением их в первых этажах жилых зданий (Назарова, 1973). Кроме того, выявилась необходимость уменьшать радиусы их обслуживания.

Специалистами изучались процессы акклиматизации населения. Предлагалось сохранить в составе городов Севера Сибири постоянно живущего населения, поскольку оно уже прошло адаптацию к местному климату. Частая текучесть кадров, особенно в южные районы страны, способствовало появлению временно нетрудоспособного населения, и не решало проблемы дефицита людских ресурсов, усугубляло выполнение плановых задач (Мисевич, 1988).

Вариантом создания благоустроенной городской среды виделось создание зимних садов. Важно было обеспечить необходимый микроклимат. Делался акцент на обеспеченности в летнее время естественной инсоляции растений, а в зимнее время — освещением лампами дневного света (Крючков, 1987). Исследователи определили не только виды растений, но и оформили рекомендации по расположению их как в помещениях, так и на открытом пространстве (Крушлинский, 1986).

В результате специалисты в области естественных, технических и гуманитарных дисциплин сформировали новые подходы к обустройству поселений в северных широтах страны. В комплексе новые концепции решали ряд назревших проблем и противоречий. Прежде всего, стало бы возможным рационализировать затраты на освоение сложных с экономической точки зрения регионов. Появились варианты преодоления проблемы дефицита подходящей для строительства территории. Кроме того, в представлении специалистов минимизировалось антропогенное влияние на сложно восстанавливаемую природную среду. Предлагались новые идеи по вопросу адаптации приезжего населения к местным условиям.

В настоящее время у правительства имеются планы на дальнейшее изучение и промышленное освоение арктического региона. Необходимо анализировать опыт предыдущих как реализованных, так и не реализованных проектов по созданию комфортных поселений. Анализ и применение наиболее перспективных идей позволит балансировать между экологическим и экономическим принципами освоения Севера.

ЛИТЕРАТУРА

Крушлинский В.И. Город и природа Сибири: архитектурно-планировочные аспекты. Красноярск: Издательство Красноярского университета. 1986. 231 с.

Крючков В.В. Север на грани тысячелетий. Москва: Мысль. 1987. 268 с.

Мисевич К.Н. Географическая среда и условия жизни населения Сибири. Новосибирск: Наука. 1988. 118 с.

Назарова Л.Г. Опыт проектирования и строительства городов Крайнего Севера: (На примере Норильска). Москва: Стройиздат. 1973. 176 с.

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДОПРОВОДНЫХ ВОД Г. МУРМАНСКА ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF TAP WATER OF MURMANSK

Мазухина С. И.¹, Дрогобужская С. В.², Ионов Н. В.³, Рыбаченко В. В.³
Mazukhina S. I.¹, Drogobuzhskaya S. V.², Ionov N. V.³, Rybacenko V. V.³

¹*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: simazukhina@mail.ru*

²*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. В.И. Тананаева ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: s.drogobuzhskaia@ksc.ru*

³*Мурманский Арктический университет; e-mail: Nikolaiionov95@gmail.com; vvrybacenko@mail.ru*

Chemical analyses of tap water from 3 districts of Murmansk are presented. It was found that the chemical compositions of waters in different districts differ in pH values and concentrations of macro components (Na, Cl, SO₄²⁻). A comparison of the chemical compositions of Murmansk tap waters with the chemical composition of drinking waters of the “Tsentralny” intake (Kirovsk) indicates higher concentrations of Ca, Mg, Sr, Ba, La, Ce and lower concentrations of F, Al, NO₃⁻, Na, HCO₃⁻, U and pH values. From the point of view of usefulness, tap water does not meet the criteria of usefulness for all components. According to the data, the morbidity rate of the adult population of the region with neoplasms, stomach ulcers and 12-point intestine exceeds the average Russian level (especially in Apatity and Kirovsk), while the incidence rate in Murmansk is below the average Russian level.

В Стратегии социально-экономического развития Мурманской области на период до 2025 г. указана важность обеспечения население региона качественной и безопасной питьевой водой. Основные проблемы в этом плане обусловлены не только качеством природных вод, но и их загрязнением в процессе технологической подготовки и транспортировки по водопроводным сетям. В последние годы в регионе активизирована поставка бутилированной питьевой воды, что существенно снижает риски для здоровья, однако население необходимо снабжать не только безопасной, но и физиологически полноценной питьевой водой, поскольку снижение дефицита полезных и незаменимых макро- и микроэлементов только за счет продуктов питания пока не достигается в силу разных причин (Стратегия, 2018). В 2022 г. качество питьевой воды из распределительной сети централизованного водоснабжения ухудшилось, в среднем по Мурманской области доля проб питьевой воды, не укладывающихся в гигиенические нормативы по санитарно-химическим показателям, составила 11.6%, по микробиологическим показателям — 0.98 % (Материалы, 2023). В круг научных исследований ИППЭС КНЦ РАН и авторов доклада входит изучение с помощью физико-химического (термодинамического) моделирования процессов формирования химического состава вод (природных и техногенных), форм миграции элементов в питьевой воде, их влияние на организм человека.

С целью исследования химического состава питьевых вод и оценки их полезности был проведен отбор проб вод централизованного водоснабжения (осень 2023 г.) в 3-х округах г. Мурманска: Октябрьском, Ленинском и Первомайском. Анализ аналитических данных позволяет сделать следующие выводы: химические составы вод отличаются по значениям pH и макрокомпонентам (Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻) в различных округах города Мурманска. Ленинский район отличается более высокими концентрациями Na (10.7–11.1 мг/л) и Cl — 18.6 мг/л, низкими значениями pH (5.9–6.3), в остальных — pH (6.8–6.9). Возможно, это связано с водоподготовкой — добавлением к природным водам с целью обеззараживания NaOCl или других реагентов (Мазухина и др., 2023). Сопоставление химических составов вод в различных районах города Мурманска с химическим составом питьевых вод водозабора «Центральный» города Кировск указывает на более высокие концентрации Ca, Mg, Sr, Ba, La, Ce и более низкие концентрации F, Al, NO₃⁻, Na, HCO₃⁻, U и pH (Мазухина и др., 2020). Значения pH питьевой воды во всех районах города Мурманск <7, тогда как в водах водозабора «Центральный» значения pH > 8 в 5-ти скважинах. Согласно данным (Материалы, 2023), уровень заболеваемости взрослого населения городов Апатиты и Кировск новообразованиями, язвой желудка и двенадцатиперстной кишки превышает среднероссийский уровень, в то время как уровень заболеваемости в городе Мурманск ниже

среднероссийского уровня. С точки зрения полезности (основываясь на нормативах, применяемым для бутилированных вод) концентрации некоторых основных компонентов в водах должны входить в следующие интервалы, мг/л: Na (2–20); Ca (25–80), K (2–20), Mg (5–65), Al (0.1), значения pH 6.5–8.5. В водопроводных водах города Мурманск концентрации макрокомпонентов находятся в следующих диапазонах (мг/л): Na (4.65–11.5), Ca (2.4–3.1), K (0.46–0.74), Mg (1.20–1.24), Al (0.044–0.125). Это показывает, что водопроводная вода в городе Мурманск не по всем компонентам отвечает критериям полезности.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 24-17-00114, проект «Оценка химического состояния природных и питьевых вод Мурманской области, форм миграции, влияние на элементный статус жителей».

ЛИТЕРАТУРА

Мазухина С.И., Дрогобужская С.В., Сандимиров С.С., Маслобоев В.А. Особенности изменения химического состава питьевой воды в результате водоподготовки (с. Ловозеро, Кольский полуостров) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334. № 10. С. 243–252. doi:10.18799/24131830/2023/10/4147.

