



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ СЕВЕРА  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА  
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**



**Тезисы докладов  
VII Всероссийской научной конференции  
с международным участием, посвященной 30-летию  
Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН  
и 75-летию со дня рождения доктора биологических наук,  
профессора В. В. Никонова**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
Институт проблем промышленной экологии Севера**

---

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

## **Тезисы докладов**

VII Всероссийской научной конференции с  
международным участием, посвященной 30-летию  
Института проблем промышленной экологии  
Севера ФИЦ КНЦ РАН и 75-летию со дня рождения  
доктора биологических наук, профессора  
В. В. Никонова

Апатиты, 16-22 июня 2019 г.

**Апатиты  
2019**

УДК 574.4  
DOI: 10.25702/KSC.978-5-91137-393-1  
ISBN 978-5-91137-393-1

Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Тезисы докладов VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН и 75-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора В. В. Никонова (Апатиты, 16-22 июня 2019 г.). / Е. А. Боровичёв, О. И. Вандыш (ред.). Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН. 2019. 468 с.

Целью проведения VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН и 75-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора В. В. Никонова является обсуждение и поиск решений основных проблем функционирования арктических экосистем, их возможных трансформациях вследствие естественных и антропогенных воздействий. В сборнике представлены 227 тезисов докладов, посвященных обсуждению проблем биоразнообразия северных экосистем, выявлению адаптивных механизмов и реакции экосистем на воздействие естественных и антропогенных факторов, моделированию и прогнозу трансформаций экосистем под воздействием этих факторов, оценке социально-экономических процессов в зонах интенсивного природопользования в Арктике, мониторингу воздействия на природную среду в арктических регионах и населенных пунктах, с активной промышленной ресурсодобывающей деятельностью.

Издание представляет интерес для научных работников разных специальностей, преподавателей ВУЗов, учителей средней школы, а также студентов естественнонаучных и гуманитарных специальностей.

**Ответственные редакторы:** канд. биол. наук Е. А. Боровичев  
канд. биол. наук О. И. Вандыш

***Конференция проводится при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования и науки Российской Федерации и филиала АО «Концерн Росэнергоатом «Кольская атомная станция»***

Научное издание

Технический редактор: В. Ю. Жиганов  
Подписано к печати 28.03.2019. Формат бумаги 70×108 1/16.  
Усл. печ. л. 40.95. Заказ № 11. Тираж 300 экз.  
Издательство ФГБУН ФИЦ КНЦ РАН  
184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14  
www.naukaprint.ru

Электронная версия: <http://inep.ksc.ru/>

ISBN 978-5-91137-393-1

© Коллектив авторов, 2019  
© ИППЭС КНЦ РАН, 2019  
© ФИЦ КНЦ РАН, 2019

**MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION  
OF THE RUSSIAN FEDERATION  
FEDERAL RESEARCH CENTRE  
«KOLA SCIENCE CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES»  
Institute of Industrial Ecology Problems of the North**

---

# **ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE NORTHERN REGIONS AND WAYS TO THEIR SOLUTION**

## **Abstracts**

VII Russian Scientific Conference with international participation «Ecological problems of the Northern Regions and ways to their solution», dedicated to the 30th anniversary of the Institute of North Industrial Ecology Problems and to the 75th anniversary celebration of Professor V. V. Nikonov

Apatity, June, 16-22, 2019

**Апатиты  
2019**

UDK 574.4  
DOI: 10.25702/KSC.978-5-91137-393-1  
ISBN 978-5-91137-393-1

Ecological problems of the Northern Regions and ways to their solution: Abstracts of VII Russian Scientific Conference with international participation «Ecological problems of the Northern Regions and ways to their solution», dedicated to the 30th anniversary of the Institute of North Industrial Ecology Problems and to the 75th anniversary celebration of Professor V. V. Nikonov (Apatity, June, 16-22, 2019). / E. A. Borovichev, O. I. Vandysh (eds.). Apatity: Kola Science Centre of the RAS. 2019. 468 p.

The 7th Russian Scientific Conference with International Participation is, dedicated to the 30th anniversary of the Institute of Industrial Ecology of the North, FIC KSC RAS, and the 75th anniversary of Professor V. V. Nikonov. Its purpose is to discuss and find solutions to the central problems of the functioning of the Arctic ecosystems and to predict ecosystem transformations that may be caused by natural and anthropogenic impacts. This publication contains 227 abstracts of conference presentations discussing the problems of biodiversity of northern ecosystems, identifying adaptive mechanisms and responses of ecosystems to natural and anthropogenic impacts, modeling and forecasting transformations of ecosystems, assessing the socio-economic processes in the Arctic regions with a developed industry.

This publication is intended for researchers in various disciplines, university professors, high school teachers, as well as students majoring in natural sciences and humanities.

**Editors-in-chief:** PhD (Biology) E. A. Borovichev  
PhD (Biology) O. I. Vandysh

*The conference is financially supported by Ministry of Science and higher education of the Russian Federation and Kola nuclear power plant – a branch of Rosenergoatom JSC*

Electronic version: <http://inep.ksc.ru/>

ISBN 978-5-91137-393-1

© Autors of the articles, 2019  
© INEP KSC RAS, 2019  
© Federal Research Centre  
«Kola Science Centre RAS», 2019

**СЕКЦИЯ 1. Наземные экосистемы  
под воздействием природных  
и антропогенных факторов.  
Актуальные проблемы  
стационарных исследований**

**SESSION 1. The effects of natural and  
anthropogenic factors on terrestrial ecosystems.  
Current stationary research problems**

**СРАВНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
*EMPETRUM HERMAPHRODITUM*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО  
В ЕЛОВЫХ И СОСНОВЫХ ЛЕСАХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ  
ВОЗДУШНОМУ ПРОМЫШЛЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ**

**A COMPARISON OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF *EMPETRUM  
HERMAPHRODITUM* LEAF LITTER IN SPRUCE AND PINE FOREST  
STANDS EXPOSED TO INDUSTRIAL AIR POLLUTION**

Артемкина Н. А., Иванова Е. А.  
Artemkina N. A., Ivanova E. A.

*Институт проблем промышленной экологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: artemkina@inep.ksc.ru*

This study compares the chemical composition of the leaf litter of *Empetrum hermaphroditum* Hager. in coniferous forest stands at different stages of anthropogenic transformation. It was found that the concentrations of phenolic compounds in crowberry leaf litter in pine stands are higher than in spruce stands ( $p < 0.007$ ) and decrease with an increasing anthropogenic stress level. The lignin content in the samples grew as the source of pollution was approached. In sparse pine forests, the accumulation of Al, Fe, Ni, and Cu in the leaf litter was significant ( $p < 0.05$ ). When exposed to air pollution, an increase in the C/N and lignin/N ratios in the crowberry leaf litter were observed, which could affect the decomposition rate, and as a result, the biogeochemical nutrient cycles in the shrub communities.

Вороника *Empetrum hermaphroditum* Hager. является распространенным кустарничком Мурманской области. Она встречается в напочвенном покрове практически во всех северотаежных биогеоценозах и во многих сообществах доминирует. Вороника отличается высоким уровнем устойчивости к аэротехногенному загрязнению, и как следствие этого, её присутствие в зоне сильного разрушения лесных экосистем значительно, в то время как многие другие виды напочвенного покрова практически выпадают из состава сообщества.

Среди вторичных метаболитов растений фенольные соединения составляют самую большую группу веществ, которые выполняют множество функций в растениях, но одна из них наиболее встречаема — это защитная функция, например: от окислительного повреждения, животных или болезнетворных микроорганизмов, а также от повышенных концентраций тяжелых металлов. Вороника, как и все представители семейства вересковых (*Ericaceae*), накапливает значительные концентрации фенольных соединений [Артемкина и др., 2018]. Метаболизм фенольных соединений вороники зависит от различных экологических факторов [Артемкина, 2012, 2014, 2017].

Целью данной работы является выявление особенностей изменения содержания минеральных элементов и фенольных соединений, в том числе лигнина в опадающих листьях *Empetrum hermaphroditum*, произрастающей в еловых и сосновых северотаежных лесах, подверженных воздушному промышленному загрязнению.

На основании анализа химического состава опадающих листьев вороники на разных стадиях техногенной трансформации еловых и сосновых лесов, можно подчеркнуть биогеоценологическую изменчивость в содержании фенольных

соединений, их концентрации в сосновых лесах выше, чем еловых ( $p < 0.007$ ). Концентрации фенольных соединений в опаде листьев вороники уменьшаются при увеличении техногенной нагрузки.

В содержании лигнина в листьях вороники, как в еловых, так и в сосновых лесах на разных стадиях техногенной трансформации явных отличий не установлено ( $p > 0.05$ ). При приближении к источнику загрязнения содержание лигнина в опаде листьев вороники увеличивается. Известно, что медь (Cu) увеличивает биосинтез лигнина за счет активизации деятельности биосинтеза лигниновых ферментов, таких как PAL (фенилаланин аммонийлиаза) и CAD (циннамил алкоголь дегидрогеназа). Другие металлы тоже могут влиять на накопление лигнина.

В опаде листьев вороники дефолирующих сосновых и еловых лесов и редколесий по сравнению с фоновыми условиями исходные концентрации Ca, Mg, Mn и Zn оказались ниже, тогда как содержание Ni и Cu ( $p < 0.05$ ) существенно выше, что связано с влиянием эмиссий комбината «Североникель». В техногенных редколесьях по сравнению с фоном и дефолирующими лесами наблюдается значительное возрастание содержания Al и Fe ( $p < 0.05$ ). Концентрации N и K в листьях вороники понижаются ( $p < 0.05$ ) при приближении к источнику загрязнения и в еловых, и в сосновых лесах. В условиях загрязнения в листьях вороники наблюдается возрастание соотношений C/N и лигнин/N, что влияет на скорость разложения, а, следовательно, на биогеохимические циклы элементов питания на участках произрастания этого кустарничка.

Таким образом, было установлено, что присутствует биогеоценологическая изменчивость в содержании фенольных соединений в опаде листьев вороники, их концентрации в сосновых лесах выше, чем еловых ( $p < 0.007$ ). Содержание фенольных соединений уменьшается при увеличении техногенной нагрузки на леса. При приближении к источнику загрязнения содержание лигнина в листьях *Empetrum hermaphroditum* увеличивается, на стадии техногенного редколесья в сосновых лесах в опаде листьев вороники накапливается достоверно больше ( $p < 0.05$ ) Al, Fe, Ni и Cu. Соотношение C/N и лигнин/N на фоновых и дефолирующих стадиях шире в сосновых лесах, а на стадии техногенного редколесья в еловых. В условиях загрязнения в опаде листьев вороники наблюдается возрастание соотношений C/N и лигнин/N, что влияет на скорость разложения, а, следовательно, на биогеохимические циклы элементов питания на участках произрастания этого кустарничка.

## ЛИТЕРАТУРА

Артемкина Н. А. Особенности накопления фенольных соединений в *Empetrum hermaphroditum* Nager. в различных экологических условиях // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. Материалы V Всероссийской конференции с международным участием. Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета. 2012. С. 499–501.

Артемкина Н. А. Изменение химического состава различных видов растений в зависимости от их возраста // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. Материалы VI Всероссийской конференции с международным участием. Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета. 2014. С. 259–261.



Артемкина Н. А. Фенольные соединения *Empetrum hermaphroditum* Hager. // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VII Всероссийской конференции с международным участием / под ред. Н. Г. Базарновой, В. И. Маркина. Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета. 2017. С. 242–244.

Артемкина Н. А., Орлова М. А., Лукина Н. В. Микромозаика растительности и вариабельность химического состава L-горизонтов северотаежных ельников кустарничково-зеленомошных // Лесоведение. 2018. № 2. С. 97–06.

## **МИГРАЦИЯ ЦИНКА И МЕДИ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ И ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВОДАХ В УСЛОВНО ФОНОВОМ РАЙОНЕ ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

### **THE MIGRATION OF ZINC AND COPPER WITH ATMOSPHERIC PRECIPITATION AND PERCOLATE IN A RELATIVELY NON-POLLUTED AREA OF VALDAI HILLS**

Баранов Д. Ю.

Baranov D. Yu.

*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Российской академии наук, Москва; e-mail: mitya.baranov.90@bk.ru*

Heavy metals actively migrate with precipitation and accumulate in soils. Zinc and copper are metals potentially toxic to living organisms. This paper examines the factors affecting the migration and redistribution of zinc and copper with precipitation and percolate. Atmospheric precipitation is high in trace elements at the time of contact with tree crowns. The effect of different landscapes on the elemental composition is examined.

В настоящее время тяжелые металлы являются одним из наиболее опасных и распространенных компонентов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. На сегодняшний день загрязнение тяжелыми металлами является актуальной проблемой, т.к. данный вид загрязнения не подвергается биологической или физико-химической деградации. Тяжелые металлы активно мигрируют с атмосферными осадками, накапливаясь в почвах и подстилающих горных породах. Под действием избыточного количества тяжелых металлов происходят нарушения в структуре почвенного микробиоценоза, снижается численность различных групп микроорганизмов, частично подавляются процессы минерализации и синтеза веществ. В почвах тяжелые металлы, связываясь с сульфгидрильными группами белков, подавляют синтез белков и их ферментов и изменяют проницаемость биологических мембран, что приводит к нарушению обмена веществ.

Цинк и медь являются потенциально токсичными металлами для живых организмов, они способны накапливаться в почве в различных формах, отличающихся по способности миграции и по доступности биологического поглощения. Дефицит цинка и меди пагубно влияет на биогеохимический круговорот, а при переизбытке исследуемые металлы проявляют себя как вещества, относящиеся к первому и второму классам опасности [Веригина, 1964].

Для исследования миграции цинка и меди в атмосферных осадках и лизиметрических водах был выбран условно фоновый район Валдайской возвышенности, вблизи которого отсутствовали источники антропогенного загрязнения. На участке преобладают подзолистые почвы легкого суглинистого и супесчаного состава, которые подстилаются мореной, сложенной валунными песчаными отложениями [Геоморфология..., 1969]. На экспериментальном участке было установлено два осадкосборника и четыре лизиметрические установки. Осадкосборник № 1 располагался под кронами деревьев, осадкосборник № 2 – на открытом пространстве. Лизиметрические установки закладывались попарно на глубине 0.2 м и 0.3 м для учета влияния дернового и песчаного слоев на химический состав лизиметрических вод. Лизиметры № 1 и № 2 были установлены в пределах элювиального ландшафта, а лизиметры № 3 и № 4 в пределах в трансэлювиального ландшафта. Пробы отбирали в летне-осенний период с 2015 по 2017 гг.

На протяжении всего периода исследований поступление цинка и меди с кроновыми водами в лесу превосходило их поступление с атмосферными осадками на открытом участке. Содержание цинка и меди, поступивших в почвенный профиль зависит от содержания этих микроэлементов в атмосферных осадках. Значительное увеличение поступления цинка и меди в почву происходит за счет обогащения атмосферных осадков исследуемыми металлами при попадании на кроны деревьев.

Содержание цинка и меди в первые летние месяцы в лизиметрических водах ниже, чем в атмосферных осадках из-за активного биопотребления исследуемых элементов в период вегетации.

Содержание цинка в лизиметрических водах и атмосферных осадках превышает содержание меди на протяжении всего периода исследований, однако, судя по рассчитанному коэффициенту миграции, интенсивность вымывания выше у меди. Более высокой интенсивности миграции могут способствовать физико-химические условия и преобладание подвижных форм.

Перенос цинка и меди с почвенными водами наиболее интенсивен в пределах элювиального ландшафта, что вызвано особенностями рельефа данного типа ландшафта.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Веригина К. В.* Цинк, медь, кобальт в почвах Московской области // Микроэлементы в некоторых почвах СССР. М.: Наука. 1964. С. 27–84.

Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада европейской части СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). Л.: Наука. 1969. 256 с.

**СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА И СВИНЦА В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ  
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
(НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)**

**THE CONTENT OF ZINC AND LEAD IN THE SOILS AND PLANT TISSUES  
AT INDUSTRIAL POLLUTION SITES IN KARELIA**

Батова Ю. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф., Титов А. Ф.  
Batova Yu. V., Kaznina N. M., Laidinen G. F., Titov A. F.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: batova@krc.karelia.ru*

Zinc and lead content was compared in the soils, underground and aboveground plant organs of six species of Poaceae, Asteraceae and Fabaceae in areas located 0.5-4 km from major industrial sites in Karelia, areas along highways, and non-polluted areas (8 km or more from pollution sources). The absorption and distribution patterns of zinc and lead in plant tissues as a result of anthropogenic effects were examined and described.

В период с 2006 по 2013 гг. изучали содержание цинка и свинца в почве, подземных и надземных органах растений шести видов растений, относящихся к трем семействам: Poaceae (*Dactylis glomerata* L., *Phleum pratense* L.), Asteraceae (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Tussilago farfara* L.) и Fabaceae (*Vicia cracca* L., *Trifolium pratense* L.), и занимающих содоминирующее положение в фитоценозах. Почвенные и растительные образцы отбирали на участках, расположенных на расстоянии 0.5-4 км от наиболее крупных промышленных предприятий Карелии (Онежский тракторный завод — ОТЗ и завод «Авангард» в г. Петрозаводске, ЦБК в г. Кондопоге, ГОК в г. Костомукше), а также вблизи автомобильных и железнодорожных магистралей. Условно чистыми считали участки, расположенные вдали (8 км и более) от источников загрязнения. Всего проанализировано 150 образцов с 28 участков. Коэффициент биологического поглощения (КБП) рассчитывали как отношение содержания элемента в корнях растений к его содержанию в почве [Перельман, 1989].

Установлено, что на условно чистых участках содержание цинка в почве колеблется от 21.8 до 74.3 мг/кг сухой массы, свинца — от 6.1 до 26.0 мг/кг и составляет в среднем 38.0 и 10.6 мг/кг, соответственно, что согласуется со средними значениями валового содержания этих элементов в минеральных горизонтах почв Карелии [Федорец и др., 2008]. На участках, расположенных вблизи от источников загрязнения, количество цинка и свинца в почве варьировало в более широких пределах и было выше, чем на условно чистых (на 37 и 60 %, соответственно). Но превышение предельно допустимых концентраций этих элементов в почве было зафиксировано только на двух участках — вблизи ОТЗ и завода «Авангард».

У растений, произрастающих в условно чистой зоне, среднее содержание цинка в корнях было несколько выше, чем его содержание в почве, что говорит об активном поглощении ими металла. При этом представители сем. Poaceae поглощали цинк из почвы более активно (КБП=1.2-1.7), чем виды, относящиеся к сем. Asteraceae и Fabaceae (КБП=0.70-0.79). Заметные различия были выявлены

и в характере распределения этого металла по органам у растений из разных семейств. У видов сем. Роасеае количество цинка в корнях было в 2 раза выше, чем в побегах, тогда как представители сем. Asteraceae и Fabaceae, наоборот, характеризовались более высоким (в 1.1-2.2 раза) содержанием этого металла в надземных органах. Выявлено также, что вблизи источников загрязнения содержание цинка в корнях растений оказалось в среднем ниже, чем в почве. Снизился и КБП этого металла, составив для злаков 0.98-1.15, для представителей двух других семейств — 0.46-0.56, что может быть связано со снижением доступности цинка для растений и/или с активизацией у них механизмов, поддерживающих постоянство микроэлементного состава. Видовые особенности распределения цинка по органам в этих условиях сохранялись.

Свинец, в отличие от цинка, слабо поглощался растениями. На участках, расположенных вдали от источников загрязнения, КБП этого металла для злаков составлял в среднем 0.31, для растений других семейств — 0.12. При этом наибольшее содержание свинца в корнях было обнаружено у видов из сем. Роасеае, а наименьшее — у представителей сем. Asteraceae. Вблизи источников загрязнения КБП свинца сохранялся на том же уровне, что и в чистой зоне, поэтому с увеличением количества металла в почве у растений всех изученных видов его содержание в корнях повышалось. Характер же распределения свинца по органам растений в условиях загрязнения не изменялся и в целом был схож с распределением цинка.

В целом, полученные результаты не только указывают на значительное загрязнение почвы цинком и свинцом, обусловленное техногенным фактором, но и на их накопление в растениях, что существенно ухудшает условия их жизнедеятельности.

*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП ФИЦ «Карельский научный центр» в рамках Государственного задания №0221-2017-0051.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Перельман А. И.* Геохимия. М.: Высшая школа. 1989. 528 с.

*Федорец Н. Г., Бахмет О. Н., Солодовников А. Н., Морозов А. К.* Почвы Карелии: геохимический атлас. М.: Наука. 2008. 47 с.

### **БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ ХВОЙНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА**

### **THE ECOSYSTEM FOUNDATIONS OF THE RESILIENCY OF CONIFEROUS FORESTS IN THE NORTH**

Бобкова К. С.

Bobkova K. S.

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Республика Коми; e-mail: bobkova@ib.komisc.ru*

Coniferous forests in the North are known to form resilient ecosystems. Pine and spruce are able to adapt to extreme conditions, facilitating their survival in the long term. Pine and spruce form mixed uneven-aged stands. Vegetation growth is observed there at low positive

temperatures. Spruce and pine trees remain photosynthetically active during the midnight sun period. Forest field and ground layers have a major role in coniferous ecosystem resilience.

Длительная история развития лесов на европейском Северо-Востоке России и неоднократная осцилляция ареалов хвойных и лиственных пород привели к формированию в регионе лесных экосистем с относительно высоким уровнем видового разнообразия. Зарегистрировано 8 видов хвойных и 17 — лиственных деревьев, более 50 видов кустарников, около 900 — сосудистых растений, 245 видов листостебельных мхов [Леса..., 1999]. В притундровых лесах региона доминируют редкостойные еловые и березовые леса долгомошной, сфагновой групп типов с запасом фитомассы 40-90 т/га. В северной тайге преобладают фитоценозы зеленомошной и долгомошной групп типов, V (редко IV) класса бонитета, с запасом органической массы 90-140 т/га. В условиях средней тайги господствуют еловые и сосновые насаждения зеленомошной группы типов с запасом фитомассы — 160–260 т/га.

Несмотря на жесткие экологические условия произрастания, еловые и сосновые фитоценозы европейского Северо-Востока представляют саморегулирующие довольно устойчивые экологические системы. Длительному существованию их способствует приспособленность древесных растений естественных популяций к экстремальным условиям Севера. Это выражается как в структурной организации, так и в функционировании фитоценозов. Из этих свойств, прежде всего, следует отметить формирование древостоев разновозрастной структуры [Гусев, 1978; Казимиров, 1971; Манов, 2008; Кутявин, 2018]. В стабильных лесных экосистемах европейской тайги накапливаются и постоянно обновляются мощные генерации подроста хвойных древесных растений (2–9 тыс. экз./га).

В условиях северной и средней тайги еловые и сосновые насаждения, как правило, формируют смешанные по составу древостои [Биопродукционный, 2001; Коренные..., 2006]. В составе хвойных всегда есть примесь березы (осины) до двух единиц в средней и до трех единиц в северной тайге. В процессе эволюции все хвойные развивались и развиваются через смену пород: хвойные после лиственных. Лиственные сыграли и играют большую роль в улучшении условий минерального питания. На территории рассматриваемого региона в составе еловых древостоев почти всегда присутствуют пихта, кедр, в составе сосновых — лиственница.

Специфической особенностью северных лесов является то, что на создание единицы органической массы в условиях Севера растения развивают мощный аппарат физиологически активных органов. Это указывает на адаптивную реакцию насаждений при ухудшении лесорастительных условий. Эффективность работы хвои и сосущих корней в северной тайге в 1.5 раза ниже, чем в средней.

Низкая интенсивность продукционного процесса в хвойных экосистемах европейского Северо-Востока определяется дефицитом тепла и коротким периодом биологической активности (30–40 дней в северной, 70–80 — средней тайге). Ведущими факторами, определяющими структуру и накопление органической массы хвойных сообществ исследуемого региона, являются почвенно-экологические. Почвенная ризосфера большинства хвойных фитоценозов кислая, не насыщена основаниями, бедна доступными формами питательных элементов, характеризуется высоким содержанием токсических

элементов алюминия и железа. Древесные растения большинства типов леса обеспечены слабо азотом, умеренно – фосфором, калием [Никонов, Лукина, 1994; Коренные..., 2006].

Приспособленность ели и сосны естественных популяций к экстремальным температурам определяется относительно высокой активностью вегетативных органов при низких температурах. Так, рост вегетативных органов этих древесных пород носит взрывной характер, начинается поздно, протекает довольно интенсивно в сжатые сроки и при относительно низких суммах положительных температур воздуха и почвы. В зимний период массового отмирания корней не наблюдается, хотя температура органогенного горизонта в северной тайге опускается до  $-11$ , в средней до  $-6$  °С.

В жизнедеятельности хвойных лесных экосистем Севера своеобразную и важную роль выполняет лесная подстилка, где аккумулируются довольно большие запасы питательных веществ (азота от 440 до 2400; зольных элементов от 300 до 1600 кг/га), что в несколько раз превышает ежегодный вынос элементов на формирование продукции. Следует также отметить, что всасывающие корни способны забирать питательные вещества из подстилки на ранних стадиях разложения растительных остатков.

Для хвойных сообществ Севера отмечается смещение максимума листовой поверхности в нижнюю часть кроны. В результате в них наблюдается хорошо выраженное проникновение радиации вглубь полога, что приводит к прогреванию верхней и средней части кронового пространства. Именно в этих слоях интенсивно протекают физиологические процессы.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Институт биологии Коми НЦ РАН (№ АААА-А17- 117122090014-8).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. Спб. Наука. 2001. 276 с.

*Гусев И. И.* Строение и особенности таксации ельников Севера. Л.: Изд-во ЛГУ. 1978. 232 с.

*Казимиров Н. Н.* Ельники Карелии. Л.: Наука. 1971. 140 с.

Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. / Отв. ред. *К. С. Бобкова, Э. П. Галенко.* СПб: Наука. 2006. 337 с.

*Кутявин И. Н.* Сосновые леса Северного Приуралья: строение, рост, продуктивность. Сыктывкар: ИБ Коми НЦ Уро РАН. 2018. № 5. 176 с.

Леса Республики Коми / Под ред. *Г. М. Козубова, А. И Таскаева.* М.: Изд-во Продюсерский центр. «Дизайн. Информация. Картография». 1999. 332 с.

*Манов А. В.* Строение древостоев притундровых ельников европейского Северо-востока // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2008. № 5. С. 43-51.

*Никонов В. В., Лукина Н. В.* Биогеохимические функции лесов на северном пределе распространения. Апатиты: КНЦ РАН. 1994. 315 с.

**ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ПОЧВЫ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО  
БОТАНИЧЕСКОГО САДА (Г. КИРОВСК, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**NATURAL ANTHROPOGENICALLY MODIFIED SOILS OF THE POLAR  
ALPINE BOTANICAL GARDEN IN KIROVSK, MURMANSK REGION**

Гаврилова В. И.

Gavrilova V. I.

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, e-mail: ya.valentina-gav@yandex.ru*

Studies of the soils in the Polar Alpine Botanical Garden have shown that anthropogenically modified soils differ in from natural soils in terms of topsoil composition, level of mixing and/or cultivation, cryogenic processes, and chemical properties. Natural anthropogenically modified soils have a neutral pH. The organic matter content varies between 2.7 % and 6 % in the upper horizons of anthropogenically modified soils. The region's soils are exposed to the industrial pollution effects of apatite-nepheline plants and smelters. As a result, the upper soil horizons have an elevated content of phosphorus (1.4-3.1%) and calcium (3.3-4.5%); the soils are also contaminated with heavy metals and metalloids, such as V, Cr, Ni, Cu, As, Pb, Sr, Co.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина (ПАБСИ КНЦ РАН) — самый северный ботанический сад в России, был основан в 1931 г. в г. Кировск (Мурманская область). С тех пор здесь выращивают, изучают и сохраняют интродуцированные растения, завезенные со всех концов мира [Лапин, 1984]. Для создания особых почвенных условий, необходимых для произрастания интродуцентов, проводят различные агротехнические мероприятия, улучшающие свойства природных почв. Но почвы ботанического сада (БС) испытывают не только благоприятное влияние, они долгое время подвержены высокой техногенной нагрузке: в г. Кировск и г. Апатиты находятся апатито-нефелиновые фабрики, велико влияние предприятий черной и цветной металлургии действующих в регионе. Таким образом, многообразие факторов (окультуривание с одной, загрязнение с другой), оказывающих влияние на почвы БС, определило существенную трансформацию почв БС, изучение которой является актуальным направлением почвенных исследований.

Объектами исследования стали почвы парковой, научно-экспериментальной (питомники травянистых и древесных интродуцентов) и административно-хозяйственной зон ПАБСИ КНЦ РАН. БС расположен на склонах Хибин и озерной террасе оз. Б. Вудъявр. Почвообразующие породы представлены нефелиновыми сиенитами, их элювием, делювием и мореной. Природные почвы формируются под елово-березовым криволесьем, в условиях умеренно-холодного климата. Нами изучены морфологические и химические особенности 9 почвенных разрезов. Химико-аналитические исследования проведены по общепринятым методикам: содержание органического вещества (ОВ) — по Тюрину, рН — потенциометрическим методом, элементный анализ — рентгенфлуоресцентным методом с использованием прибора СПЕКТРОСКАН МАКС-GV.

В парковой зоне описаны подбуры и подзолы альфегумусовые. В научно-экспериментальной — агроземы гумусово-стратифицированные альфегумусовые, различающиеся по технологии и продолжительности создания плодородного

почвенного слоя, а также по проявлению процессов криотурбаций, возникающих при отсутствии слоя растительности и лесной подстилки на поверхности почвы. В административно-хозяйственной зоне описаны подбуры урбистратифицированные, сформированные в результате насыпки материала мощностью не более 40 см, неоднородного по вещественному и гранулометрическому составу и содержащего много строительного и бытового мусора.

Антропогенно-измененные почвы имеют нейтральную реакцию, природные – кислую-слабокислую. Максимальное количество органического вещества наблюдается в иллювиально-гумусовых горизонтах почв парковой зоны и погребенных иллювиально-гумусовых горизонтах антропогенно-природных почв (до 13–16 %). Агрогумусовые горизонты содержат 2.7–4.5 % органического вещества в почвах травянистого питомника и 6 % в почвах под древесными насаждениями.

Подзолам свойственно элювиально-иллювиальное распределение полуторных оксидов и относительное накопление  $\text{SiO}_2$  в подзолистом горизонте. В подбурах  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  распределен равномерно, для  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  характерен элювиальный тип. В природно-антропогенных почвах распределение полуторных оксидов может иметь аккумулятивно-элювиально-иллювиальный и элювиальный тип, в погребенных подзолистых горизонтах сохраняется относительное накопление  $\text{SiO}_2$ . Почвы отличаются относительно высоким содержанием в органогенных горизонтах фосфора (1.4–3.1 %) и кальция (3.3–4.5 %), из-за привноса в виде пыли с близко расположенной апатито-нефелиновой фабрики.

Сравнение результатов, полученных для тяжелых металлов и металлоидов, с кларками, санитарно-гигиеническими нормативами (ПДК, ОДК), предыдущими исследования почв региона [Кашулина, 2002] и содержанием в элювии нефелиновых сиенитов показали, что почвы загрязнены V, Cr, Ni, Cu, As, Pb, Sr, Co. Элементы интенсивно аккумулируются в верхнем горизонте, с глубиной концентрация резко снижается в природных почвах и постепенно в антропогенно-природных – из-за периодического омоложения почвенного профиля интенсивной аккумуляции не происходит.

## ЛИТЕРАТУРА

*Кашулина Г. М.* Аэротехногенная трансформация почв европейского субарктического региона. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2002. 158 с.

*Латин П. И.* Ботанические сады СССР. М.: Колос. 1984. 216 с.



**ОБЗОР ДАННЫХ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ПОЧВАХ, ВОДЕ, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ, МХАХ  
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕРЕПОВЕЦКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ  
ЗА ПЕРИОД С 1961 ПО 2014 ГОДЫ  
(ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)**

**A REVIEW OF THE DATA ON HEAVY METALS IN THE SOILS, WATER,  
BOTTOM SEDIMENTS, MOSSES IN THE AREAS EXPOSED TO THE  
POLLUTION FROM THE CHEREPOVETS INDUSTRIAL ZONE VOLOGDA  
REGION, RUSSIA, IN 1961-2014**

Гапеева М. В.

Gapeeva M. V.

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская обл.;  
e-mail: gmv@ibiw.yaroslavl.ru*

This paper is a review of the existing literature on the content and distribution of heavy metals (HM) in the water, bottom sediment, soils, mosses in the areas exposed to the pollution from the Cherepovets industrial zone in 1961-2014. It is shown that, over the 53 years, the soils, water, and bottom sediments developed an accumulation of HM above the respective maximum allowable concentrations. Maximum metal content values were observed in the bottom sediments of the rivers Kohsta and Serovka receiving the sewage from the Cherepovets industrial zone. In the Sheksna reach, Zn and Cd concentrations reach the background level (at the city's water intake facility) at a distance of 97 km, Pb concentrations at a distance of 80 km. Copper and bismuth do not reach the background levels. The highest HM concentrations in the mosses were observed in the northwest of the region, which is explained by the prevailing winds.

Город Череповец — крупный индустриальный центр Северо-запада России, в котором сосредоточено более 50 предприятий тяжелой и легкой промышленности. Концентрации тяжелых металлов (ТМ) в окружающей среде отображают уровень техногенного загрязнения. Цель настоящего исследования дать ретроспективный анализ распределения ТМ в объектах окружающей среды г. Череповца на локальном и региональном уровнях за период 1961–2014 гг. в почвах, расположенных вблизи промышленной зоны, в воде и донных отложениях Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища и мхах Вологодской и прилегающим к ней другим областям.

*Почвы.* Высокие значения содержания ртути, свинца и кадмия установлены в поверхностном слое почвы березово-осинового леса и пойменных ивовых зарослей, меньшие значения содержания этих металлов отмечены в почве ольшаника и суходольного луга [Иванова, 2013]

*Вода.* В воде Рыбинского водохранилища максимальные концентрации свинца, меди, цинка наблюдали в разных участках, в том числе в Шекснинском плёсе. Сравнение с ПДК показывает, что эти величины превышены для свинца, меди, цинка [Кольцов, 1961; Гапеева, 2013].

*Донные отложения (ДО).* Максимальные концентрации металлов наблюдали в ДО притоков водохранилища Кошта и Серовка, принимающих стоки промузла г. Череповец. По результатам исследования содержания ТМ в ДО Шекснинского плёса показано, что концентрации Zn и Cd выходят на уровень фоновых

(водозабор города) на расстоянии 97 км, Pb – на расстояние 80 км. Медь и висмут не достигают фоновых величин [Гапеева, 2013].

*Мхи.* Концентрации металлов в 19 образцах *Pleurozium schreberi* и в 23 образцах *Sphagnum magellanicum* Li, Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Hg, Cd, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, W, Tl, Pb, Bi, U были, максимальными на северо-западе Вологодской области, что согласуется с розой ветров [Гапеева и др., 2018].

*Здоровье и безопасность населения и гидробионтов.* Исследование влияния факторов окружающей среды на детское население Череповца показало, что комплексная антропогенная нагрузка на здоровье популяции детского населения превышает нормированное значение на  $60 \pm 6.1$  % [Ванюхина, 2007]. Общая протеолитическая активность ферментов в кишечнике леща в Шекснинском плёсе значительно снижена по сравнению с контролем. Показано, что ТМ в Шекснинском плёсе оказывают влияние на показатели оксидативного стресса у *D. polymorpha*.

В 1961 г. влияние предприятий Череповца на повышение концентраций ТМ в окружающей среде не сказывалось, в 2014 г. загрязнение ТМ прослеживается на 80–100 км вниз по течению р. Шексны. Городские власти, правительство области, промышленники Череповца ставят своей целью не просто остановить рост загрязнения атмосферы вредными выбросами, но и добиться существенного снижения негативного воздействия предприятий на окружающую среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

Гапеева М. В., Законнов В. В., Ложкина Р. А., Павлов Д. Ф., Борисов М. Я. Оценка загрязнения тяжелыми металлами малонаселенных территорий на примере Северо-Западного региона России // Экология человека. 2018. № 3. С. 4–9.

Гапеева М.В. Тяжёлые металлы в воде и донных отложениях Рыбинского водохранилища. // Вода: химия и экология. 2013. С. 3–7

Ванюхина М. А. Влияние факторов окружающей среды на популяцию детского населения г. Череповца: автореф. дис.... канд. биол. наук. М. 2007. 19 с.

Иванова Е. С. Закономерности накопления и распределения ртути в компонентах наземных экосистем Вологодской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок. 2013. 24 с.

Кольцов Г. А. Распределение редких и рассеянных элементов в воде Рыбинского водохранилища осенью 1961 г. // Динамика водных масс водохранилищ (в связи с распределением организмов). М.- Л. 1965.

## **ВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ**

### **THE EFFECT OF WOODY PLANTS ON SOIL FERTILITY IN TAIGA FORESTS**

Данилова М. А., Лукина Н. В., Кузнецова А. И., Смирнов В. Э.

Danilova M. A., Lukina N. V., Kuznetsova A. I., Smirnov V. E.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН; e-mail: dr.m.danilova@gmail.com*

Multiple studies examine the effects of woody plants and forest phytocoenoses on soils. It is known that plants, soil fauna and microorganisms affect soil fertility in such a way that soils become more favorable for the growth and development of the biota. The purpose of this study is to examine the effect of woody plants, including those of different ages, on the soil fertility in taiga forests. We found that fertility changes in organic soil horizons in the course of their natural development process from the initial stages to the formation of phytocoenoses, including mature trees, are non-linear. The acidity of the soil mineral horizons under trees 110-135 and 190-220 years old was comparable, but higher than under trees 30-40 years old. Differences in the extent and direction of the effect of spruce trees on the soils are explained both by the age of the trees and by the fact that they belong to different Kraft classes. We found that soil fertility in old-growth spruce forest stands was significantly higher than in similarly aged pine forest stands. This is explained by the differences in the litterfall quality and crown structure. Senescent spruce needles are more rich in calcium, and the amount of precipitation penetrating the low and dense canopy of spruce is insignificant, which prevents the leaching of nutrients from organic soil horizons.

Влиянию древесных растений и лесных фитоценозов на почвы посвящено множество отечественных и зарубежных работ. В многочисленных работах последних двух десятилетий показано, что растения, почвенные животные и микроорганизмы влияют на плодородие почв таким образом, что они становятся более благоприятными для роста и развития биоты. Положительные обратные связи играют существенную роль в динамике лесных экосистем. К основным механизмам влияния растений на почву относят химическое выветривание горных пород, перераспределение осадков, света, тепла и элементов питания, поступление элементов питания с опадом, а также со стволовыми и кроновыми водами, влияние на разложение и минерализацию органического вещества, формирующегося из растительных остатков разного качества, поглощение элементов питания, формирование ветровально-почвенных комплексов.

Ряд исследований последних десятилетий по влиянию древесных растений на почву проводились в так называемых «common garden» экспериментах, то есть на плантациях, формируемых древесными растениями разных видов, достигших возраста 50–60 лет. Сформировались представления о том, что ель способствует подкислению и деградации почв. Однако такие заключения, сделанные на основе этих экспериментов, вызывают сомнения, поскольку многие плантации были сформированы на бывших сельскохозяйственных землях, то есть начальные условия были искусственными. Влияние деревьев на свойства почв может меняться с возрастом. Цель работы – дать оценку влияния древесных растений, в том числе, разного возраста на плодородие почв таежных лесов. Нами показано, что изменения плодородия органогенных горизонтов почв в ходе их развития

от стадий зарастания западин до формирования взрослых деревьев носит нелинейный характер [Орлова и др., 2018]. Кислотность минеральных горизонтов почв под деревьями 110–135 и 190–220 лет сопоставима, но выше, чем под деревьями 30–40 лет. Отличия в мощности и направленности влияния ели на почвы объясняется как возрастом деревьев, так и их принадлежностью к разным классам Крафта. При сравнении разных формаций лесов нами установлено, что в старовозрастных еловых лесах уровень плодородия почв существенно выше, чем в сосновых. Это объясняется различиями в качестве опада и строении крон. Опад хвои ели богат кальцием, плотные и низкие кроны деревьев ели задерживают осадки, что препятствует вымыванию оснований из органогенных горизонтов почв. Ажурные кроны сосны, напротив, пропускают значительное количество осадков, что приводит к обеднению почв элементами питания.

*Исследования выполнены за счет проекта Государственного задания «Методические подходы к оценке структурной организации и функционирования лесных экосистем» (№АААА-А18-118052400130-7).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Орлова М. А., Лукина Н. В., Смирнов В. Э., Артемкина Н. А. Влияние ели на кислотность и содержание элементов питания в почвах северотаежных ельников кустарничково-зеленомошных // Почвоведение. 2016. № 11. С. 1355–1367.

### **МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ПУСТОШЕЙ И РЕДКОЛЕСЬЯ**

#### **SOIL MINERALOGY IN BARRENS AND POLLUTED SPARSE FORESTS**

Евтюгина З. А.<sup>1</sup>, Копылова Ю. Г.<sup>2</sup>, Солдатова Е. А.<sup>2</sup>

Evtuygina Z. A.<sup>1</sup>, Kopylova Yu. G.<sup>2</sup>, Soldatova E. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Апатитский филиал Мурманского государственного технического университета, Апатиты, Мурманская область; e-mail: zina\_evt@mail.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Томская область; e-mail: unrc\_voda@mail.ru

No changes were found in the mineralogical composition of the soils in the forest biocenoses exposed to SO<sub>2</sub>, Ni, Cu pollution (near Monchegorsk, Murmansk Region), compared to non-polluted areas.