Мазухина С.И., Максимова В.В., Чудненко К.В., Маслобоев В.А., Сандимиров С.С., Дрогобужская С.В., Терещенко П.С., Пожиленко В.И., Гудков А.В. Качество вод Арктической зоны Российской Федерации: физико-химическое моделирование формирования вод, формы миграции элементов, влияние на организм человека: монография / Апатиты: Из-во ФИЦ КНЦ РАН, 2020. 158 с.

Материалы для государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2022 году». Мурманск: 2023. 226 с. <https://51.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения 29.02.2024).

Стратегия социально-экономического развития Мурманской области на период до 2025 г. 2018. 139 с. <https://www.economy.gov.ru> (дата обращения 27.02.2024).

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛНОЦЕННОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДОИСТОЧНИКА ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ОЛЕНЕГОРСКА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ASSESSMENT OF PHYSIOLOGICAL USEFULNESS OF DRINKING WATER FROM A SURFACE WATER SOURCE IN AN URBAN SETTLEMENT OF MURMANSK REGION

Маркова О. Л.¹, Сергеев А. А.², Исаев Д. С.¹
Markova O. L.¹, Sergeev A. A.², Isaev D. S.¹

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
Санкт-Петербург; e-mail: olleontar@mail.ru

²Управление Роспотребнадзора по Мурманской области, Мурманск; email: adm@murmanpotrebnadzor.ru

Abstract. Information on physiological full value of drinking water from centralized water supply system of Olenegorsk settlement is reported. An assessment of vital macro- and microelement concentrations in source water, in distribution network water, and in water before entering the distribution network was made. Drinking water quality analysis was carried out according to 9 indicators of physiological usefulness. Studies have shown a deficiency in the supply of essential elements under study. Percentage of minerals in drinking water, as compared to physiological need standards was found to range from 0.07 to 1.9% for men, from 0.05 to 1.4% for women, and from 0.05 to 0.9% for 3–6 year-aged children, WHO recommended standard being 20%.

Состав поверхностных вод в значительной степени зависит от местных геологических, гидрологических и климатических условий. Химический состав поверхностных вод значительно различается от региона к региону. Качество питьевой воды, согласно санитарному законодательству, определяется соответствием ее состава гигиеническим нормативам. И, хотя нормативы установлены

с учетом предупреждения негативных эффектов избыточного поступления химических веществ, появляются данные, обращающие внимание на дефицит поступления ряда эссенциальных элементов с питьевой водой по сравнению с физиологической потребностью в них (Маркова и др., 2023; Сеницына и др., 2020; Степанян и др., 2023).

Цель работы состояла в проведении оценки физиологической полноценности питьевой воды подаваемой населению города Оленегорска централизованной системой водоснабжения.

Источником водоснабжения в городе Оленегорске является озеро Пермус. Питание озера — поверхностное, в основном за счет ручьев, впадающих в него с различных направлений, а также талых снеговых вод и дождей, кроме того, значительную роль в питании озера играют подземные воды. Пройдя установленные этапы очистки и обеззараживание жидким хлором, вода из резервуаров чистой воды поступает в разводящую сеть города.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: определен перечень исследуемых макро- и микроэлементов; рассчитаны концентрации элементов (медианы) за период наблюдений с 2018 по 2023 гг., рассчитаны величины суточного потребления минеральных веществ для различных групп населения, поступающих в организм при употреблении питьевой воды и определен вклад водного фактора в общее потребление минеральных веществ с учетом методических рекомендаций МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», для двух групп взрослого населения — мужчин и женщин старше 18 лет (при ежедневном употреблении воды в объеме 2 литров) и детей в возрастной группе 3–6 лет (при ежедневном употреблении воды в объеме 1 литр).

Материалы и методы. В работе проанализированы результаты 36 проб питьевой воды источника питьевого водоснабжения по 9 показателям. Данные по гидрохимическим показателям озера Перкус (озерный гидрологический пост) за период 2018–2023 гг. предоставлены ФГБУ «Мурманское УГМС». Данные по санитарно-химическим показателям качества питьевой воды, поступающей потребителям, формировались на основе результатов социально-гигиенического мониторинга: в месте водозабора, перед поступлением в распределительную сеть и в распределительной сети за 2018–2022 гг.

К сожалению, существующие системы мониторинга не включают в себя полный перечень эссенциальных элементов — 18 показателей. Как правило в программах отсутствуют такие показатели как, селен, молибден, хром, фториды, йод, кобальт, ванадий, кремний. Поэтому, расчеты проводились по тем показателям, которые присутствуют в уже существующих системах.

Вопросами обеспечения потребности человека в эссенциальных элементах в основном занимаются специалисты в области гигиены питания, которые в своей практике не учитывают роль водного фактора, хотя ВОЗ рекомендует нормировать химические вещества в питьевой воде с учетом их поступления с пищевыми продуктами.

Согласно последним предложениям ВОЗ и Комитета экспертов FAO/ВОЗ по пищевым добавкам для токсичных металлов, процент потребления жизненно необходимых элементов с питьевой водой рассчитывается исходя из 20% от общего суточного потребления. Именно с этим значением мы проводили сравнение полученных концентраций компонентов в питьевой воде.

Выполненная оценка питьевой воды, говорит о дефиците поступления исследуемых эссенциальных элементов, процент удовлетворения физиологических потребностей по всем показателям и системам мониторинга не достигал до 2%. Особое внимание необходимо обратить на поступление жизненно необходимых минералов с питьевой водой для детей, в связи с особенностями развития детского организма (Сеницына и др., 2020).

Питьевая вода г. Оленегорска в 100% проб не удовлетворяют критерию физиологической полноценности воды на всех этапах водоподготовки: от водозабора до потребителя. Стоит отметить, что проведение водоподготовки воды не влияет на содержание эссенциальных компонентов, а их содержание является характерной особенностью природного источника питьевой воды. Процентное содержание минеральных веществ в питьевой воде при сравнении с нормами физиологической потребности находится в диапазоне от 0.07 до 1.9% для мужчин; от 0.05 до 1.4% для женщин и от 0.05 до 0.9% для детей от 3–6 лет при рекомендуемом ВОЗ 20%. Особое внимание необходимо обратить на поступление жизненно необходимых минералов с питьевой водой для детей, в связи с особенностями развития детского организма (Сеницына и др., 2020).

Также можно отметить, что соответствие содержания микро- и макроэлементами значениям предельно допустимых концентраций не гарантирует их поступления в количестве, удовлетворяющем физиологические потребности организма в них.

Можно сказать, что содержание жизненно необходимых элементов представляют собой определенную проблему при установлении регламентирующих норм, поскольку как слишком низкое, так и слишком высокое потребление может вызвать вредные последствия для здоровья. Сложность задачи состоит в том, что необходимо сбалансировать жизненную необходимость эссенциальных компонентов с их токсическими эффектами для здоровья населения. Целесообразно разработать методы расчета рисков для здоровья человека при употреблении питьевой воды, который учитывал бы предельные значения недостаточного и избыточного потребления эссенциальных микроэлементов.

Обобщая полученные результаты по оценке физиологической полноценности питьевой воды г. Оленегорска, можно констатировать, что необходимо разработать адресные профилактические программы, направленные на восполнение дефицита микро- и макроэлементов в организме. К ним можно отнести включение в рацион продуктов, богатых микроэлементами, или прием биологически активных добавок, содержащих дефицитные микро- и макроэлементы.