Особенности биохимического выветривания (почвообразования) представляют интерес для почвоведов, геологов и гидрогеохимиков. В двух почвенных разрезах в техногенной (под воронкой) и в техногенном еловом редколесье (под куртиной злаков), в 4 и 7 км от медно-никелевого комбината соответственно, а также в условно-фоновом ельнике (под сфагнумом с единичными особями вороники и черники) определяли с помощью рентгеновской дифрактометрии собственно глинистые минералы, а также неглинистые компоненты, присутствующие в тонкодисперсной фракции почв. Изобилие аморфных неорганических твердых фаз – гелей – гидрокситит-гель или

гидрооксиды железа, кремний-гель – гидроксид кремния (опал) не позволяет провести корректное определение количественного фазового состава проб. В фоновой почве, сформированной на песчаной морене с редкими валунами, в подзолистом горизонте — Е, выдержанном по мощности (7 см), обнаружены: кварц, плагиоклаз (группа главных минералов – более 20 %); калиевые полевые шпаты,  $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (второстепенные 5–20 %);  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (опал), амфиболы, гидрослюда (редкие — менее 5 %). В иллювиальном горизонте — В — почти аналогичное распределение минералов, но исчезает гидрослюда и появляется хлорит в группе от 5 до 20 %. Подзолистые горизонты почв в 4 и 7 км от источника выбросов представлен единичными линзочками (5x10 см) и прослоями (1 см), выклинивающимися близ валунов. В Е-горизонте этих почв выявлены: под вороникой — нонтронит, хлорит, гидрослюда, амфиболы (5–20 %), под злаками — нонтронит, кварц, амфиболы, кварц, плагиоклаз (более 20 %), В В-горизонтах почв автономных ландшафтов техногенных пустоши и редколесья не обнаружено глинистых минералов, здесь только —  $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , кварц, амфиболы, плагиоклаз. Аналогично — в ВС-горизонте почвы под вороникой (на глубине 50 см не удалось выявить нижнюю границу ВС-горизонта, здесь около 80 % обломочного материала — это уплотнённые ожелезненные гравий и щебень). В почвообразующей породе под куртиной злаков присутствуют нонтронит и хлорит, на долю которых вместе с амфиболами и калиевым полевым шпатом приходится 5–20 %, а гидрослюды и гидрооксида кремния в С-горизонте почвы менее 5 %. В подзолистых горизонтах выветривание происходит в условиях агрессивной среды, однако здесь, по-видимому, важно время контакта просачивающейся воды с минеральными частицами. Для почвы фонового ельника характерен промывной режим. В почвенных профилях техногенных пустоши и редколесья обилие валунов и наличие плотных гравийно-щебнистых слоёв, контактирующих с невыдержанным по мощности подзолистым горизонтом, может способствовать более длительному времени пребывания воды в Е-горизонте и, следовательно, накоплению здесь глинистых минералов. Появление нонтронита в этих почвах, типичного гипергенного минерала, обусловлено его образованием при выветривании железосодержащих силикатов ультраосновных изверженных и метаморфических горных пород, которые широко распространены в районе исследований. Находки нонтронита, хлорита, гидрослюды, амфиболов, плагиоклазов отмечались ранее при изучении глинистых минералов четвертичных отложений не только в этом, но и в других районах Кольского полуострова, не затронутых воздействием выбросов промышленных предприятий [Афанасьев, 1964; Евзеров, Кошечкин, 1981].

#### ЛИТЕРАТУРА

*Афанасьев А. П.* Глинистые минералы четвертичных отложений некоторых районов Кольского полуострова. // Четвертичные отложения и грунтовые воды Кольского полуострова. М-Л.: Наука. 1964. С. 78–91.

*Евзеров В. Я., Кошечкин Б. И.* Палеогеография плейстоцена западной части Кольского полуострова. Л.: Наука. 1981. 104 с.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЭКОСИСТЕМ  
КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА: НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ 2018 ГОДА**

**HEAVY METAL POLLUTION OF THE KOLA PENINSULA ECOSYSTEMS:  
SELECTED RESEARCH RESULTS FROM 2018**

Елсукова Е. Ю., Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Пожарская О. Д.,  
Чуняева Е. О., Земцов В. А.

Elsukova E. Yu., Opekunova M. G., Opekunov A. Yu., Pozharskaya O. D.,  
Chuniaeva E. O., Zemtsov V.A.

*Санкт-Петербургский государственный университет, С-Петербург; e-mail:  
e.elsukova@spbu.ru*

Environmental assessments of the areas exposed to the pollution from the Severonikel Mining and Mineral Processing Operation have been carried out by the Department of Geocology and Environmental Management at SPbU since 2001. In 2018, seven geoecological profiles were collected. The study area is located 50 km south of the industrial site. In total, 50 soil samples and 10 bark samples of *Pinus sylvestris* L. were collected. The total heavy metal content in the soil and the bark was determined by ICP-OES. Stationary moss (*Sphagnum palustre* L.) and lichen (*Cladonia* sp.) traps were set up for three months. The highest Ni (4840 mg/kg) and Cu (3090 mg/kg) levels were recorded at a distance of 12 km, the lowest Ni (34 mg/kg) and Cu (10 mg/kg) levels were observed in the town of Kirovsk. In the Lapland Nature Reserve, the Ni level in the topsoil was 436 mg/kg, Cu level was 190 mg/kg. Throughout most of the study area, the topsoils had dangerous pollution levels based on the total soil pollution coefficient (Zc). In traps, the maximum accumulation of Ni and Cu was observed at a distance of 3 km from the pollution source — in mosses (56 and 53 mg/kg, respectively) and lichens (18 and 16 mg/kg).

Работы по оценке экологической ситуации на территории, подверженной воздействию комбината «Североникель», проводятся сотрудниками кафедры геоэкологии и природопользования СПбГУ с 2001 г. В июле 2018 г. заложено 7 геоэкологических профилей состоящих из 21 пробной площади. Для изучения миграции веществ в ландшафте пробные площади находятся на разных элементах рельефа. В соответствии с розой ветров исследованная территория располагается в южном направлении от комбината. Профиль 1 заложен на горе Поазуайвенч в г. Мончегорске, профиль 2 расположен на расстоянии 3 км от комбината, профиль 3 находится в стороне от основного градиента исследования в районе ПАБСИ КНЦ РАН, профиль 4 — в 12 км от г. Мончегорска, профиль 5 — на водосборе реки Вите в 23 км, профиль 6 заложен на территории Лапландского заповедника в 30 км, профиль 7 — на территории водосбора реки Курки в 36 км от г. Мончегорска.

Для выявления биогеохимических индикаторов техногенной трансформации потоков тяжелых металлов (ТМ) на каждой пробной площади даны характеристики рельефа, почв, растительности. Пробы почв отобраны методом конверта из органогенного и иллювиального горизонтов. Всего отобрано 50 проб почв и 10 проб коры *Pinus sylvestris* L. Валовое содержание ТМ (Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Ba и Pb) в почве и в коре определено в лаборатории ВСЕГЕИ методом ICP-OES. Подвижные формы ТМ определены атомно-эмиссионным

методом в Ресурсном центре СПбГУ по направлению “Химия”. Определена актуальная и потенциальная кислотность почв. Выполнена установка ловушек из мха (*Sphagnum palustre* L.) и лишайника (*Cladonia* sp.) на три месяца на четырех профилях — в г. Мончегорске, в 3 км от комбината, на водосборе реки Вите и в районе ПАБСИ. Мхи и лишайники отобраны в Ленинградской области. В пробах определены концентрации Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Mn и Fe на атомно-абсорбционном спектрометре. В качестве вытяжки использована азотная кислота.

Концентрация ТМ в верхних горизонтах почв выше, чем в иллювиальных. Максимальные содержания Ni (4840 мг/кг) и Cu (3090 мг/кг) зафиксированы на расстоянии 12 км, минимальные Ni (34 мг/кг) и Cu (10 мг/кг) — в районе ПАБСИ. В Лапландском заповеднике содержание Ni в верхнем горизонте почв составило 436 мг/кг, а Cu — 190 мг/кг.

Для каждой пробы рассчитаны коэффициенты суммарного загрязнения почв (Zc). В качестве норматива взяты ОДК для Ni, Cu, Zn, Cd и Pb, а также ПДК для V и суммы V и Mn. На профилях 1, 2, 5 и 7 по Zc почвы верхних горизонтов относятся к опасной категории загрязнения. Максимальные концентрации ТМ наблюдаются в верхнем горизонте на профиле 4. Эти почвы относятся к чрезвычайно опасной категории. В районе ПАБСИ уровень загрязнения почв — допустимый. На территории Лапландского заповедника Zc показывает на умеренно опасное загрязнение. Четко прослеживается миграция химических элементов по рельефу: Ni, Cu, Cr, Co, Mn и Ba накапливаются в нижней части профиля. Равномерно распределены по рельефу Sc, V, Zn, Cd, Pb. Накопление химических элементов в нижних частях склонов наиболее ярко выражено на профилях близких к источнику загрязнения.

В почвенных разрезах (подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые на моренных отложениях) индикаторные элементы — Cu и Ni накапливаются преимущественно в органогенном горизонте. Cr распределяется по разрезу равномерно. Ba содержится преимущественно в нижнем горизонте. Fe накапливается в горизонте BF, в подстилке его содержание минимально.

В ловушках зольность мхов выше, чем лишайников. Максимальное накопление Ni наблюдается на профиле 2 в мхах (56 мг/кг) и лишайниках (18 мг/кг). Далее содержание Ni уменьшается с расстоянием от комбината. Содержание Cu максимально на профилях 1 и 2 в мхах (60 и 53 мг/кг соответственно) и в лишайниках (9 и 16 мг/кг).

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-00217 «Биогеохимические индикаторы техногенной трансформации потоков тяжелых металлов в ландшафтах».*

**ГОДИЧНЫЙ ПРИРОСТ *POLYTRICHUM COMMUNE* HEDW.  
В ЛЕСНОМ ПОЯСЕ ХИБИН**

**ANNUAL INCREMENT OF *POLYTRICHUM COMMUNE* IN THE FOREST  
BELT OF THE Khibiny MOUNTAINS**

Ермолаева О. В., Шмакова Н. Ю.

Ermolaeva O. V., Shmakova N. Yu.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина, Кировск,  
Мурманская область; e-mail: olia.ermolik@yandex.ru

The annual linear and biomass increment of *Polytrichum commune* in the forest belt of the Khibiny mountains was estimated. In 2013–2018, the annual increment in different habitats was 30–46 mm/year and 11–23 mg/year on a dry weight basis. The linear and biomass increments were the highest in the forest belt's meadows. The effects of the vegetation period length on the biomass increment were stronger than on the linear increment.

В северных экосистемах мхи играют значительную роль в накоплении органического вещества. В лесных сообществах Хибин мох *Polytrichum commune* является доминантом и содоминантом, а в ряде местообитаний представляет собой микрогруппировки с проективным покрытием 80–100 %. Это один из наиболее крупных представителей верхоплодных мхов, образует рыхлые или густые темно-зеленые дерновинки, четко определяются годовые побеги, фотосинтетически активными остаются приросты двух лет. Несмотря на частое использование его в качестве модельного объекта в многочисленных исследованиях, данных по особенностям роста и накоплению массы, а также связи этих процессов с факторами среды недостаточно. В связи с этим, цель исследования – изучение линейного и весового прироста побегов *P. commune* в разных местообитаниях (открытое, просветы крон деревьев, под пологом елей) и оценка отклика ростовых процессов на метеороусловия вегетации.

В результате многолетних наблюдений (2013–2018 гг.) выявлено, что линейный прирост *P. commune* на открытых участках и в просветах крон деревьев мало отличается между местообитаниями (в среднем, длина — 40.3 мм), а весовой прирост больше у мхов на открытых участках, чем в просветах (в среднем, 17.5 и 16.4 мг, соответственно). Наименьшей длиной, массой и удельным весом отличаются особи, растущие под пологом елей (стебель более тонкий с редко посаженными листьями). По сравнению с особями на открытых участках линейный прирост под пологом елей меньше в среднем на 12 %, весовой — на 18 %. Полученный коэффициент вариации (>20 %) указывает на значительный разброс линейного прироста у *P. commune*, особенно в куртинах в просветах крон деревьев (в разные годы варьировал в пределах 25.0–29.8). На открытых участках значения этого показателя варьировали в диапазоне 16.8–28.3, под пологом елей — 18.3–26.4.

Во всех местообитаниях длина и масса приростов варьирует по годам наблюдений. Разница между минимальным и максимальным значениями линейного и весового прироста составляет на открытых участках — 28 и 43 %, в просветах — 26 и 40 %, под пологом елей — 32 и 46 %, соответственно. Можно



отметить, что длина приростов в разные годы имеет меньший диапазон варьирования, чем по массе.

Самая низкая длина и масса прироста (в среднем, 33.5 мм и 12.9 мг) отмечена в 2017 г. (вегетационный период всего 103 дня, средние температуры июня и сентября составили +7.2 и +5.1 °С и отмечены как наименьшие за 6 лет наблюдений, июль и август сопровождались частыми и обильными осадками). Неблагоприятный температурный режим этого вегетационного периода не позволил мху реализовать свой ростовой потенциал, а обилие дней с осадками, скорее всего, усугубляли действие низких температур.

Низкие величины годовичного прироста отмечены в жаркие и сухие 2013 и 2014 гг., когда за вегетационный период количество осадков и дней с их наличием было меньше 50 % от среднегодовой нормы (растения испытывали недостаток влаги). Особенно это отразилось на мхах, растущих под пологом елей, где количество осадков было еще меньше на 15–20 % (линейный и весовой приросты в среднем на 20–25 % ниже, чем в других местообитаниях).

Наибольшие значения линейного и весового прироста (45.7 мм и 22.1 мг) отмечены в благоприятный, по сочетанию погодных факторов, 2016 г., который отличался самым длинным вегетационным периодом (на 2–4 недели больше, чем в другие годы исследования), высокими значениями эффективных и активных температур, по количеству выпавших осадков сезон был умеренно влажным, дожди были частыми. Отметим, что во влажные годы различия ростовых показателей между местообитаниями сглаживаются.

Статистическая обработка многолетних данных показала, что условия вегетационного сезона сильнее оказывают влияние у *P. commite* на массу годовичного прироста, чем на его длину. Так, коэффициент корреляции длины годовичного прироста с осадками и температурой воздуха составил на открытом местообитании –  $r=0.5$ , а массы –  $r=0.9$ . В просветах крон – 0.7 и 0.9; под кронами ели – 0.5 и 0.7, соответственно.

## **СОДЕРЖАНИЕ СУЛЬФАТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННЫХ ВОДАХ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАПОВЕДНИКА «ПАСВИК»**

### **SULFATES AND HEAVY METALS IN THE SOIL WATER IN THE VICINITY OF THE PASVIK STATE NATURE RESERVE**

Ершов В. В.<sup>1</sup>, Исаева Л. Г.<sup>1</sup>, Поликарпова Н. В.<sup>2</sup>

Ershov V. V.<sup>1</sup>, Isaeva L. G.<sup>1</sup>, Polikarpova N. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: slavo91@gmail.com

<sup>2</sup>Государственный природный заповедник «Пасвик», Никель, Мурманская область; e-mail: polikarpova-pasvik@yandex.ru

The dynamics of the sulfates and heavy metals levels in the soil water in the pine and birch biogeocenoses near the Pasvik Nature Reserve were examined, taking into account the effects of industrial air pollution. Two permanent monitoring plots were studied in *Betuletum herbosum* and *Pinetum fruticulosum-hylocomiosum* west of Pechenganikel Mill, Murmansk Region, which is a major source of sulfur dioxide and heavy metals emissions into the atmosphere. The study

found significant variability of the soil water chemistry. The concentration of the pollutants was shown to be largely controlled by both the distance from the pollution source and the species composition of the forest stand.

Комбинат «Печенганикель» (АО «Кольская ГМК»), расположенный на северо-западе Мурманской области, является источником выбросов сернистого газа и тяжелых металлов в атмосферу [Доклад..., 2017]. Атмосферное промышленное загрязнение оказывает существенное влияние на лесные экосистемы на северном пределе распространения [Ежов, 2010, 2011; Кольская..., 2012; Сухарева 2016]. В 2009 г. ИППЭС КНЦ РАН принял участие в международной программе мониторинга лесов ICP Forests, которая была направлена на установление взаимосвязей между состоянием лесных экосистем и природными и антропогенными факторами. В государственном природном заповеднике «Пасвик» было заложено две постоянные пробные площади. Цель данного исследования — определить содержание сульфатов и тяжелых металлов в почвенных водах лесных биогеоценозов заповедника «Пасвик», с учетом влияния полога леса и аэротехногенного загрязнения.

Объектами исследования послужили две площадки постоянного наблюдения (ППН): в 50 км к западу от источника загрязнения — березняк разнотравный и в 75 км — сосняк зеленомошно-воронично-черничный. Период наблюдения составлял 3 года (2010–2012 гг.) Каждая ППН была оснащена лизиметрами гравитационного типа (12 шт.), расположенными на разной глубине в соответствии с генетическими горизонтами почв (A0, E, Bhfa). Отбор проб почвенных вод осуществляли сотрудники заповедника через каждые четыре недели с июня по октябрь. Тяжелые металлы: определяли методом ААС, сульфаты — ионообменной хроматографией.

В сосновом биогеоценозе в водах из всех горизонтов почв концентрации сульфатов выше, чем содержание меди и никеля. В водах из органогенных горизонтов почв (A0) содержание сульфатов до 3 раз, а никеля до 3.5 раз достоверно ( $p < 0.05$ ) выше, чем в водах из минеральных горизонтов (E и BC), для меди достоверных различий не обнаружено.

В березовом биогеоценозе, так же как и в сосновом, в содержании основных поллютантов доминируют сульфаты. В водах из органогенных горизонтов концентрации сульфатов в 1.5 раза выше ( $p < 0.05$ ), чем в элювиальном горизонте и в 1.4 раза ниже ( $p < 0.05$ ), чем в иллювиальном. Концентрации меди и никеля в почвенных водах из органогенных горизонтов до 1.4 раз выше ( $p < 0.05$ ), чем в водах из иллювиальных горизонтов. Содержание сульфатов и никеля в почвенных водах из минеральных горизонтов березового леса достоверно до 3 раз выше, чем в сосновом лесу. Концентрации меди в водах из всех горизонтов почв в березняке достоверно до 4 раз выше, чем в сосняке. Установлено, что в листьях березы концентрации тяжелых металлов и соединений серы выше, чем в хвое сосны [Сухарева, 2017], что в некоторой степени объясняет разницу концентраций этих элементов в почвенных водах.

Таким образом, концентрации основных поллютантов в почвенных водах из всех горизонтов почв характеризуются значительным межбиогеоценозическим варьированием. На концентрации поллютантов в значительной степени оказывает влияние как расстояние от источника загрязнения, так и состав древостоя.

## ЛИТЕРАТУРА

Доклад о состоянии окружающей природной среды Мурманской области в 2017 году. Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области. Мурманск. 2018. 165 с.

*Ежов А. Ю.* Медь и никель в ландшафтах северо-запада Кольского полуострова // Вестник Московского государственного областного университета. Сер. Естественные науки. 2011. № 2. С. 27–32.

*Ежов А. Ю.* Техногенное загрязнение тяжелыми металлами ландшафтов северо-запада Кольского полуострова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2010. № 1. С. 98–103.

Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполярный»): влияние на наземные экосистемы / *Ананьева С. И., Белова Е. А., Бульчев А. Г., Бульчева И. А., Заколдаева А. А., Зацаринный И. В., Исаева Л. Г., Косякова А. Ю., Ларькова М. С., Лукина Н. В., Мерищев А. В., Поликарпова Н. В., Трушицына О. С., Собчук И. С., Сухарева Т. А., Хлебосолова О. А.* / под общ. ред. О. А. Хлебосоловой. Рязань: НП «Голос губернии». 2012. 92 с.

*Сухарева Т. А.* Особенности накопления химических элементов древесными растениями северотаежных лесов на фоновых и техногенно нарушенных территориях // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ Кольского НЦ РАН. 2017. № 14. С. 438–448.

## **ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЛАПЛАНДСКОГО ЗАПОВЕДНИКА КАК РЕЗУЛЬТАТ МНОГОЛЕТНИХ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **PHENOLOGICAL DATA FROM THE LAPLAND NATURE RESERVE AS A RESULT OF LONG-TERM STATIONARY RESEARCH**

Зануздаева Н. В.<sup>1</sup>, Исаева Л. Г.<sup>2</sup>

Zanuzdaeva N. V.<sup>1</sup>, Isaeva L. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Лапландский государственный природный биосферный заповедник, Мончегорск, Мурманская область; e-mail: natazan@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: isaeva@inper.ksc.ru*

Through long-term phenological observations, season dates and lengths were estimated.

Стратегическим направлением научных исследований в заповедниках является долговременное изучение динамики и взаимосвязей природных процессов в охраняемых экосистемах. Такая информация может быть получена только на постоянных стационарах или маршрутах путем долговременных наблюдений.

Самые многолетние ряды наблюдений в Лапландском заповеднике фенологические. Эти наблюдения ведутся с осени 1930 г. с двумя перерывами, один приходится на период Великой Отечественной войны, а другой — на 1951–1957 гг., когда заповедник был закрыт.

Фенологические наблюдения, включающие в себя 216 явлений, проводятся на специальных маршрутах, которые располагаются в районе Центральной усадьбы заповедника. Это базовые наблюдения для «Календаря природы» [Семенов-Тянь-Шанский, 1990; Берлина, Зануздаева, 2008, 2015]. Главная ценность этой работы в длительности наблюдений за одними объектами на одних и тех же стационарах. Многие ряды данных превышают 70-75 лет и более. По длительности рядов фенологических наблюдений Лапландский заповедник занимает одно из первых мест на Севере России.

Средняя многолетняя дата (за период 1985-1918 гг.) наступления зимы приходится на 26 октября. Самое раннее ее начало отмечено 04.10 (1990 г.), самое позднее — 25.11 (1996 г.). Средняя продолжительность зимы  $158.7 \pm 2.8$  дней, максимум «зимних» дней 186, минимум 122 дня. С устойчивым переходом максимальных температур выше  $0^\circ\text{C}$  начинается весна, в Лапландском заповеднике это происходит в среднем 6 апреля. Самое раннее начало весны отмечено в 1992 г. 06.03, а самое позднее 25.04 в 1996 г. Средняя продолжительность весны  $71.1 \pm 2.7$  день, максимум 109 дней, минимум 46 дней. С устойчивым переходом среднесуточной температуры воздуха выше  $+10^\circ\text{C}$  начинается лето, при крайних значениях 28.05 в 2013 г. (самое раннее) и 29.06 в 2017 г. (самое позднее), а в среднем 13.06. Средняя продолжительность этого сезона составляет  $82.0 \pm 2.9$  дня, максимум 122 дня, минимум 55 дней. Осень в среднем наступает с устойчивым переходом среднесуточной температуры воздуха ниже  $+10^\circ\text{C}$ . Самое раннее ее начало отмечено 11.08 (1987 г.), самое позднее — 27.09 (1996 г.). Средняя продолжительность осени составляет  $53.5 \pm 2.8$  дня, максимум 85 дней, минимум 28 дней. На лето приходится 22 %, весна и осень занимают соответственно 19 и 15 %, самый длительный период года — зима составляет 43 %.

За годы исследований на постоянных стационарах и маршрутах накоплен большой материал по фенологии дикорастущих растений. Дальнейшее продолжение фенологических наблюдений является актуальной задачей Лапландского заповедника.

## ЛИТЕРАТУРА

*Берлина Н. Г., Зануздаева Н. В.* Календарь сезонных явлений в Лапландском заповеднике // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы Всерос. конф. с междуна. участием. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2008. Ч. 2. С. 134–138.

*Берлина Н. Г., Зануздаева Н. В.* Календарь природы Лапландского биосферного заповедника // Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: Материалы Международной научно-практической конференции посвященной 115-летию со дня рождения выдающегося советского фенолога В. А. Батманова 17-18 декабря 2015 г. / Ред. О. В. Янцер, Т. В. Ванюкова, Ю. Р. Иванова. Екатеринбург. 2015. Т. 2. С. 88–100.

*Семенов-Тянь-Шанский О. И.* Календарь природы. Краткая таблица фенологических наблюдений Лапландского заповедника // 60 лет Лапландскому государственному биосферному заповеднику (информационные материалы). Мончегорск. 1990. С. 17–20.

**ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЧВЕННОЙ ФАУНЫ  
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ  
(ПО ДАННЫМ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА  
АЗОТА  $\delta^{15}\text{N}$  И УГЛЕРОДА  $\delta^{13}\text{C}$ )**

**TROPHIC STRUCTURE OF THE SOIL FAUNA IN THE SUBARCTIC  
FOREST ECOSYSTEMS OF THE KOLA PENINSULA (BASED ON THE  
ISOTOPIC COMPOSITION OF NITROGEN  $\delta^{15}\text{N}$  AND CARBON  $\delta^{13}\text{C}$ )**

Зенкова И. В.<sup>1</sup>, Тиунов А. В.<sup>2</sup>, Розанова О. Л.<sup>2</sup>  
Zenkova I. V.<sup>1</sup>, Tiunov A. V.<sup>2</sup>, Rozanova O. L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: zenkova@inper.ksc.ru*

<sup>2</sup>*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва; e-mail:  
a\_tiunov@mail.ru*

For the first time, the structure of the soil food webs was described in the subarctic forest ecosystems of the Kola Peninsula using isotope analysis methods. We estimated changes in the nitrogen and carbon content of the main components of food web — living plants as producers, invertebrate animals as consumers, litterfall and soil horizons as substrates. Major losses of nitrogen  $\delta^{15}\text{N}$  and carbon  $\delta^{13}\text{C}$  isotopes from plants and litterfall occur in enzymatic and humic litter horizons and in the sub-litter topsoil horizon. The trophic levels of phytophagous, saprophagous, and predator species were differentiated based on the content of nitrogen isotopes  $\delta^{15}\text{N}$ . Within the trophic levels, the invertebrates were classified into sublevels (litter saprophages and soil saprophages; predators of the lower, middle, and upper trophic sublevels). Some saprotrophic and predator insects (dipterans larvae and staphylinid beetles) were rich in  $\delta^{15}\text{N}$  and not associated with the direct trophic decomposition of any of considered types of substrates or living organisms. Consequently, they consume other resources high in nitrogen and can be considered necrophagous, coprophagous, or presumably xylo- or mycophagous species.

Исследование структуры и функционирования пищевых сетей почвенного яруса наземных экосистем – актуальное направление почвенной зоологии. Методом, позволяющим приблизиться к решению этой проблемы и апробированным в последние годы на разных группах почвенной фауны, является изотопный анализ [Тиунов, 2007]. Он основан на эмпирической закономерности: накоплении изотопа азота  $\delta^{15}\text{N}$  в тканях консументов в количестве от 2.6 до 3.4 ‰ при переходе на каждый последующий трофический уровень пищевой цепи. Расхождение организмов одного трофического уровня по содержанию изотопа углерода  $\delta^{13}\text{C}$  свидетельствуют об освоении ими разных пищевых ресурсов.

Основываясь на представлении о том, что четкая дифференциация трофических ниш характерна для развитых устойчивых экосистем [Тиунов и др., 2013], мы исследовали трофическую структуру почвенной фауны в экосистеме старовозрастного сосново-мелколиственного леса в пределах северотаежной позоны Мурманской области, 67°34' с. ш., 33°17' в. д. Сосняк кустарниково-зеленомошный на типичном *Al-Fe*-гумусовом песчаном подзоле является объектом многолетнего почвенно-зоологического мониторинга ИППЭС КНЦ РАН, поскольку пониженная (до величины pH 5.5–6.0) кислотность лесной подстилки определяет разнообразие и высокую численность кальцефильных

дождевых червей, раковинных моллюсков, многоножек-костянок. Почвенная фауна сосняка характеризуется устойчивой структурой по показателям численности, биомассы, таксономического и доминантного состава [Зенкова, 2003]. Основой этой устойчивости могут быть упорядоченные трофические связи в сообществе.

В 2016 г. с мая по октябрь выполнена оценка биоразнообразия модельного сосняка. На трех участках-повторностях общей площадью 300 м<sup>2</sup> выявлено 8 видов водорослей, 2 вида лишайников, 14 видов мохообразных, 32 вида сосудистых растений [Зенкова и др., 2016]. Методами почвенных проб и почвенных ловушек учтены беспозвоночные 35 таксономических рангов, в т.ч. 5 видов дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*), 9 видов жуужелиц (*Coleoptera*, *Sarabidae*), 30 видов жуков-стафилинид (*Coleoptera*, *Staphylinidae*) [Зенкова, Колесникова, 2016; Зенкова, Рапопорт, 2017]. С целью определения трофических позиций беспозвоночных и формирования представления о структуре пищевой сети в почвенном ярусе модельного сосняка исследован изотопный состав азота  $\delta^{15}\text{N}$  и углерода  $\delta^{13}\text{C}$  в тканях беспозвоночных-консументов и их потенциальных пищевых субстратах: живых растениях-продуцентах, образцах почвы, лесной подстилки и разлагающегося в ней опада (всего 1400 образцов). Соотношение стабильных изотопов  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  и  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  измеряли на элементном анализаторе Flash-1112 и изотопном масс-спектрометре Thermo-Finnigan DeltaVPlus в ЦКП Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН (Москва).

Анализ изотопного состава  $\delta^{15}\text{N}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  перечисленных компонентов позволил впервые сформировать представление о пищевой сети почвенного яруса лесных экосистем Кольской Субарктики. Она укладывается в «канонические» для почвенных сообществ интервалы в 10-15 ‰  $\delta^{15}\text{N}$  и до 10 ‰  $\delta^{13}\text{C}$  (Scheu, Falca 2000). В модельном сосняке интервал для  $\delta^{15}\text{N}$  составил -5.3 ... 13.0 ‰ (т.е. ~18 ‰), для  $\delta^{13}\text{C}$  -34.0 ... -25.2 ‰ (~9 ‰).

Определены диапазоны содержания стабильных изотопов азота и углерода, дифференцирующие трофические уровни беспозвоночных – фито-, сапрофагов и хищников; выявлены потенциальные пищевые субстраты для этих трофогрупп. По разнице в величине  $\delta^{15}\text{N}$  в пределах этих уровней беспозвоночные разведены на подуровни: подстилочных и почвенных сапрофагов; низко-, средне- и высокообогащенных хищников. По изотопной подписи углерода виды одного трофического уровня расходятся на гильдии, потребляющие разные трофические ресурсы. Среди фитофагов наиболее обеднены по содержанию  $\delta^{15}\text{N}$  альгофаги — потребителей почвенных водорослей. Сапрофаги, в зависимости от субстратов, в которых они обитают и из которых получают энергию, организованы в 2 блока: подстилочный и почвенный. Подстилочные сапрофаги трофически более связаны с ферментативным F-горизонтом подстилки и разлагающимся в нем опадом, чем с листовым L-горизонтом, почвенные сапрофаги — с гумусовым H-горизонтом подстилки и подподстилочным слоем почвы. Преимущественное фракционирование изотопов  $\delta^{15}\text{N}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  из растительного опада выявлено именно в F- и H- горизонтах лесной подстилки и подподстилочном слое почвы. Таксономическое и трофическое разнообразие хищных беспозвоночных увеличивается в ряду: хищники нижнего – среднего – верхнего/верхних трофических уровней. Выделены блоки высокообогащенных сапротрофных (личинки двукрылых) и хищных (стафилиниды) насекомых, не связанных прямым трофическим фракционированием ни с одной из проанализированных групп живых организмов или субстратов и, следовательно, освоивших иные

ресурсы с высоким содержанием азота и углерода. Предположительно это трофические группы ксило-(мицето-)фагов, копрофагов или некрофагов.

*Исследования выполнены в рамках и при финансовой поддержке проектов РФФИ № 16-04-01878-а (2016-2018) и Программы научных исследований президиума РАН «Биоразнообразии и природные ресурсы России» (2018).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Зенкова И. В., Боровичев Е. А., Королева Н. Е., Давыдов Д. А. Биота северотаежного соснового леса на иллювиально-гумусовом подзоле // Научные основы устойчивого управления лесами. М.: ЦЭПЛ. 2016. С. 31–32.

Зенкова И. В., Колесникова А. А. Видовое и трофическое разнообразие жуков-стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) в экосистеме соснового леса на иллювиально-гумусовом подзоле // Экологические проблемы северных регионов. Апатиты: Кольский НЦ РАН. 2016. Ч. 1. С. 76–81.

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.

Зенкова И. В. Динамика параметров мезофауны в природных подзолах Кольского полуострова // Кольский полуостров на пороге третьего тысячелетия: проблемы экологии. Апатиты: Кольский НЦ РАН. 2003. С. 107–118.

Тиунов А. В. Стабильные изотопы углерода и азота в почвенно-экологических исследованиях // Известия РАН. Серия биологическая. 2007. № 4. С. 475–489.

Тиунов А. В., Гонгальский К. Б., Семенина Е. Э., Макарова О. Л., Кузнецова Н. А., Филимонова Ж. В. Применение изотопной масс-спектрометрии для оценки устойчивости почвенных сообществ и функциональной структуры экосистем // Инженерная экология. 2013. № 1. С. 12–20.

Scheu S., Falca M. The soil food web of two beech forests (*Fagus sylvatica*) of contrasting humus type: stable isotope analysis of a macro- and a mesofauna-dominated community // *Oecologia*. 2000. Vol. 123. P. 285–296.

### РАЗЛОЖЕНИЕ ОПАДА В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

#### LITTER DECOMPOSITION IN THE PINE FORESTS AT THE NORTHERN TREE LINE ON THE KOLA PENINSULA

Иванова Е. А.<sup>1</sup>, Артемкина Н. А.<sup>1</sup>, Лукина Н. В.<sup>2</sup>

Ivanova E. A.<sup>1</sup>, Artemkina N. A.<sup>1</sup>, Lukina N. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: ivanova@inper.ksc.ru

<sup>2</sup>Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва; e-mail: lukina@cepl.rssi.ru

The decomposition rate of plant litter (pine needles, boreal shrub leaves, birch leaves) was estimated at the initial stages in the natural shrubs-lichen pine forests at the northern tree line on

the Kola Peninsula. The effect of the initial litter quality on the decomposition rate and changes in the mass-loss rates and loss rates of elements and lignin from the plant litter were estimated. The results demonstrated the dependence of the decomposition rates on the initial concentrations of nutrients and the C/P and N/P ratios in the plant litter. In the decomposition process, loss of nutrients and heavy metals from the plant litter and the accumulation of Al and C, as well as accumulation of lignin in evergreen samples were observed. Thus, not only initial quality of the plant litter, but also changes in its quality in the decomposition process could result in the further slowdown of the decomposition rates.

Растительный опад определяет запас и свойства лесной подстилки и является основным источником элементов питания, которые становятся доступными для биоты после его разложения. Темпы разложения опада зависят от гидротермических условий почв [Кузнецов, Осипов, 2011], активности почвенной биоты [Воробьева, Наумова, 2009] и фракционного состава опада [Бобкова, 2000]. На ранних этапах скорость этого процесса связана с исходными концентрациями элементов питания и вторичных метаболитов, определяющих качество растительного материала, а также с соотношениями C/N и лигнин/N [Zhang et al., 2008; Rahman et al., 2013]. Оценка влияния качества опада на процессы его деструкции важна для понимания и прогноза динамики биогеохимических циклов в лесах при изменениях климата и окружающей среды. Цель работы — выявить особенности процессов разложения опада на начальных этапах в сосняках, формирующихся в естественных условиях Кольского полуострова.

Исследования проводились в сосняке кустарничково-лишайниковом с сентября 1997 г. по октябрь 1999 г. Образцы хвои и листьев доминирующих видов растений (*Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*) отбирали в сентябре 1997 года, после чего растительный материал (10 г сухого вещества) закладывали в пакеты из синтетической ткани и размещали в подкروновых и межкروновых пространствах в двух повторностях для каждой фракции. Пробы отбирались ежегодно в октябре через 1 и 2 года после начала опыта.

Расчеты производились на абсолютно сухой вес. Потери массы рассчитывались как разность массы образцов до закладки и через 1 или 2 года и выражались в процентах. Коэффициент обогащения, демонстрирующий изменение состава опада в процессе разложения, вычислялся для каждого элемента (Ca, Mg, K, Al, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, N, C, P) и для лигнина, как отношение концентрации после 1 или 2 года разложения к исходной. Потери элементов и лигнина с учетом потери массы выражались в процентах и рассчитывались как разница произведений концентрации компонента на массу образца до начала эксперимента и через 1 или 2 года, соответственно. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения MS Excel и Statistica 13.3.

Результаты корреляционного анализа показывают положительную связь темпов разложения опада с исходными концентрациями Ca, Mg, P и Zn, и отрицательную – с Al, C и соотношениями C/P и N/P. Самой низкой скоростью разложения отличаются листья вороники, высокой – листья березы. Темпы разложения растительных остатков через 2 года варьировали от 25 % для листьев вороники до 60 % для листьев березы. При этом наблюдаются различия в составе опада различных растений. Высокие значения соотношений C/N, C/P и N/P характерны для хвои сосны, лигнин/N — для хвои сосны и листьев вороники, что



определяет низкое качество этих видов опада и определяет низкую скорость их разложения.

Наиболее высокий коэффициент обогащения демонстрируют Al, Fe и лигнин, наименьший — К. На начальных стадиях разложения величина коэффициента достоверно увеличивалась для Ca, Al и Zn и уменьшалась для К и Mg, что свидетельствует об обогащении растительных остатков Ca, Al и Zn, и обеднении К и Mg. Оценка потерь/накопления элементов с учетом массы образцов продемонстрировала вынос элементов питания и тяжелых металлов из опада и накопление Al и Fe в процессе деструкции. Образцы листьев березы характеризовались потерей лигнина, а вечнозеленых растений — накоплением, что могло способствовать замедлению разложения последних.

Таким образом, основным фактором, регулирующим скорость разложения опада, является его качество, определяемое начальным составом растительного материала (концентрации элементов питания и лигнина, соотношения элементов). Изменение состава опада со временем также может приводить к дальнейшему снижению темпов его разложения.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Бобкова К. С.* Роль лесной подстилки в функционировании хвойных экосистем Европейского Севера. // Вестник Института биологии Коми НЦ Уральского отделения РАН. 2000. № 9(35). [Электронный ресурс]. URL: <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/00-35/05.html> (Дата последнего обращения 14.02.2019)

*Воробьева И. Г., Наумова А. Н.* Интенсивность процесса деструкции растительного опада в почвах сухих местообитаний. // Продуктивность и устойчивость лесных почв: Материалы III междунар. конференции. Петрозаводск, 7-11 сентября 2009 г. Петрозаводск: Изд-во Карельского НЦ РАН. 2009. С. 192–195.

*Кузнецов М. А., Осипов А. Ф.* Растительный опад как компонент биологического круговорота углерода в заболоченных хвойных сообществах средней тайги. // Вестник Института биологии Коми НЦ Уральского отделения РАН. Сыктывкар: Изд-во Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 10–12.

*Rahman M. M., Tsukamoto J., Rahman M. M., Yoneyama A., Mostafa K. M.* Lignin and its effects on litter decomposition in forests ecosystems. // Chemistry and Ecology. 2013. Vol. 29. Issue 6. P. 540–553.

*Zhang D., Hui D., Luo Y., Zhou G.* Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. // Journal of Plant Ecology. 2008. Vol. 1. N. 2. P. 85–93.

**ДИНАМИКА КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ  
В ПРОЦЕССЕ ЗАРАСТАНИЯ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ  
В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ (ШПИЦБЕРГЕН)**

**DYNAMICS OF MICROMYCETES COMPLEXES IN THE REGROWTH  
PROCESS AT COAL MINING WASTE DUMPS IN THE ARCTIC  
(THE SVALBARD ARCHIPELAGO)**

Ильюшин В. А., Кирцидели И. Ю.

Piushin V. A., Kirtsideli I. Yu.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: ilva94@yandex.ru

Intense anthropogenic pressure on soil is observed in coal mining areas, where huge mining waste dumps form. We studied the growth dynamics of microscopic fungal complexes in the coal mining waste dumps in the Arctic (the Svalbard Archipelago). Soil samples were collected from the differently aged coal mining waste dumps near the town of Barentsburg: recent waste, 10, 30 and 50 years old waste. In total, 204 isolates of 20 genera and 62 species were isolated from the studied samples. The largest number of species (11) belong to the genus *Penicillium*. *Pseudogymnoascus pannorum* was the most abundant species occurring in all coal dumps of different ages. The biodiversity of the coal mining waste dumps gradually increased with the age of the dump. Microscopic fungi with a dark mycelium prevailed in the recent dumps and 10 years old dumps, while fungi of the genus *Penicillium* and *Talaromyces* prevailed in the older dumps.

На сегодняшний день становится актуальной проблема промышленного загрязнения окружающей среды. В результате индустриализации, природные экосистемы замещаются техногенными [Егорова и др., 2013]. Интенсивное техногенное воздействие на почвенный покров, наблюдается в районах добычи каменного угля. При его добыче образуются огромные площади отвалов. Рекультивация таких земель является актуальной экологической проблемой [Rdzanek, 2015]. Особенно актуальным является этот вопрос в условиях Арктики, где биологические процессы протекают медленно.

Целью исследования было изучение динамики комплексов микроскопических грибов угольных отвалов в процессе их зарастания в условиях Арктики (Шпицберген).

Для изучения динамики комплексов микромицетов на территории архипелага Шпицберген были выбраны пробы грунта из угольных отвалов разных возрастов (свежие отвалы, 10-, 30- и 50-летние) шахты вблизи пос. Баренцбург (78°03'51" с. ш., 14°11'09" в. д.).

Грибы выделяли в чистую культуру на среде Чапека при температуре 5 и 20 °С, в темноте. Предварительную таксономическую принадлежность выделенных микромицетов определяли на основании культурально-морфологических признаков [Domsch et al., 2008]. Получение чистой культуры подтверждали микроскопическими методами.

Всего из исследованных образцов было выделено 204 изолята, принадлежащих к 20 родам и 62 видам. Наибольшее число видов (11), принадлежит роду *Penicillium*. Также богатыми видами роды *Cadophora* (4 вида), *Trichoderma* (4 вида), *Cladosporium* (3 вида) и *Scopulariopsis* (3 вида). Также было выделено несколько стерильных изолятов. Наиболее обильными видами,

встречающимися во всех угольных отвалах разных возрастов, являются *Pseudogymnoascus pannorum*, а также *Cosmospora berkeleyana*. Биоразнообразие угольных отвалов постепенно увеличивалось с возрастом отвалов. Так, если в свежих отвалах нами обнаружено только 7 видов, то в отвалах 50-ти летней давности — уже 19 видов. Также следует отметить, что в свежих и в 10-летних отвалах преобладали микроскопические грибы с «темноцветным» мицелием (*Cadophora melinii*, *Cladophialophora* sp., *Oidiiodendron griseum* и др.), в то время как в старых отвалах преобладали грибы родов *Penicillium* и *Talaromyces*.

В дальнейшем планируется молекулярная идентификация и оценка биотехнологического потенциала выделенных микромицетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

Егорова Л. Н., Щанова Л. Н., Ковалева Г. В., Полохин О. В. Почвенные микромицеты техногенных ландшафтов на юге Приморского края // Микология и фитопатология. 2013. Т. 47(4). С. 218–222.

Domsch K. H., Gams W.; Anderson T.-H. Compendium of soil fungi. // IHW-Verlag. Eching. 2007. 672 p.

Rdzanek M. Airborne bacteria and fungi in a coal mine in Poland // Journal of Cave and Karst Studies. 2015. Vol. 77. № 3. P. 177–182.

### СЕВЕРОТАЕЖНЫЕ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

#### BOREAL FORESTS EXPOSED TO LONG-TERM AIR POLLUTION (MURMANSK REGION)

Исаева Л. Г., Сухарева Т. А., Ершов В. В., Иванова Е. А.

Isaeva L. G., Sukhareva T. A., Ershov V. V., Ivanova E. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область e-mail: isaeva@inper.ksc.ru*

This study examines the changes in the mineral composition of the atmospheric precipitation, soil and soil water, plants, size distribution of the litterfall in northern taiga forests after reduction of emissions from the Severonickel Copper and Nickel Smelter.

На территории Мурманской области основными источниками загрязнений являются комбинаты медно-никелевого комплекса, преобладающими компонентами выбросов которых являются кислотообразующие агенты (соединения серы) и тяжелые металлы. Нарушение биогеохимических циклов, обусловленное воздушным промышленным загрязнением, вызывает повреждения лесных растений, нарушение процессов продуцирования органического вещества и деградацию лесов.

Для оценки поступления поллютантов из атмосферы, их миграцию в почвах и биологическое поглощение, а также влияния загрязняющих веществ на миграцию элементов питания растений в начале 1990-х годов была создана сеть мониторинговых площадок. Объекты исследований – сосняки кустарничково-

лишайниковые и ельники кустарничково-зеленомошные в фоновых условиях и с различной степенью деградации. Объектами постоянного мониторинга являются атмосферные выпадения, почвенные воды, почвы (почвенные горизонты), древесные растения (хвоя, листья), доминанты напочвенного покрова, древесный опад. Исследования выполнены с целью формирования корректного представления о современных экосистемных процессах, оценки критических нагрузок на экосистемы Севера и выявления происходящих изменений при снижении аэротехногенного загрязнения.

В результате многолетнего анализа пространственной (внутри- и межбиогеоценотической) вариабельности состава атмосферных выпадений в сосновых и еловых лесах, подверженных воздушному промышленному загрязнению выбросами крупнейшего в Северной Европе медно-никелевого комбината «Североникель» выявлены достоверные тенденции снижения выпадений основных элементов-загрязнителей в многолетней динамике дефолирующих лесов и редколесий, что наиболее ярко выражено в сосновых лесах [Ershov et al., 2016].

После сокращения уровня техногенной нагрузки отмечена тенденция к снижению концентраций меди и никеля в подстилочных водах подкروновых пространств дефолирующих (ярко выраженный тренд с 2004 г.), а также межкروновых и подкроновых пространств техногенных редколесий (с 2007 г.) и снижение вариабельности концентраций в подстилочных водах подкроновых пространств на начальной стадии техногенной сукцессии еловых лесов [Ершов и др., 2018]. В водах подкроновых пространств еловых лесов за исследуемый период произошло явное снижение концентрации сульфат-ионов. В подстилочных водах подкроновых пространств дефолирующих сосновых лесов до фоновых уровней, а также меди и никеля почвенных вод межкроновых (с 2000 г.) и подкроновых пространств (с 2007 г.) техногенных редколесий выявлено снижение концентраций меди [Ершов и др., 2018].

На основе многолетних данных (1991–2011 гг.) показано снижение концентрации тяжелых металлов и серы в хвое ели и сосны как в пространственной, но и временной (многолетней) динамике минерального состава растений при различном уровне воздушного загрязнения. Уменьшение концентрации поллютантов в хвое не оказало положительного влияния на параметры минерального питания: сохраняется недостаточная обеспеченность растений элементами питания, некоторые элементы становятся дефицитными. Наиболее значительные нарушения минерального питания наблюдаются у ели [Sukhareva, Lukina, 2014].

Анализ данных 1991–2011 гг. показал снижение концентраций никеля, меди, железа, в отдельных случаях серы в доминирующих растениях северотаежных лесов Мурманской области [Исаева, Сухарева, 2013]. Наиболее очевидные изменения химического состава наблюдаются в техногенных редколесьях, где отмечаются наиболее высокие уровни эмиссионной нагрузки на лесные экосистемы.

Вместе с тем снижение концентрации основных поллютантов не оказало положительного влияния на оптимизацию минерального питания растений напочвенного покрова.

Несмотря на снижение объемов выбросов, в почве сохраняются высокие концентрации элементов-загрязнителей, в большинстве случаев их содержание

остается либо сопоставимым с уровнем 1992 г., либо возрастает [Сухарева, 2018]. Только в почве еловых дефолирующих лесов и редколесий, содержание Ni достоверно снижается. Одновременно в техногенном еловом редколесье существенно возрастает содержание Cu. Снижение количества выбросов загрязняющих веществ в течение последних двух десятилетий не вызвало существенных положительных изменений в микроэлементном составе органогенного горизонта почвы.

В сосновых лесах, подверженных воздушному промышленному загрязнению, за последние 20 лет, несмотря на снижение объемов выбросов, выявлены тренды увеличения массы опада, главным образом, за счет таких фракций, как хвоя и кора [Иванова, Лукина, 2017]. Это объясняется как ослаблением деревьев, вызванным влиянием загрязнения в годы, предшествующие снижению выбросов, так и продолжающимся влиянием выбросов в период наблюдений.

Результаты, полученные на площадках постоянного наблюдения, позволили сделать выводы о современных тенденциях функционирования северотаежных лесов с учетом их пространственной гетерогенности и временной изменчивости, уточнить средообразующую роль древесных растений в лесных биогеоценозах и предложить параметры для ранней диагностики состояния бореальных лесов.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Ершов В. В., Лукина Н. В., Орлова М. А., Горбачева Т. Т., Исаева Л. Г.* Оценка динамики состава почвенных вод северотаежных лесов при снижении аэротехногенного загрязнения выбросами медно-никелевого комбината // Сибирский экологический журнал. 2018. № 1. С. 119–132.

*Иванова Е. А., Лукина Н. В.* Пространственно-временное варьирование массы и фракционного состава древесного опада сосняков кустарничково-лишайниковых в условиях аэротехногенного загрязнения // Лесоведение. 2017. № 5. С. 47–58.

*Исаева Л. Г., Сухарева Т. А.* Элементный состав дикорастущих кустарничков в зоне воздействия комбината «Североникель»: данные многолетнего мониторинга // Цветные металлы. 2013. № 10. С. 82–86.

*Сухарева Т. А.* Пространственно-временная изменчивость кислотности почв северотаежных лесов при снижении техногенной нагрузки // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2018. Т. 21. № 1. С. 99–108.

*Ershov V. V., Lukina N. V., Orlova M. A., Zukert N. V.* Dynamics of Snowmelt Water Composition in Conifer Forests Exposed to Airborne Industrial Pollution // Russian Journal of Ecology. 2016. Vol. 47. №. 1. P. 38–44.

*Sukhareva T. A., Lukina N. V.* Mineral composition of assimilative organs of conifers after reduction of atmospheric pollution in the Kola Peninsula // Russian Journal of Ecology. 2014. Vol. 45. Issue 2. P. 95–102.

## ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕДЕСТРУКЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

### A STUDY OF THE OIL DECOMPOSITION ACTIVITY OF MICROMYCETES IN THE COASTAL AREAS OF THE BARENTS SEA

Исакова Е. А.

Isakova E. A.

*Институт проблем промышленной экологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: ya.kristina-i2014@yandex.ru*

The research goal was to identify for active micromycetes strains capable of decomposing the oil products isolated from the waters and soils in the coastal areas of the Barents Sea. Five strains with a high oil decomposition activity were identified: *Tolypocladium inflatum* W. Gams st. 1, *T. inflatum* st. 2, *Meyerozyma guilliermondii* (Wick.) Kurtzman & M. Suzuki st. 3, *Penicillium* sp. st.17, *Penicillium* sp. st. 22, reducing the content of oil hydrocarbons in the medium by 83, 75, 66, 63, 62 %, respectively, of the original level over 14 days. The species *Tolypocladium cylindrosporum* W. Gams maintained the oil decomposition activity for a longer period of time (28 days) compared to the other strains, reducing the content of oil products by 95 % of the initial level by the end of the period. No relationship was found between the fungal biomass and the oil decomposition activity. In the long term, fungal strains with a high oil oxidizing activity can be used in the bioremediation of environments exposed to oil pollution.

Нефтяные загрязнения наносят значительный ущерб окружающей среде, оказывают пагубное воздействие на флору и фауну прибрежных районов. Разливы нефтепродуктов (НП) в Арктике особенно опасны в силу природно-климатических условий региона в связи с низкими темпами химического, биохимического и микробиологического окисления углеводородов нефти [Иванов и др., 2017]. Основная нагрузка антропогенного воздействия приходится на прибрежные районы, где сосредоточены основные живые ресурсы моря и происходит интенсивное биопродуцирование органического вещества. В этих районах также осуществляется добыча нефти и газа и, как следствие, большинство аварийных разливов [Немировская, 2013]. Своевременное обнаружение нефтяного загрязнения и принятие мер по его ликвидации может если не предотвратить, то существенно снизить ущерб [Иванов и др., 2017].

Цель работы — поиск активных штаммов микромицетов-деструкторов нефтепродуктов, выделенных из вод и грунтов прибрежных территорий Баренцева моря. Отбор проб воды и грунтов проводили в местах, расположенных вблизи потенциально загрязненных углеводородами нефти территорий: г. Кола, с. Белокаменка, пос. Росляково, Печенга и Дальние Зеленцы — пункты перевалки и транспортировки нефтепродуктов в морские суда.

Протестировано 28 штаммов микроскопических грибов, относящихся к родам *Meyerozyma*, *Tolypocladium*, *Umbelopsis*, *Acremonium*, *Penicillium*. Проводили смыв чистых культур микромицетов в колбы Эрленмейера с 50 мл питательной среды Чапека. Вносили нефть в концентрации 1 % по объему. В качестве контроля использовали среду без добавления микромицетов. Повторность опыта трехкратная. Колбы инкубировали при температуре 27 °С в течение 14 и 28 суток. Определяли биомассу микроскопических грибов, высушивая ее при 105 °С до

абсолютно сухой массы. Остаточную концентрацию НП в среде определяли методом ИК-спектрометрии на анализаторе АН-2.

Выявлено статистически достоверное ( $P < 0.05$ ,  $df = 4$ ,  $t = 2.78$ ) снижение содержания НП в среде за 14 дней инкубации в вариантах с микроскопическими грибами на 11–83 %. Наибольшей деструкционной активностью обладали штаммы *Tolypocladium inflatum* W. Gams st.1, st.2, *Meyerozyma guilliermondii* (Wick.) Kurtzman & M. Suzuki st.3, *Penicillium sp.* st.17, st. 22, снижающие содержание НП в среде на 83, 75, 66, 63, 62 % от исходного соответственно.

Выявлена слабая взаимосвязь между степенью разложения НП и биомассой микроскопических грибов, о чем свидетельствует низкое значение коэффициента корреляции  $r = 0.42$ .

Помимо штамма *Tolypocladium inflatum* st.1, имеющего биомассу 0.659 г, наибольшая биомасса была также отмечена у *Sarocladium strictum* (W. Gams) Summerbell и *Umbelopsis ramanniana* (Möller) W. Gams (0.659 и 0.531 г. соответственно). Однако эти два штамма не проявили заметной нефтеокисляющей активности.

В результате опытов по изучению нефтедеструкционной способности микромицетов за период 28 суток практически у всех видов не было выявлено существенных изменений в содержании НП в среде по сравнению с 14-дневным периодом, за исключением штамма *Tolypocladium cylindrosporum* W. Gams. В этом варианте за первые 14 суток инкубирования количество НП снизилось на 48 %, а в последующие 14 суток достигло уровня 95 % разложения от исходного содержания НП.

Таким образом, среди микромицетов, выделенных из вод и грунтов прибрежных территорий Баренцева моря, выявлены штаммы с высокой углеводородокисляющей способностью: *Tolypocladium inflatum* st.1–83 %, *T. inflatum* st.2–75 %, *Meyerozyma guilliermondii* st. 3–66 %, *Penicillium sp.* st.17–63 %, *Penicillium sp.* st. 22–62 %. Эти штаммы могут быть использованы для создания биопрепаратов с перспективой их дальнейшего применения для биоремедиации окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

Иванов А. Ю., Терлеева Н. В., Евтушенко Н. В., Кучейко А. Ю., Филимонова Н. А., Кучейко А. А. Основные результаты радиолокационного спутникового мониторинга нефтяных загрязнений Баренцева моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2017. № 3. С. 17–32.

Немировская И. А. Нефть в океане (Загрязнение и природные потоки). М.: Научный мир. 2013. 432 с.

# МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕГЕНДЫ МАКРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТО-СХЕМ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

## A METHOD FOR DESIGNING LEGENDS TO MACROENVIRONMENTAL MAPS OF THE RUSSIAN MINING INDUSTRY

Калабин Г. В.  
Kalabin G. V

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

The methodological foundations of designing legends to macroenvironmental maps of the mining industry on the local and regional scale are presented based on the key indices and numerical values of the geoecological indicators characterizing the actual response of the biota based on remotely sensed data on the area's vegetation cover. Based on the map's function, the developed maps contain an assessment of the environmental status and disturbances according to the applicable standards and statutory indicators.

Поскольку в центре оценочной системы координат принято два квази-субъекта: биота и человек, то по определению разрабатываемые карты схемы относятся к синтетическим картам [Качуров, Шимкина, 2012], которые демонстрируют последствия не только загрязнения атмосферного воздуха, но и токсичности исходного сырья и отходов производства, сложности промышленной инфраструктуры предприятия, определяющей глубину переработки исходного сырья, применяемой технологией, сроком функционирования предприятия, а также состоянием здоровья населения, проживающего на данной территории, но не занятого на этом предприятии. Предлагаемая нами методика формирования легенды макроэкологических карт включает:

– **картирование территорий размещения горнопромышленного комплекса** не по «входам» загрязнений в сложные природные системы, т.е. нагрузкам на окружающую среду, а по «выходам» – реакции природных систем т.е. экологических последствий антропогенного воздействия.

– **выборка, анализ и экологическая оценка горнотехнических и технологических и социальных факторов** для различных дифференцированных структурных сочетаний:

● **техногенная агломерация** — комплекс предприятий цветной и черной пиromеталлургии (объем годовой продукции, степень токсичности отходов), электротеплоэнергетика (тип первичных или вторичных энергоресурсов), другие опасные производства, городской автотранспорт (количество, Евростандарт топлива), в крупных городах с населением более 250 тыс. чел. (показатели заболеваемости или смертности населения);

● **техногенная провинция** — предприятия цветной или черной пиromеталлургии (объем годовой продукции, степень токсичности отходов), электротеплоэнергетика (тип первичных или вторичных энергоресурсов), городской автотранспорт (количество, Евростандарт топлива) в городах с населением от 100 до 250 тыс. чел. (показатели заболеваемости или смертности населения);

● **техногенный узел (район)** — горнообогатительные комбинаты, единичные предприятия цветной или черной металлургии (объем годовой продукции, степень токсичности отходов), электротеплоэнергетика (тип первичных или вторичных



энергоресурсов), автотранспорт (количество) в городах и поселках с населением от 10 до 1000 тыс. чел. (показатели заболеваемости или смертности населения);

● техногенный объект — горнообогатительные комбинаты, обособленные карьеры и подземные рудники, работающие в вахтовом режиме или в поселках с населением менее 10 тыс.

– **ранжирование объектов экологической защиты**, определяется исходя из меры устойчивости биологического объекта в условиях возникновения опасных ситуаций и анализа взаимодействия производства с окружающей средой в рамках единой концепции экологической безопасности, по трем группам:

**1. Урбанистическая инфраструктура искусственной среды обитания человека и промышленного производства**, где необходимо обеспечивать приемлемую степень риска нарушения здоровья населения, в которую включены все Центры техногенной агломерации, например, города Челябинск, Красноярск, Тула, а также некоторые Центры крупных техногенных провинций, в которых проживает население более 250 тыс. чел., например, Ниж. Тагил, Череповец. Здесь в качестве геоэкологических индикаторов используются вид источника энергии, тип металлургического производства и объемы выбросов в атмосферу, объем выхлопных газов от автотранспорта, ИЗА и показатели смертности на 1000 чел. населения.

**2. Антропогенные системы**, в которых необходимо охранять земли сельскохозяйственного назначения, как основное средство производства и единственный источник пищевых ресурсов. В эту группу входят Центры, расположенные в черноземных зонах и в зонах устойчивого выращивания зерновых культур: городов Старый Оскол, Губкин. Здесь в качестве геоэкологических индикаторов используются показатели плодородия почв и величина площади земли.

**3. Природные экосистемы**, где необходимо обеспечить способность биоты к естественному самовосстановлению после снятия техногенной нагрузки, т.е. обеспечивать сохранение биоразнообразия. В эту группу входят практически все техногенные объекты: ГОКи, обособленные карьеры и рудники, размещенные в зоне лесов и удаленные от мест массового проживания населения. Здесь в качестве геоэкологических индикаторов используется комплекс геоэкологических индексов и индикаторов.

По каждому из трех видов взаимодействия производства с экосистемой составляются таблицы, которые включают горнотехнические и технологические характеристики предприятий, срок эксплуатации, структуру и выбросы предприятий электроэнергетики и транспорта, а также показатели состояния здоровья населения (для первой группы в областном масштабе), количественные геоэкологические индикаторы (для третьей группы), полученные в ходе собственных исследований для отдельных территорий размещения предприятий горнопромышленного комплекса. Ранжирование предприятий по степени экологической опасности производится отдельно по каждой из трех таблиц исходя из «табели о рангах» по каждому принятому показателю и суммируются по горизонтали. Чем меньше сумма «табели о рангах», тем выше экологический риск.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Качуров Б. И., Шимкина Д. К., Антипова А. В.* Геоэкологическое картографирование. М.: Изд-во «Академия». 2012. 224 с.

## **ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА БИОТОПАХ, ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛИНЕЙНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ**

### **VEGETATION COVER REESTABLISHMENT IN THE BIOTOPES TRANSFORMED BY ROAD CONSTRUCTION**

Канцерова Л. В.

Kancerova L. V.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: Kancerova.L@mail.ru*

Permanent sample plots in the Republic of Karelia were surveyed in 2012, 2015, and 2018 to study the vegetation cover regeneration process on the sites disturbed by road construction and gas pipeline construction. During the seven years since the completion of the construction in 2011, areas along the new roads have experienced an increase in the share of mesophytic species in the plant communities and a sinking water table. Sites along the timber haulage road built in 1972 are dominated by various sedge and herb communities. The species composition expressed as a percentage has remained almost unchanged over the seven years, though new species have invaded, and the percentage of *Sphagnum* mosses has increased. Roadside areas along the federal highway built over 100 years ago are occupied by communities growing on shallow peat (peat depth 15-20 cm) and on peat deposits thicker than 1 m. The plant succession tends towards the formation of herbaceous and herb-*Sphagnum* mire sites. In the initial years of the studies of the vegetation cover along the gas pipeline, sedge and herb communities dominated, which by 2018 were succeeded by shrub-herb, shrub-sedge, and sedge-true moss communities

На территории Карелии растительный покров антропогенных трансформированных биотопов занимает около 1.5 % и является слабоизученным [Кравченко, 2007]. К антропогенным изменениям можно отнести трансформацию флоры и растительности под влиянием строительства различных линейных сооружений (автомобильных и железных дорог, линий электропередач, газопроводов и др.).

В Карелии в подзоне средней тайги с 2008 года ведутся исследования по изучению разнообразия и динамики растительного покрова на различных типах придорожных участков [Канцерова, 2018а,б] и линии газопровода [Канцерова, 2013].

Вдоль придорожной полосы автомобильных дорог Прионежского, Кондопожского, Пряжинского и Пудожского районов Карелии выполнено 296 геоботанических описаний болотной и гигрофильной травяной растительности. В Прионежском районе на 56 постоянных пробных площадях в 2012, 2015 и 2018 гг. исследованы придорожные участки, трансформированные строительством автомобильной дороги.

Вдоль новой автомобильной дороги, построенной в 2011 г., заложено 29 постоянных пробных площадей на минеральных грунтах. В течение 4-7 лет после строительства дороги происходит мезофитизация растительных сообществ и снижение уровня почвенно-грунтовых вод.

Вдоль лесовозной дороги, построенной в 1972 г., исследовано 12 постоянных пробных площадей (копаны на минеральных грунтах [Канцерова, 2018а]).

На придорожных участках преобладают различные осоковые и травяные сообщества. Проективное покрытие доминант в сообществах в течение 7 лет практически не изменилось, но возросло количество видов и увеличилось проективное покрытие сфагновых мхов *Sphagnum riparium* и *S. fallax*.

Растительные сообщества, отмеченные в местах с длительным подтоплением придорожных участков, идут в направлении формирования болотной растительности. Вдоль федеральной трассы, построенной более 100 лет назад, заложено 15 постоянных пробных площадей. Они представлены сообществами на мелкозалежных торфах (глубина торфа 15-20 см), которые образовались уже после строительства автомобильной дороги, сукцессии растительного покрова направлены в сторону формирования травяных и травяно-сфагновых болотных участков. Сообщества придорожных участков на торфяных отложениях (глубина торфа более 1 м), которые образовались до строительства автомобильных дорог, являются производными, что подтверждается стратиграфией торфяных залежей под ними [Канцерова, 2018а]. Существенных изменений в растительном покрове, проективном покрытии и изменении уровня грунтовых вод на участках не наблюдалось.

На территории Кондопожского района Карелии в 2008 г. в рамках программы «газификации регионов России» было проложено 13.0 км сетей межпоселкового газопровода. В 2011 г. исследовали гидроморфная часть линии газопровода на протяжении 5 км и выполнено 60 описаний на глинистых грунтах и торфяных отложениях, на 10 из них заложены постоянные пробные площади, которые исследовались повторно в 2015 и 2018 гг. В первые годы изучения растительного покрова, доминировали осоковые и травяные сообщества, которые к 2018 г. сменились кустарниково-травяными, кустарниково-осоковыми и осоково-зеленомошными. Уровень грунтовых вод в сообществах за годы исследования снизился, но не значительно.

*Работа выполнена по Госзаданию ИБ КарНЦ РАН (№ АААА-А-17-117031710038-6).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Кравченко А. В.* Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2007. 403 с.

*Канцерова Л. В.* Типы и динамика растительности придорожных подтопленных участков (Карелия) // Материалы конференции «IX Галкинские чтения» (г. Санкт-Петербург, 5-7 февраля 2018 г.). Санкт-Петербург. 2018а. С. 93–96.

*Канцерова Л. В.* Состав флоры гидроморфных биотопов линии газопровода (среднетаежная Карелия) // Тобольск научный-2013: Материалы X Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (Тобольск, 25-26 октября 2013 г.). Тобольск: Тобольская типография филиал ОАО «Тюменский издательский дом». 2013. С. 106–108.

*Канцерова Л. В.* Разнообразие растительных сообществ на придорожных участках Карелии // Материалы III Международного научного семинара (г. Минск-Гродно, Беларусь, 26-28 сентября 2018). Минск. 2018б. С. 61–65.

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ИХ ИНФОРМАТИВНОСТЬ  
ДЛЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ  
ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

**BIOGEOCHEMICAL INDICATORS AND RELEVANCE THEREOF FOR  
FOREST COMMUNITIES EXPOSED TO INDUSTRIAL POLLUTION**

Катаева М. Н., Беляева А. И.

Kataeva M. N., Belyaeva A. I.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail: mkmariakat@gmail.com

A comparative analysis was undertaken of the relevance of two indicators describing the state of forest communities (shrubs and epiphytic lichens). Due to the reduction of the emissions from the Severonikel Mill, current accumulation of heavy metals in the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* in the buffer zone reflects the pollution dynamics.

В результате многолетних выбросов производства цветной металлургии на Кольском полуострове сформировались техногенные биогеохимические аномалии с повышенным содержанием тяжелых металлов в почвах. В связи с сокращением выбросов предприятия «Североникель» экологическая обстановка имеет тенденцию к улучшению, но загрязнение почвы остается высоким. Выбросы цветной металлургии – один из основных источников поступления Cd в окружающую среду, он присутствует в виде примеси в полиметаллических рудах, способен к сильной биоаккумуляции при техногенном загрязнении почв и воды [Моисеенко, 2018].

Кустарнички и эпифитные лишайники – источник информации для оценки экологического состояния почвенной и воздушной среды при мониторинге уровня многолетнего загрязнения выбросами полиметаллической пыли, состояния фитоценозов и тенденций их изменений. В лесах северной тайги разнообразие видов травяно-кустарничкового яруса невелико (наиболее обычны *Ledum palustre*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, *Calluna vulgaris*, *Betula nana*), что дает возможность для сопоставления этих видов при разной степени загрязнения почв. При среднем уровне загрязнения (буферная зона) и высоком уровне (импактная зона) в почвах накапливаются более высокие концентрации тяжелых металлов, по сравнению с фоном.

Цель работы – сопоставить накопление тяжелых металлов в лишайниках, листьях и многолетних органах (ветвях) кустарничков, определить интенсивность накопления металлов разными видами и выявить виды-индикаторы. Для изучения накопления металлов в растениях и почвах было выбраны точки в юго-западном направлении на разном расстоянии от источника выбросов. Образцы кустарничков и кустарников, лесной подстилки собраны в августе 2008 г. в импактной (12 км) и буферной зонах (31 км). Подвижные формы металлов из почв экстрагировали ацетатно-аммонийным раствором с рН 4.80. Содержание Ni, Cu, Co, Cd, Pb, Fe, Zn, Mn в растениях и почвах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ-АФА. Рассчитывали коэффициент биологического накопления элементов растениями (Кбн) для выявления межвидовых различий.

В результате химического анализа кустарничков и кустарников выявлено содержание металлов, соответствующее уровню химического загрязнения среды, более высокое – в листьях и ветвях разных видов в импактной зоне, меньшее — в буферной зоне. В импактной зоне содержание Ni в листьях от 20.1-98.1 мг/кг, в ветвях — 38.4–123 мг/кг; Cu в листьях 5.3–40.3 мг/кг, в ветвях 15.3–63.6 мг/кг, Cd в разных частях — 0.23–0.59 мг/кг. Карликовая береза *Betula nana* и вороника *Empetrum hermaphroditum* – виды с более сильной способностью к накоплению разных элементов (Ni, Cu, Co, Pb, Fe, Cd). *Betula nana* избирательно накапливает Zn в листьях (59.0 мг/кг) и в многолетних ветвях (102 мг/кг) в импактной зоне. Многолетние ветви кустарничков и этого кустарника — надежный биогеохимический показатель загрязнения почвы, они накапливают больше ТМ. В отличие от других видов, черника содержит больше металлов в листьях. Выявлена видовая специфичность накопления металлов.

С целью сравнительной биогеохимической оценки уровня воздушного загрязнения изучено накопление тяжелых металлов в эпифитных лишайниках, собранных в 1993–1994 гг. и 2008–2009 гг. в сосняках в буферной зоне на расстоянии 30–35 км, а также в 50 км. При анализе образцов 1993-1994 гг. и 2008–2009 гг. выявлено снижение содержания металлов (Ni, Cu) в лишайнике *Hypogymnia physodes* (до 2 раз) и корке сосен, что соответствует динамике снижения атмосферных выбросов за период 14–16 лет. В буферной зоне обнаружены несколько повышенные концентрации кадмия в лишайнике и корке сосны, как в 2008 г., так и ранее в 1993–1994 гг. Это связано с уровнем загрязнения зоны, длительным влиянием выбросов, и вероятно, с закреплением Cd в талломах. Накопление Cd в *Hypogymnia physodes* в буферной зоне в 2008 г. (31 км) в 2.5 раза выше фонового содержания. В буферной и импактной зонах в местообитаниях кустарничков в подстилке присутствуют подвижные формы Cd (в ААБ) 0.52–0.79 мг/кг, что характеризует поступление с выбросами. В лесной подстилке сосняков при меньшем уровне загрязнения (до 50 км, р. Мавра) также обнаружен Cd – 0.25 мг/кг.

Выбросы тяжелых металлов определяют высокий уровень загрязнения почв, доступность для растений их подвижных форм и аккумуляцию растениями. Эпифитные лишайники, присутствующие в буферной зоне — более чувствительный индикатор загрязнения тяжелыми металлами.

*Работа выполнена при частичной поддержке программы Президиума РАН № 41 «Биоразнообразии природных систем и биологические ресурсы России».*

#### ЛИТЕРАТУРА

Моисеенко Т. И. Биогеохимия кадмия: антропогенное рассеивание, биоаккумуляция и экотоксичность. // Геохимия. 2018. № 8. С. 759–773.

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО  
ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВЫБРОСАМИ  
МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ:  
ИТОГИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА**

**TRANSFORMATION OF SOILS BY LONG-TERM EXTREME POLLUTION  
FROM A COPPER-NICKEL SMELTER: AN OVERVIEW OF  
COMPREHENSIVE MONITORING STUDIES**

Кашулина Г. М.  
Kashulina G. M.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН,  
Апатиты Мурманская область; e-mail: galina.kashulina@gmail.com*

Methods, design, and key findings of the comprehensive soil monitoring studies near the Severonikel Industrial Site on the Kola Peninsula are presented. Twenty stationary plots at a distance of 1–17 km from the emission source were set up in 2001. Winter and summer precipitation, plant leaf, and soil chemistry, as well as the state of the vegetation were studied at each plot. The results showed that soil contamination with heavy metals, although extremely high, is not the only negative consequence of the long-term impact of the pollution on the soils. Indirect contamination effects through the destruction of the vegetation cover and the termination of litterfall production have more serious consequences for the soils. Over time, the soils lose organic matter, which is accompanied by changes in all major soil properties, including morphology.

Экологические последствия выбросов медно-никелевого комбината «Североникель» достаточно интенсивно изучались, начиная с конца 70-х годов XX века, и до сих пор продолжают привлекать внимание многих ученых. Например, сотрудниками Лаборатории почвоведения ПАБСИ КНЦ РАН совместно с Кольским геологическим лабораторно-информативным центром в локальной зоне воздействия выбросов этого предприятия в 2001 г. был организован комплексный почвенно-геоботанический мониторинг, который на отдельных площадках по некоторым параметрам продолжается по настоящее время. Целями этих исследований были: 1) выявить, как значительное снижение выбросов и изменения самой почвы в результате длительного воздействия выбросов (уже накопленные за предшествующий период экстремально высокие уровни концентраций тяжелых металлов и деградация почв с потерей значительной части органического вещества) сказываются на современном состоянии и динамике почв; 2) охватить исследованиями все основные типы почв региона (автоморфные подзолы, полугидроморфные подзолы глеевые и гидроморфные торфяные эутрофные почвы) и провести сравнительный анализ пространственного распределения состояния почв и растительности на трех уровнях — географическом (расположение площадки относительно источника выбросов), ландшафтном (положение площадки в ландшафте) и внутри экосистемном (различия по степени деградации отдельных участков или наличия пионерных мхов); 3) выявить роль почв в значительном варьировании состояния экосистем (от техногенных пустошей до умеренно поврежденных экосистем с отсутствием только наиболее чувствительных компонентов — мхов и

лишайников) в пределах относительно небольшой территории локальной зоны воздействия комбината «Североникель».

При организации мониторинга было заложено 20 стационарных площадок, организованных в 6 катен и расположенных в разном направлении на расстоянии 1–17 км от источника выбросов. На площадках мониторинга велись наблюдения за зимними и летними атмосферными осадками, химическим составом ассимилирующих органов 9 видов растений, почвами и состоянием растительности посредством геоботанического описания. Собственно почвенные исследования включали индивидуальные разрезы на каждой площадке при базовом обследовании и отбор смешанных образцов верхнего слоя 0–3 см верхнего генетического горизонта почв на различных по состоянию участках обследованных экосистем в наблюдениях за многолетней динамикой.

Пространственная организация и комплексный характер исследования показали, что загрязнение почв тяжелыми металлами, хотя и экстремально высокое, является не единственным негативным последствием длительного влияния выбросов комбината «Североникель» на почвы. Наиболее серьезные последствия загрязнения оказывает косвенным путем через разрушение растительности и прекращение поступления свежего растительного опада. В его отсутствие почвенное органическое вещество коренной экосистемы постепенно разлагается. Почвы со временем теряют свое органическое вещество, что сопровождается изменением всех основных свойств почв, включая морфологическое сложение. Классификационное положение почв при этом меняется на уровне подтипа и даже типа.

На основе данных этого проекта был подготовлен ряд публикаций, в которых представлен анализ текущего состояния морфологического сложения, содержания и состава органического вещества [Кашулина и др., 2010], кислотного статуса почв [Кашулина и др., 2015], профильного распределения валовых концентраций Ni, Cu, Co, Cd, Pb, Zn и Mn в почвах и взаимосвязи между уровнями концентраций тяжелых металлов в почвах и состоянием экосистем [Кашулина, 2017], степени и факторов варьирования концентраций тяжелых металлов в многолетней динамике [Кашулина, 2018], а также современного химического состава атмосферных осадков [Kashulina et al., 2014].

#### ЛИТЕРАТУРА

*Кашулина Г. М.* Экстремальное загрязнение почв выбросами медно-никелевого предприятия на Кольском полуострове // Почвоведение. 2017. № 7. С. 860–873.

*Кашулина Г. М.* Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами в окрестностях медно-никелевого предприятия, Кольский полуостров // Почвоведение. 2018. № 4. С. 493–505.

*Кашулина Г. М., Кубрак А. Н., Коробейникова Н. М.* Кислотность почв в окрестностях медно-никелевого комбината «Североникель», Кольский полуостров // Почвоведение. 2015. № 4. С. 486–500.

*Кашулина Г. М., Переверзев В. Н., Литвинова Т. И.* Трансформация органического вещества почв в условиях экстремального загрязнения выбросами комбината «Североникель» // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1265–1275.

*Kashulina G., de Caritat P., Reimann C.* Snow and rain chemistry around the “Severonikel” industrial complex, NW Russia: Current status and retrospective analysis // Atmospheric Environment. 2014. Vol. 89. P. 672–682.

## ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, КАК ФАКТОР ЛОКАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

### ANTHROPOGENIC IMPACTS AS A FACTOR OF THE LOCAL CHANGES IN THE SOIL TEMPERATURE REGIME

Кашулина Г. М., Литвинова Т. И., Коробейникова Н. М.

Kashulina G. M., Litvinova T. I., Korobeinikova N. M

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН,  
Апатиты Мурманской области; e-mail: galina.kashulina@gmail.com*

Soil temperature regime was studied in a polluted ecosystem 8 km north of the Severonikel Industrial Site, the largest source of SO<sub>2</sub> and heavy metals pollution in Northern Europe. The goal of the study was to compare the soil temperature regime on a site with a suppressed crowberry cover with a site with the ground vegetation completely destroyed by pollution – an anthropogenic barren. Despite the suppressed condition of the crowberry, the ground vegetation continued to perform its functions, protecting the soil from violent temperature fluctuations. In contrast, the complete absence of ground vegetation leads to a significant amplitude of temperature fluctuations in the topsoil, increasing day and daily average temperatures during the summer, and thus can increase moisture evaporation and make drier the water regime of the ecosystem.

Медно-никелевый комбинат «Североникель» на Кольском полуострове, является одним из крупнейших и длительно действующих источников выбросов SO<sub>2</sub> и тяжелых металлов на Севере Европы. Изменения химических свойств почв (в том числе загрязнение почв тяжелыми металлами, кислотный статус, органофили), а также морфологического сложения под воздействием выбросов этого предприятия уже достаточно хорошо изучены [Кашулина, 2002]. Физические свойства техногенно-трансформированных почв однако практически не были исследованы. Восполняя этот пробел, на площадке П-1 комплексного мониторинга, расположенной в 8 км на север от комбината «Североникель» [Кашулина, 2018] были проведены рекогносцировочные исследования температурного режима деградированных подзолов. Температурные регистраторы фиксировали температуру верхнего органогенного горизонта на глубине 2 см с 22 сентября 2014 г. по 11 июня 2015 г. на двух участках: на открытом месте в эродирующей подстилке подзола без напочвенного покрова — «пустошь» и под кроной березы с сохранившимся напочвенным покровом из вороники. Температуру воздуха за этот период представляли данные метеостанции «Мончегорск» ([www.gp5.ru](http://www.gp5.ru)).

Как показали результаты, различия между ходом температур почв на двух участках зависели от периода времени. В течение сентября температура в почве обоих участков была, как правило, выше температуры воздуха. Температура почвы пустоши более четко следовала суточному ходу температур воздуха, в почве под вороникой суточное варьирование температуры было существенно ниже. При этом различия по среднесуточным температурам почв между участками не были значительными. Устойчивый переход через ноль к отрицательным среднесуточным температурам воздуха произошел 10 октября 2014 г., аналогичный переход в почвах на обоих участках наступил одновременно на 8 дней позже воздуха. Различия по продолжительности отрицательных



температур в почвах оказались приблизительно равны на обоих участках. В зимний период температура почвы пустоши варьировала от 0.1 до –2.8 °С, а начиная с 25 февраля, когда мощность снега достигла 50 см, температура здесь устойчиво держалась на 0.1 °С. Тогда как под воронкой варьирование температуры зимой было несколько выше (от 0 до –3.9 °С) и она продолжала реагировать на колебания температуры воздуха в течение всего зимнего периода. Причиной этого могут быть различия по плотности снега и интенсивности воздухообмена с атмосферой на открытом месте и под кроной березы [Осокин и др., 2013].

Устойчивый переход через ноль к положительным среднесуточным температурам воздуха произошел 30 марта. Четкий переход к положительным температурам почвы произошел в начале мая. В весенне-летний период для почвы пустоши было отмечено более значительное варьирование температуры в течение суток по сравнению с почвой под воронкой. При этом дневной максимум в почве пустоши превышал максимум температуры воздуха, т.е. в дневное время почва пустоши из-за темной окраски поверхности прогревалась сильнее воздуха. В отличие от осеннего периода, в весенне-летний период и среднесуточная температура почвы пустоши была уже значительно выше по сравнению с почвой под воронкой. Поэтому сумма положительных среднесуточных температур в пустоши в период с 5 мая по 11 июня была выше и составила 274 °С, а под воронкой — 198 °С. Еще более существенные различия выявились при расчете суммы среднесуточных температур >5 °С: в пустоши она составила 252 °С, под кроной — 167 °С.

Таким образом, несмотря на угнетенное состояние напочвенного покрова в техногенно трансформированной экосистеме около комбината «Североникель» он продолжает, как и в естественных лесных экосистемах [Семко, 1982], выполнять свои функции — предохраняет почву от резких колебаний температуры. Полное разрушение напочвенного покрова ведет к значительному усилению суточных колебаний температуры верхних слоев почв, повышению дневных и среднесуточных температур в летний период, что может значительно усилить расход влаги на испарение и способствовать сдвигу водного режима экосистемы в сторону иссушения.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Кашулина Г. М.* Аэротехногенная трансформация почв Европейского Субарктического региона. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2002. Ч. 1. 158 с. Ч. 2. 234 с.

*Кашулина Г. М.* Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами в окрестностях медно-никелевого предприятия на Кольском полуострове // Почвоведение. 2018. № 4. С. 493–505.

*Осокин Н. И., Сосновский, А. В., Чернов Р. А.* Влияние стратиграфии снежного покрова на его термическое сопротивление // Лёд и снег. 2013. № 3(123). С. 63–70.

*Семко А. П.* Гидротермический режим почв лесной зоны Кольского полуострова. Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР. 1982. 142 с.

## ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЖАРОВ ОТ ГРОЗ

### FOREST FIRES IN MURMANSK REGION AND THUNDERSTORMS AS A FIRE AGENT

Князев Н. В.<sup>1</sup>, Исаева Л. Г.<sup>2</sup>

Knyazev N. V.<sup>1</sup>, Isaeva L. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГОБУ «Мурманская авиабаза», Мурманши, Мурманская область; e-mail: nvknyazev@mail.ru

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: isaeva@iner.ksc.ru

This paper investigates the cyclic pattern of the forest fire activity peaks during the period from 1958 to 2018 by the number of forest fires and burn area, the causes of forest fires and anomalies thereof. A comparative analysis of the long-term data shows an increase in the share of forest fires caused by thunderstorms in the forests of Murmansk Region.

На территории Мурманской области лесные пожары являются важнейшим механизмом формирования бореальных экосистем. Леса почти целиком произрастают за Полярным кругом и находятся на северном пределе распространения, что определяет их особое значение в стабилизации среды.

Возникновение, развитие и распространение лесных пожаров по территории лесного фонда обуславливается такими факторами, как климатические, эдафические, орографические и антропогенные [Князев, Никонов, 2004]. Основные причины возникновения пожаров, фиксируемые по Мурманской области: в результате выжигания травы, проведения лесозаготовительных работ, линейных объектов, деятельности населения (туризм и отдых, охота, рыбалка, сбор ягод и грибов), экспедиционных работ и гроз.

Среднее количество пожаров за период с 1958 по 2018 гг. равно  $222.2 \pm 23.8$ , средняя выгоревшая площадь —  $5082 \pm 3245.3$  га. Следует отметить, что в этот период были годы аномально высокого количества возникших лесных пожаров и больших выгоревших площадей леса: в 1959 г. — 218 лесных пожаров, площадь, пройденная пожаром, составила 17000 га, в 1960 г. — 488 и 198000 га, в 1972 г. — 846 и 15430 га, 1997 г. — 588 и 9655 га, 2018 г. — 165 и 12633 га соответственно. Если рассмотреть эти данные по десятилетиям, то значимое отличие по выгоревшей территории отмечено только в 1958–1969 гг. (в среднем на год приходится 227.8 пожаров со средней площадью, пройденной пожаром 18530.1 га).

Грозы являются одной из основных природных причин возникновения лесных пожаров. В среднем, в России от разрядов молний ежегодно возникает 10 % лесных пожаров [Иванов и др., 2004], на Европейском Севере России — около 2 % [Вакуров, 1975]. Основное значение при возникновении пожара от молнии имеет предшествующая погода и влажность лесных горючих материалов перед грозой. Разряды молний наносят немалый экономический ущерб объектам энергетики, связи, кабельным магистралям, системам сигнализации на железных дорогах, вызывают пожары в лесах [Соколов и др., 2008]. Установлено, что геологические образования обуславливают повышенную молниепоражаемость

земной поверхности и являются природными молниеприемниками [Соколов и др., 2008]. Многолетние данные по причинам возникновения лесных пожаров в Мурманской области показывают, что преобладающим является антропогенный фактор (деятельность населения), на долю природных факторов (грозы) приходится 2–5 % [Князев, Исаева, 2011].

Основной причиной огромной выгоревшей площади лесов в 1960 году были погодные условия пожароопасного периода: с 20 июня по 18 июля и с 22 июля по 12 августа почти не было дождей, а максимальная температура воздуха часто достигала 25 °С и выше. Пожароопасный сезон 2018 г. характеризуется аномально засушливым периодом (с 9 июля по 3 августа), когда максимальная температура воздуха наблюдалась по отдельным метеостанциям свыше 30 °С, и высокой грозовой деятельностью (с 12 июля по 2 августа) по всей области. Доля лесных пожаров от гроз в 2010 г. составила 18 %, в 2016 г. — 21 %, в 2018 г. — 36 %. Сравнительный анализ многолетних данных за период с 1958 по 2018 гг. свидетельствует об увеличении доли лесных пожаров, возникающих от гроз на территории лесного фонда Мурманской области.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Вакуров А. Д.* Лесные пожары на Севере. М.: Наука. 1975. 99 с.

*Иванов В. А., Коришонов Н. А., Матвеев П. М.* Пожары от молний в лесах Красноярского Приангарья. Красноярск: СибГТУ. 2004. 132 с.

*Князев Н. В., Исаева Л. Г.* Природные факторы возникновения лесных пожаров // Леса России в XXI веке: Материалы восьмой международной научно-технической Интернет-конференции. Декабрь 2011 г. Санкт-Петербург. 2011. С. 58–61.

*Князев Н. В., Никонов В. В.* Природные и антропогенные факторы лесных пожаров на территории Мурманской области // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения / Материалы Международной конференции. Апатиты: Кольский НЦ РАН. 2004. Ч. 1. С. 57–59.

*Соколов С. Я., Куликов В. С., Снегуров В. С., Снегуров А. В.* Новый этап в изучении связи грозовой активности с особенностями геологического строения территории Карелии // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными. Материалы четырнадцатой Международной конференции. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2008. Ч. 2. С. 208–211.