ЛИТЕРАТУРА

Маркова О.Л., Степанян А.А., Еремин Г.Б., Исаев Д.С., Мозжухина Н.А. Оценка физиологической полноценности питьевой воды подземных источников Ленинградской области // Эрисмановские чтения – 2023. Новое в профилактической медицине и обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения: материалы Всероссийского научного конгресса с международным участием (Мытищи, 2023). М.: ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора. 2023. С. 180–182.

Синицына О.О., Плитман С.И., Амплеева Г.П., Гильденскиольд О.А., Ряшенцева Т.М. Эссенциальные элементы и их нормирование в питьевой воде // Анализ риска здоровью. 2020. № 3, С. 30–38. doi:10.21668/health.risk/2020.3.04.

Степанян А.А., Исаев Д.С., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Шилов В.В. Проблемы обеспечения населения Ленинградской области полноценной питьевой водой из подземных источников // Токсикологический вестник. 2023. Т. 31, № 6 (ноябрь-декабрь), 400–406. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2023-31-6-406-412>.

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

TERRITORIAL ANALYSIS OF ECO-DEPENDENT MORBIDITY IN THE MURMANSK REGION

Мартынова А. А.^{1,2}
Martynova A. A.^{1,2}

¹Научно-исследовательская лаборатория Федерального бюджетного учреждения науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», Кировск, Мурманская область

²Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: a.martynova@ksc.ru

Eco-dependent morbidity refers to diseases in which the influence of environmental factors plays a decisive (aetiological) role. The high level of industrialisation in the Murmansk Oblast creates sources of local environmental pollution that contribute to the mosaic of eco-dependent morbidity. We analysed eco-dependent morbidity using data from patients diagnosed for the first time in their lives in 2011–2020 among children (0–14), adolescents (15–17) and adults. The results made it possible to distinguish areas with different levels of environmentally related diseases. The first group (high level of morbidity) included Murmansk city, Lovozero and Kola districts. The second group (average level of morbidity) includes the cities of Apatity, Кировск and Оленегорск, Tersky and Kovdorsky districts. The third group (low morbidity) includes the districts of Мончегорск, Печенга and Кандалакша. It is necessary to study in more detail the high morbidity of the child population in the areas of low technogenic influence.

Неблагоприятные природно-климатические условия Арктических территорий, куда относятся и Мурманская область, оказывают значительное влияние на здоровье человека. Дополнительным усугубляющим фактором по отношению к «базовым» неблагоприятным природно-климатическим условиям выступает техногенный фактор, способствующий росту заболеваемости. Заболевания, в возникновении которых решающая (этиологическая) роль принадлежит воздействию факторов окружающей среды, относят к экозависимым. Высокий уровень индустриализации области создает источники локального загрязнения, что способствует мозаичности экозависимой заболеваемости. Территориальный анализ основных экозависимых заболеваний носит актуальный характер.

Для анализа использовали данные пациентов (детей 0–14 лет, подростков 15–17 лет и взрослых) с диагнозом, установленным впервые в жизни в период 2011–2020 гг.

Загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами является ведущим фактором риска заболеваемости и смертности; маркером являются патологии органов дыхания. Высокий уровень заболеваемости органов дыхания выявлен у детей, проживающих в г. Мурманске, Ловозерском, Терском и Кольском районах, у подростков — в Мурманске и Кировске, Ловозерском и Терском р-нах, у взрослого населения — в городах Апатиты, Кировск и Оленегорск.

Новообразования проявляют высокую зависимость от качества окружающей среды, главным образом — от состояния атмосферного воздуха. Наиболее высокий среднееголетний показатель новообразований отмечен среди: детей в Мурманске и Ловозерском р-не, подростков — в Мурманске, Ловозерском и Терском р-нах, взрослых — в Апатитах, Мончегорске, Ковдорском и Ловозерском р-нах.

Высокий уровень кожных заболеваний связанных с загрязнением атмосферного воздуха, среди детей отмечается: в г. Оленегорске, Кандалакшском и Ловозерском р-нах; подростков — в Ловозерском и Ковдорском р-нах, Оленегорске; взрослых — в Ловозерском и Печенгском р-нах и Апатитах.

Среди болезней, ассоциированных с водным фактором, приоритетными являются патологии мочеполовой и косно-мышечной систем. Высокий уровень заболеваемости мочеполовой системы отмечается среди детей и подростков в Мурманске, Апатитах и Кольском р-не, взрослых — в Ковдорском и Кандалакшском р-нах и в Кировске. Высокий уровень заболеваемости костно-мышечной системы среди детей и подростков выявлен в Мурманске, Апатитах и Кольском р-не, взрослых — в Ковдорском и Кандалакшском р-нах и в Кировске.

В адаптациях организма к неблагоприятным воздействиям ключевую роль играет эндокринная система, первой реагирующая на изменения окружающей среды. Высокий уровень заболеваемости эндокринных органов среди детей отмечается в Мончегорске, Мурманске и Кольском р-не; подростков — в Мурманске, Оленегорске и Кольском р-не; взрослого населения — в Апатитах, Мончегорске и Кольском р-не.

В итоге, анализ первичного возникновения экозависимых заболеваний у населения Мурманской области позволил сгруппировать ее территории и населенные пункты в три группы, в зависимости от уровня заболеваемости. В первую, с высоким уровнем заболеваемости, вошли: Мурманск, Ловозерский и Кольский р-ны. Во вторую, со средним уровнем, — города Апатиты, Кировск и Оленегорск, Терский и Ковдорский р-ны. В третью, с низким уровнем, — Мончегорск, Печенгский и Кандалакшский р-ны. Высокий уровень заболеваемости детского населения на территориях с низким уровнем техногенного влияния требует более подробного изучения.

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ Г. АПАТИТЫ НА ПРИМЕРЕ БОЛЬНИЦЫ КНЦ РАН

ANALYSIS OF MORBIDITY AMONG THE POPULATION OF APATITY USING THE EXAMPLE OF THE KSC RAS HOSPITAL

Михайлов Р. Е.
Mikhaylov R. E.

*Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Мурманская область; e-mail: r.e.mikhaylov@yandex.ru*

The report presents an analysis of the morbidity of residents of the city of Apatity assigned to the KSC RAS hospital, depending on gender, age and place of work. We also carried out an analysis of appealability by main morbidity categories, in comparison with the city and region.

Уровень заболеваемости является медико-статистическим показателем, который отражает состояние здоровья населения и позволяет оценивать заболевания, характерные для людей, проживающих на определённой территории или задействованных в отдельных сферах деятельности. Население города Апатиты Мурманской области обслуживается двумя больницами: Государственным областным бюджетным учреждением здравоохранения «Апатитско-Кировская центральная городская больница» и Федеральным государственным бюджетным учреждением здравоохранения «Больница Кольского научного центра Российской академии наук (Больница КНЦ РАН)». Представлен анализ заболеваемости жителей города Апатиты, приписанных к больнице КНЦ РАН, в зависимости от пола, возраста и места работы, а также анализ обращаемости населения по основным категориям заболеваемости в сравнении с городом и областью.

Больница КНЦ РАН была основана в 1960 г. в виде медпункта при академии наук СССР, впоследствии росла и развивалась вместе с городом. В 2015 г. путем реорганизации в соответствии с Приказом Федерального агентства научных организаций России (ФАНО России) больница была присоединена к Федеральному государственному бюджетному учреждению науки КНЦ РАН. В сентябре того же года она, совместно с отделом «Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике», была интегрирована в «Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике» (Мартынова, Асминг, 2022). На конец 2022 г. к больнице КНЦ РАН было прикреплено 7129 жителей г. Апатиты, что составляет 18,3% населения города в возрасте от 18 до 97 лет, из них 2654 — мужчины, 4475 — женщины. Соотношение приписанных мужчин и женщин (36% и 64%) соответствует таковому среди взрослого населения, проживающего в г. Апатиты (44% мужчин и 56% женщин).