## МИКОТОКСИНЫ В ЛОЖЕЧНИЦЕ ГРЕНЛАНДСКОЙ

### MYCOTOXINS IN *COCHLEARIA GROENLANDICA* L.

Кононенко Г. П.

Kononenko G. P.

*Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Москва; e-mail: vniivshe@mail.ru*

Greenland scurvy-grass *Cochlearia groenlandica* L., a circumpolar Arctic aboriginal species of the family Cruciferae, adapted to extreme habitat conditions, was examined for mycotoxin content by indirect competitive enzyme immunoassay. Alternariol (40–100 µg/kg), ergoalkaloids (125–340 µg/kg), cyclopiasonic acid (205–415 µg/kg), and emodin (20–40 µg/kg)

were found in the aboveground samples of the plants collected in the stony upper littoral area in three somewhat separated ecotopes on the continental coast of Kandalaksha Bay of the White Sea, and neither fusariotoxins (T-2 toxin, diacetoxyscirpenol, deoxynivalenol, zearalenone, fumonisins of Group B), nor roridin A, aflatoxin B<sub>1</sub>, sterigmatocystin, ochratoxin A, citrinin, mycophenolic acid, PR toxin were found. This mycotoxin complex is typical for the cruciferous meadow plants in Central Russia, however, they are characterized by a high content of ergoalkaloids, comparable to that of cyclopiazonic acid.

Растения естественных ботанических формаций представляют собой уникальные экспериментальные объекты, позволяющие изучать многообразие ценотических связей и экологических равновесий. В последние годы исследователи особое внимание уделяют эндемичным видам и комплексам их вторичных веществ, а также метаболитам ассоциированных микроорганизмов — бактерий и микроскопических грибов. Недавно в первом цикле работ, направленных на сравнительную оценку содержания микотоксинов в луговых растениях семейств Poaceae, Fabaceae и Cruciferae из Средней России, показано, что уровень метаболического ответа и его компонентный состав имеют как общие черты, так и межвидовые особенности. В настоящее время предпринимаются попытки обследования растений, имеющих ту же таксономическую принадлежность, но специфические требования к среде обитания и устойчивую адаптацию к совокупности стрессовых факторов внешней среды в широких диапазонах варьирования.

Ложечница гренландская *Cochlearia groenlandica* L. (ложечная трава гренландская, ложечница продырявленная, арктический хрен) — двулетнее травянистое растение семейства Крестоцветные, циркумполярный, арктический аборигенный вид, строго привязанный к литоральным и нивальным участкам, обычный на морских и озерных побережьях, который предпочитает засоленную, переувлажненную почву и выдерживает длительное резкое понижение температур. Наземные части растения 1-го и 2-го годов развития были отобраны с каменистой верхней литорали в трех незначительно удаленных экотопах на материковом побережье Кандалакшского залива Белого моря в августе-сентябре 2018 г. Содержание токсичных метаболитов, свойственных микроскопическим грибам, — фузариотоксинов (Т-2 токсин, диацетоксисцирпенол, дезоксиниваленол, зearаленон, фумонизины группы В), а также эргоалкалоидов, альтернариола, роридина А, афлатоксина В<sub>1</sub>, стеригматоцистина, циклопиазоновой кислоты, эмодаина, охратоксина А, цитринина, микофеноловой кислоты и PR-токсина, определяли в водно-ацетонитрильных экстрактах измельченного воздушно-сухого материала методом непрямого конкурентного иммуноферментного анализа. Во всех собранных образцах были обнаружены альтернариол (40–100 мкг/кг), эргоалкалоиды (125–340 мкг/кг), циклопиазоновая кислота (205–415 мкг/кг) и эмодин (20–40 мкг/кг), остальные анализируемые вещества не были найдены. Исходя из доступных сведений, к источникам этих метаболитов могут быть отнесены представители родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, а также ряду других. Следует отметить, что сочетание альтернариола, циклопиазоновой кислоты, эргоалкалоидов и эмодаина достаточно часто встречается у крестоцветных растений, типичных для луговых ценозов Средней России, и при этом контаминация антрахиноном эмодином всегда выражена одинаково слабо (на уровне десятков мкг/кг). Однако для ложечницы оказалось характерным не только регулярное, но и повышенное содержание эргоалкалоидов, сравнимое с накоплением циклопиазоновой кислоты. Возможно, на метаболическую активность продуцирующих эндофитов оказывают влияние

суровые условия обитания организма-хозяина, способного переносить крайне низкие температуры. С другой стороны, известна адаптация этого растения к перенасыщению почвы азотом, которая может способствовать активации специфических путей биосинтеза у ассоциированных грибов. Сходный эффект накопления эргоалкалоидов, циклопиазоновой кислоты, а также охратоксина А, ранее установлен для лишайника *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. из того же ареала, собранного на камнях в местах массовых скоплений морских птиц.

Встречаемость одних и тех же метаболитов, отмеченная у многих представителей этого семейства, указывает на общность видового состава эндофитных токсинообразующих грибов и служит основанием для продолжения исследований в этом направлении. В целом, ложечница гренландская по контаминации микотоксинами занимает нижнюю ступень в ряду изученных крестоцветных растений, и биологической науке еще только предстоит найти обоснованные объяснения этому новому факту.

#### ЛИТЕРАТУРА

Буркин А. А., Кононенко Г. П. Контаминация микотоксинами луговых трав в европейской части России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 4. С. 503–512.

Буркин А. А., Кононенко Г. П. Метаболиты токсигенных грибов в лишайниках родов *Nephroma*, *Peltigera*, *Umbilicaria* и *Xanthoria* // Известия РАН. Серия биологическая. 2015. № 6. С. 573–580.

Головкин Б. Н., Руденская Р. Н., Трофимова И. А., Шретер А. И. Биологически активные вещества растительного происхождения. Т. 1. М.: Наука. 2001. 350 с.

Марковская Е. Ф., Шмакова Н. Ю. Содержание фотосинтетических пигментов у *Oxuria digyna* и *Cochlearia groenlandica* в естественных и антропогенно трансформированных экотопах в условиях Арктики // Современные проблемы науки и образования. 2009. № 6. С. 7.

Флора и фауна Белого моря: иллюстрированный атлас / под ред. А. Б. Цейтлина, А. Э. Жадан, Н. Н. Марфенина. М: Товарищество научных изданий КМК. 2010. 471 с.

### ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЦЕНОФЛОРЫ ЕЛЬНИКОВ ЧЕРНИЧНЫХ В ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ РУБКИ

#### CHANGES IN THE SPECIES COMPOSITION OF THE PLANT COMMUNITIES IN PICEA ABIES–VACCINIUM MYRTILLUS FOREST STANDS AS PART OF THE REGENERATION PROCESS AFTER A HARVEST

Крышень А. М., Геникова Н. В., Гнатюк Е. П.

Kryshen' A. M., Genikova N. V., Gnatiuk E. P.

Институт леса – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: genikova@krc.karelia.ru

The changes in the species composition of the plant communities at different stages of the regeneration process (clearcut, juvenile, middle-aged and old-growth) of bilberry spruce forests were studied. In total, 240 species of vascular plants were identified in the studied biotopes. The species diversity is the highest in the early succession stages. 200 vascular plants species were observed on logged sites, 119 – in juvenile forest stands, 129 – in middle-aged and only 71 – in

forest communities older than 120 years. Common to plant communities of all ages are 53 species (22 %). 79 plant species (33 % of the bilberry spruce forest entire coenoflora) were found only on logged sites, 10 species were found only in juvenile forest stands, 15 – in only middle-aged forests. 30 of the 240 species of the coenoflora are adventive. Geographic and ecological-coenotic analysis showed that the described changes are natural, supported and illustrated the formation process of the communities in anthropogenically fragmented landscapes.

Анализ ценофлоры ельников черничных основан на описаниях, выполненных авторами на территории Восточной Фенноскандии в условиях средней и северной тайги. Задача была максимально полно отразить разнообразие сообществ в условиях ельников черничных (P.a.-V.m.) на автоморфных почвах. Из всех описаний в анализ были отобраны 195, отвечающих установленным ранее критериям [Крышень, 2010]: вырубок — 54, молодняков — 43, средневозрастных — 62. Все описания с возрастом древостоя старше 100-120 лет со сложившейся структурой напочвенного покрова, типичного для коренных P.a.-V.m., мы в исследованиях ценофлоры объединили в группу старовозрастных, их оказалось всего 37. Распределение по возрастным стадиям отражает реальную структуру лесного покрова исследуемой территории, сложившуюся под воздействием лесохозяйственных и природоохранных мероприятий на протяжении 20 — начала 21 веков.

Анализ проводился по следующей схеме: 1) объединение флористических списков описаний указанных возрастных стадий в ценофлоры и 2) сравнение и оценка выделенных ценофлор по таксономическим и типологическим признакам [Методы., 2005]. Всего в условиях ельников черничных выявлено 240 видов сосудистых растений из 148 родов и 54 семейств. Для сравнения: ценофлора сосняков, площадь которых на исследуемой территории в 1.5 раза больше, чем ельников, включает всего 97 видов [Геникова и др., 2012]. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается на ранних стадиях восстановления растительности. В растительных сообществах на стадии вырубки обнаружено 200 видов сосудистых растений, в молодняках — 119, в средневозрастных лесах — 129 и в лесных сообществах старше 100 лет отмечен всего 71 вид. Общими для ценофлор растительных сообществ всех возрастных стадий являются 53 вида сосудистых растений, т.е. 22 % ценофлоры. Только на вырубках обнаружено 79 видов растений (33 % от всей ценофлоры ельников черничных), только в молодняках встречено 10 видов, только в средневозрастных лесах — 15. Из 240 видов ценофлоры ельников черничных 30 являются адвентивными. С возрастом количество и доля адвентивных видов падает с 27 видов на вырубках (13 %), 11 видов в молодняках (9 %), 7 видов (5 %) в средневозрастных древостоях и до 1 вида (1.4 %) в старовозрастных лесах. Из 210 видов аборигенной фракции как апофиты в «Конспекте флоры Карелии» (Кравченко, 2007) отмечены 69 видов. Эти виды встречены преимущественно на вырубках и в молодых сообществах (59 и 38 видов соответственно). Эколого-ценотическая структура аборигенной фракции ценофлоры по М. Л. Раменской [1983] состоит из десяти групп. Преобладают лесные виды, а именно группа «лесных видов на средних и бедных почвах», в которую входит 51 вид (24 % от общего числа всех аборигенных видов), «лесных видов более плодородных почв» (34 вида — 16 %) и «лесных видов с очень широкой экологической амплитудой» (27 видов — 14 %). Группа луговых видов насчитывает 33 вида (16 %). На стадии вырубки встречены виды всех десяти эколого-ценотических групп, с возрастом растительного сообщества эколого-ценотическое разнообразие уменьшается до 6 групп в старовозрастных

лесах, где не были обнаружены виды олиготрофных болот, лугов, прибрежно-водных и скальных местообитаний. По результатам анализа адвентивной и аборигенной фракций ценофлоры ельников черничных можно говорить о закономерных ее изменениях с развитием сообщества, продемонстрированных в докладе на конкретных примерах.

#### ЛИТЕРАТУРА

Геникова Н. В., Гнатюк Е. П., Крышень А. М. Анализ ценофлоры лесов на автоморфных песчаных почвах в Карелии // Ботанический журнал. 2012. Т. 97(11). С. 1424–1435.

Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2007. 403 с.

Методы исследования ценофлор (на примере растительных сообществ вырубок Карелии) / Сост. Е. П. Гнатюк, А. М. Крышень. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2005. 68 с.

### ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НИКЕЛЯ И МЕДИ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА *BIDENS TRIPARTITA* L. ИЗ ГЕОГРАФИЧЕСКИ УДАЛЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

### TOXIC EFFECTS OF NICKEL AND COPPER ON THE INITIAL ONTOGENESIS STAGES OF *BIDENS TRIPARTITA* L. IN GEOGRAPHICALLY ISOLATED POPULATIONS

Крылова Е. Г.

Krylova E. G.

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская область; e-mail: rapovaeg@mail.ru

The results are presented of the laboratory studies of the effects of different concentrations of nickel and copper salts on the development of *Bidens tripartita* seedlings from the populations in the upper and middle reaches of the Volga River. For seeds, copper is more toxic than nickel. *B. tripartita* seeds from the populations in the middle reaches of the Volga River are more viable. For seeds from the other populations, significant differences were found between 1, 50 and 100 mg/l. Seedlings were exposed to nickel at 1-50 mg/l, copper at 1-100 mg/l. The toxic effect of the heavy metals was the strongest on the growth and development of the root system – at 25 mg/l and above, the main root was necrotic, the number of adventitious roots changed. High concentrations of both heavy metals significantly reduced the length of the hypocotyl. It was shown that copper is more toxic for the root system, while nickel is more toxic for the aboveground organs. Differences were also shown between the populations in the development of seedlings: *B. tripartita* from the Middle Volga population is more resistant to nickel, while copper had same effect on the two populations.

*Bidens tripartita* L. является гигрофитом семейства Asteraceae, встречающимся на влажных лугах, в болотно-луговых и прибрежно-водных сообществах. В связи с широким ареалом распространения, возникает интерес к устойчивости вида в экстремальных условиях существования, одним из которых является действие тяжелых металлов (ТМ). Ранее нами проанализировано влияние ТМ на

представителей рода *Bidens*, произрастающих в одних географических условиях (Ярославская область) [Крылова, Васильева, 2011 а, б]. Целью данного исследования было определение токсического действия сульфатов никеля и меди на прорастание семян и развитие проростков *B. tripartita* из географически удаленных популяций.

Семена собирали в окрестностях городов Костромы (Верхнее Поволжье — 1-я популяция) (57°46' с. ш. и 40°54' в. д.) и Мариинского Посада (Среднее Поволжье — 2-я популяция) (56°07' с. ш. 47°43' в. д.). Концентрации ТМ — 1, 10, 25, 50 и 100 мг/л. Методика постановки опыта описана ранее [Крылова, 2010].

Все семена в эксперименте прорастали дружно, это свидетельствует о том, что при формировании в разных климатических условиях они не имеют значительных отличий в строении зародыша и типе покоя. При прорастании семян под влиянием никеля для обеих популяций не отмечено достоверных различий с контрольными значениями. При концентрации никеля 50 и 100 мг/л во 2-й популяции всхожесть семян даже превышает их. 10 мг/л является концентрацией, после которой происходит адаптация к токсическому влиянию никеля. При концентрациях 50 мг/л между популяциями обнаружены достоверные различия. При прорастании семян *B. tripartita* под влиянием меди для 1-й популяции отмечены достоверные различия с контрольными значениями при 50 и 100 мг/л. Следовательно, для семян медь токсичнее никеля. Есть популяционные различия — семена *B. tripartita* жизнеспособнее во 2-й популяции. Для семян из разных популяций выявлены достоверные различия между вариантами 1, 50 и 100 мг/л. В 1-й популяции угнетение прорастания отмечено при 1 мг/л, определена и пороговая концентрация меди 25 мг/л, при превышении которой всхожесть резко уменьшалась. Для 2-й популяции подобных закономерностей не выявлено.

Проростки из обеих популяций при 100 мг/л никеля не развивались. Наибольшее токсическое действие он оказал на корневую систему. При 10 мг/л у проростков отмечали достоверное уменьшение длины главного корня и количества придаточных корней. Наличие при таких концентрациях ТМ придаточных корней свидетельствует о стимулировании защитной реакции проростков путем поддержания общей площади корневой системы и, таким образом, снижения влияния ТМ. Длина гипокотилия достоверно уменьшалась в 1-й популяции при 50 мг/л, во 2-й — уже при 10 мг/л. Частичный некроз его отмечали при 10 мг/л. Длина настоящего листа достоверно уменьшалась при 25 мг/л, при 50 мг/л он не формировался в 1-й популяции и был очень мал во 2-й. Длина семядоли достоверно различалась при 25 и 50 мг/л, частичный некроз зафиксировали при 25 мг/л.

При действии меди проростки из обеих популяций развивались при всех концентрациях. При 25–100 мг/л основную функцию брали на себя придаточные корни, т.к. главный корень был полностью некротирован. Однако, в отличие от никеля, медь оказалась токсичнее для корневой системы при 10 мг/л. Достоверные различия длины гипокотилия и семядоли отметили при более низких концентрациях (10–50 мг/л для обеих популяций). Та же закономерность характерна для развития семядоли и листьев. При 100 мг/л они отсутствовали.

В целом отметили, что медь токсичнее для корневой системы, однако следует отметить стимуляцию развития придаточных корней при 10–25 мг/л меди. Никель токсичнее для надземных органов. Выявили также популяционные различия: к действию никеля устойчивее *B. tripartita* из 2-й популяции, медь действует в равной степени на виды обеих популяций.



## ЛИТЕРАТУРА

Крылова Е. Г. Влияние сульфата никеля на прорастание семян и развитие проростков прибрежно-водных растений // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2010. Т. 3. № 1. С. 99–106.

Крылова Е. Г., Васильева Н. В. Действие сульфата никеля на начальные этапы онтогенеза растений трех видов рода *Bidens* (Asteraceae) // Растительные ресурсы. 2011а. Т. 47. Вып.1. С. 65–71.

Крылова Е. Г., Васильева Н. В. Прорастание семян и развитие проростков представителей рода *Bidens* (Asteraceae) в растворах сульфата меди // Вестник Томского государственного университета. 2011б. № 352. С. 207–210.

## КРИОГЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ОНЕЖСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

### CRYOGENIC TRANSFORMATION OF THE PODZOLIC SOILS IN ONEGA DISTRICT, ARKHANGELSK REGION

Кузнецова И. А.<sup>1</sup>, Мироненко К. А.<sup>1</sup>, Орлов А. С.<sup>1</sup>, Соболев Н. А.<sup>2</sup>

Kuznetsova I. A.<sup>1</sup>, Mironenko K. A.<sup>1</sup>, Orlov A. S.<sup>1</sup>, Sobolev N. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: kia.iepr@gmail.com

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Архангельская область; e-mail: n.sobolev@narfu.ru

Northern podzolic soils are exposed to a cyclic cryogenic effect, which affects the soil's sorptive properties. IR spectral analysis of the soil-Pb<sup>2+</sup> systems before and after cryogenic exposure showed a significant effect of the cryogenic process on the sorptive properties of the soil's mineral component and an insignificant effect on the sorptive properties of the organic component.

Онежский район Архангельской области расположен на южной границе подзоны глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв Северной тайги Европейско-западно-сибирской таежно-лесной области подзолистых и дерново-подзолистых почв, в почвенном покрове которой широко распространены глееподзолистые почвы на суглинистых породах, Al-Fe-гумусовые подзолы на песчаных отложениях в сочетании с болотно-подзолистыми и торфяно-болотными почвами [Пшеничников, Пшеничникова, 2006].

С целью выявления влияния циклического процесса «замораживание-оттаивание» подзолистой почвы и верхового торфа на их сорбционную способность были получены ИК-спектры исходной почвы и после взаимодействия со свинцом под действием циклической заморозки и без такового.

В профиле исследуемой почвы были диагностированы горизонты [Кузнецова и др., 2018]: грубогумусовый, подзолистый, иллювиально-железистый. ИК-спектры высушенных и измельченных в агатовой ступке проб записаны с использованием ИК-Фурье-спектрометра Vertex 70 (Bruker, Германия) и приставки нарушенного полного внутреннего отражения с алмазной призмой GladiATR (Pike Tech., USA). В качестве фона использовался атмосферный воздух.

Анализ ИК-спектров исходных горизонтов почвы и верхового торфа показал присутствие характеристических полос Al-O-Al, Si-O, O-Si-O, ярко выраженных для подзолистого, иллювиально-железистого и, в меньшей степени, грубогумусового горизонтов почв, соответствующих их минеральной составляющей. ИК-спектры подзолистого и грубогумусового горизонта имеют полосу поглощения в районе  $462\text{ см}^{-1}$ , свидетельствующую о наличии оксидов железа. Минеральная составляющая может принимать участие в иммобилизации ионов свинца путем ионного обмена (за счет групп Al-O(H)) и сорбции на положительно заряженных участках дефектных кристаллических решеток. Общими чертами для грубогумусового горизонта и верхового торфа является наличие органических кислородсодержащих групп в составе их компонентов (характеристическая полоса поглощения  $1030\text{ см}^{-1}$ ), присутствие характеристических полос ионизированных  $\text{-COO}^-$  групп ( $1370\text{ см}^{-1}$ ) и C=C ароматических структур ( $1600\text{ см}^{-1}$ ), что позволяет предположить взаимодействие органической составляющей почвы с ионами металлов по механизмам ионного обмена и комплексообразования.

Сравнение ИК-спектров горизонтов почв и торфа после взаимодействия со свинцом при циклическом замораживании-оттаивании и без него показало, что для минеральной составляющей почвы характерно снижение интенсивности поглощения всех полос при взаимодействии со свинцом при нормальных условиях и восстановление их интенсивности после циклов криогенного воздействия. Для органической составляющей взаимодействие с ионами свинца в обоих рассмотренных случаях приводит к увеличению интенсивности поглощения характеристических полос группировки  $\text{-COO}^-$ , что указывает на активное протекание процесса ионного обмена и хелатообразования.

Таким образом, циклические криогенные процессы способствуют высвобождению в почвенный раствор ионов металлов, иммобилизованных на минеральной составляющей почвы, и, в меньшей степени, влияют на сорбционную способность органической составляющей почв.

*Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-35-00552 «Исследование роли криогенеза при формировании состава и физико-химических свойств почв северной тайги на примере почв Онежского района Архангельской области».*

## ЛИТЕРАТУРА

Кузнецова И. А., Бедрина Д. Д., Мироненко К. А. Характеристика состава подзолистой почвы Онежского района Архангельской области // Мат. конф. Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию. Архангельск. 2018. С. 176-178.

Пиеничников Б. Ф., Пиеничникова Н. Ф. Основы почвоведения и географии почв. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. 2006. 200 с.

**ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
ПРОДУКТИВНОСТИ СРЕДНЕТАЕЖНОГО СОСНЯКА  
ЛИШАЙНИКОВОГО ПРОЙДЕННОГО ВЕТРОВАЛОМ**

**CHANGES IN THE STRUCTURE AND BIOLOGICAL PRODUCTIVITY IN A  
MIDDLE-TAIGA LICHEN PINE  
FOREST AFTER A WINDTHROW EVENT**

Кутявин И. Н., Манов А. В.

Kutyavin I. N., Manov A. V.

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар,  
Республика Коми; e-mail: kutjavin-ivan@rambler.ru*

This paper describes the changes in the structure and productivity of middle-taiga lichen pine forest after a windthrow event in the Komi Republic. After the windthrow, the tree stand changed its structure from uneven-aged dominated by elder cohorts to simple uneven-aged. The pine lichen forest accumulated 91.8 t ha<sup>-1</sup> of plant organic matter (POM) in the 10 years after the windthrow event, which is by a factor of 1.4 lower than in an undisturbed stand. Coarse woody debris plays a major role in POM accumulation in pine forest stands after a windthrow event. Annual biomass production in the disturbed pine forest was by a factor of 1.9 lower than in an undisturbed one and equaled 1.02 t ha<sup>-1</sup>. Biomass yield in the wind-damaged lichen pine forest was equally distributed between the trees and the ground layer plants; in the undisturbed stand, biomass yield mostly came from the trees. In the wind-damaged forest, the species number of lichens decreased and the species number of dwarf shrubs and mosses in the ground layer increased. The annual decomposition rate of the coarse woody debris in the wind-damaged forest was 0.02 year<sup>-1</sup>.

В последнее время наиболее остро встает вопрос, касающийся увеличения частоты катастрофических природных явлений, связанных с глобальным изменением климата [Frank et al., 2015]. Ветровалы наряду с лесными пожарами вносят существенную роль в развитии таежных лесов (de Groot et al., 2013).

Для оценки изменения структуры и продуктивности сосняков после ветровала послужили данные двух постоянных пробных площадей (ППП), заложенных в одном насаждении сосняка лишайникового. Одна из ППП располагается в фоновом (ненарушенном ветровалом) лесном массиве, вторая ППП на ветровальной территории с 10-летней давностью нарушения. Продукция фонового сосняка лишайникового опубликована нами в работе [Кутявин, Бобкова, 2017]. Работа направлена на оценку изменения структуры и биологической продуктивности естественно-развивающегося и нарушенного ветровалом сосняка лишайникового произрастающего в условиях средней тайги (Республика Коми).

Исследования показали, что в спелом среднетаежном сосняке ветровал приводит к существенным изменениям структурной организации и продуктивности фитоценоза. После ветровала древостой переходит из сложной возрастной структуры, состоящей из нескольких поколений деревьев, в условно-разновозрастной, где структура представлена одним разновозрастным поколением. Постветровальный сосняк лишайниковый в условиях средней тайги характеризуются невысокими продукционными показателями. Фитоценоз спелого сосняка лишайникового аккумулирует 127, тогда как на десятый год после ветровала такой сосняк концентрирует 92 т га<sup>-1</sup> растительного органического

вещества (ОВ). В естественно-развивающемся сосняке основная часть фитомассы формируется в древостое (91 %), тогда как в фитоценозе ветровального сообщества в крупных древесных остатках (КДО) (83 %). Ежегодные константы разложения КДО составили 0.02 год<sup>-1</sup>.

Годичная продукция растительного ОВ постветровального сосняка лишайникового составила 1019 кг га<sup>-1</sup> что в 1.9 раза меньше, чем в естественно-развивающемся. В накоплении фитомассы в нарушенном ветровальном сосняке деревья сосны и растения напочвенного покрова выполняют почти одинаковую роль (около 50 %), тогда как в ненарушенном фитоценозе сосняка в приросте фитомассы значима роль древостоя (77 %). При этом, в постветровальном сообществе в течение года разлагается 2.47 т га<sup>-1</sup> мертвого ОВ, ежегодная продукция его составляет 1.02 т га<sup>-1</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

Кутявин И. Н., Бобкова К. С. Биологическая продуктивность сосновых фитоценозов Северного Приуралья (Республика Коми) // Лесоведение. 2017. № 1. С. 3-16.

de Groot W. J., Cantin A. S., Flannigan M. D., Soja A. J., Gowman L. M., Newbery A. A. comparison of Canadian and Russian boreal forest fire regimes // For. Ecol. Manag. 2013. V. 294. P. 23-34.

Frank D., Reichstein M., Bahn M., Thonicke K., Mahecha M. D., Smith P., Van der Velde M., Vicca S., Babst F., Beer C., Buchmann N., Canadell J. G., Ciais P., Cramer W., Ibrom A., Miglietta F., Poulter B., Rammig A., Seneviratne S. I., Walz A., Wattenbach M., Zavala M. A., Zscheischler J. Effects of climate extremes on the terrestrial carbon cycle: concepts, processes and potential future impacts // Global Change Biology. 2015. V. 21. P. 2861-2880. <https://doi.org/10.1111/gcb.12916>

#### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ-УЧАСТНИКОВ ДИАГЕНЕЗА, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ КАРЕЛИИ

#### SOME DISTINCTIVE FEATURES OF SPECIFIC GROUPS OF MICROORGANISMS INVOLVED IN DIAGENESIS ISOLATED FROM KARELIAN SOIL SAMPLES

Лаврукова О. С.<sup>1</sup>, Сидорова Н. А.<sup>2</sup>

Lavrukova O. S.<sup>1</sup>, Sidorova N. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Петрозаводский государственный университет», Медицинский институт, Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: olgalavrukova@yandex.ru

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, Институт биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: fagafon@yandex.ru

Specific groups of microorganisms causing the mineralization of skeletal tissues were isolated from the soil samples from Karelia. To do this, the soil trap effect was simulated using rabbit cadaveric material (*Oryctolagus* sp.), and over 420 days changes were recorded in the biotic and abiotic properties of the soil and the cadaver: microbiological, morphological, and physicochemical properties (acidity, humidity, temperature). Eight physiological groups of soil bacteria were isolated from the surface of bone fragments; changes in the structural and functional organization of the microorganisms were found depending on the duration of microbial bone transformation, acidity, and temperature.

Области разложения органического вещества в почве являются природными резервуарами специфических групп микроорганизмов, способных к деструкции сложных полимерных и макромолекулярных соединений. Подобная деятельность микроорганизмов приводит к снижению концентрации общего органического углерода в почве и мобилизует O, H, N, P и S, связанные с органическим веществом [Santschi et al., 1990]. При разложении в почве костных тканей, содержащих коллаген, неколлагеновые белки и протеогликаны (хондроитинсульфат), наблюдается разложение азот- и углеродсодержащей органики в ходе процесса известного, как диагенез, происходящего под контролем микроорганизмов [Недоливко, 2005]. В процессе разложения костей, при условии доступа кислорода и влажности, бактерии, микроскопические грибы и водоросли благодаря биохимической активности вызывают осаждение органических молекул в пустотах костей, адсорбцию вещества на костной поверхности с последующим выщелачиванием костной ткани. Особенности процессов биогеохимической трансформации костей, интенсивность тафономических и дисгенетических явлений на протяжении длительного археологического или геологического периода давно являются предметом дискуссий специалистов различных научных направлений [Ambrose, 2003; Drobnič, 2005; Carter, 2006]. В связи с вышесказанным, актуальным представляется изучение качественного и количественного разнообразия физиологических групп почвенных микроорганизмов, контролирующих трансформацию костных останков в природе. Для этого смоделирован эффект «почвенной ловушки» с использованием трупного материала *Oryctolagus* sp. и в течение 420 суток проанализированы изменения биотического и абиотического характера в почве и фрагментов скелета. В качестве методического подхода к исследованию использован принцип накопительных культур, который позволяет одновременно выявить потенциально активные, экологически значимые группы микроорганизмов в почве и дать им количественную оценку. С поверхности костных фрагментов выделено восемь физиологических групп почвенных бактерий; обнаружены изменения в структурно-функциональной организации микроорганизмов в зависимости от продолжительности микробной трансформации костей, кислотности и температуры. Полученные результаты можно рассматривать, как адаптивные, позволяющие почвенным микроорганизмам в разных условиях окружающей среды контролировать последовательность этапов минерализации органического материала в составе костных тканей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Недоливко Н. М. Геохимия: учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ. 2005. 102 с.
- Ambrose S. H., Krigbaum J. Bone Chemistry and Bioarchaeology // Journal of Anthropological Archaeology. 2003. № 22. P. 193–199.
- Carter D. O., Tibbett M. Microbial Decomposition of Skeletal Muscle (Ovis Aries) in a Sandy Loam Soil at Different Temperatures // Soil Biology & Biochemistry. 2006. № 38. P. 1139–1145.
- Drobnič M., Marš T., Alibegović A., Bole V., Balažić J., Grubič Z., Brečelj J. Viability of human chondrocytes in an ex Vivo model in relation to temperature and cartilage depth // Folia Biologica (Praha). 2005. № 51. P. 103–108
- Santschi P., Hohener R., Benoit G., Buchholtz-Ten Brink M. Chemical processes at the sediment-water interface // Marine Chemistry. 1990. № 30. P. 269–315.

## СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ КАТЕНЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОС. БАРЕНЦБУРГ, ШПИЦБЕРГЕН

### ORGANIC MATTER CONTENT AND COMPOSITION IN THE SOILS NEAR BARENTSBURG, SVALBARD

Литвинова Т. И., Кашулина Г. М., Коробейникова Н. М.

Litvinova T. I., Kashulina G. M., Korobeinikova N. M.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: lita\_0409@mail.ru*

This paper presents the results of a study of the organic matter in five soil profiles differently positioned in the landscape near the town of Barentsburg, Svalbard. The main characteristic features of the organic matter is the relatively high humus content given the latitude, with the highest humus content in the AY<sub>ao</sub> horizon. Humus is of the humate-fulvate type in the upper organic horizons, fulvate-humate and humate in the mineral horizon AY<sub>ao</sub>; a fairly high degree of humification of organic matter is observed in the O horizon. The highest organic matter concentrations were observed on a wet site on the secondary marine terraces.

Благодаря влиянию теплого атлантического течения, а также теплых и влажных воздушных потоков из Атлантики юго-западное побережье острова Западный Шпицберген характеризуется относительно мягким и влажным климатом и формированием более сомкнутого мохово-кустарничкового растительного покрова, под которым формируются хорошо развитые арктические серогумусовые почвы [Переверзев, 2012; Литвинова, Кашулина, 2015]. Одной из наиболее характерных особенностей этих почв является относительно высокое для таких широт содержание гумуса. Данная статья основана на результатах изучения 5 разрезов, организованных в катену рядом с пос. Баренцбург. Целью работы является изучение особенностей распределения органического вещества в почвах в зависимости от положения в ландшафте. Разрезы были заложены в июле 2016 г. на отметках 92 (пологий солифлюкционный склон, разрез 19-16), 141 (вторая морская терраса сухое место, разрез 17-16), 148 (вторая морская терраса увлажненное место, разрез 18-16), 252 (вершина горного хребта, разрез 15-16) и 258 (противоположный крутой склон, разрез 16-16) м над уровнем моря. Морфологическое строение профиля почв на разных элементах ландшафта характеризуется одинаковым набором генетических горизонтов: O-AY<sub>ao</sub>-AY<sub>ao</sub>-C. Верхний органогенный горизонт O — коричневая, среднеразложившая торфянистая подстилка. С глубиной степень разложения растительных остатков в горизонте O увеличивается и приобретает перегнойный характер — образец индесирован как Oh. В разрезах 15-16, 17-16, 18-16 и 19-16 из этого слоя отобран отдельный образец Oh. Верхний минеральный серогумусовый грубогумусный горизонт AY<sub>ao</sub> — серовато-коричневый, супесчаный (разрез 16-16) или легкого суглинистый (все другие разрезы), густо переплетен корнями растений. Далее следует переходный горизонт Ay<sub>ao</sub>-C.

Наиболее высокие содержания органического вещества свойственны верхнему органогенному горизонту O. Наиболее низкие концентрации Сорг в горизонте O свойственны разрезам на самых высоких позициях ландшафта (разрезы 16-16 и 15-16) — 21.3 и 23 %, соответственно. Наиболее высокие —

27 % свойственны разрезам, расположенным в средней части катены на второй морской террасе — разрезы 17–16 и 18–18. С глубиной, по мере усиления степени разложения содержание органического вещества в органогенном горизонте снижается.

Наиболее высокие концентрации Сорг в минеральной части профиля свойственны самому верхнему серогумусовому грубогумусному горизонту АУао. Самое низкое содержание Сорг — 2 % в этом горизонте было обнаружено в разрезе 16–16 (h-258 м), расположенном на гребне хребта. Наиболее высокое — 2.9 % — в разрезе 17–16. Вниз по профилю содержание органического вещества в обследованных разрезах постепенно снижается, но гумусированность профиля отмечается до дна разрезов. Содержание N в верхнем органогенном горизонте О варьирует от 0.54 (разрез 16–16) до 1.1 % (разрез 17–16). Содержание N в верхнем минеральном горизонте значительно ниже и варьирует от 0.08 в разрезе 16–16 до 0.24 % в разрезе 15–16.

Несмотря на высокое широтное положение местности для органического вещества верхних органогенных горизонтов обследованных почв характерна достаточно высокая степень гумификации органического вещества. Доля негидролизуемого остатка в верхней части горизонта О варьирует от 20 % в разрезе 15–16 до 44 % в разрезе р.18–16. Доля негидролизуемого остатка в составе гумуса в минеральной части профиля несколько выше, чем в органогенном и варьирует от 21 до 58 %. Что может быть обусловлено заторможенностью процессов трансформации корневого опада из-за низких температур, а также прочностью связи с глинистыми частицами [Пономарева, Плотникова, 1980].

Распределение соотношения Сгк:Сфк в профиле обследованных почв показало достаточно пеструю картину. В верхнем органогенном горизонте О отмечено преобладание фульвокислот: соотношение Сгк:Сфк варьирует от 0.4 до 1.4, тип гумуса гуматно-фульватный. В верхнем минеральном горизонте АУао отмечается преобладание гуминовых кислот, величина соотношения Сгк:Сфк варьирует от 0.9 до 2.3, тип гумуса фульватно-гуматный и гуматный.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Литвинова Т. И., Кашулина Г. М.* Органическое вещество почв побережий фьордов острова Западный Шпицберген. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2015. 123 с.

*Переверзев В. Н.* Почвы побережий фьордов острова Западный Шпицберген. Апатиты. 2012. 122 с.

*Пономарева В. В., Плотникова Т. А.* Гумус и почвообразование. Л.: Наука. 1980. 221 с.

**ВКЛАД ПРОФЕССОРА В. В. НИКОНОВА В РАЗВИТИЕ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СВЯЗЯХ МЕЖДУ БИОРАЗНООБРАЗИЕМ  
И ЭКОСИСТЕМНЫМИ ФУНКЦИЯМИ ЛЕСОВ**

**THE CONTRIBUTION OF PROFESSOR V. V. NIKONOV  
TO THE UNDERSTANDING OF THE RELATIONSHIP BETWEEN  
BIODIVERSITY AND THE ECOSYSTEM FUNCTIONS OF FORESTS**

Лукина Н. В., Данилова М. А., Тебенькова Д. Н.

Lukina N. V., Danilova M. A., Tebenkova D. N.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН; e-mail: lukina@cepl.rssi.ru*

Currently, a new type of the economy is developing — the circular bioeconomy, which will be an answer to the contemporary challenges and will contribute to the achievement of the 17 sustainable development goals for transforming the world. In Russia, which controls 22 % of the global forest resources, including more than one half of the boreal forests, prerequisites exist for the development of a circular forest-based bioeconomy. The most important aspects of this development is the preservation and maintenance of biodiversity and ecosystem functions (EF) and services (ES). This report presents the contemporary understanding of the multiple functions of forest ecosystems, relationships between multifunctionality and biodiversity, an assessment of the trade-offs and synergies between forest EF and ES, and the contribution of Professor V.V. Nikonov to the development of the modern concept of EF. The existing approaches, methods, and research prospects are discussed.

Более 200 лет индустрия строилась на использовании ископаемого топлива и минерального сырья на основе подходов линейной экономики. В настоящее время развивается новая волна экономики – биоэкономика замкнутого цикла (circularbio-economy), которая позволит ответить на современные вызовы и будет способствовать достижению 17 целей устойчивого развития для преобразования нашего мира. Впервые в истории человечества возникает единая и тесно взаимосвязанная социально-экологическая система глобального масштаба. В России, на долю которой приходится 22 % всех лесных ресурсов планеты, в том числе более половины бореальных лесов, существуют предпосылки для развития лесной биоэкономики замкнутого цикла. К важнейшим аспектам развития такой экономики относится сохранение и поддержание биоразнообразия и экосистемных функций и услуг. Леса относятся к наиболее распространенным наземным экосистемам, характеризующимся мультифункциональностью, то есть к экосистемам, выполняющим множество экосистемных функций (ЭФ) и предоставляющим множество экосистемных услуг (ЭУ) одновременно. Наибольшее признание получило определение ЭУ как выгод для людей, получаемых от экосистем. Идентифицируют 4 категории ЭФ/ЭУ лесов: обеспечивающие (древесина, волокна, недревесные ресурсы и др.), регулирующие (регулирование климата, биогеохимических циклов, гидрологического режима и др.), поддерживающие (рефугиумы для биоразнообразия, почвообразование, фотосинтез и др.), социально-культурные (рекреация и др.). Механизмом и основой ЭФ и ЭУ лесов является биоразнообразие. Актуальность оценки связей между биоразнообразием и ЭФ/ЭУ связана с возрастающей численностью населения Земли и, соответственно, с возрастающей потребностью в ЭУ, что приводит к деградации



лесов и потерям биоразнообразия. Существующие исследования функционирования экосистем обычно включают детальные работы, нацеленные на оценку влияния биоразнообразия на отдельные ЭФ или ЭУ и связанные с ними факторы. Для оценки взаимосвязей между биоразнообразием и мультифункциональностью лесов и развития возможностей практического применения этих оценок в системах поддержки принятия управленческих решений необходимо решить ряд задач: (1) идентификация информативных индикаторов связей между биоразнообразием, ЭФ и ЭУ, (2) оценка компромиссов и синергии между различными ЭФ и ЭУ, которые могут быть как положительными (синергия), так и отрицательными (конфликты). (3) развитие платформы систем имитационных моделей, оценивающих различные ЭФ/ЭУ при разных сценариях динамики лесных экосистем в условиях комбинированного действия природных и антропогенных факторов. Решение этих вопросов позволит не только получить новые фундаментальные знания о процессах функционирования лесных экосистем, но и способствовать развитию лесной биоэкономики замкнутого цикла. Профессор В.В.Никонов в докторской диссертации обосновал концепцию элементарных биогеохимических процессов, которые формируют экосистемные функции лесов.

В докладе дан анализ современных представлений о мультифункциональности лесных экосистем, связях мультифункциональность – биоразнообразие, оценке компромиссов и синергии между ЭУ/ЭФ лесов, обсуждается вклад профессора В. В. Никонова в развитие современной концепции ЭФ/ЭУ. Обсуждаются существующие подходы, методы и перспективы исследований.

*Работы выполнены за счет средств Государственного контракта, Соглашение № 14.616.21.0101 от 03.12.2018 г. «Поддержка принятия решений по экосистемным услугам лесов Европы-определение ценности, синергетические эффекты и компромиссы».*

### **К ВОПРОСУ О СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА В ЛАПЛАНДСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ**

#### **ON STATIONARY RESEARCH INTO THE RESTORATION OF THE LICHEN COVER IN THE LAPLAND STATE NATURE RESERVE**

Макарова О. А.<sup>1</sup>, Исаева Л. Г.<sup>2</sup>, Зануздаева Н. В.<sup>3</sup>

Makarova O. A.<sup>1</sup>, Isaeva L. G.<sup>2</sup>, Zanuzdaeva N. V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Государственный природный заповедник «Пасвик», Никель, Мурманская область; e-mail: [turmansk37@mail.ru](mailto:turmansk37@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: [isaeva@inep.ksc.ru](mailto:isaeva@inep.ksc.ru)

<sup>3</sup>Лапландский государственный природный биосферный заповедник, Мончегорск, Мурманская область; e-mail: [natazan@yandex.ru](mailto:natazan@yandex.ru)

A review is presented of the research into the restoration of lichen cover using different methodological approaches in the forest and mountain-tundra ecosystems of the Lapland State Nature Reserve.

Лапландский государственный природный биосферный заповедник был создан в 1930 г. с целью сохранения дикого северного оленя. Поэтому большое внимание было обращено на изучение оленя и его кормовой базы.

Первые исследования оленеемкости пастбищ горной системы в Лапландском заповеднике начаты Т. П. Некрасовой [1947]. Для этой цели были созданы 23 стационарные площадки в 1936-1937 гг. по учету ежегодного прироста лишайников и получены первые результаты. Отмечено, что средний годовой прирост *Cladonia alpestris* (*Cladonia stellaris*) равен 4.7 мм, годовой прирост лесных и тундровых ассоциаций значительно отличается в пользу лесных.

Н. М. Пушкиной [1960] для выяснения возможности роста лишайников на свежем горелом субстрате была заложена серия опытов. Осенью 1936 г., через 2.5 месяца после пожара, на гари соснового лишайникового леса был сделан посев лишайников (*Cladonia mitis*, *Cl. stellaris* и *Cl. rangiferina*) двумя способами. Первый способ: на 9 площадках высевались слоевища лишайников, разрезанные во влажном состоянии на части от 0.3 до 1.0 см. На шести площадках каждый вид высевался в отдельности, на трех – вместе. Второй способ: высушенные слоевища крошились в мелкий порошок и высевались на 6 площадках. Результаты применения первого способа: к концу лета 1938 г. четверть лишайников прикрепилась к почве и дала небольшой прирост (0.1–0.2 см). При втором способе получили отрицательный результат.

Дополнительно к посевам в 1936 г. было проведено еще два опыта: 1) перенос лишайниковой дернины на гарь; 2) трехкратная летняя поливка развитого лишайникового ковра раствором щелока из прокипяченной в воде золы с гари. Первый опыт показал положительный результат, спустя 10 лет обнаружено уменьшение живого слоя лишайников и снижение годового прироста, а в 1958 г. состояние лишайниковой дернины было таким же, как в 1936 г. При поливке развитого лишайникового покрова раствором золы с гари отрицательного влияния на состояние лишайников не выявлено [Пушкина, 1960].

О. И. Семенов-Тян-Шанский [1986] с целью слежения за процессом восстановления «выбитых» оленями ягельных пастбищ заложил 3 линии стационаров: первые две — в конце августа-сентябре 1978 г., третья — в сентябре 1980 г. Первая линия стационаров расположена в сосняках лишайниковых по правому берегу реки В. Чуна, вторая — в горной тундре, юго-восточный отрог Чуна-тундры (Ельнюн III), третья — на Нявка-тундре, седловина Ваачем-уайвенч. Все стационары первой линии (10 площадок) приурочены к постоянной тропе, ведущей от ламбины на СЗ побережье оз. Чунозеро до устья р. Н. Сылп-уай. Пять площадок второй линии расположены на высоте 470-500 м абс. на Ельнюне III: первая площадка на СВ от вершины на гари 1972 г., три — на ЗСЗ на уцелевших от огня участках, пятая — на урочище Ельнюн-лаг. На Нявка-тундре, на высоте 490 м абс. были размещены 6 площадок: четыре — по квартальной визире в направлении с запада на восток, две — к северу от первой площадки.

Всего в лесных и горных ценозах заложена 21 площадка, размер каждой площадки 1x1 м [Семенов-Тян-Шанский, 1986]. При закладке площадки составлялось ее геоботаническое описание с оценкой обилия отдельных видов по шкале Друде, оценкой проективного покрытия почвы и измерением высоты ягеля, на определенной высоте делался фотоснимок площадки с фиксацией на ее центр. Для маркировки площадок использовались имеющиеся в продаже инвентарные номера, нанесенные на железную пластинку овальной формы, покрытую белой

эмалью, размером 4х6 см, с двумя отверстиями для закрепления. Пластинка с номером площадки прикреплялась к деревянному кольцу, который вбивался в землю в центре площадки. На каждую площадку составлялся альбом стационара в 2-х экземплярах, куда помещались фотоснимок и рядом со снимком описание площадки. Через 4 г., при составлении нового альбома, описания площадок делались заново.

О. И. Семеновым-Тян-Шанским обследование всех стационаров было выполнено три раза: в 1981, 1985 и 1990 гг. Результаты по первым двум исследованиям помещены в альбомы стационаров и в «Отчет об организации и работе стационаров по росту ягельников за 1978-1985 гг.» [Семенов Тян-Шанский, 1986]. К сожалению, полевые данные за сентябрь 1990 г. О. И. Семенов-Тян-Шанский не успел обработать, по стечению обстоятельств материалы последних исследований были утеряны.

Исследования на данных стационарах не проводились более 30 лет. В последнее десятилетие отмечено выбивание лишайникового покрова на Нявкатундра [Гилязов, 2016], в долине р. В. Чуна [Исаева, Берлина, 2016]. В связи с выпасом дикого северного оленя в районах расположения стационаров необходимо провести инвентаризацию площадок по восстановлению лишайникового покрова, установить координаты, сделать геоботанические описания и фотографии и возобновить их обследование не менее 1 раза в 3-4 года.

Летом 1986 г. О. А. Макарова со студентами заложили 10 площадок размером 1 м<sup>2</sup> на ЮВ отроге Сальных тундр (гора Застейд-2). Эти площадки с тех пор не посещались и также нуждаются в инвентаризации.

#### ЛИТЕРАТУРА

Гилязов А. С. Дикий северный олень (*Rangifer tarandus*) западной популяции Кольского полуострова в 1930-2016 годах: динамика численности и современное состояние // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2016. С. 63–67.

Исаева Л. Г., Берлина Н. Г. Мониторинг восстановления растительности на вырубках // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2016. С. 88–92.

Некрасова Т. П. Отчет по теме «Изучение темпов роста ягеля *Cladonia alpestris* и *Cetraria nivalis* за 1937 г.». 1947. 16 с. (Рукопись. Фонд Лапландского государственного природного биосферного заповедника).

Пушкина Н. М. Естественное возобновление растительности на лесных гарях // Труды Лапландского государственного заповедника. М. 1960. Вып. 4. С. 5–125.

Семенов Тян-Шанский О. И. Отчет об организации и работе стационаров по росту ягельников за 1978-1985 гг. 1986. 14 с. (Рукопись. Фонд Лапландского государственного природного биосферного заповедника).

## ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЖАРА НА ПОЧВУ ГОРНО-ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

### THE EFFECT OF FIRE INTENSITY ON MOUNTAIN TUNDRA SOILS

Маслов М. Н.<sup>1</sup>, Копейна Е. И.<sup>2</sup>, Маслова О. А.<sup>1</sup>

Maslov M. N.<sup>1</sup>, Kopeina E. I.<sup>2</sup>, Maslova O. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: maslov.m.n@yandex.ru

<sup>2</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина, Апатиты, Мурманская область; e-mail: kopeina-e@yandex.ru

The effect of medium and high-intensity fires on the carbon pools in the tundra soils of the Khibiny Mountain tundra was studied. We found that medium intensity fires affects only the above-ground plant biomass and necromass. The effect of medium intensity fires on the soil carbon pool is minimal. A high-intensity fire causes a major loss of total carbon in the soil, as well as an almost complete loss of water-soluble organic matter.

Наблюдаемое в последние десятилетия повышение частоты возникновения и площади пожаров в тундре, свидетельствует о возрастающей важности пирогенного фактора в функционировании тундровых экосистем. По имеющимся прогнозам, частота возникновения тундровых пожаров на протяжении XXI века будет постоянно увеличиваться. Все это делает актуальным исследование пирогенных изменений почв тундры, в частности, их органического вещества как основного экосистемного пула углерода.

В 2017-2018 гг. нами исследованы участки горной тундры Хибин (горы Кукисвумчорр и Юкспорр), пройденные пожаром средней и высокой интенсивности. В качестве контрольных мы рассматривали сухоторфяно-литоземы ерниковых экосистем, наиболее подверженных возникновению пожаров.

Природный пожар средней интенсивности приводит к практически полному уничтожению надземной фитомассы, а также частичному сгоранию слоя мортмассы и органогенного горизонта почвы. Малонарушенные участки растительных сообществ тундры сохраняются только в местах с постоянным подтоком воды. Пожар высокой интенсивности приводит не только к уничтожению надземной фитомассы и слоя мортмассы, но и практически полностью уничтожает органогенный горизонт почвы.

Прямые пирогенные потери почвенного углерода при пожаре средней интенсивности не превышают 20 %. Пожар высокой интенсивности приводит к потере до 75–80 % почвенного углерода. Не менее важные изменения происходят в структуре почвенного пула углерода. Пожар средней интенсивности не приводит к статистически значимому изменению пула лабильного углерода по сравнению с контролем. То же время, после пожара высокой интенсивности в поверхностном горизонте почвы практически не остается водорастворимого органического вещества, а количество углерода, переходящего в пирофосфатную и щелочную вытяжку снижается в 5 раз.

Органическое вещество сухоторфяного горизонта контрольных участков характеризуется максимальным содержанием потенциально-минерализуемого углерода ( $5316 \pm 140$  мг/100 г) и минимальной константой скорости

минерализации ( $k=0.009\pm 0.001$ ). Пожар средней интенсивности приводит к снижению размеров пула потенциально-минерализуемого углерода в поверхностном пирогенном горизонте ( $3895\pm 1036$  мг/100 г), но его константа скорости минерализации увеличивается ( $k=0.012\pm 0.001$ ). Пожар высокой интенсивности приводит практически к полному уничтожению пула биологически активного ОВ в пирогенном горизонте ( $18\pm 2$  мг/100 г). На размер пула потенциально-минерализуемого углерода в первую очередь оказывает влияние степень защищенности ОВ, поэтому столь высокое его содержание в сухоторфяном горизонте, представленном в основном слаборазложившимися растительными остатками, вполне объяснимо. Пирогенное воздействие приводит к обугливанию части органического вещества почва с формированием углистых частиц, слабо подверженных микробиологической атаке. В случае пожара высокой интенсивности большая часть органогенного горизонта полностью сгорает, а оставшаяся часть представляет собой углистый материал.

Воздействие пожара на биологически активный пул органического вещества иллювиально-гумусового горизонта ВН не так однозначно, как для органогенного. После пожара средней интенсивности происходит увеличение содержания активного ОВ в 2 раза по сравнению с контролем. Это связано с включением в состав ОВ почвы отмирающих корней, а также частичной миграцией продуктов термического разложения подстилки и сухоторфяного горизонта. При пожаре высокой интенсивности количество активного ОВ в горизонте ВН снижается в 10 раз по сравнению с контролем.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 18-34-00292 мол\_а).*

## **ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СЕВЕРОТАЁЖНЫХ ДРЕВОСТОЕВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ПО ДАННЫМ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### **REMOTE SENSING MONITORING OF BOREAL FORESTS USING UAV DATA**

Медведев А. А., Тельнова Н. О., Кудиков А. В.

Medvedev A. V., Telnova N. O., Kudikov A. V.

*Институт географии РАН, Москва; e-mail: medvedev@igras.ru, telnova@igras.ru*

Optical remotely sensed data collected by light-weight multirotor UAVs can be used in a quantitative analysis of forest structure variables in the northern taiga of the central part of the Kola Peninsula. UAV data collected at two different flying altitudes were used to extract variables at the single-tree and at the stand level. Tree height, crown coverage, and stem count distributions derived from the 3D dense point cloud-based canopy height model have a very high accuracy in sparse spruce forests, but a lower one in dense mixed forests.

Методы количественной оценки различных структурных и функциональных параметров лесных экосистем, в частности бореальных лесов, по высокодетальным данным дистанционного зондирования активно развиваются с середины 2000-х гг. Для дистанционного мониторинга лесных экосистем, находящихся на северном пределе распространения, помимо данных воздушного

лазерного сканирования, эффективно использование данных оптической съемки, получаемых беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) со сверхмалых высот съемки. Особенность этих данных заключается в том, что строящиеся на их основе фотограмметрические плотные облака точек и производные трёхмерные модели позволяют реконструировать не только горизонтальную, но и вертикальную структуру лесных сообществ на разных масштабных уровнях, выделять и анализировать структурные параметры по различным ярусам лесной растительности. Ранее подобные исследования были возможны только в ходе наземных полевых измерений в пределах отдельных пробных площадей.

Данные оптической съемки с БПЛА были получены для 15 тестовых участков, отражающих различные типы и ландшафтные местоположения северотаёжных лесов центральной части Кольского полуострова. Особое внимание было уделено обоснованию методики проведения съемки с БПЛА, в частности, выбору определенного высотного эшелона съемки, определяющего распознаваемость объектов исследования и возможность надежного определения их признаков [Медведев, Алексеенко, 2017], а также степени продольного и поперечного перекрытия одиночных снимков. Для изучения параметров лесных экосистем на уровне отдельных деревьев и на уровне лесных насаждений нами были выбраны два разновысотных эшелона съемки со сверхмалых высот: с высоты 50 м были получены сверхвысокодетальные данные небольшого охвата для пробных площадей, обеспеченных детальными наземными исследованиями с подеревным учетом; с высоты 100 м производилась съемка для получения производных характеристик лесных сообществ на площади до 1 км<sup>2</sup>. При увеличении перекрытия до 80 % и более материалы съемки в виде плотного облака точек имеют очень высокую плотность и низкий уровень шума.

Для трехмерного анализа и моделирования структурных параметров северотаёжных лесов на различных уровнях на основе плотных облаков точек для каждого участка были построены цифровые модели высот древесного полога — матрицы разности высот между цифровой моделью местности и цифровой моделью рельефа [Lisein et al, 2013]. При высоте съемки 50 м полученные материалы дистанционного зондирования позволили извлечь морфологические параметры отдельных деревьев и кустарников (положение стволов, высоту, диаметр, проекцию и форму крон) на локальном уровне в пределах пробных площадей 20 на 20 м и верифицировать их имеющимися полевыми данными по древесному учету. По данным съемки с высоты 100 м были получены основные структурные характеристики лесных насаждений: проективное покрытие древесной растительностью, средняя и максимальная высоты древесного полога, плотность деревьев. Точность разработанных и апробированных алгоритмов определения структурных параметров древесной растительности существенно зависит от сомкнутости древесного полога, породного состава и возрастной структуры лесов: от 80–90 % для редкостойных ельников до 60 % в сомкнутых хвойных лесах со значительным участием березы и плотных сосновых посадках.

Несмотря на указанные ограничения, высокодетальное дистанционное зондирование с БПЛА может рассматриваться в качестве важного промежуточного уровня дистанционного мониторинга редкостойных северотаёжных лесов на крупномасштабном уровне, обеспечивая корректный переход от наземных исследований на пробных площадях к тематическим

продуктам о структуре и состоянии лесов, получаемым по данным дистанционного зондирования более низкого разрешения.

*Исследование выполнено в рамках совместной программы Британского Совета (Institutional Links, грант № 352397111) и Министерства высшего образования и науки РФ (RFMEFI61618X0099), темы ГЗ «Геоинформационно-картографический анализ и дистанционный мониторинг взаимодействия природы и общества».*

#### ЛИТЕРАТУРА

Медведев А. А., Алексеенко Н. А. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов для тематического крупномасштабного картографирования // Вопросы географии. 2017. Т. 144. С. 408–426.

Lisein J., Pierrot-Deseilligny M., Bonnet S., Lejeune P. Photogrammetric Workflow for the Creation of a Forest Canopy Height Model from Small Unmanned Aerial System Imagery // Forests. 2013. V. 4. № 4. P. 922–944.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЙ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ГРАДИЕНТЕ ТЕХНОГЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

#### **A STUDY OF A FOREST ECOSYSTEM'S PROTECTIVE RESPONSE ACROSS A GRADIENT OF ANTHROPOGENIC CHEMICAL PRESSURES**

Михайлова Т. А., Калугина О. В., Шергина О. В.

Mikhailova T. A., Kalugina O. V., Shergina O. V.

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск; e-mail: mikh@sifibr.irk.ru*

Toxicological, physiological, biochemical, biogeochemical indicators reflecting the manifestation of the protective properties of a forest ecosystem's main components (tree stands and soils) across an increasing gradient of anthropogenic pressures were studied. The studies were carried out in pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in an area adjacent to a major source of industrial pollution (Bratsk Industrial Site), where a grid of 37 sample plots was established. It was shown that atmospheric pollutants in conifer needle cells cause oxidative stress; simultaneously, a number of protective mechanisms were revealed, aimed at suppressing free-radical reactions. The activity level of the protective functions of enzymatic and non-enzymatic antioxidant components depended on the accumulation level of the pollutants in the needles. An examination of the soils showed that the soil's protective properties are aimed at the chemisorption and immobilization of pollutants through the formation of compounds with a low migration rate.

Исследованы токсикологические, физиолого-биохимические, биогеохимические показатели, отражающие проявление защитных свойств основных компонентов лесной экосистемы (древостоя и почвы) в градиенте возрастающего техногенного загрязнения. Исследования проводились в сосновых (*Pinus sylvestris* L.) лесах на территории, прилегающей к мощному источнику техногенных эмиссий – Братскому промышленному комплексу. На этой территории была создана сеть из 37 пробных площадей (ПП). Пространственное зонирование по уровню техногенной нагрузки осуществлялось по данным

о содержании поллютантов в хвое сосны и в гумусовых горизонтах почв на всех ПП, при этом рассчитывались коэффициенты концентрации (Кс) элементов-поллютантов и суммарный показатель загрязнения (Zс). Методом кластерного анализа выделены слабый, средний, сильный и критический уровни загрязнения территории, фоновые ПП образовали отдельный кластер.

Показано, что атмосферные поллютанты в клетках хвои инициируют развитие окислительного стресса, на что указывает значимое возрастание уровня пероксида водорода – продукта свободнорадикальных реакций – при увеличении техногенной нагрузки. Параллельно в хвое загрязняемых деревьев выявляется ряд защитных механизмов, направленных на подавление свободнорадикальных реакций. При слабой техногенной нагрузке активизируется действие низкомолекулярных антиоксидантов: на 42 % возрастает уровень пролина, на 28 % — глутатиона, на 27 % — флавоноидов, на 22 % — аскорбиновой кислоты, в то же время активность гваяколпероксидазы увеличивается только на 5 %. При среднем уровне техногенной нагрузки содержание низкомолекулярных компонентов несколько увеличивается и в то же время резко (на 40 %) возрастает активность ферментативной защиты, в первую очередь пероксидазы. При сильном уровне техногенной нагрузки концентрация обеих групп антиоксидантов в хвое достигает максимума (за исключением пролина). При этом уровень аскорбиновой кислоты превышает фоновое содержание на 50 %, флавоноидов — на 56 %, концентрация глутатиона увеличивается в 2.4 раза, активность пероксидазы возрастает в 1.8 раза. При критическом уровне нагрузки (Zс 125.8) происходит резкое снижение активности пероксидазы и достоверное истощение пула низкомолекулярных антиоксидантов.

При исследовании почвы показано, что ее защитные свойства направлены на хемосорбцию элементов-поллютантов и их иммобилизацию путем образования соединений с низкой скоростью миграции. Потенциал устойчивости почв (Р) в загрязняемых лесных экосистемах оценивался по изменению катионообменных, кислотно-основных, гумификационных, токсикологических показателей и рассчитывался как степень их снижения относительно фонового уровня. Установлено, что при слабом загрязнении (Zс 29) развитие дернового процесса способно стабилизировать содержание гумуса и азота (до 8.2 % и 0.6 %, соответственно), а также соотношение C/N (на уровне 7–8 ед.), следовательно, повышать долю устойчивых гуминовых кислот, способных удерживать питательные элементы в почвенном растворе. При среднем уровне загрязнения почвы (Zс 56) ее протекторная функция усиливается за счет возрастания сорбционной активности катионов органического вещества по отношению к ионам элементов-поллютантов, что приводит к иммобилизации последних. При сильном уровне загрязнения (Zс 107) потенциал устойчивости почвы резко снижается (на 50 % от фонового уровня) вследствие деструкции гумусового вещества, уменьшения содержания органических кислот, усиления щелочности почвы ( $pH_{\text{водн.}} \geq 7.9$ ), возрастания уровня труднорастворимых соединений. При критическом уровне загрязнения (Zс 188) превалируют патологические процессы, регистрируется особенно высокое накопление токсичных ионов в почвенном растворе, в то время как большая часть ионов-биогенов находится в связанном состоянии, обнаруживается высокое содержание карбонатов, соответственно, возрастание щелочности до 8.6 и более, сильное истощение гумусового вещества, и на этом фоне защитные свойства почвы проявляются крайне слабо.



## БИОМАССА МИКРООРГАНИЗМОВ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ И НАТИВНЫХ ПОЧВ ПОЛУОСТРОВА РЫБАЧИЙ

### MICROBIAL BIOMASS IN THE ANTHROPOGENICALLY MODIFIED AND INTACT SOILS OF THE RYBACHY PENINSULA

Никитин Д. А.<sup>1</sup>, Корнейкова М. В.<sup>2</sup>, Катаев А. Д.<sup>3</sup>, Токарева О. А.<sup>4</sup>,  
Чуркина А. И.<sup>4</sup>, Бочков Д. А.<sup>4</sup>, Кутовая О. В.<sup>1</sup>, Долгих А. В.<sup>5</sup>  
Nikitin D. A.<sup>1</sup>, Korneykova M. V.<sup>2</sup>, Katayev A. D.<sup>3</sup>, Tokareva O. A.<sup>4</sup>, Churkina A. I.<sup>4</sup>,  
Bochkov D. A.<sup>4</sup>, Kutovaya O. V.<sup>1</sup>, Dolgikh A. V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва; e-mail: dimnik90@mail.ru

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: korneykova.maria@mail.ru

<sup>3</sup>Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва; e-mail: talion08@bk.ru

<sup>4</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: convallaria1128@yandex.ru

<sup>5</sup>Институт географии РАН, Москва; e-mail: an.dolgikh@gmail.com

Biomass and biomass structure of microorganisms (prokaryotes and fungi) was studied in anthropogenically modified and intact soils of the Rybachy Peninsula (in the north of Murmansk Region). Microorganisms unique to dry-peat soils were studied for the first time. The lowest fungal biomass (0.102 mg/g of soil) was found in a sample from a cryogenic hill without vegetation, and the highest (0.668 mg/g of soil) – in the dry-peat horizon. Fungal mycelium length was the shortest – 14 and 29 m/g of soil – in cryogenic soil samples, and the greatest – 413 m/g of soil – in a dry-peat sample. The number of fungi spores and yeast was low – about  $2\text{--}4 \times 10^5$  cells/g of soil. The majority of the spores and yeasts were no larger than 3 microns in diameter. The lowest prokaryote biomass ( $4.59 \times 10^{-4}$  mg/g of soil) was found in an anthropogenically modified soil sample, and the highest ( $2.98 \times 10^{-3}$  mg/g of soil) – in the dry-peat horizon. Actinomyces mycelium length in the samples varied between 1 and 102 m/g of soil. The number of prokaryote cells was  $2\text{--}9 \times 10^7$  cells/g of soil, i.e. two orders of magnitude larger than the number of fungal spores. Thus, the quantitative indices of soil microorganisms on the Rybachy Peninsula vary significantly.

Функционирование полярных биогеоценозов, несмотря на относительно малое число компонентов, остается практически не известным, почвы и почвенная микробиота Арктических регионов изучены недостаточно [Кирцидели и др., 2009; Hassan et al., 2016]. Полуостров Рыбачий является крайним участком суши северо-западной части России, поэтому относительно труднодоступен для исследований. В тоже время, специфический климат, растительность и горные породы создают здесь условия для формирования уникальных сухо-торфяных почв, встречающихся в мире лишь на Камчатке [Горячкин, 2006]. Следует ожидать, что элементарные почвообразующие процессы и, в частности, формирование и аккумуляция органического вещества на полуострове Рыбачий также имеют свои особенности. Ясно, что почвенные микроорганизмы имеют непосредственное отношение к столь специфическому преобразованию растительных остатков до торфа в этих почвах без участия грунтовых вод. Однако, роль прокариот и грибов в формировании сухо-торфяных почв до сих пор не исследованы. Нами впервые оценены количественные показатели

микроорганизмов (прокариот и грибов) почв (в том числе для уникальных сухоторфяных) полуострова Рыбачий. Биомасса микроорганизмов невелика — десятые доли мг/г почвы. Доминанты в микробной биомассе изученных почв — грибы, масса которых на 2 порядка выше бактериальной. Минимальная масса грибов (0.102 мг/г почвы) отмечена в образце из свежего криогенного пучения без растительности «RY-10-пятно», а максимальная (0.668 мг/г почвы) — в сухоторфяном горизонте «RY-9-TJ». Доля активно метаболизирующей микобиоты (грибного мицелия) в общей биомассе грибов сильно зависит от типа биотопа. Она минимальна — 14–15 % в почвах криогенных пятен (образец «RY-8-О пятно» и «RY-10-Оа пятно»), а максимальна — 68–78 % в сухоторфяных почвах (образец «RY-1-TJ» и «RY-9-TJ»). Длина грибного мицелия в изученных почвах полуострова Рыбачий также сильно варьирует. Её наименьшие значения составляют 14 и 29 м/г почвы в почвах криогенных пятен (образец «RY-8-О пятно» и «RY-10-Оа пятно»), а наибольшее — 413 м/г почвы в сухоторфяном образце «RY-9-TJ». Численность покоящиеся грибных структур (спор), а также дрожжей невелика — порядка  $2-4 \times 10^5$  клеток/г почвы. Размеры большинства спор и дрожжей составляли не более 3 мкм в диаметре. Крупные споры на 5 мкм выявлены в малом количестве —  $2-11 \times 10^4$  клеток/г почвы лишь в 4-х из изученных образцах (сухоторфяных), богатых органическим веществом. Минимальная биомасса прокариот ( $4.59 \times 10^{-4}$  мг/г почвы) отмечена в образце антропогенно-преобразованной почвы «RY-12-Hur», а максимальная ( $2.98 \times 10^{-3}$  мг/г почвы) — в сухоторфяном горизонте «RY-1-TJ». Наименьшая доля актиномицетного мицелия в прокариотной биомассе (1.6%) отмечена в сухоторфяном образце «RY-9-TJ»; также невелик процент (4–7 %) актиномицетов в образцах криогенного пучения без растительности «RY-8-О пятно», антропогенно-нарушенной почвы «RY-12-Hur» и «RY-13-H». Максимальна доля актиномицетного мицелия в образцах «RY-10-пятно» и «RY-10-Оа пятно». Соответственно варьировала и длина актиномицетного мицелия в образцах — от 1 до 102 м/г почвы. Вероятно, развитие актиномицетов слабо связано с типом почвы на полуострове Рыбачий. Численность клеток прокариот составляла порядка  $2-9 \times 10^7$  клеток/г почвы, то есть была больше численности грибных спор на 2 порядка. Таким образом, показано значительное варьирование количественных показателей микроорганизмов почв полуострова Рыбачий.

*Работа проведена при поддержке гранта РФФИ «Арктика» № 18-05-60279.*

## ЛИТЕРАТУРА

*Горячкин С. В.* Структура, генезис и экология почвенного покрова бореально-арктических областей ЕТР: Автореф. дис. д-ра геогр. наук. М.: ИГРАН. 2006.

*Кирицдели И. Ю., Новожилев Ю. К., Богомолова Е. В.* Физиологические особенности жизнедеятельности микроскопических грибов в почвах Арктики // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2009. 114 (2): С. 223–225.

*Hassan N., Rafiq M., Hayat M., Shah A.A. Hasan F.* Psychrophilic and psychrotrophic fungi: a comprehensive review // Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 2016. Vol. 15. № 2. P. 147–172.

## БИОМОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО РАДИЕВОГО ПРОМЫСЛА

### BIOMONITORING OF A FORMER RADIUM MINING SITE

Раскоша О. В., Башлыкова Л. А., Ермакова О. В., Кудяшева А. Г., Рачкова Н. Г.,  
Шапошникова Л. М., Старобор Н. Н.

Raskosha O. V., Bashlykova L. A., Ermakova O. V., Kudyasheva A. G., Rachkova  
N.G., Shaposhnikova L. M., Starobor N. N.

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар,  
Республика Коми; e-mail: raskosha@ib.komisc.ru*

We monitored tundra vole (*Alexandromys oeconomus* Pall.) populations (1959-2018) exposed to a high natural radiation background originally caused by radium mining operations (radium mining site in Komi Republic, Russia). On the soil surface, the dose equivalent was 20  $\mu\text{Sv/h}$ .  $^{226}\text{Ra}$  specific activity in the soil ash (0-25-cm layer), in the surface and soil water, as well as the accumulation level of  $^{226}\text{Ra}$  in the plants (consumed by voles) greatly exceed the respective background values. The data collected by ecological, morphological, biochemical, and cytogenetic methods evidence the maintenance of homeostasis and adaptation in the populations of tundra voles exposed to a high radiation level in their habitats. Although the vole populations at the radium mining site are stable, adaptation to the radiation levels is achieved through a degraded life quality at the individual level.

Многочисленные результаты, свидетельствующие о негативном влиянии производственной деятельности человека на экосистемы, способствовали признанию необходимости анализа риска радиационных воздействий для биологических сообществ в естественной среде их обитания. В отделе радиоэкологии Института биологии с 1959 г. по настоящее время объектом исследования является популяция полевков-экономок (*Alexandromys oeconomus* Pall.), которая используется для мониторинга северо-таежных экосистем, развивающихся в условиях повышенного естественного радиационного фона, возникшего вследствие деятельности радиохимических заводов по добыче радия (Республика Коми). На поверхности почвы исследуемой территории (радиевый стационар) мощность эквивалентной дозы достигала 20  $\text{мк}^3\text{в/ч}$ . Абиотические компоненты в среде обитания животных характеризовались повышенным, но неоднородным содержанием  $^{226}\text{Ra}$ . Его удельная активность в золе почвы (слой 0-25 см) достигала 80 Бк/г, что превосходило фоновые величины на три порядка. Радий был представлен преимущественно в потенциально подвижных формах нахождения, однако его биологическая доступность была существенна. Поверхностные и почвенно-грунтовые воды содержали от 0.02 до 1.5 Бк/л  $^{226}\text{Ra}$  (2009–2011 гг.), что превышало фоновые значения. Аккумуляция растениями  $^{226}\text{Ra}$  с момента проведения дезактивации территории стационара песчано-гравийной смесью (1962 г.) возросла и в 2000-х годах в золе надземной части растений из рациона питания полевков составила 0.02–6.2 Бк/г. В этот же период происходило накопление радионуклида в дезактивирующем насыпном слое. Многолетний учёт численности полевков-экономок, обитающих на радиевом стационаре, показал, что сразу после прекращения добычи и производства солей радия численность животных, была ниже, чем в чистом районе, со временем она восстановилась и стала превышать таковую на контрольной территории; сначала

только на фазе пика (с 1967 г. по 1975 г.) [Маслов, 1971], а с 80-х годов уже на всех фазах популяционного цикла, что отмечается до настоящего времени. Увеличение численности популяции животных, обитающих на радиевом стационаре можно связать с повышением доли самок и их плодовитости, направленных на компенсацию эмбриональной и постнатальной смертности. Несмотря на сохранение численности полевых, приспособление к радиационному фактору может происходить за счет снижения качества жизни отдельной особи. В тканях облученных животных в период с 1980 по 1993 гг. показано исчезновение корреляции между отдельными показателями состава фосфолипидов, активностями ферментов цикла Кребса и гликолиза, а так же изменение характера взаимосвязей между обобщенными показателями липидного обмена. Изучение морфологического состояния органов эндокринной системы животных, обитающих на радиевом стационаре, обнаружено понижение функциональной активности щитовидной железы в 80-е года, которое сохранялось до 2000-х годов и зачастую сопровождалось увеличением индекса надпочечника (до 2018 г.). С помощью цитогенетического анализа клеток костного мозга полевых-экономок с радиевого стационара обнаружено увеличение частоты хромосомных aberrаций в 7-12 раз [Салаяев, 1974], через 11 лет (1983 г.) несмотря на то, что мощность  $\gamma$ -фона осталась на прежнем уровне, частота встречаемости структурных aberrаций хромосом в клетках костного мозга облученных животных превышала контроль только в три раза, что свидетельствует о повышении устойчивости полевых к хроническому воздействию ионизирующего излучения. Результаты микроядерного теста (2005–2008 гг.), проведенного на клетках костного мозга полевых, подтверждают эффективность хронического облучения в малых дозах. Таким образом, совокупность данных, полученных на разных уровнях организации, свидетельствует о поддержании гомеостаза и адаптации популяций мышевидных грызунов к повышенному уровню радиации в среде их обитания.

*Работа выполнена в рамках ГЗ Института биологии Коми НЦ УрО РАН, № ГР АААА-А18-118011190102-7.*

## ЛИТЕРАТУРА

*Маслов В. И.* Миграция урана, радия и тория в системе почва-растения и роль мышевидных грызунов в этих процессах: дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар. 1971. 257 с.

*Салаяев Х. А.* Частота хромосомных aberrаций в клетках костного мозга полевых-экономок, обитающих на участках с нормальным и повышенным фоном естественной радиации // Вопросы радиоэкологии наземных биогеоценозов. Сыктывкар: Коми фил. АН СССР. 1974. С. 101–103.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРАНА И РАДИЯ-226  
В КОМПОНЕНТАХ ЭКОСИСТЕМ ДЕЗАКТИВИРОВАННЫХ  
ТЕРРИТОРИЙ В РАЙОНЕ БЫВШЕГО РАДИЕВОГО ПРОМЫСЛА**

**URANIUM AND RADIUM-226 DISTRIBUTION IN THE ECOSYSTEM  
COMPONENTS IN DECONTAMINATED AREAS OF A FORMER  
RADIUM MINING SITE**

Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М., Раскоша О. В.

Rachkova N. G., Shaposhnikova L. M., Raskosha O. V.

*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Республика Коми; e-mail: rachkova@ib.komisc.ru*

The distribution patterns of uranium and radium-226 were examined in the soil profile, surface water, in the water – hydrophytes, decontaminated layer – buried soil systems, and in other migration units of anthropogenically modified taiga ecosystems on a former radium mining site in Komi Republic, Russia. Data on the long-term dynamics of radionuclide levels in the environment was summarized. Decontamination effectiveness in the study areas was analyzed. The research findings can form the basis for optimizing remediation methods for natural systems disturbed as a result of contamination by heavy radionuclides.

Исследованы закономерности распределения урана и радия-226 в почвенном профиле, поверхностных водах, в системах «вода – гидрофиты», «дезактивирующий слой – погребённый грунт» и в других миграционных звеньях техногенно нарушенных таежных экосистем в районе расположения бывшего радиевого промысла в Республике Коми. Обобщены данные долговременной динамики содержания радионуклидов в объектах окружающей среды. Проанализирована эффективность проведения дезактивации в отношении исследуемых территорий. Результаты исследований могут стать основой для оптимизации технологий реабилитации природных комплексов, нарушенных вследствие загрязнения тяжелыми естественными радионуклидами.

Получены результаты, свидетельствующие о перераспределении запасов радионуклидов между верхней и нижней террасами пойменной территории, дезактивированной насыпным методом в 1962 г. В случае однометровой толщи грунта верхней террасы комплекса показано двукратное снижение количества радионуклидов по сравнению с данными, приуроченными к периоду двадцатилетней давности. Выявленное уменьшение запасов радионуклидов сопряжено с возрастанием уровня радиоактивности грунтов нижней террасы, имеющих избыточное увлажнение, и поступлением поллютантов в гидрографическую сеть. Ореол их рассеяния речными водами с содержанием радия, повышенным в 3 раза относительно фоновых значений, составил около 5 км. Повышению растворимости соединений радиоактивных элементов, сосредоточенных в твёрдых РАО, способствовала высокая минерализация поверхностных и почвенно-грунтовых вод зоны техногенной деятельности. Содержащийся в них водорастворенный радий, включающий его ионные и коллоидные физико-химические формы, при поступлении в гидрографическую сеть сорбировался речными взвешенными веществами, а уран сохранял растворимую форму нахождения в акватории. В долговременной динамике с 1963 г. содержание радия в поверхностных водах территории техногенной деятельности увеличилось, урана – снизилось в 10 раз.

Повторная реабилитация той же территории в 2014–2015 гг. с применением бентонита в качестве геохимического барьера миграции радионуклидов оценивается как эффективная. Общий объём изолированного от окружающей среды радиоактивного грунта составляет 168 тыс. м<sup>3</sup>. Использованный для дезактивации материал представлен глинистыми минералами смектитовой группы с частицами меньше 1 мкм, сохраняющими сорбционные и фильтрационные свойства в геологических масштабах времени, но, как принято считать, не проявляющими высокой селективности и избирательности к поглощению естественных радионуклидов. По результатам трехлетнего поквартального мониторинга, в годовом цикле наибольшей интенсивностью поступления радия из объекта консервации в речные воды характеризуется март. В воде реки из ближайшего к объекту консервации пункта наблюдения средняя объемная активность радия-226 в 2016 г. составила (0.028±0.002), в 2017 г. — (0.060±0.019), в 2018 г. — (0.033±0.009) Бк/л, что в каждом из случаев было ниже показателя, соответствующего периоду консервации. В грунтовых водах прибрежной полосы после обустройства сооружения содержалось радия (0.068±0.010) Бк/л, в предшествовавший этому отрезок времени достигало 0.7 Бк/л. Характер распределения радионуклида между дисперсными фазами водного потока сохранялся. Снижение удельной электропроводности грунтовых вод достоверно не было установлено. Биотестирование с использованием рачков *Daphnia Magna Straus* показало отсутствие токсичности дренажных вод объекта консервации.

*Работа выполнена в рамках ГЗ ИБ Коми НЦ УрО РАН № ГР АААА-А18-118011190102-7.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Шапошникова Л. М., Рачкова Н. Г.* Анализ эффективности реабилитации территории хранилища отходов радиевого производства в Республике Коми. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2018. № 2. С. 74–85.

*Рачкова Н. Г., Шуктомова И. И., Карманов А. П.* Фазовое распределение радия-226 в поверхностных водах района расположения бывшего радиий добывающего предприятия. // Бултеровские сообщения. 2016. Т. 45. № 3. С. 60–67.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ДОЛИННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЛОВОЗЕРСКИХ ТУНДР

#### THE IMPACT OF DEBRIS FLOWS ON THE VALLEY ECOSYSTEMS IN THE LOVOZERO MOUNTAIN RANGE

Рудинская А. И., Беляев Ю. Р., Гуринов А. Л., Гаранкина Е. В., Беляев В. Р.

Rudinskaya A. I., Belyaev Yu. R., Gurinov A. L., Garankina E. V., Belyaev V. R.

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: rudinskaya94@gmail.com*

The mountain landscapes of the Lovozero Mountain Range are frequently affected by debris flows of a moderate magnitude with an average recurrence interval of 30 years or less. Field studies and remotely sensed data interpretation revealed more than 30 debris flow basins within the mountain range. Debris flows result in local, but drastic changes in both surface topography and plant communities, which are commonly underestimated in the Arctic. Areas crossed by debris flows are characterized by repeated almost complete removal of vegetation from the valley floor. In deposition zones, partial burial of the vegetation cover with the debris flow material

occasionally coincides with the removal of trees and shrubs unfolding a potential for numerical dating of the events. Low tundra and forest succession rates in combination with the relatively high frequency of debris flows result in incomplete regeneration of the original plant communities in most of the valley floors.

Селевые потоки — широко распространенный в горах природный процесс, чьи проявления и воздействие на ландшафты Арктики и Субарктики зачастую недооценены. Согласно принятому определению, селевые потоки — это стремительные русловые потоки, внезапно возникающие в руслах небольших горных рек и имеющие волновой характер движения [Перов, 2012]. Все этапы селевого процесса — зарождение потока, транзит вещества и разгрузка потока — осуществляются в пределах селевого бассейна. Для северных широт в большей степени характерны водоснежные потоки — специфическая разновидность селевых потоков, по генетическому типу относящаяся к снеговым селям. Их селевая масса представлена смесью комков и зерен снега с водой, а свежие отложения представляют собой спрессованный мокрый снег комковатой текстуры или минерально-фирновую массу с включением щебня и крупных обломков; обломочный материал составляет 5–10 % объема [Божинский и др., 2001]. Интенсивность селевых процессов в Ловозерских тундрах — одном из низкогорных массивов Кольского полуострова — оценивается как средняя [Perov et al., 2017], сходы значимых селевых потоков с дальностью выброса материала до первых километров здесь происходят примерно раз в 30 лет, хотя их частота может значительно различаться в пределах соседних бассейнов. Меньшие по размерам водоснежные потоки формируются существенно чаще.

В результате визуального дешифрирования космических снимков субметрового разрешения, полученных из открытых источников, а также полевого обследования территории, в пределах Ловозерских тундр достоверно установлено более 30 селевых бассейнов [Rudinskaya et al., 2018]. Для участков развития селевых процессов характерны специфические, существенно измененные по сравнению с фоновыми растительные сообщества.

Влияние селевых процессов на растительный покров различно в разных морфодинамических зонах селевых бассейнов. В пределах зон зарождения воздействие водоснежных потоков на растительность минимально, поскольку зачастую ограничивается нарушением лишь верхней части снежного покрова. В зонах транзита, морфологически выраженных как врезы в скальных породах или рыхлых отложениях, растительный покров при прохождении селей в значительной степени уничтожается. В расположенных в приустьевых частях горных долин или на прилегающей равнине зонах разгрузки селей происходят вывалы древесной растительности. Образуются поля щебнисто-глыбового (селевого) и алеврито-песчаного (пост-селевых паводков) материала, перекрывающие остатки существовавшего до селя растительного покрова. В некоторых случаях такие зоны аккумуляции могут достигать десятков и даже первых сотен метров в ширину, а мощность отложений — более метра. Периодические погребение и консервация почвенно-растительных покровов селевыми выбросами позволяет использовать их в целях определения возраста более древних подобных катастрофических событий радиоуглеродным методом.

С течением времени свежие селевые отложения вне зон активных русловых процессов начинают осваиваться растительностью — сначала мохово-лишайниковой и травянистой, затем карликовым ивняком, а затем березовым криволесьем. Процесс этот относительно медленный и зависит от положения участка в пределах той или иной зоны высотной поясности. Изменения

ландшафтной структуры, вызванные селевыми событиями в пределах Ловозерского массива, могут сохраняться в течение десятилетий. В результате в наиболее активных селевых бассейнах, где частота схода селей превышает скорость восстановления растительности, формируются участки «стабильно нарушенных» экосистем. Такие участки особенно характерны для некоторых долин западного макросклона Ловозерских тундр (Сенгисйок), а также долин, открывающихся в котловину оз. Сейдъявр (Тулбнюнай, Поленсуай и др.). Смены сукцессионного ряда на нарушенных участках позволяют определять относительный возраст форм селевого рельефа и частоту схода селей [Беляев и др., 2018].

*Работы выполнялись по теме госзадания АААА-А16-11632810089-5 при финансовой поддержке РФФИ по проекту №17-05-00630-а.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Божинский А. Н., Евтеев А. О., Перов В. Ф. и др.* Водоснежные потоки Хибин. М.: Географический факультет МГУ. 2001. 167 с.

*Беляев В. Р., Иванов М. М., Романенко Ф. А., Гаранкина Е. В., Сурков В. В., Гуринов А. Л., Кузьменкова Н. В., Беляев Ю. Р.* Водоснежные потоки в малых горных долинах Хибин // Маккавеевские чтения – 2017. Сборник материалов / под ред. Р. С. Чалов. Географический факультет МГУ. Москва. 2018. С. 4–17.

*Перов В. Ф.* Селеведение. М.: Изд-во МГУ. 2012. 274 с.

*Perov, V., Chernomorets, S., Budarina, O., Savernyuk, E., Leontyeva T.* Debris flow hazards for mountain regions of Russia: regional features and key events // Natural Hazards. 2017. Vol. 88. №. 1. P. 199–235.

*Рудинская А. И., Беляев Ю. Р., Гуринов А. Л., Гаранкина Е. В.* Селевые процессы в Ловозерских Тундрах // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. / под ред. Г. Гавардашвили, С. С. Черноморца. С. 529–537.