Показатели заболеваемости населения изучали на основе анализа информации из открытых источников данных, таких как: доклады о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения, официальные статистические сборники, статистические данные больницы КНЦ РАН. Массивы статистических данных больницы КНЦ РАН были предоставлены в обезличенном виде — состояли из номера пациента, его пола, возраста на момент обращения и места работы.

За 2022 год в больнице КНЦ РАН было зарегистрировано 10980 обращений (без учёта профосмотров и диспансеризаций) от 3872 человек (мужчины — 1323, женщины — 2549). К основным причинам обращения относились: болезни органов дыхания (1678 случаев), глаз и придаточного аппарата (1314), костно-мышечной системы и соединительной ткани (1131), системы кровообращения (1064), мочеполовой системы (724), эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (516), болезни органов пищеварения (403), новообразования (340), болезни уха и сосцевидного отростка (291), травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (282 случая). По сравнению с городом (51.rosstat.gov.ru) в среднем за 3 года у пациентов больницы КНЦ РАН отмечаются более низкие (до двух раз) значения заболеваемости болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани, системы кровообращения, органов пищеварения, а также травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних факторов. В тоже время, отмечается повышенная обращаемость в связи с болезнями глаз и их придаточного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

Мартынова А.А., Асминг С.В. Об истории больницы Кольского научного центра Российской академии наук // Тр. Кольского НЦ РАН. Сер. Естественные и гуманитарные науки. 2022. Т. 1. № 1. С. 159–167. doi:10.37614/2949-1185.2022.1.1.015.

Мурманская область в цифрах. Электронный ресурс. Режим доступа: https://51.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/01001_2023.pdf.

**РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ ПРОЕКТА
«АРКТИКА. ГЕНЕРАЛЬНАЯ УБОРКА»**

**DEVELOPING REGIONAL ENVIRONMENTAL STUDIES WITHIN THE FRAMEWORK
OF «THE ARCTIC. FULL-SCALE GLEANING» PROJECT**

Скобелев К. Д.¹, Доброхотова М. В.²
Skobelev K. D.¹, Dobrokhotova M. V.²

¹*МИРЭА — Российский технологический университет, Москва; e-mail: kirillskobelev@gmail.com*

²*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,
Мытищи, Московская область; e-mail: m.dobrokhotova@eipc.center*

In the Russian Arctic, two key programs establish objectives, targets and practical measures of the regional development, namely: “Economic and social development of the Arctic zone of the Russian Federation for 2012–2020” and “Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period until 2035”. They aim to improve the state of environment in the Arctic, where specific requirements should be stringent than in other regions. Arctic development needs a clearly planned strategy, taking into account risks and opportunities for their prevention, in order to avoid environmental degradation of vulnerable ecosystems. It is advisable to improve environmental monitoring system and to begin applying strategic environmental assessment approaches to enhance the regional and municipal development programs and plans.

Стратегия развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, направлена, среди прочего, на стабилизацию экологической ситуации в Арктике, включая соблюдение более жестких, чем в других регионах, требований, а также на укрепление системы экологического мониторинга.

Сельское поселение Хатанга — муниципальное образование со статусом сельского поселения в Таймырском районе Красноярского края (old.bigenc.ru/geography). В настоящее время рассматривается возможность создания в Хатанге Центра устойчивого развития. Хатанга представляет интерес со стороны развития промышленности и повышения уровня жизни по различным отраслям, его неоспоримым преимуществом является то, что село находится вблизи Северного морского пути; аэропорт Хатанги позволяет принимать суда средней величины (имеет взлетно-посадочную полосу длиной 3 км).

Освоение Арктических регионов — особый процесс, требующий чётко спланированной стратегии с учётом всех рисков и возможностей их предотвращений, в целях недопущения экологической деградации территории (Tikhonova et al., 2022). Например, в части обращения с отходами целесообразно предусматривать использование технологий их утилизации и переработки в целях последующего использования вместо устройства полигонов для размещения отходов.

Видится целесообразным проводить регулярный мониторинг экологической ситуации и интенсифицировать деятельность по разработке региональных документов стратегического планирования, учитывая также возможности использования нейросетей. Нейросети могут отслеживать динамику показателей, и, при фиксации отклонений от заданных значений, подавать сигналы, что важно в контексте сокращения негативных последствий антропогенного воздействия и природных изменений.

С 2022 г. Русское географическое общество реализует проект «Арктика. Генеральная уборка», деятельность которого направлена на очистку Арктических территорий, подготовку высококвалифицированных кадров (волонтеров), мониторинг качественных показателей почвы и воды и развитие туристических маршрутов (rgo.ru/activity). Совместно с Центром экологической промышленной политики в рамках третьего сезона проекта предварительно сформирована рабочая группа (Отряд) «Наука», состоящая из 4 (четырёх) подгрупп:

– «Экология и климат», подгруппа отвечает за исследования биоразнообразия; вопросы состояния водных объектов и почв; проводит обследование накопленных и вновь образующихся отходов.

– «Перспективы развития», подгруппа готовит материалы для создания научной площадки по отработке технологических решений в естественных условиях, а также для актуализации мастер-плана развития Хатанги;

– «Геология и палеонтология», подгруппа отвечает за проведение исследований геологической и палеонтологической направленности;

– «Наследие и туризм», подгруппа занята изучением вопросов, связанных с современной жизнью и историей коренных малочисленных народов, культурным и природным наследием, возможностями развития внутреннего туризма.

По итогам работы в 2024 г. будут подготовлены научные отчёты, которые участники экспедиции планируют представить широкому кругу заинтересованных сторон.

ЛИТЕРАТУРА

Арктика. Генеральная уборка // Русское географическое общество. URL. <https://rgo.ru/activity/expedition-list/arktika-generalnaya-uborka-3-y-sezon/>

Хатанга // Большая российская энциклопедия. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/4730882>.

Tikhonova I., Guseva T., Averochkin E., Shchelchikov K. Best Available Techniques and Best Environmental Management Practices: Collaboration between Industries and Regions // *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2021. Vol. 8, Is. 2. P. 495–505.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЖИТЕЛЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

APPLICATION OF GAS-DISCHARGE VISUALIZATION METHOD FOR COMPARATIVE EXPRESS ASSESSMENT OF THE BODY STATE OF RESIDENTS IN SEPARATE ARCTIC TERRITORIES

Соловьевская Н. Л.¹, Белишева Н. К.¹, Юусубова Т. А.², Юусубов Р. Р.³

Solovyevskaia N. L.¹, Belisheva N. K.¹, Iusubova T. A.², Iusubov R. R.³

¹*Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: natalybelisheva@mail.ru*

²*ООО «Биотехпрогресс», Санкт-Петербург; e-mail: gdv.kti@gmail.com*

³*«Кирлионические технологии интернэшнл» (ООО «КТИ»), Санкт-Петербург; e-mail: gdv.kti@gmail.com*

The method of computer registration and analysis of gas-discharge visualization (GDV) was used to assess the degree of informativeness of GDV indicators when comparing the psychophysiological state of the residents's body of separate territories in the Arctic. The study involved residents of different sex and age living in the Kola Polar Region and in the settlement of Barentsburg on the Svalbard archipelago: preschoolers (181), schoolchildren (220), students (109), adults (1010), 40 of whom were indigenous (Sami). Testing was carried out using a pulse analyser «GRV-compact», Biotechprogress Ltd. Differences in GDV indices were found in children living in different territories; in residents of the same territory but of different ethnicity and occupation; in residents of the same age in the settlement of Barentsburg and in the Kola Polar Region. The obtained data indicate high informativeness of the GDV method for comparative rapid assessment of the contribution of environmental agents to the population health.

Метод компьютерной регистрации и анализа газоразрядного свечения объектов, индуцированного высокочастотным электромагнитным полем (ЭМП), или газоразрядная визуализация (ГРВ), является одним из перспективных неинвазивных электрографических методов оценки функционального состояния организма, информативность которого до конца не изучена (Коротков, 2001; Соловьевская, Блишева, 2020; Соловьевская и др., 2019).

Цель исследования состояла в оценке степени информативности метода ГРВ при сравнении психофизиологического состояния жителей отдельных территорий Арктики. В исследовании участвовали жители разного пола и возраста Кольского Заполярья и пос. Баренцбург (архипелаг Шпицберген): дошкольники (n = 181 человек), школьники (220), студенты (109), взрослые (1010), из которых 40 человек были коренными жителями (саами). Тестирование проводили с применением пульсового анализатора «ГРВ-компакт» фирмы ООО «Биотехпрогресс» (сертиф. соответствия ПРООС RU.MH05.H00725, N 0490215). Основой анализа были снимки свечения (ГРВ-граммы),

возникающего у поверхности пальцев при импульсном воздействии высокочастотного ЭМП. Полученные ГРВ-граммы обрабатывали с помощью программы «Энергетическое поле ГРВ» (<http://www.ktispb.ru/en/gdvsoft.htm>), которая преобразует их в такие показатели свечения, как: площадь (S), коэффициент формы (Kf), энтропия (E) и симметрия (Sim). ГРВ-томографию проводили в режимах регистрации ГРВ-грамм пальцев «без фильтра» (S 1; E 1; Kf 1; Sim 1) и «с фильтром» (S 2; E 2; Kf 2; Sim 2).

Сравнение показателей ГРВ у дошкольников и школьников, проживающих на отдельных территориях Кольского Заполярья, выявило самые низкие показатели S 1 у детей из села Краснощелье и пос. Ловозеро. В промзоне и на побережье Белого моря значения S 1 были более высокими ($p < 0.001$) по сравнению с сельскими детьми. Среди взрослого населения, проживающего на одной территории, различия показателей ГРВ выявлены в зависимости от этнической принадлежности (у шахтеров, медиков по сравнению с коренными саами). Также выявлены различия показателей ГРВ у жителей Кольского Заполярья и пос. Баренцбург.

Полученные данные свидетельствуют о высокой информативности газоразрядного свечения пальцев рук и возможности использования метода ГРВ для сравнительной экспресс-оценки вклада факторов окружающей среды в здоровье населения.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы НИР № 122022200516-5.

ЛИТЕРАТУРА

Коротков К.Г. Основы биоэлектрографии ГДВ. Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО. 2001. 360 с.

Соловьевская Н.Л., Белишева Н.К. Применение метода газоразрядной визуализации для сравнительной экспресс-оценки качественных различий в состоянии здоровья населения, проживающего на отдельных территориях Арктической зоны Российской Федерации (препринт). — Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН. 2020. 60 с.

Соловьевская Н.Л., Яновская Е.Е., Юусубов Р.Р., Белишева Н.К. Оценка психофизиологических эффектов воздействия геокосмических агентов с применением метода газоразрядной визуализации (ГРВ) // Труды Кольского НЦ РАН. 2019. 8(10). С. 125–137.

ПРОФИЛАКТИКА РАЗВИТИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ У РАБОТНИКОВ АЗРФ В ПРОЦЕССЕ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ PREVENTION OF THE DEVELOPMENT OF PSYCHOEMOTIONAL STRESS IN WORKERS OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIAN FEDERATION

Соловьевская Н. Л., Пряничников С. В.
Solovevskaya N. L., Pryanichnikov S. V.

*Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека
в Арктике ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: silva189@mail.ru*

The adaptation of the human body to the Far North conditions (cold factor, photoperiodics, heligeophysical effects etc.) has specific features, which is confirmed by many authors in the scientific literature. The article presents the impact of main exogenous environmental factors on psychophysiological state of the able-bodied population in the Arctic zone of Russian Federation. Some aspects of preventive measures aimed at reducing the influence of climatogeographic stress factors are outlined. An algorithm of actions has been developed for carrying out preventive procedures aimed at reducing the impact of unavoidable environmental factors on the psychophysiological state of the human body. The results of noninvasive therapy of a psychophysiological condition by the method of biofeedback are presented. The positive dynamics of correction mechanisms to increase the adaptive capabilities of the human body is shown.

Цель исследования состояла в разработке эффективных методов реабилитационных и профилактических мероприятий для работников Арктической зоны Российской Федерации. Исследование проводили на базе Кольского медицинского колледжа в г. Апатиты в 2018 году. Контингент —

студенты-девушки (33 человека, средний возраст 20.4 ± 2.7 лет). Для оценки функционального состояния использовали показатели ситуативной и личностной тревожности по методике Ч. Д. Спилбергера и Ю. Л. Ханина (Белова, 2002). Запись статических изображений газоразрядного свечения (ГРВ-грамм) получали с помощью импульсного анализатора «ГРВ-компакт» (ООО «Биотехпрогресс», г. Санкт-Петербург). Обработку статических изображений газоразрядного свечения (ГРВ-грамм) проводили с использованием программы GDV Energy Field (АО НПО «Аквастандарт»). Для сеансов биологически обратной связи использовали программно-аппаратный комплекс БОС «Волна» (НПФ «Амалтея», г. Санкт-Петербург). Проводили десять сеансов по 20 минут, два раза в неделю. Статистический анализ выполняли в программе Statistica-10.0. Значимость различий оценивали по критерию Колмогорова-Смирнова для $p < 0.05$.

Для целей коррекции наиболее эффективной оказалась методика биологически обратной связи, позволяющая в короткие сроки обучить испытуемых навыкам психофизиологической саморегуляции. После сеансов у них значимо снизился уровень ситуативной личностной тревожности, и значительно улучшились психофизиологические показатели (Соловьевская, 2018, 2020). Выявлено статистически значимое снижение показателей напряжения регуляторных систем организма. Статистически значимые положительные изменения на контрольных ГРВ-граммах свидетельствуют о повышении адаптационного потенциала и гармонизации психофизиологического состояния испытуемых в результате прохождения сеансов.

Алгоритм реабилитационно-профилактических мероприятий, включающий 3 этапа (входную диагностику, социально-психофизиологическое воздействие, итоговую диагностику) и апробированный в системе профессионального образования, рекомендован к применению в трудовых коллективах. Реализация обучения работников навыкам саморегуляции с помощью немедикоментозных оздоровительных и реабилитационных процедур приводит к улучшению нервной регуляции, восстановлению нарушенных функций и формированию необходимого психофизиологического статуса для оптимального выполнения производственных обязанностей.

ЛИТЕРАТУРА

Белова А.Н., Щепетова О.Н. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации. М.: Антидор, 2002. С. 71.

Соловьевская Н.Л. Оценка эффектов БОС-терапии с применением метода биоэлектрографии в курсе коррекции психофизиологического состояния жителей Арктики // Вест. Уральской мед. академич. науки. 2018. Т. 15, № 2. С. 324–333.

Соловьевская Н.Л., Терещенко П.С. Оценка эффективности БОС-терапии методом газоразрядной визуализации // Тр. Кольского НЦ РАН. 2020. Т. 11. № 2(8). С. 92–99.