### **ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ *LARIX SIBIRICA* LEDEB. НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КОЛЬСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

### **AN ASSESSMENT OF THE REPRODUCTIVE ABILITY OF *LARIX SIBIRICA* LEDEB. IN URBAN AREAS OF THE KOLA POLAR REGION AFFECTED BY RAILROAD INFRASTRUCTURE**

Салтан Н. В.<sup>1,2</sup>, Святковская Е. А.<sup>1</sup>, Шлапак Е. П.<sup>1</sup>

Saltan N. V.<sup>1,2</sup>, Svyatkovskaya E. A.<sup>1</sup>, Shlapak E. P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Полярно-альпийский сад-институт им Н. А. Аврорина, Кировск, Мурманская область; e-mail: saltan.natalya@mail.ru

<sup>2</sup>Апатитский филиал Мурманского государственного технического университета, Апатиты, Мурманская область

The possibility of seed reproduction of *Larix sibirica* Ledeb. was studied in the areas affected by railroad infrastructure in Apatity, Murmansk, Polyarnye Zori, Olenegorsk. It was found that the highest percentage of samples without signs of damage (11 %) and weakened samples (31 %) was found in Polyarnye Zori, a slightly lower one in Apatity (10 % and 19 %, respectively). Classes “moderately weakened” and “highly weakened” dominated in Olenegorsk and Murmansk. Indicators of laboratory seed germination varied in Polyarnye Zori from 7 to



31 %, in Apatity from 4 to 25 %, in Murmansk from 4 to 10 %, in Olenegorsk 0 %. *Larix sibirica* was found to reproduce naturally in Apatity and Polyarnye Zori. The conclusion is that no negative effects of the railroad infrastructure on the generative reproduction of *Larix sibirica* were found in the studied areas.

Для большинства древесных пород, особенно хвойных, наибольшее значение имеет семенное размножение. Успешность его зависит от количества и качества семян, образующихся и вызревающих в шишках, от условий прорастания семян и дальнейшего развития появившихся молодых растений. Вследствие чего, изучение семеношения растений является важнейшей задачей исследования зеленых насаждений. *Larix sibirica* Ledeb. – один из самых распространенных, устойчивых и перспективных хвойных интродуцентов в городах Кольского Севера. Генеративное размножение данного вида имеет решающее значение для дальнейшего его существования и создания устойчивых ландшафтов на урбанизированных территориях.

Влияние железнодорожной отрасли на окружающую среду может быть обусловлено строительством и эксплуатацией железных дорог. Самыми распространенными загрязнителями здесь являются органические вещества и продукты их сгорания, а также тяжелые металлы [Павлова, 2000]. Распределение загрязнения зависит от множества факторов: особенности источников загрязнения, метеорологические особенности региона, рельеф и др.

Целью нашего исследования стало изучение возможности семенного размножения *Larix sibirica* в зоне влияния железнодорожного транспорта на урбанизированных территориях с различной антропогенной нагрузкой. Исследования были проведены в 2018 г. на площадках наблюдений, заложенных на участках, прилегающих к вокзалам, в непосредственной близости от железнодорожных путей в Апатитах, Мурманске, Полярных Зорях и Оленегорске. На каждой площадке оценено состояние лиственницы по методике В. С. Николаевского и Х. Г. Якубова [2008]. Отбор шишек осуществлялся с модельных экземпляров, относящихся к категории средневозрастных. В лабораторных условиях методом проращивания была оценена всхожесть семян.

Обследование состояния растений показало, что самый высокий процент экземпляров без признаков повреждения (11 %) и слабоослабленных (31 %) обнаружен в г. Полярные Зори, несколько ниже — в г. Апатиты (10 % и 19 %, соответственно). Категории состояния «средне-» и «сильноослабленные» доминируют в Оленегорске и Мурманске. Средняя длина шишек *Larix sibirica* изменялась от 2/21 (Мурманск) до 3.24 см (Апатиты), средняя масса шишек от 1.28 г (Мурманск) до 2.47 г (Полярные Зори). Наибольший выход семян наблюдается из более крупных шишек. Интервал прорастания семян колеблется от 4 до 20 дней. Показатели лабораторной всхожести семян изменялись в Полярных Зорях от 7 до 31 %, в Апатитах от 4-25 %, в Мурманске — от 4 до 10%, в Оленегорске — 0 %. При обследовании территории ж/д вокзалов городов Апатиты и Полярные Зори обнаружено естественное возобновление *Larix sibirica*, причем на самом железнодорожном полотне.

Таким образом, отрицательного влияния подвижного состава железных дорог на генеративное размножение *Larix sibirica* в исследуемых городах не выявлено. В Оленегорске слабое плодоношение лиственницы и отсутствие жизнеспособных семян, возможно, связано с сочетанным влиянием комплекса

негативных факторов как природного, так и техногенного происхождения. Даже в городских условиях в зоне отводов железных дорог возможность естественного возобновления *Larix sibirica* сохранена.

#### ЛИТЕРАТУРА

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

Павлова Е. И. Экология транспорта: учеб. для вузов. М.: Транспорт. 2000. 248 с.

### **БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ПСИХРОФИЛЬНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ *GEOMYCES PANNORUM* И *THELEBOLUS MICROSPORUS* К РАЗЛИЧНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ**

### **BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL ADAPTATIONS OF THE PSYCHOPHILIC MICROMYCETES *GEOMYCES PANNORUM* AND *THELEBOLUS MICROSPORUS* TO DIFFERENT TEMPERATURES**

Сазанова К. В., Сенник С. В., Кирцидели И. Ю., Шаварда А. Л.

Sazanova K. V., Senik S. V., Kirtsideli I. Yu., Shavarda A. L.

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

Adaptive reactions were studied of the Arctic and Antarctic strains of the psychrophilic micromycetes *Geomyces pannorum* and *Thelebolus microsporus* to growth within a broad temperature range. Adaptation of these species to different temperatures was found to result from both morphological and biochemical changes, including changes in the concentration of small organic molecules and lipid membrane components. The differences between the Arctic and Antarctic strains were mainly associated with the differences in lipid composition, while interspecies differences resulted from metabolomic modifications. Antarctic strains demonstrated a lower ability to survive elevated temperatures, which correlated with a weaker manifestation of the lipid-dependent adaptive mechanisms compared to the Arctic strains. Adaptation of *T. microsporus* was characterized by more diverse changes in the concentrations of small organic molecules in the metabolome profile and by pronounced changes in the mycelial morphology.

Микромицеты распространены повсеместно, в том числе в экосистемах Арктики и Антарктики, где они проявляют способность к существованию в экстремальных условиях. Снижение температуры до экстремально низких положительных значений, как и её повышение до 20-25 °С, может являться стрессовым фактором и вызывать специфические реакции грибов. Литературные данные указывают на многообразие физиологических адаптивных механизмов к температурному стрессу [Robinson, 2001; D'Amico et al., 2006]. Сведения же о штаммовой и популяционной вариабельности этих механизмов довольно ограничены.

В данной работе с помощью метаболомного подхода, анализа липидов, а также морфолого-культуральных методов были исследованы адаптивные

реакции арктических и антарктических штаммов *Geomyces pannorum* и *Thelebolus microsporus* к высоким и низким температурам.

Для исследования были выбраны штаммы, выделенные из грунтов Антарктиды *G. pannorum* (Ant165) MG586988 и *T. microsporus* (Ant170) MG586989; из почв полярных пустынь Арктики *G. pannorum* (ISV620) MG586990 и *T. microsporus* (ISV18) MG586980.

Грибы выращивали на среде Чапека в течение двух недель при 2, 12 и 22 °С. При микроскопировании использовали стереоскопический микроскоп SteREO Discovery V20 и атомно-силовой микроскоп Integra-Aura.

Для метаболомных исследований мицелий экстрагировали метанолом. Метаболиты анализировали в виде ТМС-производных методом газовой хромато-масс-спектрометрии на приборе Agilent с масс-селективным детектором 5975, колонка HP-5MS, 30 м X 0.25 мм.

Индивидуальные классы полярных липидов анализировали методом тонкослойной хроматографии на пластинах с силикагелем 60 10x10 см. Жирные кислоты определяли в виде метиловых эфиров методом ГЖХ-МС на хроматографе Маэстро, колонка Supelco OmegaWax 250 30 м x 0.25 мм X 0.25 мкм.

Выявленные биохимические и морфо-физиологические механизмы имеют общие закономерности, а также видовые и штаммовые различия. Различия арктических и антарктических штаммов связаны в основном с изменением состава липидов. Штаммы из Артарктиды частично утратили способность переживать повышенную температуру, что коррелировало с изменениями в составе липидов. Среди различий арктических и антарктических изолятов также отмечены высокие показатели роста и накопление маннита у арктических изолятов. Видовые различия связаны с метаболомными изменениями. Адаптация *T. microsporus* характеризовалась более разнообразными изменениями концентраций малых органических молекул в метаболомном профиле и выраженными морфологическими изменениями мицелия. К общим закономерностям для всех штаммов грибов можно отнести изменения в количестве моносахаров, некоторых дисахаридов, а также свободных линолевой и линоленовой кислот. С помощью метаболомного анализа с последующей обработкой методами мультивариантной статистики сделано предположение об увеличении дисперсии метаболомных характеристик при неблагоприятных для организма условиях и уменьшении дисперсии метаболомных данных при оптимальных условиях.

Исследования, более общих систематических и популяционных адаптивных механизмов биполярных грибов требует большей выборки объектов и будет продолжено.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проекта 19-17-00141 «Современное минералообразование при участии микроорганизмов»).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*D'Amico S., Collins T., Marx J-C., Feller G., Gerday C. Psychrophilic microorganisms: Challenges for life // EMBO. 2006. Rep 7. Vol. 4. P. 385–389.*

*Robinson C. H. Cold adaptation in Arctic and Antarctic fungi // New Phytologist. 2001. Vol. 151. P. 341–353.*

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЛЬЕФА

### TOPOGRAPHICALLY CONTROLLED FOREST LITTER DISTRIBUTION IN THE NORTHERN TAIGA OF MIDDLE SIBERIA

Сергеева О. В.<sup>1</sup>, Мухортова Л. В.<sup>1</sup>, Козлова Д. В.<sup>2</sup>, Осипенко Я. С.<sup>2</sup>,  
Кривобоков Л. В.<sup>1</sup>  
Sergeeva O. V.<sup>1</sup>, Mukhortova L. V.<sup>1</sup>, Kozlova D. V.<sup>2</sup>, Osipenko Ja. S.<sup>2</sup>,  
Krivobokov L. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Красноярский край; e-mail: [magic192005@yandex.ru](mailto:magic192005@yandex.ru)

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск, Красноярский край

The influence of the topography on forest litter distribution in cryolithozone forest ecosystems of Middle Siberia is considered. Slope aspect and angle control the amount of solar radiation and precipitation reaching the surface and, thus, microclimatic conditions, forest litter accumulation, and decomposition rates. Average forest litter stocks in the studied northern taiga ecosystems are higher on the northern slopes ( $4619 \pm 658 \text{ g m}^{-2}$ ) and in the lowlands ( $5578 \pm 283 \text{ g m}^{-2}$ ) than on the southern slopes ( $2320 \pm 186 \text{ g m}^{-2}$ ) and in the highlands ( $2407 \pm 225 \text{ g m}^{-2}$ ). Some differences in forest litter stock distribution within the slopes were also found. A relationship between the litter size distribution and the topography was observed.

Фундаментальная роль подстилки в лесных экосистемах общепризнанна [Богатырев и др., 2004; Титлянова, Шибарева, 2012]. В силу своей пластичности подстилки в большей степени, чем минеральные горизонты, могут отражать современные процессы в почвах, являясь чувствительным индикатором климатических изменений [Богатырев и др., 2004]. Особенно это свойство подстилок значимо для лесных экосистем криолитозоны Средней Сибири, которые, с одной стороны, являются наименее нарушенными и исследованными зональными экосистемами в нашей стране, а, с другой стороны, крайне чувствительны к воздействию как антропогенных, так и естественных климатогенных факторов в силу своих природных особенностей [Прокушкин и др., 2006].

Целью настоящей работы являлось установление характера распределения запасов подстилки в лесных экосистемах криолитозоны Средней Сибири в зависимости от рельефа.

Исследования проводились в Эвенкийском районе Красноярского края, на профилях, заложенных на северных и южных склонах. Фитоценозы на пробных площадях в основном представлены типичными для данного региона лиственничными экосистемами. Образцы подстилки отбирали в низине; нижней, средней и верхней частях склонов разных экспозиций и на вершине сопков, в 5–10 повторностях, с помощью шаблона диаметром 20 см. В камеральных условиях образцы подстилки разбирали на фракции с последующим взвешиванием каждой фракции и пересчетом на площадь.

Средние запасы подстилки на склоне северной экспозиции составили  $4619 \pm 658 \text{ г/м}^2$ . Они достоверно отличаются от запасов на склоне южной экспозиции ( $2320 \pm 186 \text{ г/м}^2$ ) вследствие более низкой скорости разложения подстилки в связи с меньшим количеством поступающей на склон северной экспозиции солнечной радиации, следовательно, меньшей глубиной залегания

многолетней мерзлоты, более медленным оттаиванием почв, низкими температурами в ризосфере и большим увлажнением [Богданов, Прокушкин, 2011].

Средние запасы подстилки также достоверно отличаются в низине ( $5578 \pm 283$  г/м<sup>2</sup>) и на вершине ( $2407 \pm 225$  г/м<sup>2</sup>). Основная причина заключается в различии типов леса: в низине произрастают лиственничники багульниково-зеленомошные и сфагновые, на вершине — березняки голубичные лишайниково-зеленомошные. Известно, что скорость разложения подстилки в лиственных лесах выше, чем в хвойных [Пристова, 2011]. Различается и гидротермический режим: на вершине суше и активный слой почвы более 60 см, в низине мерзлота залегает на глубине 20 см минерального слоя почвы. Кроме того, в составе живого напочвенного покрова и, следовательно, подстилки, в низине присутствуют медленно разлагающиеся сфагновые мхи.

Общие запасы лесной подстилки варьируют и в пределах самих склонов. На склоне северной экспозиции общие запасы в средней части склона ( $6451 \pm 487$  г/м<sup>2</sup>) значительно выше, чем в верхней его части ( $2439 \pm 444$  г/м<sup>2</sup>). На склоне южной экспозиции запасы подстилки также возрастают сверху вниз – с  $1826 \pm 184$  г/м<sup>2</sup> в верхней части склона до  $2986 \pm 257$  г/м<sup>2</sup> в нижней. Причины заключаются в различии гидротермического режима, в присутствии значительной примеси березы (*Betula tortuosa* Ledeb.) в древостое верхних частей склонов.

Если рассматривать зависимость фракционного состава подстилки от рельефа, то на вершине возрастает доля листьев — в среднем  $4.4 \pm 0.6$  % от общего запаса подстилки, что значительно выше, чем на склонах и в низине (данный показатель не превышает 1.5 %). Доля и средний запас хвой достоверно выше на южном склоне ( $0.6 \pm 0.2$  % или  $11 \pm 3$  г/м<sup>2</sup>), что связано с наличием в составе подростка ели, хвоя которой разлагается медленнее хвои лиственницы (на остальных площадях доля хвои менее 0.1 %, средний запас —  $0.8-0.9$  г/м<sup>2</sup>). Доля гумифицированного материала наиболее значительна в низине: она достигает 44% от общего запаса подстилки (средний запас –  $1630 \pm 113$  г/м<sup>2</sup>). На северном, южном склоне и на вершине она составляет  $1003 \pm 113$  (в среднем 23 %),  $546 \pm 52$  (24 %) и  $489 \pm 61$  г/м<sup>2</sup> (20 %) соответственно.

Таким образом, характер распределения запаса и фракционный состав лесных подстилок определяются гидротермическими условиями, составом живого напочвенного покрова и древостоя.

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ, проект № 18-04-01068.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Богатырев Л. Г., Демин В. В., Матышак Г. В., Сапожникова В. Ф. О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок // Лесоведение. 2004. № 4. С. 17–29.

Богданов В. В., Прокушкин С. Г. Влияние экспозиции склонов на послепожарную трансформацию органического вещества в лиственничниках криолитозоны Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. 2015. № 5. С. 3–7.

Пристова Т. А. Характеристика древесного опада и запасы лесной подстилки в лиственных насаждениях средней тайги // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 7-9.

Прокушкин С. Г., Абаимов А. П., Прокушкин А. С., Масягина О. В. Биомасса напочвенного покрова и подлеска в лиственничных лесах криолитозоны Средней Сибири. // Сибирский экологический журнал. 2006. № 2. С. 131–139.

Титлянова А. А., Шибарева С. В. Подстилки в лесных и травяных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2012. 135 с.

## ДРЕВЕСНЫЙ ОТПАД В ДЕВСТВЕННЫХ ЕЛЬНИКАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТАЙГИ

### WOODY DEBRIS IN VIRGIN EUROPEAN SPRUCE FORESTS

Стороженко В. Г.

Storozhenko V. G.

*Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область; e-mail: lesoved@mail.ru*

Woody debris is an important multifactorial multifunctional consort. It accumulates biomass in the decay phase of the substance and energy cycle and underlies its sustainability. Northern and southern taiga spruce forests were studied, and age series of forest stands were constructed, their dynamic parameters were estimated, and the decay values of trees and forest stands were calculated. Fungal species of biotrophic and xylophilic complexes were identified. Root and stem rot cause windsnap and windthrow. The number and volume of fallen dead wood per hectare were estimated. Dead wood biomass was calculated using conversion factors within the decomposition stages in accordance with the age group and the latitude. The mass of xylophilic products, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, and Q (energy) released during the decomposition of the xylophilic biomass was calculated.

Древесный отпад в структуре лесного биогеоценоза является важным многофакторным многофункциональным консортом, непосредственно участвующим в генезисе лесного сообщества, аккумулирующим мортмассу деструктивного звена круговорота биомассы и в формировании его устойчивости [Стороженко, 2007, 2018]. В качестве объектов исследований приняты коренные абсолютно разновозрастные девственные ельники черничной группы типов леса подзоны северной тайги Кандалакшского лесхоза Мурманской области, Северодвинского лесхоза Архангельской обл. и заповедника «Югыд-Ва» (Республика Коми) и подзоны южной тайги — абсолютно разновозрастные еловые древостои заповедника «Кологривский лес» в Костромской обл. и Центрально-лесного биосферного заповедника в Тверской обл. В каждой подзоне заложено по 3 постоянные пробные площади с поперечным бурением для определения возраста и пораженности деревьев разрушающимися грибами, фиксацией древесного отпада (валежа) с определением линейных параметров и стадий разложения стволов [Стороженко, 1990, 2018]. Построены возрастные ряды древостоев, определены их динамические параметры, вычислены величины пораженности деревьев в них и общие для древостоев. Определены виды грибов биотрофного и ксилотрофного комплексов.

Выявлено, что с увеличением возраста деревьев увеличивается общая пораженность деревьев в возрастных поколениях, и к предельным возрастам для ели она достигает величин от 50 до более чем 70 %. Гнилевые фауны корней и стволов являются причиной появления буреломных и ветровальных деревьев. Определено количество и объемы стволов валежа в переводе на 1 га площади. Объемы древесного отпада к запасам древостоев по стадиям разложения имеют следующие показатели: 1–22.2 %; 2–12.4 %; 3–14.8 %; 4–25.0 %; 5–34.5 %; 6–20.8 %. Вычислена мортмасса валежа по конверсионным коэффициентам в пределах стадий разложения в соответствии с группой возраста и широтной полосой [Замолотчиков и др., 2003]. Эти сведения позволили рассчитать массу продуктов ксилотрофии — CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и Q (энергии), выделяющихся при разложении мортмассы

древесного отпада грибами ксилотрофного комплекса [Соловьев, 1992]. Приводится шкала датировки стадий разложения стволов ели по морфопризнакам валежа [Стороженко, 1990]. Обсуждается достоверность временных датировок предлагаемой шкалы и данных по потере веса образцами разложенной древесины стволов древесного отпада [Шорохова, Гирфанов, 2004].

#### ЛИТЕРАТУРА

*Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И., Честных О. В.* Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: Сибирский государственный технологический университет. 2003. Вып. 1 (32). С. 119–127.

*Соловьев В. А.* Микогенный ксилолиз, его экологическое и технологическое значение // Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам. М.: Наука. 1992. С. 140–171.

*Стороженко В. Г.* Древесный отпад в коренных лесах Русской равнины. М.: Товарищество научных изданий «КМК». 2011. 122 с.

*Стороженко В. Г., Быков А. В., Бухарева О. А., Петров А. В.* Устойчивость лесов. Теория и практика биогеоценотических исследований. М.: Товарищество научных изданий «КМК». 2018. 171 с.

*Шорохова Е. В., Гирфанов М. И.* Ксилолиз крупных древесных остатков в коренных среднетаежных ельниках // Грибные сообщества лесных экосистем. Т. 2. М.-Петрозаводск. 2004. С. 255–272.

### **АККУМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КУСТАРНИЧКОВ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОЙ НАГРУЗКИ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

#### **THE ACCUMULATING ABILITY OF SHRUBS UNDER AIR POLLUTION PRESSURES ON FOREST ECOSYSTEMS**

Сухарева Т. А.

Sukhareva T. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область e-mail: s.tat.a@iner.ksc.ru*

The elemental composition of the assimilating organs of berry bushes in northern taiga forests exposed to natural and anthropogenic factors was studied. The spatial (biogeocenotic, between plots) and temporal (long-term) variability of the content of the most important mineral nutrients and pollutants in blueberry, cranberry, crowberry leaves on a large area in an industrially developed region and in the intensive nature management areas in Murmansk Region is shown.

Современное состояние дикорастущих кустарничков северотаежных лесов определяется действием комплекса природных и антропогенных стрессовых факторов, одним из которых является воздушное промышленное загрязнение. В условиях техногенной нагрузки происходит ухудшение состояния кустарничков, трансформируется элементный состав их вегетативных и генеративных органов [Исаева, Сухарева, 2013]. В зонах интенсивного

природопользования листья и плоды кустарничков накапливают высокие концентрации тяжёлых металлов.

В Мурманской области бореальные леса испытывают значительную атмосферную нагрузку со стороны горно-металлургических предприятий АО «Кольская ГМК», приоритетными компонентами атмосферных выбросов, которых являются соединения серы и тяжёлые металлы.

Объектами исследования послужили листья следующих кустарничков: черники (*Vaccinium myrtillus* L.), брусники (*V. vitis-idaea* L.), вороники (*Empetrum hermaphroditum* Hager.) в природных и техногенно нарушенных экосистемах. Главными лесообразователями в районе исследования являются *Picea obovata* Ledeb., *Pinus silvestris* L. Отбор растительных проб проводился на постоянных пробных площадях в центральной, юго-западной и северо-западной части Мурманской области, включая территории Лапландского государственного природного биосферного заповедника и государственного природного заповедника «Пасвик». Регулярные наблюдения за состоянием растений на сети мониторинговых станций проводятся с 1991-1993 гг. Аналитический комплекс работ включал определение концентраций элементов питания в листьях растений стандартными методами.

Показано, что химический состав ягодных кустарничков видоспецифичен, зависит от многих экологических факторов и варьирует достаточно в широких пределах. Рассчитаны коэффициенты биогеохимической подвижности (Вх), которые отражают интенсивность накопления химических элементов растениями и интенсивность вовлечения их в биологический круговорот. Установлены парцеллярные различия в химическом составе кустарничков подкроновых и межкroновых пространств.

Кустарнички обладают высокой поглощающей и аккумулирующей способностью. В условиях атмосферного загрязнения ассимилирующие органы поглощают и аккумулируют значительную часть техногенных элементов (Ni, Cu, Co, Cd, Pb). Концентрации тяжёлых металлов в листьях кустарничков увеличиваются по градиенту загрязнения. Наиболее высокие концентрации тяжёлых металлов обнаружены в листьях черники. Содержание важнейших элементов минерального питания (Ca, Mg, Mn) в листьях кустарничков в процессе техногенной дигрессии бореальных лесов снижается.

В связи с сокращением выбросов загрязняющих веществ в атмосферу наблюдаются выраженные тенденции снижения концентраций тяжелых металлов Ni, Cu, Co, Cd, в листьях кустарничков межкroновых и подкroновых пространств дефолирующих еловых и сосновых лесов. В 2005, 2007, 2011, 2017 гг. по сравнению с предыдущими периодами исследования (1991–1993 г.) в листьях кустарничков техногенных редколесий достоверно ( $p < 0.01$ ) снизились концентрации никеля и меди, за исключением черники соснового редколесья, где концентрация данных элементов сопоставима с уровнем 1991–1993 г.

Несмотря на снижение в листьях основных поллютантов, кустарнички обедняются некоторыми элементами питания. За исследуемый период в листьях кустарничков снизилось ( $p < 0.05-0.01$ ) содержание кальция и марганца на всех стадиях техногенной дигрессии сосновых и еловых лесов. В листьях кустарничков рода *Vaccinium* в еловых и сосновых лесах происходит достоверное снижение содержания калия ( $p < 0.01$ ) и значительное снижение содержания магния в листьях черники в еловом редколесье.



Атмосферное загрязнение оказывает существенное влияние на элементный состав листьев кустарничков в Мурманской области, индустриально развитом регионе Севера. Это влияние выражается в повышенной концентрации в ассимилирующих органах тяжелых металлов, обеднением их важнейшими элементами питания, что приводит к угнетению их роста и развития, а в зонах интенсивной атмосферной нагрузки делает невозможным их использование в качестве лекарственного и пищевого сырья.

*Исследование проводилось при финансовой поддержке темы НИР АААА-А18-118021490070-5 и частично гранта РФФИ 18-05-60142\_Арктика.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Исаева Л. Г., Сухарева Т. А. Элементный состав дикорастущих кустарничков в зоне воздействия комбината «Североникель»: данные многолетнего мониторинга // Цветные металлы. 2013. № 10. С. 86–92.*

### **РТУТЬ В ПОЧВАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ**

#### **MERCURY LEVELS IN SOILS EXPOSED TO POLLUTION FROM NONFERROUS SMELTERS**

Таций Ю. Г.<sup>1</sup>, Удачин В. Н.<sup>2</sup>  
Tatsiy Yu. G.<sup>1</sup>, Udachin V. N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, Москва; e-mail: yutatsy@mail.ru*

<sup>2</sup>*Институт минералогии УрО РАН, Миасс, Челябинская область; e-mail: udachin@mineralogy.ru*

Mercury levels in soils exposed to emissions from non-ferrous smelters were estimated for different climatic zones – South Urals (Karabash), Taimyr Peninsula (Norilsk), and Murmansk Region (Monchegorsk and Nickel). It was shown that in warmer climates, mercury concentrations in the upper soil layers are substantially higher than in the Arctic. Soil type and topography were also important factors. The need to control mercury emissions from smelters is shown.

Предприятия металлургического комплекса относятся к объектам I категории, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду, и находятся среди основных источников выбросов ртути в атмосферу. В техническом отчете по глобальной оценке ртути [АМАР/UNEP, 2013] выбросы ртути предприятиями цветной металлургии занимают второе место после угольных теплоэлектростанций. По данным АСАР [2005] выбросы при производстве никеля и меди в Российской Федерации в 2001-2002 гг. составляли 14 % от всех выбросов ртути. Тем не менее, ртуть и ее соединения исключены из перечня веществ, контролируемых на предприятиях, в том числе на предприятиях цветной металлургии.

В выбросах металлургических предприятий основные объемы загрязняющих веществ приходятся на диоксид серы, пыль, оксиды азота, оксид углерода, металлы и металлоиды и их соединения (в зависимости от состава исходного

сырья это, прежде всего, цинк, свинец, медь, никель, мышьяк, кадмий, ртуть и др.). Наиболее острой экологической проблемой являются выбросы SO<sub>2</sub> с отходящими газами, образующимися при обжиге и плавке сульфидных концентратов. Ртуть относится к группе халькофильных элементов, которые являются типоморфными для выбросов предприятий цветной металлургии. Сульфидные руды, чаще всего используемые для получения меди, свинца, цинка и никеля, имеют сравнительно высокий уровень Hg, что является следствием сродства этих металлов к сере. Большая часть этой Hg высвобождается при обжиге/плавке и вместе с SO<sub>2</sub> поступает в отходящие газы. Основной объем ртути задерживается в системе очистки газов, но часть ее выбрасывается в атмосферу.

Полной инвентаризации глобальных выбросов Hg при производстве цветных металлов нет. Существующие частичные оценки были сделаны либо на основе имеющихся официальных данных о выбросах, либо на основе коэффициентов эмиссии и статистических данных по производству металла и/или потреблению сырья. Несмотря на постоянное упоминание о наличии значительных содержаний ртути в рудах и концентратах, реальная информация о содержаниях ртути в сырье, выбросах, сбросах и отходах как конкретных предприятий, так и цветной металлургии в целом в Российской Федерации практически отсутствует. Литературных данных о ртутной нагрузке на окружающую среду в районе действий металлургических комбинатов крайне мало.

Оценку содержания ртути в почвах проводили в трех регионах: Южный Урал, г. Карабаш, комбинат «Карабашмедь» (производство черновой меди); полуостров Таймыр, г. Норильск. Заполярный филиал ПАО «ГМК «Норильский никель» и Мурманская область, Кольская ГМК, г. Никель (комбинат «Печенганикель») и г. Мончегорск (комбинат «Североникель»). Пробы отбирали в ходе полевых сезонов 2014–2018 гг. Ртуть определяли методом пиролиза твердых образцов с предварительным концентрированием ртути на золотом коллекторе и последующей регистрацией на АА спектрометре.

Полученные результаты показали, что содержания ртути в поверхностных почвах Карабаша существенно превышают содержания в почвах Заполярья. Это объясняется как климатическими различиями, так и особенностями рельефа. Карабаш расположен в долине, окруженной горными грядками. Поэтому при неблагоприятных метеорологических условиях существенная часть выбросов оседает в пределах межгорной долины, что и приводит к повышенным содержаниям ртути в почвах. Кроме того, сказывается различие в типах почв.

В районе Норильска и на Кольском полуострове резкое повышение концентраций ртути наблюдается лишь вблизи металлургических комбинатов. Во всех регионах наибольшие концентрации ртути наблюдаются в приповерхностном слое почв.

Полученные результаты обосновывают необходимость инструментального контроля ртути в выбросах металлургических комбинатов.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ Арктика 18-05-60012.*

## ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СУХОТОРФЯНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ ПОЛУОСТРОВА РЫБАЧИЙ

### FRACTIONAL COMPOSITION OF THE ORGANIC MATTER IN THE SURFACE HORIZON OF THE RYBACHY PENINSULA SOILS

Токарева О. А., Маслов М. Н.

Tokareva O. A., Maslov M. N.

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: tokareva1406@yandex.ru*

This paper examines the organic matter in the upper soil horizon of the Rybachy Peninsula. This low fibric brown horizon spreads from the Kola Peninsula to Kamchatka and forms under the influence of a cold humic climate, active intrasoil flow, high acidity, and short vegetation period. These conditions lead to slow decomposition and accumulation of plant material. Histic Albic Podzols, Histosols and Histic Folic Podzols were examined. The surface horizons contain 35-45% of the total organic carbon, peaking in Histosols, and 0.1–1.5 % of the total organic nitrogen, peaking in Albic Podzols. Easily oxidized fraction prevails in the composition of organic matter and correlates with the content of the alkaline-soluble fraction. Water-soluble organic matter has a minimum proportion of labile organic matter. Therefore, these soil surface horizons differ in the contents of carbon and nitrogen, labile fractions, and in the stability degree of the organic matter.

Сухоторфяный горизонт (ТJ) формируется при сочетании холодного влажного климата, хорошего внутрипочвенного дренажа, высокой кислотности почвы, короткого вегетационного периода и мезофильной растительности. В отдельных районах Субарктики почвы с сухоторфяным горизонтом занимают значительные площади. Тем не менее, почвенный покров полуострова Рыбачий остается слабоизученным.

Полевые исследования проводили в июне 2018 г. в западной части полуострова Рыбачий. На территории были описаны сухоторфяные почвы, сухоторфяно-подбуры и сухоторфяно-подзолы. Отбор образцов почвы проводился погоризонтно на всю глубину профиля. В лаборатории определяли общее содержание углерода и азота на элементном анализаторе Elementar Vario III, а также соотношение легко-, средне- и трудноокисляемых фракций (методом хемодеструкционного фракционирования). В качестве показателей, характеризующих лабильное органическое вещество почв, использованы данные о содержании углерода, экстрагируемого «мягкими» химическими экстрагентами (бидистиллированная вода, 0.1 MNa<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 0.1 н. NaOH).

Мощность сухоторфяных горизонтов почв составляет до 30 см. Общее содержание углерода и азота в сухоторфяных горизонтах варьирует в пределах 35–45 % и 0.8–1.5 %. Сухоторфяные горизонты характеризуются широким отношением C:N, которое составляет 23-30.

В сухоторфяных горизонтах почв преобладает фракция легкоокисляемого органического вещества, доля которого составляет 60-66 % от общего содержания углерода. Наибольшее содержание легко- и среднеокисляемого органического вещества характерно для сухоторфяно-подбура, а трудноокисляемой — в сухоторфяной почве, что связано с высоким показателем базального дыхания и высокой скоростью минерализации легкоокисляемого органического вещества.

Содержание лабильных фракций и степень ароматичности органического вещества увеличиваются в ряду водорастворимое – пирофосфатрастворимое – щелочерастворимое органическое вещество. Водорастворимая фракция преобладает в сухоторфяно-подбуре, тогда как щелоче- и пирофосфатрастворимая — в сухоторфяно-подзоле.

Таким образом, сухоторфяные горизонты разных типов почв различаются по содержанию углерода и азота, лабильных фракций органического вещества, а также по содержанию фракций органического вещества разной степени устойчивости. Горизонт Т1 сухоторфяно-подбура отличается большим содержанием лабильной и легкоокисляемой фракций, тогда как в сухоторфяной почве преобладает трудноокисляемая, что связано с условиями почвообразования и количеством ежегодно поступающего опада.

### **МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В ЭКОТОННОЙ ЗОНЕ ЛЕС-ВЫРУБКА, В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **MORPHOBIOLOGY OF *VACCINIUM MYRTILLUS* L. ALONG THE INTACT FOREST – CLEARCUT ECOTONE IN THE NORTHERN TAIGA SUBZONE IN ARCHANGELSK REGION**

Торопова Е. В., Старицын В. В.

Toropova E. V., Staritsyn V. V.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: toropova\_e.v@list.ru, corwin87@mail.ru

This study examines the changes in the main morphometric parameters and yields of the blueberry during various ontogenetic periods along the forest-clearcut ecotone in a blueberry spruce moss forest in the northern taiga of Arkhangelsk Region. It was found that the average height and diameter of the blueberry increase as one moves deeper into the forest from a clearcut. Same trends were also observed in different age periods. In general, three morphological zones were identified – clearcut, forest edge, intact forest.

Изучены изменения урожайности ягод, а также средней высоты и диаметра парциальных кустов (далее ПК) черники (*Vaccinium myrtillus* L.) различных онтогенетических периодов в экотонной зоне вырубка – ельник чернично-зеленомошный в северной тайге Архангельской области. Показано, что на пяти трансектах, заложенных на разном расстоянии от кромки леса, эти показатели увеличиваются по мере продвижения от вырубki вглубь леса. Увеличение средней высоты и диаметра ПК черники наблюдается для парциальных кустов всех возрастных периодов. Условно, пять трансект могут быть объединены в три группы: «вырубка» (100 м вглубь вырубki), «опушка» (от 4 м вглубь леса до 4 м вглубь вырубki), «лес» (20 и 100 м вглубь леса) в которых морфологические признаки *Vaccinium myrtillus* различны.

Исследования проводились в Холмогорском районе, Архангельской области на шестилетней вырубке в 2018 г. Параллельно кромке ельника чернично-зеленомошного были заложены пять трансект: на участке вырубki в 100 метрах

от кромки леса (№ 1), на расстоянии 4 метров от кромки на вырубку (№ 2) и в глубь леса (№ 3), 20 и 100 метров в лес от кромки (№ 4 и № 5, соответственно). Трансекты № 1 и № 5 рассматривались в качестве контрольных участков. Вдоль каждой трансекты в шахматном порядке располагали 25 учетных площадок, 50x50 см, на которых проводили учет урожайности черники, измерение высоты и диаметра кроны всех ПК. Для каждого ПК отмечали высоту, средний диаметр кроны, наличие повреждений побегов (покусы и обморожения), кроме того, в период цветения определяли онтогенетическое состояние ПК. В данной работе анализировались 4 периода (прегенеративный, генеративный, постгенеративный и скрытогенеративный) [Изучение структуры, 1986; Онтогенетический атлас..., 2000].

Условия вырубки влияют на чернику отрицательно, несмотря на широкую амплитуду приспособления растения к освещенности. Влияние объясняется отрицательным воздействием прямых солнечных лучей, разрастанием злаков и иссушением почвы [Баландина, Вахрамеева, 1980].

Наибольший урожай черники был собран с контрольного участка леса (трансекта № 5) и составил всего  $2.54 \pm 0.44$  г/м<sup>2</sup>, т.к. год был неурожайный. Немного меньше урожайность на трансекте № 4 —  $2.07 \pm 0.56$  г/м<sup>2</sup>. На трансектах около опушки менее 1 г/м<sup>2</sup>. На вырубке урожай отсутствовал.

Нами выявлено, что высота ПК и их средний диаметр увеличиваются в направлении вырубка-опушка-лес. Высота изменяется от  $4.9 \pm 0.1$  см на вырубке до  $13.1 \pm 0.2$  см в лесу, максимальные значения 17 и 35 см соответственно, а средний диаметр ПК — от  $1.46 \pm 0.05$  до  $6.45 \pm 0.17$  см. От трансекты № 1 к трансекте № 5 увеличение средней высоты парциальных кустов составляет 67%, а диаметра кроны — 78 %.

Важным фактором, оказывающим влияние на высоту ПК, являются заморозки и объедание животными верхушек побегов. На вырубке покусы наблюдаются у 31 % побегов, на остальных трансектах количество покусов составляет 3–9 %. Следы обморожения были отмечены на трети побегов на вырубке, при движении от вырубки их доля уменьшается (21–9 %), и в глубине леса составляет не более 1 %.

Средний диаметр ПК *Vaccinium myrtillus* варьирует от 1.46 см на вырубке до 6.45 см в лесу, разница составила 77 %. Наибольшей высоты достигают особи генеративного онтогенетического состояния. Обнаружен рост средней высоты парциальных кустов на 67 %, диаметра кроны на 78 %. Урожайность сокращается в направлении из леса на вырубку с 2.54 до 0 г/м<sup>2</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

Баландина Т. П., Вахрамеева М. Г. Черника обыкновенная // Биологическая флора Московской области. М. 1980. Вып. 5. С. 132–142.

Изучение структуры и взаимоотношений ценопопуляций. М.: Изд-во. МГПИ им В. И. Ленина. 1986. С. 10.

Онтогенетический атлас лекарственных растений. Учебное пособие Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т. Т. II. 2000. 268 с.

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА (*PINUS SYLVESTRIS*)  
В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

**FUNCTIONAL CHANGES IN THE PHOTOSYNTHETIC FUNCTION (*PINUS SYLVESTRIS*) IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL AIR POLLUTION**

Тужилкина В. В.  
Tuzhilkina V. V.

*Институт биологии Коми научного центра Российской академии наук, Сыктывкар, Республика Коми; e-mail: tuzhilkina@ib.komisc.ru*

This article presents the findings of studies on the relationship between industrial air pollution and physiological parameters of Scots pine needles. The study was conducted in pine forests in the area exposed to the air pollution from the pulp and paper mill Mondi Syktyvkar LPK. Industrial emissions in the area reduce the synthesis of chlorophylls and carotenoids, reduce photosynthetic activity, and increase the intensity of pine needle respiration. The content of pigments in chloroplasts increases, but the photosynthetic and respiratory ability of the needles does not change when the sulfur and nitrogen air pollution level is reduced.

Изучали пигментный комплекс и CO<sub>2</sub>-газообмен хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в сосновых лесах черничного и лишайникового типов в фоновом районе республики Коми и в зоне воздействия атмосферных выбросов (импактная зона) целлюлозно-бумажного производства АО «Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс» (СЛПК) в периоды повышенной (1994-1995 гг.) и сниженной (2015–2018 гг.) аэротехногенной нагрузки. Исследования проводили на пробных площадях, заложенных для проведения локального мониторинга состояния лесов в зоне воздействия СЛПК [Торлопова, Робакидзе, 2003]. Экспериментальные участки располагались в зонах с умеренной (11 км от СЛПК) и сильной (7 км от СЛПК) техногенной нагрузкой. Фоновые участки находились в 56 км от СЛПК на Ляльском лесозооэкологическом стационаре Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Для определения пигментов и измерения CO<sub>2</sub> — газообмена сосны отбирали образцы однолетней хвои в пяти-шести биологических и четырех-пятикратной аналитических повторностях. Содержание пластидных пигментов определяли на спектрофотометре UV-1800 в ацетоновой вытяжке. Фотосинтетическую способность оценивали по поглощению CO<sub>2</sub>, измеренной инфракрасным (ИК) газоанализатором Li COR-6400 при насыщающей освещенности, температуре 20 °C и влажности 70 %. Темновое дыхание измеряли по выделению CO<sub>2</sub> ИК-газоанализатором при 20 °C, влажности 70 %. Измерения фотосинтетической активности и дыхательной способности хвои проводили в контролируемой камере 6400-22L.

Мониторинг ассимиляционного аппарата сосны в фитоценозах показал неоднозначную реакцию физиологических показателей на воздействие промышленных выбросов комбината. В сосновых лесах, расположенных в импактной зоне комбината, влияние загрязнения среды сернистыми и азотистыми соединениями на функционирование хвои сосны проявлялось в зависимости от техногенной нагрузки. Установлено, что в 1994–1995 гг. аэротехногенное загрязнение среды в зоне значительного влияния с уровнем техногенной нагрузки в 20–100 раз превышающей фоновые, оказывало отрицательное влияние на пигментную систему сосны [Тужилкина и др., 1998]. Поллютанты снижали общее количество пигментов, способствовали ослаблению

процессов накопления хлорофилла b в большей степени, чем хлорофилла a. При снижении объема промышленных выбросов в 2015-2018 гг. в пигментном аппарате хвои произошли изменения у сосны в импактной зоне производства. Концентрация хлорофиллов и каротиноидов в хвое опытных деревьев в сосновых фитоценозах повысилась в 1.2–1.3 раза по сравнению с контролем. Распределение хлорофиллов по фотосинтетическим пулам у экспериментальных деревьев достоверно не отличалось от фоновых. С приближением к источнику эмиссий отмечается низкая фотосинтетическая активность единицы хлорофилла, которая в свою очередь оказывает влияние на фотосинтетические процессы у деревьев сосны. Интенсивность фотосинтеза хвои в сосновых фитоценозах в 2 раза ниже по сравнению со скоростью поглощения углекислоты хвоей из фонового района. Скорость выделения CO<sub>2</sub> в 1.4 раза выше по сравнению с интенсивностью дыхания хвои из фонового района. С ослаблением техногенной нагрузки (район умеренного аэротехногенного загрязнения) фотосинтетическая и дыхательная способности хвои не отличаются от фоновой, что свидетельствует о сохранении стабильного уровня CO<sub>2</sub>-газообмена сосны в условиях промышленного загрязнения среды.