ЧЕЛОВЕК И ТРУД В АРКТИКЕ: ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОЛИМОРБИДНОСТЬ У РАБОТНИКОВ НИКЕЛЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ MAN AND WORK IN THE ARCTIC: OCCUPATIONAL POLYMORBIDITY IN NICKEL INDUSTRY WORKERS

Сюрин С. А., Кизеев А. Н.
Syurin S. A., Kizeev A. N.

*ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
Санкт-Петербург; e-mail: a.kizeev@s-znc.ru*

Polymorbid pathology is little known in occupational medicine. The aim is to study the causes, prevalence and structure of polymorbid occupational pathology in the nickel industry workers. This study shows that Polymorbid pathology in 2007–2021 was diagnosed in 26.6% of workers. Two, three, four, five and six diseases were diagnosed in 14.9%, 5.0%, 3.4%, 2.5% and 0.7% of workers, respectively. The greatest share in their structure belonged to the respiratory (31.5%) and musculoskeletal (23.0%) diseases. Their development was due to many causes including

exposure to combined action of production hazards, imperfect technological processes, late diagnosis of emerging health disorders, and some others. Thus occupational polymorbidity occurs in 26.6% of nickel industry workers due to prolonged exposure to production hazards, imperfect technological processes, late diagnosis of emerging health disorders and other unclear reasons.

Проблема полиморбидной патологии, приобретающая все большее значение для внутренней медицины (Севостьянова и др., 2022), пока еще мало известна в медицине труда. Однако есть основания считать профессиональную полиморбидность неблагоприятным вариантом заболеваний, проявляющимся распространением возникающих под воздействием вредных производственных факторов патологических изменений за пределы органа-мишени на другие органы и системы организма (Сюрин, Полякова, 2022),

Цель исследования состояла в изучении причин развития, частоты и структуры полиморбидной профессиональной патологии у работников никелевой промышленности. Для достижения цели исследования были изучены данные реестра выписок из карт учета профессиональных заболеваний (Приказ Министерства здравоохранения России от 28.05.2001 г. № 176) в Мурманской области и Красноярском краев 2007-2021 гг.

В результате исследования у 440 работников никелевой промышленности было впервые выявлено в 2007–2021 годах 657 профессиональных заболеваний. Среди них было 352 (80.0%) мужчин и 88 (20.0%) женщин, имевших средний возраст 53.0 ± 0.3 лет и средний стаж работы в отрасли 25.3 ± 0.4 лет. Одно заболевание отмечалось у 323 (73.4%) работников (первая группа). Полиморбидность имела место у 117 (26.6%) работников (вторая группа). Два заболевания были диагностированы у 66 (14.9%), три — у 22 (5.0%), четыре — у 15 (3.4%), пять у 11 (2.5%) и шесть — у 3 (0.7%) работников. Доля полиморбидности возрастала от нуля в 2007 г. до 83.3% работников в 2021 г. У работников второй группы, по сравнению с первой, были больше возраст (54.4 ± 0.6 и 52.5 ± 0.3 лет, $p = 0.005$), стаж (26.8 ± 0.7 и 24.8 ± 0.4 лет, $p = 0.013$) и доля женщин (28.2% и 17.1%, $p = 0.011$). Один вредный производственный фактор вызывал развитие полиморбидной патологии у 29 (24.8%) работников. У остальных 88 (75.2%) работников она была обусловлена сочетанным действием 2–4 факторов. Из обстоятельств развития полиморбидности большее значение имело несовершенство технологических процессов.

Формирование полиморбидной патологии зависело от специальности работника. Так, показатели у чистильщиков были выше, чем у слесарей ($p = 0.016$), электролизников ($p = 0.009$), мастеров ($p = 0.042$), плавильщиков ($p = 0.004$) и электромонтеров ($p = 0.008$). У машинистов крана полиморбидность развивалась чаще, чем у слесарей ($p = 0.015$), электролизников ($p = 0.006$), плавильщиков ($p = 0.002$) и электромонтеров ($p = 0.012$). В структуре патологии работников первой группы были больше доли болезней органов дыхания и злокачественных новообразований ($p < 0.001$), а второй — болезней класса «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин», костно-мышечной и нервной систем ($p < 0.001$). Кроме того, доля полиморбидности и число заболеваний у одного работника в Мурманской области были выше, чем в Красноярском крае: 31.2% и 8.0% ($p < 0.001$), 1.59 ± 0.06 и 1.08 ± 0.03 случаев ($p < 0.001$). В Красноярском крае число заболеваний у одного работника не превышало двух, а в Мурманской области достигало шести.

Таким образом, неблагоприятная профессиональная полиморбидность формируется у 26.6% работников никелевой промышленности. Ее развитие связано с увеличением экспозиции к сочетанному действию вредных производственных факторов, несовершенством технологических процессов, условиями труда некоторых специалистов (прежде всего, чистильщиков и машинистов крана), поздней диагностикой нарушений здоровья. Требуют выяснения причины выраженных региональных различий показателей полиморбидности на предприятиях одной отрасли в Мурманской области и Красноярском крае.

ЛИТЕРАТУРА

Севостьянова Е.В., Николаев Ю.А., Поляков В.Я. Проблема полиморбидности в современной терапевтической клинике // Бюллетень сибирской медицины. 2022. 21 (1). С. 162–170. doi:10.20538/1682-0363-2022-1-162-170.

Сюрин С.А., Полякова Е.М. К вопросу о профессиональной полиморбидности (на примере российской Арктики) // Медицина труда и промышленная экология. 2022. 62 (7). С. 459–465. doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-7-459-465.

**ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РЕАНАЛИЗА GHCN-CAMS
ДЛЯ АРКТИЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**
**ASSESSMENT OF THE CONSISTENCY OF GHCN-CAMS REANALYSIS
ACROSS THE ARCTIC RUSSIA**

Тимофеев М. А.¹, Тананаев Н. И.^{1,2}
Timofeev M. A.¹, Tananaev N. I.^{1,2}

¹Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск; e-mail: m.a.timofeev@s-vfu.ru

²Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск; e-mail: tanni@s-vfu.ru

The Russian Arctic is characterized by extremely sparse network of weather stations, and an increasing demand for consistent hydrometeorological data and climate forecasts to support industrial activities and adaptation planning in the region. Climate reanalysis models cover this need and can serve as baseline data for future climate assessment, but not all models accurately fit the Arctic climate. We evaluate the consistency of GHCN-CAMS reanalysis in comparison to climatic norms of mean annual air temperature (MAAT) at 58 Arctic weather stations. Consistency of the reanalysis was assessed using three metrics — the Pearson correlation coefficient, the root mean square error, and the Lin concordance coefficient. The GHCN-CAMS reanalysis reliably reproduces the MAAT fields over the Arctic Russia.