Таким образом, в исследуемых фитоценозах, расположенных в районе целлюлозно-бумажного производства при снижении аэротехногенного загрязнения у сосны обыкновенной выявлена перестройка в пигментном аппарате, направленная на стабилизацию процессов фотосинтеза и дыхания, и способствующая устойчивости хвои к условиям загрязнения.

*Исследование выполнено в рамках х/д темы «Оценка долговременного влияния АО «Монди СЛПК» на биологическое разнообразие в районе производства» № 45-2018*

#### ЛИТЕРАТУРА

Торлопова Н. В., Робакидзе Е. А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). Екатеринбург. 2003. 147 с.

Тужилкина В. В., Ладанова Н. В., Плюснина С. Н. Влияние техногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат сосны // Экология. 1998. № 2. С. 89–93.

### **ТЯЖЕЛЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ БЫВШЕГО РАДИЕВОГО ПРОМЫСЛА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ**

#### **NATURAL HEAVY RADIONUCLIDES IN THE VEGETATION AFFECTED BY A FORMER RADIUM MINING SITE IN KOMI REPUBLIC**

Шапошникова Л. М., Рачкова Н. Г.  
Shaposhnikova L. M., Rachkova N. G.

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Республика Коми; e-mail: shaposhnikova.l.m@ib.komisc.ru*

Mosses (*Pleurogium schreberi*, *Sphagnum* sp., *Calliergon giganteum*) and leaf litter of willow and aspen trees growing within the area affected by a former radium mining site were examined in terms of biological absorption of uranium and radium by the method of chemical fractionation of biomass with separation of water-soluble, exchangeable (1M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>), adsorbed (0.1MH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), organic (30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), and insoluble (residue after fractionation) fractions. Despite the high bioabsorption of uranium and radium, the binding strength was different in mosses and woody plants. A substantial part of radium absorbed by mosses (40–74 % of its concentration) could be transferred into neutral ammonium-acetate and weakly acid

solutions. The share of uranium in these mobile fractions was 7-41 %. A significant share of uranium in mosses was found in the organic fraction. In leaf litter, most of the radium (33–83 %) remained in the insoluble fraction. For uranium, these values peaked at 59 %.

Одним из наименее изученных аспектов миграции радионуклидов является исследование показателей прочности их биологического поглощения, определяющих скорость протекания миграционных процессов в экосистемах. В работе исследованы растения зоны влияния бывшего радиевого промысла на содержание и прочность биопоглощения урана и радия-226. Последнюю оценивали методом химического фракционирования (Bolsunovsky et. al., 2005) биомассы с выделением фракций водорастворимая, обменная (1М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ), адсорбционная (0.1М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), органическая (30 %  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) и нерастворимая (остаток после фракционирования). Обработке подвергали мхи (*Pleurogium schreberi*, *Sphagnum* sp., *Calliergon giganteum*), а также лиственный опад ивы и осины (отбор 2016–2018 гг.) Оба этих компонента почвенного покрова участвуют в формировании подстилки и являются важным источником элементов питания растений.

Выявлено, что в почвах исследуемой территории содержание урана и радия повышено в максимуме на 3–4 порядка, в поверхностных и почвенно-грунтовых водах — в 80 раз по сравнению с фоновыми значениями. Объемная активность радия в почвенно-грунтовых водах в начале вегетационного периода достигала 1.5 Бк/л, что втрое превышало установленные нормами радиационной безопасности уровни вмешательства. Растительность изучаемой территории представлена распространенными видами растений, которые существенно различались по накоплению урана и радия. Наибольшее их поглощение наблюдалось у мхов (в том числе водных), кустарничков и древесных растений, более низкое — у травянистых.

Несмотря на высокие аккумуляционные способности, прочность поглощения урана и радия у мхов и древесных растений отличалась, что, вероятно, связано с особенностями их химического состава. В образцах наземных мхов минимальное количество радия (до 2.9 % валовой удельной активности) переходило в водную вытяжку. Во мхах, произрастающих в условиях близких к фоновым, распределение радионуклида по фракциям было относительно равномерно. В их нерастворимых остатках сохранялось 14-34 % от общего содержания поллютанта. Для мха Шребери, произрастающего в почве с более высоким содержанием радия, доля в нерастворимом остатке составила 57 %, раствором ацетата аммония вытеснялось 38 % радионуклида. В целом, существенная часть поглощенного мхами радия (40–61 % у наземных и до 74 % у водных) десорбировалась в нейтральные ацетатно-аммонийные и слабокислые растворы. Доля урана в этих подвижных фракциях была ниже и составила 7–41 %, в нерастворимом остатке — 12–38 %, что также меньше в сравнении с радием. Максимальная доля урана приходилась на органическую фракцию — 43–55 %. Таким образом, уран, по сравнению с радием, был более прочно закреплен в биомассе изученных видов мха. Тем не менее, учитывая высокую водоудерживающую способность и низкую скорость разложения мохообразных, потеря массы которых в случае сфагновых мхов за два года составляет лишь 6–32 % [Головацкая, Никонова, 2013], можно ожидать длительное удерживание поллютантов в их составе.

В отличие от мхов, в лиственном опаде существенная часть радия была закреплена прочно — 33–83 % от общего количества радионуклида сохранялось в нерастворимой фракции. В случае урана эти значения были ниже и в максимуме составили 59 %. Значительная его часть (до 94 %) вытеснялась нейтральными и слабокислым растворами, что предполагает ее быстрое обратное поступление



в абиотические компоненты окружающей среды. Этому также будет способствовать высокая скорость разложения листовного опада — потеря его массы в год может составлять 40 % [Пристова, 2011].

*Работа выполнена в рамках ГЗ ИБ Коми НЦ УрО РАН № ГР АААА-А18-118011190102-7.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Головацкая Е. А., Никонова (Абзалимова) Л. Г. Разложение растительных остатков в торфяных почвах олиготрофных болот. // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 3(23). С. 137–151.

Пристова Т. А. Характеристика древесного опада и запасы лесной подстилки в лиственных насаждениях средней тайги. // Вестник Института Биологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 7–9.

Bolsunovsky A., Zotina T., Bondareva L. Accumulation and release of Am by a macrophyte of the Yenisei River (*Eloдея canadensis*). // J. Environ. Radioactivity. 2005. Vol. 81. P. 33–46.

### **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ ПОЧВЫ, ВОЗДУХА И ВОДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УГОЛЬНЫХ СКЛАДОВ ООО «БЕРИНГПРОМУГОЛЬ» (ЧУКОТСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)**

### **MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF THE SOIL, AIR, AND WATER SAMPLES FROM THE AREA AFFECTED BY BERINGPROMUGOL COAL PILES (CHUKOTKA AUTONOMOUS REGION)**

Фокина Н. В., Корнейкова М. В., Редькина В. В.

Fokina N. V., Korneykova M. V., Redkina V. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: NadezdaVF@yandex.ru*

A microbiological study was undertaken of the soil, water, and air samples from the area affected by the coal piles in the community of Beringovsky, Chukotka Autonomous Region. It was found that as a result of long-term anthropogenic pollution, there was an increase in the number of bacteria of various trophic groups and in the microphototroph diversity, inhibition of the micromycetes community, as compared to the tundra-gleyish soil from a relatively non-polluted area. This indicates a strong negative impact on the ecosystem. An assessment of the health status of the soils and subsoils indicated the presence of *Esherichia coli* in the soil samples. *E. coli* titers allow to classify the soils within the community's territory as moderately hazardous. Microscopic fungi belonging to the relatively pathogenic group were observed in the contaminated soil. In the intact soil, micromycetes were represented by 6 species, whereas in the polluted samples, 9 species were found. Also 45 species of algae and cyanobacteria were found in the latter.

В рамках исследования был проведен микробиологический анализ почв, воды и воздуха недействующего пос. Беринговский Чукотского автономного округа, территория которого подвергалась долговременному антропогенному загрязнению в результате эксплуатации угольных складов. Для отбора образцов почвы были сделаны 4 разреза: 3 на территории угольных складов и 1 на условно-фоновой территории. Микробиологические анализы выполнены общепринятыми в практике стандартными методами [Андреева, 1998; Зенова, 2002; Кондакова,

2007; Domsh, 2007]. Отбор проб воздуха проводили автоматическим пробоотборником ПУ-1Б. Забор морской воды проводили в бухте «Угольная».

Было обнаружено, что численность бактерий в тундрово-глеевых почвах побережья Чукотки невысокая, колеблется в пределах от 330 тыс. кл/г до 5440 тыс. кл/г. В среднем, численность всех трофических групп бактерий в антропогенных грунтах на территории поселка выше, чем в образце тундрово-глеевой почвы условно-фонового участка.

Оценка санитарного состояния почв и грунтов свидетельствовала о наличии бактерии группы кишечной палочки (БГКП) в образцах на территории пос. Беринговский. Титр БГКП позволяет отнести грунты на территории поселка к умеренно опасным [СанПиН 2.1.7.1287-03, 2003].

При исследовании грибной оставляющей изучаемой территории было обнаружено, что численность микроскопических грибов–психрофилов и мезофилов — в грунте антропогенного участка была ниже в 9–38 раз по сравнению с условно фоновым и составила в среднем 35 и 527 КОЕ/г грунта/почвы. Сообщество микромицетов очень угнетено на антропогенном участке, что свидетельствует о сильном отрицательном воздействии на экосистему. Группа грибов-термофилов на фоновом участке не была выявлена, тогда как на антропогенном их численность составила 5–10 КОЕ/г. Этот факт требует пристального внимания, поскольку оппортунистические грибы, относящиеся к группе термофилов, способны вызывать у человека микозы эндогенного и экзогенного характера, заболевания дыхательной системы и пр. В фоновой почве разнообразие микромицетов было представлено 6 видами, тогда как в загрязненной — 9 видами. Как в фоновой, так и в загрязненной почве были выявлены грибы — монодоминанты: *Penicillium miczynskii* в загрязненной почве, *P. glabrum* — в фоновой.

В ходе проведенного исследования всего было обнаружено 45 видов водорослей и цианобактерий, принадлежащих к 4 отделам: Chlorophyta — 22 вида, Ochrophyta — 13 видов, Cyanobacteria — 7 видов, Charophyta — 3 вида. Наименьшее количество видов (всего 9) обнаружено в четвертом образце. В остальных образцах разнообразие микрофототрофов значительно выше и достигает количества 14–16 видов.

В воздухе условно-фонового участка и грунтов, не имеющих растительного покрова, численность бактерий невысокая, колеблется в пределах 100–120 КОЕ/м<sup>3</sup>, в то время как в воздухе над моховой растительностью происходит рост численности до 660 КОЕ/м<sup>3</sup>. Средняя численность микроскопических грибов в воздухе загрязненных участков была примерно в два раза больше по сравнению с фоновым и составила 60 КОЕ/м<sup>3</sup>, что, в целом, говорит об относительной чистоте воздуха с микологической точки зрения. Несмотря на невысокую численность микромицетов в воздухе обследуемого района, над загрязненным участком, было выделено 6 видов грибов, над фоновым — 4 вида. В воздухе загрязненного района доминировал темноокрашенный гриб *Alternaria alternata*, в воздухе фонового — *Penicillium glabrum*.

Численность гетеротрофных микроорганизмов в воде бухты «Угольная» была довольно высокой и колебалась в пределах 1000–23000 кл/мл, что сопоставимо с численностью бактерий в воде Кольского залива Баренцева моря, подверженного техногенной нагрузке. Методом посева на плотные питательные среды установить численность и видовое разнообразие микроскопических грибов не удалось. Длина и биомасса грибного мицелия, определенные методом прямого счета, оказались очень низкими и составили 0.024 м/г и 0.000026 мг/г.

## ЛИТЕРАТУРА

- Андреева В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли. М.: Наука. 1998. 348 с.
- Зенова Г. М., Степанов А. Л., Лихачева А. А., Манучарова Н. А. Практикум по биологии почв / Учебное пособие. М.: МГУ. 2002. 120 с.
- Кондакова Г. В. Биоиндикация. Микробиологические показатели: учебное пособие / Г. В. Кондакова; Яросл. гос. ун-т. Ярославль: ЯрГУ. 2007. 136 с.
- СанПиН 2.1.7.1287-03.2003 г. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

### **ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ СЕЛЕВОГО СОБЫТИЯ 2017 ГОДА В ДОЛИНЕ СЕНГИСЙОКА (ЛОВОЗЕРСКИЕ ТУНДРЫ)**

### **ASSESSMENT AND MONITORING OF THE GEOMORPHICAL AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF THE 2017 DEBRIS FLOW EVENT IN THE SENGISJOK VALLEY (LOVOZERO MOUNTAIN RANGE)**

Шеремецкая Е. Д., Беляев В. Р., Гаранкина Е. В., Ворошилов Е. В.,  
Рудинская А. И., Романенко Ф. А.  
Sheremetskaya E. D., Belyaev V. R., Garankina E. V., Voroshilov E. V.,  
Rudinskaya A. I., Romanenko F. A.

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: sheremetskaya@gmail.com*

One of the largest valleys of the western Lovozero Mountain Range was surveyed immediately before and repetitively after the 2017 debris flow event resulting in a dataset of valley bottom morphology, sediment composition, and vegetation changes. Post-event survey established the limits of morphodynamic zones of the debris flow. It apparently started as a slushflow on a steep terrace of the streambed profile below the flattened glacial cirque floor. Downstream, it transformed into a granular debris flow. Maximum splash levels were determined by debris traces and large plant remnants at about 2 and 3 m in the deposition and transit zones, respectively. Detailed sketches of the valley floor and a lithological map were compiled. Repeated large-scale UAV mapping was undertaken for further monitoring. Based on the collected data, transported sediment load and depositional rates, magnitude and environmental effects of the event were estimated.

Ловозерский горный массив — регион развития климатически обусловленных селевых явлений средней активности, снегового и дождевого типа [Национальный..., 2004; Petrov et al., 2017]. 3 июля 2017 г. в долине Сенгисйока (западный макросклон) зафиксировано комплексное селевое событие. По всей видимости, оно началось в форме водоснежного потока, зародившегося на крутом уступе продольного профиля современного русла в верховьях долины, ниже ледникового цирка — мощного коллектора водной и снежной массы. Пройдя частично по поверхности руслового снежника, он трансформировался в селевой поток с преобладанием грубообломочного материала [Гаранкина и др., 2018]. Наблюдения за перестройкой долины начаты в 2009 г. Обследование, включая детальные литолого-геоморфологические наблюдения, описания растительности, съемку с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), проводилось накануне селевого события, в сентябре 2017 г. и июле 2018 г.

Современная селевая аккумуляция сосредоточена в русле и на поверхности низких уровней днища на всем протяжении долины. Основная зона разгрузки

расположена ниже выхода реки из гор. Промежуточные зоны аккумуляции фрагментарны в среднем течении, особенно выражены на крутых поворотах долины. Максимальные уровни заплеска определены по следам растительного детрита и макроостатков как 3 м над урезом в зоне транзита и до более 2 м на конусе выноса. Скорость последнего селевого потока могла находиться в пределах 2–4 м/с, расход — до 35 м<sup>3</sup>/с. Мощность единовременных селевых выбросов составила от первых до 50–100 см. По предварительным оценкам, объем аккумуляции селевых и постселевых отложений в зоне разгрузки достигает 24200 м<sup>3</sup>.

В июле 2018 г. проведена сплошная аэрофотосъемка долины. В её задачи входило создание ЦММ и производных, поперечных профилей, геоморфологической карты, сопоставление со съемкой и детальными планами дна ключевых участков долины 2017 г. [Шеремецкая и др., 2018] для оценки скорости переформирования участков, подвергшихся наибольшему воздействию селевого события.

Аэрофотосъемка площадью около 2.8 км<sup>2</sup> выполнена со средней высоты 40–45 м с БПЛА DJI Phantom 3 Advanced (инерционная навигационная система, приёмник спутниковой навигационной системы, накопитель информации, цифровая фото-видеокамера GoProPanasonic FC300C). Для коррекции аэрофото данных и их точной привязки выполнена наземная геодезическая съемка с использованием приёмника спутникового позиционирования геодезического класса Leica System 1200 Rover. На местности была разбита сеть из 66 твёрдых точек. Пост-обработка с внесением дифференциальных поправок из общедоступных данных базовых станций EFT-CORS (г. Апатиты, пос. Ревда) проведена в пакете Leica GeoOffice 8.4. Полученные пространственные координаты точек съёмочной сети имеют точность в плане не менее ±2 см, по высоте — ±5 см. Пространственное разрешение ортофотопланов — 1.9–2 см/пикс, высотная ошибка ЦММ на незалесенных участках — ±5–7 см/пикс.

При сопоставлении ортофотопланов и ЦММ наиболее значительные морфологические изменения за рассматриваемый период выявлены для вреза в зоне зарождения селевого потока и зоны разгрузки в средней части конуса выноса. На первом участке селевой врез оказался частично заполнен, меженное русло сместилось в пределах дна. В зоне разгрузки ведущими процессами были: перемыв и сортировка селевых отложений и распространяющихся ниже по долине осадков постселевого паводка. Песчано-гравийный и тонкий материал выносился за пределы участка, а галечно-валунный – подвергался сортировке и формировал новые растущие побочни и осередки. Наиболее крупные обломки на обоих участках не смещались.

Накопленная информация о морфологических и литологических перестройках дна долины и данные съемки БПЛА на разные временные срезы последнего десятилетия позволяют проводить мониторинг и оценку степени трансформации рельефа и растительности при прохождении экстремальных событий с дальнейшим прогнозом аналогичных природных явлений.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту № 17-05-00630а.*

## ЛИТЕРАТУРА

Гаранкина Е. В., Рудинская А. И., Беляев В. Р. Селевое событие в долине Сенгисйока (Ловозерские тундры): опыт наблюдения и оценки // Сборник материалов 11-ой международной молодежной школы-конференции «Меридиан». Москва: ИГ РАН. 2018. С. 35–36.

Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология. Москва: ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР». 2004. 495 с. Электронный ресурс: [www.национальныйатлас.рф/cd2/index.html](http://www.национальныйатлас.рф/cd2/index.html) (дата обращения: 01.03.2018).

*Perov V., Chernomorets S., Budarina O., Savernyuk E., Leontyeva T.* Debris flow hazards for mountain regions of Russia: regional features and key events // *Natural Hazards* 2017. Vol. 88. P. 199–235.

*Шеремецкая Е. Д., Иванов М. М., Ворошилов Е. В., Гаранкина Е. В., Беляев В. Р.* Использование материалов крупномасштабной аэрофотосъемки беспилотными летательными аппаратами в целях изучения экстремальных геоморфологических процессов // *Материалы Международной конференции ИнтерКарто/ИнтерГИС. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2018. Т. 24. С. 158–170.*

## **ECOTOXICOLOGICAL STUDIES OF AGRICULTURAL SOILS POLLUTED BY COPPER MINING IN CHILE**

Neaman A.

*Escuela de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile; e-mail: alexander.neaman@pucv.cl*

Chile is one of the world's most important copper producers. The environmental problems historically associated with copper mining are widely known, particularly in relation to the contamination of agricultural soils by metals, such as Cu, Zn, Pb, and Cd, and metalloids, such as arsenic (henceforth referred to as “metals” for convenience). Copper is the main contaminant in the soils of copper mining areas in Chile, while arsenic (As) is a common accessory element in Cu ores. Moreover, copper is an essential micronutrient for all organisms, but becomes toxic above a certain threshold, while As is a non-essential and potentially toxic element for all organisms.

Currently, Chile does not have any regulations on the maximum permissible concentrations of metals in soils. In this context, it is important to distinguish between soils where metals are present, but do not present a threat, and those that, at similar total concentrations of metals, do present a major environmental threat. This is also highly relevant, given that the background levels of metals in soils in Chile are much higher than elsewhere considering the geochemical context. Bioavailability of metals may be assessed in two complementary ways: (1) biological methods, which expose organisms to soils in order to monitor the effects, (2) chemical extraction methods, which determine the content of a contaminant in the soil. These analytical values need to be correlated with biological effects. If a correlation between the resulting chemical values and effects has been demonstrated, soil quality criteria might be obtained. However, sensitivity to metals varies from one species to another. Therefore, several ecotoxicity tests need to be performed in order to give a clear view of the toxic effects of metals on soil organisms.

In this study, we summarize our earlier toxicity studies of ryegrass (plant) and *Eisenia fetida* (earthworm) and estimate thresholds of copper phytotoxicity and arsenic toxicity to earthworms. We conclude that a detailed characterization of soil properties and metal concentrations allowed us to differentiate between the effects of different metals, and permitted separating confounding factors from metal-toxicity factors. Thus, plant and earthworm tests can be applied for an assessment of metal toxicity in field soil samples.

**СЕКЦИЯ 2. Современные тенденции изменения  
водных экосистем Севера**

**SESSION 2. Contemporary trends in the dynamics  
of the Northern aquatic ecosystems**

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАЖОРОВ И ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ ВАРЗУГА

### DISTRIBUTION OF ICE CONGESTIONS AND JAMS ON THE VARZUGA RIVER

Банщикова Л. С.<sup>1,2</sup>, Банщиков А. А.<sup>2</sup>, Сумачев А. Э.<sup>1</sup>

Banshchikova L. S.<sup>1,2</sup>, Banshchikov A. A.<sup>2</sup>, Sumachev A. E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственный Гидрологический институт, Санкт-Петербург; e-mail: balju@rambler.ru, a-sumachev@mail.ru

<sup>2</sup>НПО «Гидротехпроект», Валдай; e-mail: expedition.gtp@yandex.ru

The paper discusses the causes of the formation of ice congestions and jams on the Varzuga River in a long-term perspective. Parameters of ice congestion and jams were estimated. The congestion process on the Varzuga River was mapped depending on various conditions.

На реках Кольского полуострова формированию зажоров и заторов льда способствуют сложные морфометрические параметры русла: сочетание резких коленчатых изгибов, перепадов (стремнины, пороги, водопады) и плесов. Согласно исследованиям, шугоносность отдельных участков рек Кольского полуострова достигает 70 % [Каталог..., 1976]. А климатические условия зимних месяцев позволяют, с одной стороны, сформировать значительный по толщине ледовый покров (плесы), и в то же время, на порогах, в течение всего зимнего периода, формировать шугоносные слои.

Заторы и зажоры льда — локальны, нет универсальных мер по предотвращению негативных последствий, а эффективность способов предупреждения заторов и борьбы с ними очень невелика. С учетом того, что на многих участках рек наблюдаемые заторные уровни воды выше уровней воды весеннего половодья, меры по минимизации ущерба должны рассматриваться для каждого участка реки в отдельности. При этом первичные меры во многом определяются степенью гидрологической изученности речного участка, наблюдением за уровнями воды, ледовой обстановкой.

В работе рассмотрены особенности формирования заторов и зажоров льда за многолетний период на р. Варзуга.

Для образования заторов и зажоров льда необходимо не только наличие больших масс льда, шуги, как в верхнем течении р. Варзуга, но и наличие преград для свободного транспорта льда и средняя скорость течения более 0.6 м/с. Подобные условия на р. Варзуга возникают в нижнем течении, где и расположен пост гидрометрических наблюдений.

Осенью в период ледохода здесь формируются зажоры льда, при этом количество шуги в теле зажора может достигать 80 %.

На исследуемом участке, согласно анализу данных ледовых явлений, за многолетний период, зажоры образуются на пороге выше села — у устья ручья Мельничный — и гряды порогов, протяженностью около 4 км, которые начинаются ниже села — пороги Собачий, Койгутов, Клетной состоящие из нескольких крутых перепадов. Здесь наблюдается наиболее интенсивное образование внутриводного льда, и долгое время не формируется ледостав.

Хронологический график хода повторяемости зажоров за многолетний период показал положительный тренд в изменении повторяемости этих явлений, общее число наблюдаемых зажоров за период с 1935 по 2017 г. — 48 раз [Ежегодные..., 1935-2017]. С 2003 г. зазоры льда наблюдаются практически ежегодно [Ежегодные..., 1935–2017; Крыленко и др., 2018]. Эти изменения можно объяснить естественными причинами, связанными с изменениями метеорологических факторов, которые влияют на продолжительность периода осеннего ледохода и шугохода, и более поздним установлением ледостава. За период с 1935 по 2016 г. повторяемость зажоров составляет 60 %.

Продолжительность зазорных явлений составляет 2-3 месяца, но в отдельные годы они наблюдаются в течение всей зимы.

Несмотря на то, что наивысшие зазорные уровни воды не велики, негативные проявления от зажоров проявляются в другом. Участки образования зажоров и заторов совпадают, и при определённых условиях сформированный в осенний период зазор трансформируется в затор, в котором основной состав тела — многослойные скопление льдин, поступившего с верхнего и среднего течения реки.

Заторы льда на рассматриваемом участке реки образуются в трех характерных местах: на излуине, у острова Собачий, а также в 500 м ниже поста, где река делает крутой поворот, и у порога Собачий.

Анализ ледовой обстановки за период с 1935 по 2017 гг. показал, что в зависимости от водности реки, толщины и прочности ледового покрова к началу ледохода, а также метеорологической обстановки на исследуемом участке реки может наблюдаться как один затор, так и несколько. При условии, что ниже порогов русло реки свободно ото льда, и сформирован только один затор, а значительные подъемы уровней воды не будут наблюдаться, затор разрушится под действием несущей силы потока и теплового фактора. Наибольшие подъемы уровней воды, вызванные заторами льда, будут наблюдаться при сочетании следующих условий: наличие зажоров льда на порогах, сформировавшихся в осенне-зимний период, наблюдаемый ниже порога Койгуров сплошной ледостав. В это же время происходит прорыв заторов льда, образовавшихся у острова и на излуине, а сформировавшийся к тому времени затор льда на повороте реки в месте сужения русла будет неподвижен. С учетом поступивших масс льда, выше по течению произойдет значительное стеснение русла, при котором сформируется наиболее мощный затор, который вызовет значительный подъем уровня воды.

Формирование затора по третьему сценарию, согласно данным, наблюдался в мае 1996 г. и составил 15.24 м БС. На левом берегу были затоплены значительные по площади территории, на которых располагались дома и постройки.

Хронологический график хода повторяемости заторов льда за многолетний период показал положительные тренды в изменении повторяемости этих явлений, за многолетний период они наблюдались 39 раз, причем в отдельные годы — дважды за период ледовых явлений, к примеру, в 1987 и 2013 гг. общая повторяемость заторов льда составляет 48 %.

Полученные в работе результаты могут быть применены для выбора мер по предотвращению негативных последствий от заторов и зажоров льда.



## ЛИТЕРАТУРА

- Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1935-2017 гг. Т. 1. Вып. 5. Ч. 1. Бассейн рек Балтийского моря, Ладожского и Онежского озер. Каталог заторных и зажорных участков рек СССР. Л.: Гидрометеоиздат. 1976. Т. 1. 260 с.
- Крыленко И. В., Липка О. Н., Суткайтис О. К. Причины и последствия изменения русла в нижнем течении реки Варзуги. Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2018. 200 с.

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ДОННЫХ ОСТАДКОВ РЕКИ ЗОЛОТИЦА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

### BOTTOM SEDIMENT COMPOSITION IN THE ZOLOTITSA RIVER, ARKHANGELSK REGION

Бедрина Д. Д., Малов А. И., Яковлев Е. Ю., Дружинин С. В., Баженов А. В.,  
Кузнецова И. А.  
Bedrina D. D., Malov A. I., Yakovlev E. Yu., Druzhinin S. V., Bazhenov A. V.,  
Kuznetsova I. A.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: bambba@mail.ru*

Lomonosov diamond deposit is located in Primorsky District of Arkhangelsk Region, 100 km north of the city of Arkhangelsk, and is currently actively developed. As a result, a large amount of wastewater is drained through the surface filtration fields into the Zolotitsa River. Bottom sediments of the Zolotitsa River in the zone affected by the diamond deposit were studied. The research goal was to find the existing specific activity level of natural and anthropogenic radionuclides (RN) in the bottom sediments of the Zolotitsa River and its tributaries and to identify the underlying causes of the local RN anomalies. The specific activity of the radioactive isotopes  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , and  $^{137}\text{Cs}$  was measured in the bottom sediments with the gamma spectrometer Progress-gamma. It was found that the maximal activity levels of the natural radionuclides in the bottom sediments are lower than the Clark values for soils and the Earth crust as a whole. Spatial heterogeneity of the distribution of radionuclides in the bottom sediments and a significant predominance of  $^{40}\text{K}$  compared to other radionuclides were revealed, which is explained by a number of factors, such as the predominance of fine-grained sand in the bottom sediments of the Zolotitsa River, which has a low sorption capacity, and weathering products of acidic magmatic rock fragments in the fluvio-glacial deposits.

Месторождение алмазов им. М. В. Ломоносова расположено в Приморском районе Архангельской области в 100 км к северу от г. Архангельска и находится в стадии активной разработки, вследствие чего большой объем сточных вод с дренажного контура через поля поверхностной фильтрации стекает в р. Золотицу. Речная система р. Золотица относится к водным объектам высшей категории в связи нахождением на ней мест нерестилищ лососевых; изменение ее гидрохимического режима в условиях техногенеза может иметь определенное воздействие на речных обитателей [Исаченко, 1995]. Таким образом, целью работы являлось установление существующего уровня удельной активности естественных и техногенных радионуклидов (РН) в донных осадках р. Золотица

и ее притоков и выявление основных закономерностей формирования локальных аномалий содержания РН.

Пробы донных осадков р. Золотицы и ее притоков были отобраны в районе месторождения им. М. В. Ломоносова — р. Светлой, руч. Светлого, руч. Вахтового, руч. Тучкин, р. Белой с моторной лодки с помощью ковша-дночерпателя. После отбора пробы донных осадков помещали в маркированные пластиковые пакеты. В лаборатории пробы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. Измерения удельной активности естественных радиоактивных изотопов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и техногенного  $^{137}\text{Cs}$  проводили на гамма-спектрометре «Прогресс-гамма» [Методика измерения..., 2016].

В донных отложениях р. Золотицы удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  изменяется в диапазоне от 1.5 до 25.8 Бк/кг, при средней активности в пробах — 5.7 Бк/кг. Активность  $^{226}\text{Ra}$  варьирует в пределах от 2.4 до 12.8 Бк/кг, среднее значение составляет около 7 Бк/кг. Для  $^{232}\text{Th}$  диапазон изменения активности составляет от 5.2 до 24.8 Бк/кг, среднее значение активности 10 Бк/кг. Удельная активность  $^{40}\text{K}$  в донных отложениях р. Золотицы изменяется от 175 до 428 Бк/кг, в то время как средняя активность близка к 300 Бк/кг.

Максимальные активности радионуклидов отмечены в донных осадках участка русла в районе территории Ломоносовского ГОКа, в непосредственной близости от которого происходит сброс карьерных вод, содержащих изотопы урана, радия и тория на болото – поле фильтрации.

Диапазон вариаций значений удельной активности РН в донных осадках отличается незначительным разбросом, при этом максимальные значения активности исследованных естественных радионуклидов в донных осадках находятся ниже кларковых для почв и земной коры в целом. Это объясняется гидрологическими и геоморфологическими особенностями р. Золотицы, в т.ч. преобладанием в составе донных осадков р. Золотицы мелкозернистого хорошо промытого песка, обладающего низкой сорбционной способностью. В связи с этим, активных процессов осадконакопления растворенных и взвешенных в воде частиц на исследованном участке русла Золотицы не происходит.

Значительное преобладание  $^{40}\text{K}$  в донных осадках р. Золотицы по сравнению с другими радионуклидами объясняется, вероятно, минеральным составом русловых отложений (мелкозернистых песков), содержащих продукты выветривания обломков кислых магматических пород, присутствующих в составе флювиогляциальных отложений, развитых на данной территории.

*Работы выполнены в рамках государственного задания «Комплексные изотопно-геохимические исследования качества природной среды и идентификация процессов её трансформации на приморских территориях Европейского Севера в современности и в прошлом» (№АААА-А19-119011890018-3).*

## ЛИТЕРАТУРА

Исаченко А. Г. Физико-географическая характеристика региона // Состояние окружающей среды Северо-Западного и Северного регионов России. СПб.: Наука. 1995. С. 7–30.

Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». М.: ООО НТЦ «Амплитуда». 2016. 12 с.

## ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ИМАНДРА В МНОГОЛЕТНЕМ РЯДУ ИССЛЕДОВАНИЙ

### ZOOPLANKTON OF LAKE IMANDRA IN A LONG-TERM SERIES OF STUDIES

Вандыш О. И., Черепанов А. А., Постнова С. В.

Vandysh O. I., Cherepanov A. A., Postnova S. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: vandysh@inper.ksc.ru*

The taxonomic structure of zooplankton community is a good indicator of pollution in Lake Imandra as a whole or parts thereof. Rotifers and crustaceans appeared to be the most tolerant to industrial wastewaters. Calanoida, being the most sensitive to pollution, were recorded in small numbers. The share of Cladocera and copepods, the number of structure-forming species, and the Shannon index increase with distance from pollution sources. Quantitative zooplankton indices also vary in accordance with the extent of man-caused pollution of the water body. The abundance (N) and biomass (B) of zooplankton during the period of the highest activity of the community (July-August) increase in the most polluted areas of the lake compared to the same indices in the contaminated areas of the lake.

В многолетнем ряду исследований (с 1996–2018 гг.) рассмотрены зоопланктонные сообщества губ Монче, Белая (воздействие предприятий горнопромышленного комплекса) и Молочная (влияние подогретых вод Кольской АЭС) оз. Иmandра. В качестве условно-фоновой района – сообщества восточного и западного участков плеса Бабинская Иmandра, не испытывающие прямой техногенной нагрузки. Актуальным становится поиск наиболее информативных показателей из числа типологических [Андроникова, 1996].

Зоопланктоценозы оз. Иmandра представлены типичными для северных широт формами. Таксономическая структура зоопланктонного сообщества является хорошим индикатором степени загрязнения водоема в целом или его отдельных участков. В условно-фоновом районе высокой была доля «тонких» (*Bosmina obtusirostris*, *Daphnia cristata*) и «грубых» (*Eudiaptomus gracilis*, *Heterocope appendiculata*) фильтраторов, чувствительных к загрязнению и играющих важную роль в процессе самоочищения воды.

В зонах, испытывающих воздействие сточных вод горнорудного производства, состав руководящего комплекса зоопланктона формировали *r*-стратеги — эврибионтные виды с широкой экологической валентностью, простыми жизненными циклами и высокой скоростью размножения (коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra* sp., *Synchaeta* sp.), что свидетельствует о снижении биофильтрационной активности зоопланктона в целом. Это характерно и для других северных озер, загрязняемых стоками горнорудных производств [Кухарев и др., 1998].

Следует отметить, что влияние умеренно подогретых сбросных вод электростанции на животный мир субарктического водоема, в целом, положительный фактор [Мордухай-Болтовской, 1975]. В губе Молочной на протяжении всего периода исследований отмечено удлинение вегетационного периода в развитии зоопланктеров, массовое присутствие мелких форм, имеющих

короткий жизненный цикл (коловраток), а также наличие «тонких» (клагоцер) и «грубых» (копепод) фильтраторов. Происходит быстрая утилизация поступающих биогенных элементов и органических веществ зоопланктерами-фильтраторами, за счет чего повышается самоочистительная способность данной акватории озера, и она сохраняет, в основном, черты олиготрофного водоема.

Количественные показатели зоопланктонного сообщества также проявляют определенную специфику в зависимости от степени техногенного загрязнения отдельных участков озера. Максимальные значения численности и биомассы зоопланктона в исследуемые периоды (1996-2016 гг.) были зарегистрированы в губах Монче ( $657.2 \pm 215.5$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $1.8 \pm 0.3$  г/м<sup>3</sup>) и Белая ( $401.5 \pm 140.1$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $2.2 \pm 0.9$  г/м<sup>3</sup>) соответственно [Вандыш, Черепанов, 2016]. В 2018 г. показатели зоопланктонных сообществ в этих же губах были по-прежнему высоки ( $510.0$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $1.4$  г/м<sup>3</sup>;  $506.0$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $2.1$  г/м<sup>3</sup> соответственно). Это вызвано одним из основных лимнических процессов – эвтрофированием, выступающим здесь «ведущим» фактором. Содержание больших количеств биогенных элементов и органических веществ в воде снижает токсичность тяжелых металлов и других металлов и стимулирует развитие зоопланктона.

Данные исследования подтверждают вывод о том, что экосистема оз. Имандра находится в нестабильном состоянии и подвержена значительным флуктуациям. Раскрытие закономерностей и понимание механизмов формирования структуры зоопланктона озера требует продолжения систематических гидробиологических и гидрохимических наблюдений.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Андроникова И. Н.* Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб. 1996. 189 с.

*Вандыш О. И., Черепанов А. А.* Зоопланктонное сообщество озера Имандра в условиях многолетнего комплексного техногенного воздействия // Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения», 10-14 октября 2016 г. Апатиты: Изд-во Кольский НЦ РАН. 2016. С. 174–178.

*Кухарев В. И., Калинин Н. М., Дубровина Л. В., Рябинкин А. В., Власова Л. И., Морозов А. К., Лозовик П. А.* Комплексная оценка эколого-техногенной нагрузки (Костомукшский ГОК) на водные системы (р. Кенти) // Инженерная экология. 1998. № 6. С. 33–41.

*Мордохай-Болтовской Ф. Д.* Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов // Экология организмов водохранилищ-охладителей. Л. 1975. С. 7–69.

## РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

### DEVELOPMENT OF A ZOOPLANKTON COMMUNITIES DATABASE FOR THE EUROPEAN ARCTIC REGION

Вандыш О. И., Черепанов А. А., Постнова С. В.  
Vandysh O. I., Cherepanov A. A., Postnova S. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: vandysh@inep.ksc.ru*

Based on the considerable amount of accumulated zooplankton material from multiple water bodies (since 1990), a zooplankton communities database for the European Arctic region was built.

Современные сообщества планктона – результат длительного воздействия комплекса факторов, как многолетних изменений абиотической среды, так и соотношений между самими сообществами. В настоящее время в ИППЭС КНЦ РАН (INEP KSC RAS) проводятся комплексные исследования пресноводных экосистем, включающие анализ функционирования сообществ гидробионтов, в том числе и зоопланктонного сообщества как неотъемлемого компонента, тесно связанного со всеми остальными звеньями биоты, и играющего значительную роль в определении рыбопродуктивности водоемов.

Накоплен значительный объем материала по зоопланктонным сообществам разнотипных водоемов, испытывающих различную степень техногенного воздействия. Актуальной стала задача хранения, систематизации и обработки полученных данных. Разработка БД была начата в 1990 г., подвергалась усовершенствованию и дополнению по мере эксплуатации.

В настоящее время БД – это функциональный комплекс, созданный в виде таблиц по разнотипным водоемам Евро-Арктического региона, совместимых с приложениями MS Office, и позволяющий вводить и редактировать численные данные и текстовую информацию. Таблицы содержат сведения об объектах исследования, дате и станциях отбора, горизонте и орудиях лова, количестве проб, а также количественные характеристики основных групп зоопланктонных сообществ (Rotatoria, Cladocera, Cyclopoida, Calanoida), такие как численность, биомасса, индекс Шеннона, продукция и др.

БД позволяет решать следующие задачи: 1) хранение и систематизация накопленного материала; 2) редактирование, внесение вновь полученных данных; 3) оптимизация аналитической работы, выполнение элементов сравнительного системного анализа; 4) удобный импорт и экспорт данных в среде MS Office.

Практическая значимость БД заключается в структурированном упорядоченном хранении первичной информации по зоопланктону исследованных водоемов Евро-Арктического региона. В настоящее время БД содержит сведения о зоопланктонных сообществах 105 разнотипных водоемов, включает данные более чем по 600 пробам и постоянно пополняется по мере получения новой информации.

Перспективы дальнейшего развития БД связаны с необходимостью интеграции и анализа дополнительной информации, расширяющей возможности системного анализа гидробиологических данных.

## **СОДЕРЖАНИЕ СУММАРНОГО ПАРАМЕТРА АОХ В ВОДЕ ОЗЕРА СВЕТЛОЕ (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)**

### **TOTAL AOX IN THE WATER OF LAKE SVETLOYE (BASIN OF THE WHITE SEA)**

Вахрамеева Е. А.  
Vakhrameeva E. A.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: vakhr-elena@yandex.ru*

A study was undertaken of organochlorine compounds in the water of Lake Svetloye (basin of the White Sea). The data on the content and distribution of organically bound chlorine is presented. The development of adsorbed organically bound chlorine (AOX) levels in the water column of the lake is described.

В течение длительного времени считалось, что хлорорганические соединения имеют только антропогенное происхождение. С 70-годов прошлого века стало известно, что они в значительных количествах образуются и в природных экосистемах в результате биохимических и геохимических процессов [Gribble, 1992]. Для количественной оценки хлорорганических соединений в водных средах в мировой практике используется суммарный параметр АОХ (адсорбируемый органически связанный хлор). АОХ – неспецифический параметр, отражает суммарное содержание хлорорганических соединений, отличающихся по молекулярным массам и физико-химическим свойствам, в разной мере опасных для окружающей среды.

Целью настоящих исследований было количественное определение АОХ в воде малого пресноводного меромиктического оз. Светлое (Архангельская область). Подобные исследования ранее не проводились, хотя экосистемы малых озер, обладая низкой способностью к самоочищению, наиболее уязвимы к факторам внешнего воздействия, будь то изменения климата или антропогенное воздействие.

Субарктическое оз. Светлое является первым в системе озер, дающих начало р. Светлая, расположено примерно в 65 км на северо-востоке от Архангельска, относится к бассейну Белого моря и не подвержено антропогенному загрязнению. По своим морфометрическим признакам оз. Светлое можно отнести к малым глубоководным озерам. Оно ледникового происхождения и принадлежит к редкому типу пресноводных меромиктических озер. Максимальная глубина озера — 39 м; хемоклин расположен на глубине 20–24 м, а ниже гипolimнион является бескислородным в течение всего года [Чупаков, 2017].

Отбор проб на определение АОХ проводили с марта 2012 по июль 2013 г. в зимнюю и летнюю межень периодичностью раз в два месяца. Отбор проб производился поликарбонатным горизонтальным батометром Aquatic Research объемом 5 л. Определение АОХ [ПНД Ф 14:1:2:4.248-06] в воде проводили путем адсорбции хлорорганических соединений на активированном угле, промывки нагруженного угля от хлорид-ионов нитратом натрия, дальнейшей минерализации хлорорганических соединений в токе кислорода при 950 °С и микрокулонометрического титрования образовавшихся хлорид-ионов.

Установлено, что концентрация АОХ в пределах всей водной толщи (от 0 до 36 м) изменяется в диапазоне от 4 до 48 мкг/л. В верхнем слое (миксолимнион) содержание изменяется от 6 до 25 мкг/л. При этом зимой здесь среднее содержание АОХ составляет 8 мкг/л, а летом 24 мкг/л. Сравнивая эти значения

с нормативами, принятыми в странах Европейского Союза, например, в Германии можно оценить, как «условно чистые» (содержание АОХ менее 25 мкг/л). Сопоставляя данные для кислородных вод оз. Светлого с результатами, полученными нами для некоторых озер Кенозерского национального парка, можно отметить их близость — так в оз. Масельгское содержание АОХ изменяется в зимнюю межень от 6 до 17 мкг/л, а в летнюю от 10 до 28 мкг/л.