Анализ изменений климата в Арктике необходим для оценки будущих условий промышленного освоения северных регионов России и особенностей региональной адаптации. С учётом низкой плотности сети действующих метеостанций, всё большую роль приобретают модели климатического реанализа. В работах (Тананаев, 2023 а, б) показано, что оптимальной моделью реанализа среднегодовой температуры воздуха (СГТВ) для территории Якутии является GHCN-CAMS (Fan Y, 2008). Данный реанализ содержит среднемесячные данные о температуре воздуха на высоте 2 метра за период с 1948 г. по настоящее время, шаг сетки $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ в формате NetCDF. Мы поставили задачей рассмотреть, насколько эта модель реанализа согласована с данными наблюдений в масштабе Российской Арктики, на широтах севернее Полярного круга. Обработка данных реанализа выполнялась в среде RStudio 2023.09.1, включала конвертацию данных NetCDF в табличный формат, осреднение по временным периодам, растеризацию результата. Использованы данные 58 метеостанций Росгидромета, расположенных выше 66° с.ш., с временными рядами, закрывающими и базовый (1961–1990 гг.), и современный (1991–2020 гг.) климатические периоды. В координатах расположения метеостанций с растрового покрытия реанализа в среде QGIS извлекались значения СГТВ по двум климатическим периодам. В RStudio рассчитывались метрики согласованности между данными реанализа и метеостанций: коэффициент корреляции Пирсона r , корень среднеквадратичной ошибки RMSE, и коэффициент конкордации Лина CCC. Для базового периода 1961–1990 г.: $r = 0.988$, $RMSE = 0.954$, $CCC = 0.994$, для современного периода (1991–2020 г.): $r = 0.991$, $RMSE = 0.710$, $CCC = 0.998$, что говорит о высокой согласованности данных реанализа с наблюдениями. В базовом периоде отклонения реанализа от наблюдений превышают 1°C : в сторону завышения — на 15 станциях (максимум $+2.3^\circ\text{C}$, м.ст. 20046 Остров Хейса), в сторону занижения — на двух станциях (22003 Вайда Губа, 25138 Островное). В современном периоде: завышение более чем на 1°C отмечено на трех станциях, расположенных в Таймыро-Анабарском секторе (20891 Хатанга, 21908 Джалинда, 24136 Сухана). Максимум: $+2.1^\circ\text{C}$, м.ст. Джалинда; занижение свыше 1°C наблюдалось на трёх метеостанциях: 22003 Вайда Губа, 25138 Островное, 20667 Станция имени М.В. Попова. Минимум: -1.9°C , как и в базовом периоде, отмечено на м.ст. Вайда Губа, как и в базовом периоде. Для обоих наборов данных рассчитывалось также изменение СГТВ между периодами. Реанализ значительно лучше воспроизводит значения СГТВ для периодов, чем изменение СГТВ между периодами, для которого $r = 0.478$, $RMSE = 0.592$, $CCC = 0.702$, что также отмечалось ранее (Тананаев, 2023а); Изменение СГТВ реанализом систематически занижается. В целом, реанализ GHCN-CAMS показал высокую согласованность с данными наблюдений не только в Якутии, но и в Российской Арктике в целом, и может служить основой для расчетных и прогнозных приложений, с учетом ограничений по временному разрешению.

ЛИТЕРАТУРА

Тананаев Н.И. Подбор оптимальной модели климатического реанализа по среднегодовой температуре воздуха для территории Республики Саха (Якутия) / Н. И. Тананаев // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2023. № 2(30). С. 88–101.

Тананаев Н.И. Оценка точности реанализа GHCN-CAMS в расчетах внутригодового распределения температуры воздуха на территории Республики Саха (Якутия) / *Н. И. Тананаев, М. А. Тимофеев* // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2023. № 4(32). С. 99–110.

Fan Y. A global monthly land surface air temperature analysis for 1948-present / *Y. Fan, H. van den Dool* / Journal of Geophysical Research. 2008. V. 113. D01103.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ АРКТИКИ: ЧИСЛЕННОСТЬ, ОБРАЗОВАНИЕ, ЗДОРОВЬЕ **ARCTIC HUMAN RESOURCES: POPULATION, EDUCATION, HEALTH**

Фаузер В. В., Смирнов А. В., Фаузер Г. Н.
Fauzer V. V., Smirnov A. V., Fauzer G. N.

*Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
Сыктывкар; e-mail: fauzer.viktor@yandex.ru; av.smirnov.ru@gmail.com; gfauzer@iespn.komisc.ru*

The economic development of the Russian Arctic requires human resources with high skills and competencies. The demographic dynamics of the Russian Arctic in recent years has been negative, which makes it relevant to study the qualitative characteristics of the population: education and health. The Arctic zone is characterized by a high proportion of people with higher and secondary professional education, but the proportion of the most educated population — people with academic degrees — is lower. In most Arctic regions, life expectancy is below the national average, and the Chukotka Autonomous Okrug ranks last among all subjects of the Russian Federation in this indicator. The main differences in the mortality structure of the Arctic regions — the proportion of deaths from external causes (especially among males in autonomous districts) and neoplasms is higher, and from diseases of the nervous system is lower.

Для экономического освоения российской Арктики, наряду с финансовыми и техническими ресурсами, современными технологиями — необходимы человеческие ресурсы нужного количества, обладающими достаточными качествами, навыками и компетенциями. При этом человеческие ресурсы должны иметь хорошее здоровье и физиологические/физические свойства для адаптации к суровым природно-климатическим условиям. Вопросы финансового обеспечения и условий по созданию материально-технической базы Арктики достаточно хорошо прописаны в двух документах: «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» и «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года», а также в ряде монографических работ, начиная от (Российская Арктика, 2014) до (Российская и Мировая Арктика, 2022).

Сложнее обстоят дела с обеспечением хозяйствующих субъектов, на вновь осваиваемых территориях, человеческими ресурсами. Собственной демографической базы явно недостаточно, если брать во внимание только коренных малочисленных народов Севера и Арктики. По переписи населения 2021 г. общая численность населения коренных малочисленных народов Севера составляет 262.6 тыс. человек, самыми многочисленными среди которых являются ненцы (49.6 тыс. человек), эвенки (39.2), ханты (31.5), эвены (19.9), чукчи (16.2), манси (12.3). Занятое население насчитывает 90.9 тыс. человек, или 35% их общей численности. Большая часть занятых (89%) работает по найму. Комплексное представление о социально-трудовом потенциале коренных малочисленных народов Севера и их вовлечение в хозяйственную деятельность дает представление коллективная монография (Этнонациональные процессы, 2017).

Основу человеческих ресурсов, кто сегодня работает на арктических предприятиях, и кто может принять участие в освоении новых промышленных месторождений, составляет старожильческое население. Однако демографическая динамика последних лет имеет отрицательную величину. Дадим краткую характеристику населению АЗРФ. По переписи населения 2021 г. в Арктике проживало 2 млн. 380.7 тыс., в том числе на европейской части 1 млн. 533.6 тыс., а на азиатской — 847.1 тыс. человек. С 2002 по 2021 г. Арктика потеряла — 631.7 тыс. человек, в том числе европейская часть уменьшилось на — 554.2 тыс., а азиатская на — 77.5 тыс. человек. Арктика высоко урбанизированный макрорегион,

доля городского населения увеличилась с 85.5% в 2002 г. до 86.6% в 2021 г. При общей убыли населения снизилась плотность населения с 0.57 в 2002 г. до 0.45 человек на кв. километр в 2021 г. Закрывать недостающую потребность в человеческих ресурсах можно, используя вахтовый метод организации труда. О его достоинствах и недостатках мы достаточно подробно писали (Фаузер, Лыткина, Смирнов, 2020).

Арктическую зону отличает более высокая доля людей с высшим (23.7% по переписи 2021 г.) и средним профессиональным (36.1%) образованием, чем в целом по стране (22.5 и 35.1% соответственно). При этом ниже доля самого образованного населения — кадров высшей квалификации (1.0% при 1.2% по России), лиц с учеными степенями кандидата (в 2.0 раза) и доктора (в 2.8 раза) наук. Если наибольшая доля людей с высшим образованием в российской Арктике зафиксирована в Ямало-Ненецком АО (29.4%), то со средним профессиональным — в регионах европейской части. Мурманская область выделяется высоким относительно остальной Арктики удельным весом кадров высшей квалификации, кандидатов и докторов наук.

В большинстве арктических регионов ожидаемая продолжительность жизни ниже среднероссийской, а Чукотский АО занимает по этому показателю последнее место среди всех субъектов РФ. Главные отличия структуры смертности арктических регионов: выше доля смертей от внешних причин (особенно у мужчин в автономных округах) и новообразований, ниже — от болезней нервной системы. Во всех арктических регионах наибольший вклад в смертность вносят болезни системы кровообращения, за ними следуют новообразования и внешние причины. Мурманская область имеет те же сдвиги в структуре причин смерти, что и другие регионы, но они относительно слабо выражены. Самые заметные отличия: большая доля смертей от болезней системы кровообращения у женщин и меньшая — от внешних причин у мужчин.

ЛИТЕРАТУРА

Российская Арктика: современная парадигма развития / Под ред. акад. А.И. Татаркина. СПб.: Нестор-История. 2014. 844 с.

Российская и Мировая Арктика: население, экономика, расселение / В.В. Фаузер, А.В. Смирнов, Т.С. Лыткина, Г.Н. Фаузер; отв. ред. проф. В.В. Фаузер. М.: Политическая энциклопедия. 2022. 215 с.

Фаузер В.В., Лыткина Т.С., Смирнов А.В. Население Мировой Арктики: российский и зарубежный подходы к изучению демографических проблем и заселению территорий // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. № 3. С. 158–174. doi: 10.15838/esc.2020.3.69.11

Этнонациональные процессы в Арктике: тенденции, проблемы и перспективы / под общ. ред. Н.К. Харлампьевой. Архангельск: САФУ. 2017. 325 с.

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК НА КРАТКОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕЕ ОХЛАЖДЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ОБЩЕГО ХОЛЕСТЕРИНА В КРОВИ

FEATURES OF THE REACTION OF IMMUNOCOMPETENT CELLS TO SHORT-TERM GENERAL COOLING, DEPENDING ON THE LEVEL OF TOTAL CHOLESTEROL IN THE BLOOD

Штаборов В. А., Патракеева В. П.

Shtaborov V. A., Patrakeeva V. P.

*Институт физиологии природных адаптаций ФИЦ комплексного изучения Арктики им. ак. Н.П. Лавёрова РАН;
Институт физиологии природных адаптаций, Архангельск; e-mail: shtaborov@mail.ru*

The accumulation of lipoproteins in peripheral blood exacerbates endothelial dysfunction, increases the adhesion and migration of immune cells, and triggers an immune response that can lead to chronic inflammatory reactions. In the process of adaptation to the adverse conditions of the Arctic, "northern dyslipidemia" may form and the associated decrease in the viscosity and permeability of cell membranes due to changes in its lipid structure. A background increase in the level of cholesterol to the upper reference limits is associated with a strain on adaptation mechanisms, with increased

platelet-lymphocytic ageusia, which increases the risk of vascular pathologies and dyslipidemia. However, the absence of a lymphocyte reaction in response to cold stress can be considered as an adaptation option to low temperature conditions.

Накопление липопротеинов в периферической крови усугубляет эндотелиальную дисфункцию, усиливает адгезию и миграцию иммунных клеток, может привести к хроническим воспалительным реакциям. В процессе адаптации к неблагоприятным условиям Арктики может сформироваться «северная дислипидемия» и связанное с ней снижение вязкости и проницаемости мембран клеток за счет изменения её липидной структуры.

Цель: выявить особенности реакций иммунокомпетентных клеток в зависимости от исходного содержания общего холестерина в крови у практически здоровых лиц в ответ на кратковременный холодовой стресс.

Проведено обследование 108 практически здоровых женщин, проживающих в г. Архангельск в возрасте от 21 до 50 лет. По результатам обследования были сформированы группы лиц по квартилям в зависимости от уровня общего холестерина периферической крови (ОХ). Критерием исключения служили уровни ОХ выше 5.2 ммоль/л. Первая группа Q1 — 27 человек (25% обследуемых с минимальными уровнями ОХ, средний уровень — 3.12 ± 0.10 ммоль/л), вторая группа Q4 — 27 человек (25% с самыми высокими, средний уровень — 5.16 ± 0.06 ммоль/л).

Забор крови производился из локтевой вены натощак утром до и сразу после общего охлаждения в климатической камере в течение 5 минут при -25°C .

Относительно повышенные фоновые уровни ОХ у практически здоровых лиц ассоциированы с развитием превентивного воспаления на фоне увеличения концентраций ИЛ-1 β (7.13 ± 0.93 пг/мл в группе Q4; 3.68 ± 0.43 пг/мл — Q1) и TNF- α (14.3 ± 0.54 пг/мл группе Q4; 6.77 ± 0.90 пг/мл — Q1). В группе Q4 регистрировали повышение уровня тромбоцитов (259.07×10^3 кл/мкл) и тромбокрита (0.27%) при снижении общего уровня лимфоцитов, что, вероятно, обусловлено усилением лимфоцитарной адгезии, подтверждаемой более высокими уровнями экспрессии маркера CD54+ ($0.51 \pm 0.03 \times 10^9$ кл/л и $0.18 \pm 0.03 \times 10^9$ соответственно, кл/л $p < 0.05$). Таким образом, в данной группе повышается риск сосудистых нарушений (Магамедов, 2022).

Повышение ОХ в периферической крови ассоциировано с более высокими уровнями моноцитов ($0.40 \pm 0.10 \times 10^9$ кл/л в сравнении с $0.24 \pm 0.06 \times 10^9$ кл/л, $p < 0.05$), что можно рассматривать как критерий системного воспаления.

Особенностью иммунограммы обследованных в группе Q4 является дисбаланс содержания лимфоцитов CD4+ и CD8+, что проявляется в снижении Т-хелперной активности и увеличении цитотоксической.

Фоновые уровни содержания лимфоцитов в группе Q1 выше ($2.86 \pm 0.49 \times 10^9$ кл/л в сравнении с $2.25 \pm 0.22 \times 10^9$ кл/л, соответственно, $p < 0.05$) за счёт CD4+ ($0.68 \pm 0.18 \times 10^9$ кл/л) и CD25+ ($0.82 \pm 0.29 \times 10^9$ кл/л).

Реакция на холодовой стресс у лиц из группы Q1 выражалась снижением уровня лимфоцитов с маркерами CD4+ (с 0.68 ± 0.18 до $0.42 \pm 0.05 \times 10^9$ кл/л), CD8+ (с 0.56 ± 0.09 до $0.35 \pm 0.06 \times 10^9$ кл/л), CD71+ (с 0.82 ± 0.29 до $0.43 \pm 0.05 \times 10^9$ кл/л), CD25+ (с 0.57 ± 0.09 до $0.35 \pm 0.09 \times 10^9$ кл/л). У лиц группы Q4 уровни изучаемых фенотипов лимфоцитов не изменяются.

Таким образом, фоновое повышение уровня ОХ до верхних референсных пределов ассоциировано с напряжением механизмов адаптации, усилением тромбоцитарно-лимфоцитарной адгезии, что повышает риск сосудистых патологий и дислипидемии, а отсутствие реакции лимфоцитов в ответ на холодовой стресс можно рассматривать как вариант адаптации к условиям низких температур.

ЛИТЕРАТУРА

Магамедов И.Д. Факторы воспаления, адгезивности и тромбоза при острой ишемии нижних конечностей и терапии дексаметазоном / И. Д. Магамедов, Л. П. Пивоварова, С. П. Нохрин [и др.] // Российский иммунологический журнал. 2022. Т. 25. № 3. С. 251–258.