В зоне хемоклина — на горизонте от 20 до 25 м — содержание АОХ составляет 15 мкг/л в зимнюю и 24 мкг/л в летнюю межень. В анаэробном слое (ниже 25 м) концентрации АОХ почти не подвержены колебаниям и достигают 33 мкг/л, как летом, так и зимой.

Таким образом, содержание АОХ в кислородных водах миксолимниона является невысоким, сравнимым с уровнем этого показателя для других пресноводных бореальных озер, а ниже увеличивается и достигает максимальных значений в бескислородных водах, что можно объяснить образованием продуктов трансформации хлорорганических соединений анаэробными микроорганизмами [Grimvall et al., 1994].

#### ЛИТЕРАТУРА

Gribble G. W. Naturally Occurring Organohalogen Compounds. A Survey // J. Nat. Prod. 1992. V. 55. № 10. P. 1353–1395.

Grimvall A., Laniewski K., Borén H., Jonsson S. & Kaugare S. Organohalogenes of natural or unknown origin in surface water and precipitation // Toxicological and Environmental Chemistry. 1994. V. 46. № 3. P. 183–196

ПНД Ф 14:1:2:4.248-06 Методика измерений массовых концентраций адсорбируемых галогенорганических соединений (АОХ) в пробах питьевых, природных и сточных вод с применением АОХ-анализатора. Архангельск. 18 с.

Чупаков А. В., Покровский О. С., Широкова Л. С., Воробьева Т. Я., Забелина С. А., Кокрятская Н. М., Морева О. Ю., Еришова А. А., Шорина Н. В., Климов С. И. Гидрохимические особенности пресноводного меромиктического оз. Светлое (Архангельская область) // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Естественные науки». 2013. № 1. С. 20–31.

#### УЧАСТИЕ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ТЕМПЕРАТУРНЫХ АДАПТАЦИЯХ БЕЛОМОРСКИХ МИДИЙ (*MYTILUS EDULIS* L.)

#### THE ROLE OF LYSOSOMAL ENZYMES IN THE TEMPERATURE ADAPTATIONS OF WHITE SEA MUSSELS (*MYTILUS EDULIS* L.)

Высоцкая Р. У., Бахмет И. Н.

Vysotskaya R. U., Bakhmet I. N.

Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: rimta@bio.krc.karelia.ru

Experiments revealed the active involvement of lysosomal enzymes in the temperature adaptations of the mollusks *Mytilus edulis* L. The influence of heat resulted in the activation of lysosomal enzymes in the hepatopancreas and foot. During cold acclimation, the acid phosphatase activity decreased in all mussel organs, indicating a general decrease in metabolic rates.

Двустворчатые моллюски рода *Mytilus*, являющиеся важнейшим объектом марикультуры, широко используются в хозяйственной деятельности человека, а также при изучении механизмов адаптаций гидробионтов, в том числе

температурных, поскольку они обитают в приливно-отливной зоне и хорошо приспособлены к резкой смене внешних условий.

В аквариальных экспериментах на беломорских мидиях *Mytilus edulis* L. изучено участие лизосомальных ферментов в перестройках метаболизма под влиянием изменяющейся температуры среды. Параметры эксперимента имитировали отлив при разных погодных условиях и минусовой температуре.

Эксперименты проводили на Беломорской биологической станции Зоологического института РАН «Картеш». Моллюсков собирали с глубины около 2-х метров с обрастаний искусственных субстратов в непосредственной близости от станции, расположенной в устье губы Чупа Кандалакшского залива. Материал был собран в апреле, когда моллюски находились на стадии медленного гаметогенеза. Отбирали одноразмерных мидий (средняя длина раковины 50–60 мм), возраст — 3-4 года. Моллюсков содержали в аквариумах в аэрируемой морской воде. Дополнительного кормления мидий не производилось.

В ходе исследований были проведены эксперименты по акклимации мидий к разным температурам. Контрольных особей содержали при температуре 0 °С в течение двух недель. Далее проводили опыты по кратковременной холодовой и тепловой акклимации мидий. Из аквариумов с температурой 0 °С их пересаживали в аквариумы с температурой — 6 °С (имитация отлива на воздухе) и выдерживали в этих условиях в течение 6 часов. При этом температура среди мидий составляла — 1.5 °С. При тепловой акклимации мидий из контроля (0 °С) пересаживали в аквариумы с температурой — 4 °С (имитация отлива на солнце) и выдерживали в них в течение 6 часов. В этом варианте к концу опыта температура среди мидий была равна +12 °С. По окончании экспериментов моллюсков препарировали, мягкие ткани извлекали, замораживали и доставляли в лабораторию для дальнейшей работы.

Проведение аналитических работ осуществляли с использованием приборов ЦКП Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр РАН». В гепатопанкреасе, жабрах и ноге мидий измеряли активность кислой фосфатазы и лизосомальных нуклеаз (ДНКазы и РНКазы), определяли содержание белка.

В результате проведенных исследований было выяснено, что лизосомальные ферменты участвуют в приспособительных реакциях мидии съедобной *Mytilus edulis* L. к изменениям температуры окружающей среды. Об общей реакции лизосомального аппарата на воздействие температурного фактора можно судить по активности фермента-маркера лизосом — кислой фосфатазы. Под воздействием «тепла» отмечена активация кислой фосфатазы в гепатопанкреасе и в ноге, а под влиянием более низкой температуры происходило снижение активности лизосомального аппарата во всех органах моллюска. Та же зависимость под влиянием «тепла» и «холода» проявлялась в разных органах мидий и по содержанию белка. На наш взгляд, это свидетельствует об общем снижении метаболизма до минимального уровня при неблагоприятных условиях обитания. Именно такую стратегию биохимической адаптации выбирают мидии в том случае, если сила воздействующего неблагоприятного фактора достигает определенного порога.

При холодовой акклимации активность РНКазы также повышалась во всех органах, что свидетельствует об усилении биосинтеза белков, необходимых организму для поддержания нормального функционирования всех систем в складывающихся условиях. Следует отметить, что активность кислых



гликозидаз, и наиболее значительно  $\beta$ -глюкозидазы, также повышалась в органах мидий при понижении температуры до 0 °С. Это связано с вовлечением гликозидаз в процессы энергообеспечения организма с использованием углеводов в качестве основного источника.

Таким образом, результаты эксперимента показали, что лизосомальные ферменты принимают активное участие в адаптивных перестройках метаболизма мидий при изменении температуры окружающей среды. Амплитуда и направленность изменения биохимических показателей зависели от специфики функций органов моллюсков и характера воздействующего фактора. Под воздействием «тепла» происходила активация лизосомального аппарата в гепатопанкреасе и ноге. При «холодовой» акклимации с достижением определенного порога отмечено угнетение активности кислой фосфатазы во всех органах мидий, что отражает общее снижение метаболизма.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета РФ на выполнение государственного задания КарНЦ РАН № 0221-2017-0050 (№ АААА-А17-117031710039-3).*

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ОЗЕР  
ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫБРОСОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ:  
ПРОГНОЗ ЗАКИСЛЕНИЯ**

**SPATIOTEMPORAL VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION  
OF LAKE WATER UNDER THE INFLUENCE OF EMISSIONS FROM  
COPPER–NICKEL SMELTERS: PREDICTING ACIDIFICATION**

Гашкина Н. А.<sup>1</sup>, Моисеенко Т. И.<sup>1</sup>, Кудрявцева Л. П.<sup>2</sup>  
Gashkina N. A.<sup>1</sup>, Moiseenko T. I.<sup>1</sup>, Kudryavtseva L. P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, Москва; e-mail: ngashkina@gmail.com, moiseenko.ti@gmail.com*

<sup>2</sup>*Института проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: lkudr@iner.ksc.ru*

The effect of sulfur dioxide and solid emissions from Pechenganickel and Severonickel copper–nickel smelters, Murmansk Region, on lake water chemistry was analyzed. The temporal dynamics and the response of the lake water chemistry to the effects of acid-forming substances depending on the environmental load level (distance from the smelters), geologically controlled sensitivity of the catchment areas of the lakes to acid deposition is discussed. Possible future changes in the sulfate concentration and pH values of the lake water were estimated for scenarios assuming an increase or a decrease in sulfur dioxide emissions from the smelters.

Особенностью предприятий цветной металлургии, специализирующихся на переработке сульфидных медно-никелевых руд, является огромные выбросы диоксида серы, вследствие чего зона воздействия носит региональный характер. В Мурманской области с 30-х годов прошлого века функционируют крупные медно-никелевые производства «Печенганикель» и «Североникель». В 1990-е годы наметилась тенденция значительного сокращения объемов выбросов.

Целью исследования было оценить влияние выпадений кислотообразующих веществ на изменения химического состава вод озер Кольского Севера, дать прогноз возможных дальнейших изменений при увеличении или снижении выпадений техногенных кислот.

Работы по изучению изменений химического состава вод были начаты в 1990 г. и продолжены в 1995 г., когда было исследовано 460 озер по всей Мурманской области [Henriksen et al., 1998]. По инициативе авторов в 2000, 2005 и 2009 гг. по единой методической схеме были обследованы ~100 озер в западной части области.

Содержание органического аниона и концентрации техногенных сульфатов были рассчитаны, используя метод Henriksen et al. [1998]. Расчет атмосферных выпадений сульфатов велся по методике [Раткин, 2001].

По распределению расчетных значений выпадений сульфатов и их содержанию в воде озер были выделены зоны: максимальных нагрузок (0–50 км), снижения нагрузки (50–200 км) и региональный фон (РФ) (>200 км).

Анализ химического состава вод озер проводился в зависимости от уязвимости их водосборов: чувствительных к кислотным выпадениям (кислые породы) и устойчивых к ним (средние и основные породы).

Получены модели, согласно которым рН находится в достоверной зависимости от суммы катионов, техногенных сульфатов и органического аниона; влияние нитратов на величину рН вод недостоверно.

У комбината «Североникель» к 2000 г. выбросы диоксида серы сократились в 5 раз, а твердых веществ в 2–2.5 раза. На комбинате «Печенганикель» выбросы диоксида серы снизились только в 2 раза, а твердых веществ — практически не изменились.

В зоне максимальных нагрузок концентрации сульфатов в озерах, расположенных ближе к комбинату «Североникель», в среднем наиболее приближаются к РФ, а сумма катионов его достигает. Концентрации сульфатов в озерах, приближенных к комбинату «Печенганикель», значительно выше у чувствительных озер по сравнению с устойчивыми. В районе комбината «Печенганикель» у чувствительных озер остается крайне высокое содержание катионов, у устойчивых озер оно ниже РФ. В районе комбината «Североникель» в воде чувствительных озер наблюдается рост содержания органического аниона, вторичным эффектом этого является тенденция снижения рН вод. У чувствительных озер в районе комбината «Печенганикель» содержание органического аниона в воде практически не меняется и остается низким, а величины рН велики за счет высоких концентраций катионов. Снижение рН в воде у устойчивых озер в районе комбината «Печенганикель» связано с пониженным уровнем содержания катионов в воде.

В зоне снижения нагрузок тоже идет уменьшение концентраций сульфатов в воде, не достигая РФ. В озерах с площадью водного зеркала >1 км<sup>2</sup> снижение суммы катионов не происходит, а их содержание выше РФ. Для озер с площадью водного зеркала <0.1 км<sup>2</sup> среднее содержание катионов снизилось у чувствительных и устойчивых озер.

Оценочный прогноз изменений концентрации сульфатов и величин рН вод озер сделан на основе полученных моделей. Наиболее вероятный сценарий изменения выбросов серы – увеличение их на 20 %. В зоне максимальных нагрузок данное увеличение повлечет за собой рост концентрации сульфатов в среднем на 8.4 мкг-экв/л (что сопоставимо с РФ) и уменьшение рН в среднем на

0.1 у чувствительных озер, но практически не повлияет на данные параметры у устойчивых озер. Менее вероятный сценарий – снижение выбросов диоксида серы комбинатами на 20 %. В зоне максимальных нагрузок снижение выбросов комбинатом «Североникель» приведет к дальнейшему восстановлению химического состава вод озер, тогда как в районе комбината «Печенганикель» не приведет к существенным изменениям. В зоне снижения при обоих сценариях для наиболее уязвимых озер с площадью водного зеркала <0.1 км<sup>2</sup> дальнейшее уменьшение содержания катионов также повлечет за собой снижение pH.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 18-05-60012.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Раткин Н. Е.* Методологические и методические аспекты изучения закономерностей аэротехногенного загрязнения импактных территорий (на примере Мурманской области). Мурманск: МГТУ. 2001. 118 с.

*Henriksen A., Skjelkvåle B.L., Mannio J. et al.* Northern European Lake Survey, 1995. Finland, Norway, Sweden, Denmark, Russian Kola, Russian Karelia, Scotland and Wales. // *Ambio*. 1998. Vol. 27. P. 80–91.

### НОВЫЙ БИОМОНИТОРИНГ И РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

#### NEW BIOMONITORING AND A SOLUTION TO ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Гудимов А. В.<sup>1</sup>, Комарова Е. П.<sup>2</sup>

Gudimov A. V.<sup>1</sup>, Komarova E. P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Мурманская область; e-mail: alexgud@mail.ru*

<sup>2</sup>*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Ростовская область*

Online environmental safety monitoring as a contemporary approach to biomonitoring is to detect environmental hazards, e.g. toxic pollution, in near real time. The proposed continuous online biomonitoring system using bivalves is the first in Russia comprehensive system for automatic biosensor monitoring and real-time bioindication of the natural environment.

Экологические проблемы, связанные с загрязнением экосистем не могут быть решены стандартно применяемыми консервативными методами и традиционными технологиями. В частности, существующий мониторинг не способен обеспечить надлежащий экологический контроль и экологическую безопасность по самой сути своей технологии. Стандартный (традиционный) биомониторинг работает на уровне сообществ и потому обладает колоссальной инерцией реагирования – отражает изменения окружающей среды *post factum*, с большим опозданием. Отставание от изменения экологической ситуации (3–5 и более лет) усугубляется значительными потерями времени на отбор и обработку проб. Бесконечный ручной труд — пробоотбор, камеральная разборка, скрупулезные подсчеты, и точные списки видов. Такие традиционные работы нужны для фундаментальных исследований, и только тогда, когда они работают

на определенную теорию или научную идею. На практике обычна ситуация, когда огромное количество собранных данных дает мизерные или малозначительные результаты, относящиеся к второстепенным экологическим вопросам.

Для решения большинства прикладных задач экологии исследования по типу полномасштабного традиционного биомониторинга не нужны, они избыточны и к тому же экологически совершенно беспомощны, особенно, в отношении защиты экосистем от антропогенного воздействия.

Проблема в том, что стандартный экологический биомониторинг не способен сигнализировать о моменте появления опасности для предотвращения распространения загрязнения в экосистеме. Работая с опозданием, он неизбежно «пропускает» поступление загрязнения в экосистему и потому содействует возникновению устойчивого хронического загрязнения.

Выход заключается в применении современных технологий, позволяющих осуществлять экологический контроль в экосистеме непрерывно для получения оперативной информации о состоянии и качестве природной среды.

Системы оперативного биомониторинга (ОБМ) появились сравнительно недавно, проходят испытания, тестируются в разных странах. Кроме того, конкуренция новой системы экологического биомониторинга с традиционным биомониторингом также является сдерживающим фактором внедрения ОБМ и должна приниматься во внимание. Поэтому какой-либо оперативный контроль экологической безопасности природных объектов все еще полностью отсутствует, что делает невозможным своевременное обнаружение экологически опасных ситуаций и быстрое принятие необходимых мер, особенно, при возникновении масштабного и/или токсического загрязнения, или иных аномальных изменений условий среды. Широкое внедрение систем ОБМ вопрос времени, т.к. развитие биомониторинга, как и мониторинга в целом, идет в направлении полной автоматизации непрерывных измерений всех параметров среды.

Разрабатываемый для морских условий экологический зонд позволяет осуществлять оперативный контроль и биоиндикацию качества водной среды в режиме реального времени, с передачей данных на сервер он-лайн, и удаленным доступом компьютеров-клиентов через Интернет. Последним результатом наших исследований (1996–2017 гг.) в этом направлении стало создание биотехнической системы ОБМ и технологии получения оперативной информации об экологическом состоянии водной среды на основе непрерывной регистрации уровня активности двустворчатых моллюсков-биосенсоров. В настоящее время первая в РФ установка оперативного биомониторинга 4 поколения круглогодично и непрерывно работает в прибрежье Баренцева моря, проходя технические испытания.

В частности, испытания уже показали, что важным звеном системы ОБМ являются датчики регистрации активности животных. Их правильный выбор и применение представляют собой специальную, непростую задачу, от решения которой напрямую зависит эффективность работы устройств биосенсорного мониторинга.

## ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АО «АПАТИТ» НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

### EFFECTS OF JSC APATIT OPERATIONS ON GROUND WATER CHEMISTRY

Даувальтер М. В.<sup>1</sup>, Даувальтер В. А.<sup>2</sup>

Dauvalter M. V.<sup>1</sup>, Dauvalter V. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: dauvalter@geoksc.apatity.ru

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: vladimir@inep.ksc.ru

Long-term monitoring studies of water chemistry in several wells located in the area exposed to the environmental effects of Koashva apatite and nepheline mining project and drilled to the Quaternary Ostashkov aquifer and glacial groundwater horizon f<sub>1</sub>lgQIII<sub>os</sub>, with a close connection to atmospheric precipitation and terrestrial surface processes, were conducted to assess groundwater quality. A trend toward water level lowering in some of the wells and an increase in the pH values was found. The trend toward a higher content of alkaline metal cations Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> was observed in the recent years in all wells. Average content of ammonium ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and nitrite ion NO<sub>2</sub><sup>-</sup> in the groundwater and the number of trace elements (Al, Fe, Mn, Cu, Hg, Mo, F) several times exceeded the maximum permissible concentration of harmful substances in fisheries water bodies.

С целью оценки качества подземных вод на территории разработки Коашвинского апатит-нефелинового месторождения АО «Апатит» проведены многолетние мониторинговые исследования химического состава воды нескольких скважин, расположенных в зоне влияния деятельности карьера и пробуренных до водоносного верхнечетвертичного осташковского водно-ледникового горизонта грунтовых вод f<sub>1</sub>lgQIII<sub>os</sub>, имеющего тесную связь с атмосферными осадками и процессами, происходящими на земной поверхности. В пробах подземных вод ежемесячно определялись значения pH, ионный состав (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), металлы (Al, Fe, Mn, Mo, Hg, Sr, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Cd, Pb), выполнялись замеры уровней воды.

Выявлена четкая достоверная тенденция к понижению уровня воды в некоторых скважинах за период исследования, а также достоверное увеличение величины pH. Увеличение величины pH связано с контактированием подземных вод со щелочными породами и рудными минералами апатит и нефелин, содержащими щелочные и щелочноземельные металлы. Резкие снижения величины pH подземных вод связаны с периодами снеготаяния и выпадения атмосферных осадков, значение pH которых значительно ниже [Даувальтер и др., 2008].

Подземные воды исследованных скважин по химическому составу относятся к гидрокарбонатному классу и натриевой группе. Особенностью химического состава подземных вод территории Коашвинского месторождения является повышенное относительное содержание катиона K<sup>+</sup>, которое сопоставимо по концентрациям с катионом Ca<sup>2+</sup>, тогда как подземные воды равнинных территорий Мурманской области, не получающие прямое загрязнение промышленных предприятий, характеризуются гидрокарбонатным классом

и кальциевой группой, и катион  $K^+$ , как правило, находится на последнем месте среди основных катионов [Даувальтер, Даувальтер, 2010, 2014]. Во всех скважинах отмечена тенденция увеличения содержания катионов щелочных металлов  $Na^+$  и  $K^+$  в последние годы, что связано с выветриванием вмещающих щелочных пород и минералов, входящих в их состав (например, нефелина) и попаданием его продуктов в подземные воды.

При добыче апатитнефелиновых руд на рудниках АО «Апатит», в том числе и на Коашвинском карьере, используют азотсодержащие взрывчатые вещества, которые, попадая в подземные воды, растворяются и увеличивают содержание в них азотсодержащих ионов. Среднее содержание аммоний-иона  $NH_4^+$  и нитрит-иона  $NO_2^-$  значительно превышает величину предельно допустимых концентраций вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов (ПДК<sub>рбхз</sub>). В последние годы в подземных водах всех исследуемых скважин отмечается рост содержания ионов азотной группы.

Вмещающие горные породы и такой рудный минерал как нефелин в их составе содержат большое количество Al. В физико-химических условиях подземных вод, в которых отмечаются высокие величины pH, Al приобретает миграционную подвижность [Даувальтер, Даувальтер, 2014]. Содержание Al, также как и Fe, превышает или находится на границе величины ПДК<sub>рбхз</sub> в скважинах Коашвинского карьера. Значения ПДК<sub>рбхз</sub> по Mn, Cu, Hg превышены в несколько раз в воде всех скважин. Особенно необходимо обратить внимание на повышенные содержания Hg в воде скважин. Поступление этого высокотоксичного металла происходит вследствие использования в капсулах-детонаторах гремучей ртути при проведении горновзрывных работ при разработке апатитнефелиновых месторождений [Dauvalter, Kashulin, 2018]. В районе Хибинского горного массива рудопроявления молибденита ( $MoS_2$ ) встречаются достаточно часто [Кашулин и др., 2008]. В подземных водах Коашвинского карьера среднее содержание Mo в исследуемых скважинах также превышает ПДК<sub>рбхз</sub> от 6 до 12 раз. Одной из разновидностей добываемого на Коашвинском карьере апатита является фторапатит ( $Ca_{10}(PO_4)_6(F)_2$ ), поэтому среднее содержание F в воде скважин Коашвинского карьера превышает ПДК<sub>рбхз</sub> от 6 до 21 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

Даувальтер В. А., Даувальтер М. В., Салтан Н. В., Семенов Е. Н. Химический состав атмосферных выпадений в зоне влияния комбината «Североникель» // Геохимия. 2008. № 10. С. 1131–1136.

Даувальтер В. А., Даувальтер М. В. Состояние подземных вод Мончегорского района // Вестник Кольского научного центра РАН. 2010. № 3. С. 26–33.

Даувальтер В. А., Даувальтер М. В. Геоэкологическая оценка состояния природных вод в зоне влияния комбината «Североникель». Мурманск: Изд-во МГТУ. 2014. 216 с.

Кашулин Н. А., Денисов Д. Б., Сандимиров С. С., Даувальтер В. А., Кашулина Т. Г., Малиновский Д. Н., Вандыш О. И., Ильяшук Б. П., Кудрявцева Л. П. Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область). В 2 т. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2008. Т. 1. 250 с. Т. 2. 282 с.

Dauvalter V. A., Kashulin N. A. Mercury pollution of Lake Imandra sediments, Murmansk Region, Russia // International Journal of Environmental Research. 2018. V. 12. No. 6. P. 939–953.

**ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
ОЗЕР ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА:  
ИТОГИ 30-ЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**STUDYING THE CHEMISTRY OF LAKE BOTTOM SEDIMENTS IN THE  
EUROPEAN ARCTIC REGION: RESULTS OF THE 30 YEARS OF  
RESEARCH**

Даувальтер В. А.

Dauvalter V. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: vladimir@inper.ksc.ru*

Detailed research of water ecosystems, namely bottom sediments of the water bodies of Murmansk Region, northern European Russia, and the border territories of Norway and Finland has been carried out by INEP KSC RAS over 30 years, from the moment of its foundation in 1989. The research can be divided into three 10-year periods – 1990s, 2000s and 2010s. The research was conducted to assess the accumulation and distribution of heavy metals in bottom sediments. In the study of bottom sediments, four aspects were considered: 1) background concentration, 2) vertical distribution, 3) concentration in superficial bottom sediments, 4) assessing the intensity of anthropogenic pressure by means of the contamination coefficient and degree by the heavy metals accumulated in the sediments.

Детальные исследования экологического состояния водных экосистем, в том числе и донных отложений (ДО) водоемов, Мурманской области, а также севера Европейской части России и приграничной территории Норвегии и Финляндии проводятся Институтом проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН 30 лет, с момента его образования (1989 г.). Наибольшее количество материалов и результатов исследований химического состава ДО крупнейшего водоема Мурманской области, оз. Имандра, и водоемов области и приграничной территории было получено во время проведения совместных российско-норвежских и российско-финляндских исследований по изучению состояния окружающей среды приграничной территории [Моисеенко и др., 2002; Даувальтер, 2012; Dauvalter, Rognerud, 2001; Kashulin et al., 2017]. Эти исследования можно разделить на три периода по 10 лет каждый: 1990-е, 2000-е и 2010-е гг. Исследования проводились с целью оценки аккумуляции и распределения тяжелых металлов (ТМ) в ДО водоемов. При изучении ДО рассматривались четыре аспекта: 1) фоновые концентрации, 2) вертикальное распределение, 3) концентрации в поверхностных ДО, 4) определение интенсивности антропогенного влияния по показателям коэффициента и степени загрязнения, создаваемого ТМ, накопленными в ДО.

Были установлены средние скорости осадконакопления в озерах Мурманской области и северных районов Норвегии и Финляндии, которые за последние полтора столетия довольно постоянны и находятся в пределах 0.3–1.2 мм/год [Даувальтер и др., 2015]. Увеличение содержания Ni, Cu и Co в ДО озер обычно обнаруживалось в слоях, возраст которых оценивается 20-ми и 30-ми годами XX столетия как результат начала металлургической деятельности в регионе.

Значительное увеличение концентраций Pb датируется концом XIX – началом XX в. С увеличением расстояния от предприятий Pb становится одним из основных загрязнителей. Особенно это характерно для финляндских озер. Маркерами загрязнения водосборных бассейнов служат также As и Cd, начало загрязнения, которыми датируется серединой XIX в.

В результате исследований химического состава ДО оз. Имандра и озер северо-запада Мурманской области и приграничных районов Норвегии и Финляндии выявлена тенденция увеличения концентраций в поверхностных слоях ДО и усиления антропогенной нагрузки на водосборы озер и на сами озера, несмотря на снижение выбросов и стоков загрязняющих веществ промышленными предприятиями в последние 30 лет. За 90-летний период деятельности предприятий в компонентах окружающей среды накопилось огромное количество ТМ, которые после отмирания растений и разложения органических остатков со склоновым стоком, почвенными и подземными водами в виде органических и неорганических соединений постепенно поступают в водотоки и водоемы. С учетом накопленных ТМ в экосистемах и многолетнего периода их самоочищения, интенсивное поступление ТМ в водоемы будет продолжаться еще не один десяток лет, даже если комбинаты резко снизят их выбросы в окружающую среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Лукин А. А., Кудрявцева Л. П., Ильяшук Б. П., Ильяшук Е. А., Сандимиров С. С., Каган Л. Я., Вандыш О. И., Шаров А. Н., Шарова Ю. Н., Королева И. М. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / под ред. Т. И. Моисеенко. М.: Наука. 2002. 487 с.

Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск: Изд-во Мурманского гос. техн. ун-та. 2012. 242 с.

Даувальтер В. А., Кашулин 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.

Dauvalter V., Rognerud S. Heavy metals pollution in sediment of the Pasvik River drainage // Chemosphere. 2001. V. 42. No 1. P. 9–18.

Kashulin N. A., Dauvalter V. A., Denisov D. B., Valkova S. A., Vandysh O. I., Terentjev P. M., Kashulin A. N. Selected aspects of the current state of freshwater resources in the Murmansk Region, Russia // Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2017. Vol. 52. No. 9. P. 921–929.



## ПРЕСНОВОДНЫЕ ВОДОРОСЛЕВЫЕ СООБЩЕСТВА АРКТИКИ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

### FRESHWATER ALGAE UNDER EXTREME ANTHROPOGENIC PRESSURE IN THE ARCTIC

Денисов Д. Б.

Denisov D. B.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область e-mail: proffessuir@gmail.com*

Freshwater algae and cyanobacteria under intensive anthropogenic pressure on the water bodies in Murmansk Region were studied. The main transforming factors are eutrophication and toxic pollution. In water bodies exposed to the apatite industry wastewater, there area massive plankton and periphyton algae blooms, with an abundance thereof many times higher than the normal values. The response of the algae communities to the metals industry's effluents high in heavy metals (Pb, Cd, etc.) is the ultimate simplification of the taxonomic structure and an increase in the proportion of mixotrophic forms (Dinoflagellata). In the case of a combination of trophic and toxic loads, eutrophication leads to some reduction in the toxic effects.

Озеро Большой Вудъявр (Мурманская область), подвержено влиянию стоков апатитовых рудников с 1930 г., характеризуется долговременным развитием процессов эвтрофикации, в ходе которых водорослевые сообщества претерпели значительную трансформацию. Среднее содержание нитратов в воде водоема — 2248 мкгN/л, фосфатов — 650 мкгP/л. Это привело к формированию сообществ фитопланктона мезотрофно-эвтрофного типа, с доминированием диатомовых *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Fragilaria vaucheriae* (Kütz.) Peters. *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. *Achnantheidium subatomoides* (Hust.) Monn., Lange-Bert. & Ector, *Staurosira venter* (Ehrb.) Cleve & Möll., *Melosira varians* Ag. и зеленых *Micractinium pusillum* Fresenius, *Pseudosphaerocystis lacustris* (Lemm.) Nováková, *Pandorina morum* (O.Müll.) Bory, *Acutodesmus acuminatus* (Lagerheim) Tsarenko водорослей. Средняя биомасса фитопланктона составляет 4 г/м<sup>3</sup>, что в 7 раз превышает фоновые показатели; максимальная биомасса в отдельные годы достигает 26 г/м<sup>3</sup>.

Другим последствием эвтрофирования является мощное развитие фитоперифитона (проективное покрытие субстрата до 100 %), основу которого составляют нитчатые зеленые водоросли *Ulothrix zonata* (Weber et Mohr) и сопутствующие эпифитные диатомовые — *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Comp., *Encyonema minutum* (Hilse) Mann; *Surirella brebissonii* Kramm. & Lange-Bert. Высокие количественные показатели водорослей в водоеме определяют структурно-функциональные характеристики последующих трофических уровней экосистемы водоема. Так, биомасса зоопланктона в озере в среднем сравнительно невелика 1.5 г/м<sup>3</sup>, что объясняется доминированием коловраток. В отдельные периоды, как правило, в августе, в озере наблюдается высокая численность рачкового планктона — до 1.3 г/м<sup>3</sup>. Средняя биомасса зообентоса — 14.2±4.1 г/м<sup>2</sup>, что соответствует эвтрофным водам [Денисов и др., 2018].

Водные объекты, находящиеся в непосредственной близости от металлургических предприятий характеризуются кардинальными отличиями

гидрохимических условий формирования качества вод, при котором, многократно превышены условно фоновые показатели как по токсичным тяжелым металлам, включая кадмий и свинец, так и по биогенным элементам — соединениям фосфора и азота. Экстремальные условия обитания водорослей и цианопрокариот в наибольшей степени реализуются в малых озерах с низким уровнем водообмена, расположенных в непосредственной близости от источника загрязнения в пределах техногенно трансформированного ландшафта. Так, серия малых озер в пределах 10-км от Мончегорской площадки Кольской ГМК, где происходит переработка медно-никелевых руд. Содержание токсичных тяжелых металлов в воде (мкг/л) в период исследований (2016-2017 гг.) многократно превышало фон: Ni — 77–275, Pb — 0.34–1.40, Cd — 0.01–0.12. Высоко было также содержание сульфатов (13-550 мг/л) и нитратов в воде (13–139 мкгN/л).

Таксономическая структура фитопланктона в таких условиях кардинально отличается от типичной для арктических вод. Таксономический состав оказался очень бедным – менее 10 таксонов рангом ниже рода, в составе альгоценозов высока была доля миксотрофных динофлагеллят (*Peridinium bipes* Stein) и цианопрокариот (*Pseudanabaena limnetica* (Lemm.) Kom.), что говорит о высокой токсичности среды. При этом экстремальные концентрации токсикантов замедляют процессы эвтрофирования, что демонстрирует низкий трофический статус озер по показателям фитопланктона [Денисов и др., 2018].

Предприятия черной металлургии оказывают меньшее воздействие на альгоценозы, связанное с отсутствием сильной токсикации. На примере разнотипных озер, расположенных в непосредственной близости от промплощадки АО «ОЛКОН» показано, что основным трансформирующим фактором являются высокие концентрации NO<sub>3</sub> (до 4950 мкгN/л) и NH<sub>4</sub> (до 87.5 мкг N/л), попадающие в воду в результате использования нитрат содержащих взрывчатых веществ при добыче железной руды. В таких условиях может происходить массовое развитие динофлагеллят (*Ceratium hirundinella* (O. Müll.) Dujar.), при котором биомасса фитопланктона достигает 34.8 г/м<sup>3</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

Денисов Д. Б., Валькова С. А., Терентьев П. М., Черепанов А. А., Разумовская А. В. Экологическая характеристика малых озер в зоне деятельности Мончегорской площадки АО «Кольская ГМК» // Труды Карельского научного центра РАН. Серия «Лимнология и океанология». № 9. С. 65–76.

Денисов Д. Б., Валькова С. А., Кашулин Н. А. Водорослевые сообщества и макрозообентос водных экосистем Хибинского горного массива (Кольский полуостров) // Вестник Кольского научного центра РАН. 2018. №1. С. 23–35.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПО РАВНОВЕСНЫМ ФОРМАМ  
В ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА  
С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

**DISTRIBUTION OF ELEMENTS BY EQUILIBRIUM FORMS IN THE  
LAKES OF THE NORTHERN KOLA PENINSULA EXPOSED TO  
DIFFERENT ANTHROPOGENIC PRESSURES**

Дину М. И.

Dinu M. I.

*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, Москва; e-mail: marinadinu999@gmail.com*

The problem of estimating the content of metals in natural water bodies was considered. Determining the equilibrium concentrations of elements in open natural systems is extremely difficult in terms of methodology and zonal factors. The results of a study of the ion-exchange separation of elements by their forms in the lakes of the Kola Peninsula exposed to different anthropogenic pressures are presented.

Антропогенное поступление растворимых соединений ионов металлов в воды и почвы окружающей среды – широко распространенное явление. Формы нахождения металлов в природных объектах обладают различной степенью токсичности, но особенно опасными считаются ионные формы нахождения для большинства металлов. Считается, что образование комплексов ионов металлов с гумусовыми веществами способствует практически полному снижению их токсичных свойства. Концентрации органических веществ гумусовой природы в поверхностных водах находятся в интервале 1–100 мг/л, они обладают различной молекулярной массой (от 10 Да до 10 000 кДа), содержанием подфракций (фульвокислот и гуминовых кислот) и варьируются в сезонном срезе.

В силу специфики формирования вод на территории Кольского п-ова широко распространены цветные воды с высокими концентрациями органических компонентов, и зональные ландшафтные особенности обуславливают большое число механизмов связывания металлов с органическими составляющими [Моисеенко, Дину, 2018].

Комплексы ионов металлов с фульвокислотами — фульваты, с гуминовыми кислотами — гуматы, а также их гетерофазные смеси в природных водах представляют собой сложную систему для изучения. Хотя существует большое число работ, посвящённых данному вопросу, единой методологии в оценке структуры гумусовых веществ и их фракций, процессов комплексообразования и их физико-химических свойств нет.

В настоящий момент натурные измерения распределения по формам металлов на основе ионообменной техники (в том числе хроматографической), а также методами мембранной фильтрации наиболее распространены для достаточно быстрой и экспрессной оценки. Разделение компонентов природных вод по формам возможно при использовании ионообменных материалов — колонка с обменными смолами в непосредственной близости от водоема или хроматография в лабораторных условиях. Наиболее распространёнными, благодаря физико-химическим свойствам, являются смолы марки Dowex. При

использовании катионо- и анионообменных смол данной фирмы было получено достаточное количество данных о формах существования компонентов (Родюшкин, 1995).

В ходе экспедиционных работ 2014 и 2018 гг. была применена технология ионного разделения элементов по формам в водах малых озер [Родюшкин, 1995]. Были выбраны озера близко расположенные к источнику загрязнения, сильно удаленные от источника загрязнения, и на удалении от него. Всего было рассмотрено 15 озер.

Анализ данных позволил выявить различное сродство элементов к органическому веществу вод и представить несколько рядов активности металлов в зависимости от геохимических особенностей.

Например, для вод озер, находящихся в непосредственной близости от источника загрязнения характерна следующая закономерность: Fe>Al>Zn>Ni>Cu>Pb>La>Ce>Co.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 18-77-00018).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Моисеенко Т. И., Дину М. И. Оценка буферных свойств природных вод с учетом кислотно-основных характеристик гумусовых веществ // Доклады академии наук. 2018. Т. 481. № 1. С. 75–79

Родюшкин И. В. Основные закономерности распределения металлов по формам в поверхностных водах Кольского Севера: дис...канд. геогр. наук. СПб. 1995. 161 с.

### **МОНИТОРИНГ ПЕРСИСТЕНТНЫХ ХЛОРИРОВАННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

### **MONITORING OF PERSISTENT CHLORINATED HYDROCARBONS IN THE COMMERCIAL FISH SPECIES OF THE BARENTS SEA**

Жилин А. Ю., Плотицына Н. Ф., Зимовейскова Т. А.

Zhilin A. Yu., Plotitsyna N. F., Zimoveyskova T. A.

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича), Мурманск, Мурманская область; e-mail: zhilin@pinro.ru*

Persistent chlorinated hydrocarbons were found in 158 muscle and liver samples of the principal commercial fish species of the Barents Sea. The results confirm the low levels of chlorinated hydrocarbon contamination of the ichthyofauna in the study areas, which is not expected to have a significant impact on the commercial fish stocks.

В марте 2018 г. выполнено определение хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорбифенилов (ПХБ) в рыбах, выловленных в различных промысловых районах Баренцева моря на 30 станциях. Всего проанализировано 158 проб атлантической трески, пикши, морской камбалы, камбалы-ерша, черного палтуса, пятнистой, синей и полосатой зубаток. В естественных условиях скорость разложения ХОП и ПХБ крайне низка [Майстренко, Клюев, 2009]. ХОП в рыбах Баренцева моря были представлены  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -изомерами гексахлорциклогексана

(ГХЦГ), остаточными количествами гексахлорбензола (ГХБ) и изомеров хлордана, изомерами и метаболитами дихлодифенилтрихлорэтана (ДДТ), а ПХБ – конгенерами с номерами 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156 и 180. Среднее суммарное содержание изомеров ГХЦГ в мышцах составляло, нг/г сырой массы: треска —  $0.58 \pm 0.14$ , пикша –  $0.63 \pm 0.14$ , морская камбала —  $2.99 \pm 1.07$ , камбала-ерш —  $1.28 \pm 0.30$ , черный палтус —  $2.53 \pm 1.07$ , пятнистая зубатка —  $3.14 \pm 0.34$ , синяя зубатка —  $1.24 \pm 0.31$ , полосатая зубатка —  $1.54 \pm 0.48$ . В печени исследованных рыб оно было выше, чем в мышцах, так как печень является депонирующим органом, где в первую очередь происходит накопление загрязняющих веществ. Кроме того, печень отличается более высоким содержанием жира ( $24.2 \pm 16.8$  %) по сравнению с мышцами ( $2.00 \pm 1.74$  %). Увеличение в мышцах и печени промысловых рыб относительного содержания  $\alpha$ -ГХЦГ по сравнению с  $\gamma$ -ГХЦГ свидетельствовало о давнем поступлении этого пестицида в морскую среду. Производство и применение таких пестицидов, как ГХБ и изомеры хлордана, было запрещено в 70-х годах прошлого века, поэтому в настоящее время в мышцах и печени промысловых рыб обнаруживаются лишь остаточные количества этих токсичных соединений. Среднее суммарное содержание изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах составляло, нг/г сырой массы: треска —  $0.85 \pm 0.34$ , пикша —  $0.90 \pm 0.48$ , морская камбала —  $2.29 \pm 0.85$ , камбала-ерш —  $1.37 \pm 0.42$ , черный палтус —  $4.61 \pm 1.59$ , пятнистая зубатка —  $3.23 \pm 0.01$ , синяя зубатка –  $3.37 \pm 0.06$ , полосатая зубатка —  $1.38 \pm 0.55$ , а в печени указанных видов рыб оно было значительно выше, так как все хлороорганические соединения обладают липофильными свойствами и хорошо растворяются в жирах. Содержание метаболита  $p,p'$ -ДДЕ в мышцах и печени промысловых рыб значительно превышало содержание изомера  $p,p'$ -ДДТ, что указывало на длительный процесс трансформации ДДТ в более стойкие метаболиты, т. е. о давнем загрязнении среды обитания рыб этим пестицидом. Величины суммарного содержания изомеров ГХЦГ и изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах и печени исследованных рыб не превышали допустимые уровни, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01 [Гигиенические требования безопасности ..., 2002]. Из индивидуальных конгенов ПХБ в мышцах и печени рыб преобладали соединения с номерами 52, 101, 118, 138, 153 (более 80 % от  $\Sigma$ ПХБ), что указывало на техногенное загрязнение среды их обитания коммерческими смесями типа Agoslog. Величины суммарного содержания 11-ти определяемых конгенов ПХБ в мышцах и печени промысловых рыб Баренцева моря были во много раз ниже допустимых уровней, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01 для морских рыб [Гигиенические требования безопасности ..., 2002]. Диоксиноподобные хлорированные углеводороды, к которым относятся некоторые определяемые ПХБ и ХОП, обладают теми же токсическими свойствами, что и диоксины, и механизмы их действия на живые организмы идентичны [Майстренко, Клюев, 2009]. Токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов, обнаруженных в мышцах рыб, была во всех случаях меньше 1.0 пг ТЭ/г сырой массы. Наибольшая величина этого показателя найдена в печени трески ( $20.8$  пг ТЭ/г сырой массы), выловленной в Восточном Прибрежном районе. По норвежской классификации наибольшая величина токсичности диоксиноподобных хлорированных углеводородов в печени трески ( $20.8$  пг ТЭ/г сырой массы) соответствовала «умеренному» загрязнению ( $15.0$ - $40.0$  пг ТЭ/г сырой массы) [Klassifisering ..., 1997]. Полученные результаты

свидетельствуют о незначительном содержании ХОП и ПХБ в мышцах и печени морских рыб. На состояние запасов промысловых видов водных биологических ресурсов наблюдаемый уровень загрязнения мышц и печени рыб в исследованных районах Баренцева моря существенного влияния не окажет.

#### ЛИТЕРАТУРА

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. М.: ИнтерСЭН. 2002. 168 с.

Майстренко В. Н., Клюев Н. А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2009. 323 с.

Klassifisering av miljøkvalität i fjorder og kystfarvann. Veiledning //SFT Veiledning. 1997. Vol. 97. No. 3. 36 p. (In Norwegian).

### ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СИГА ОЗ. КУЭТСЪЯРВИ (СИСТЕМА Р. ПАЗ, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

### LONG-TERM WHITEFISH POPULATION STRUCTURE DYNAMICS IN KUETSJARVI LAKE (SYSTEM OF PAZ RIVER, MURMANSK REGION)

Зубова Е. М., Кашулин Н. А., Терентьев П. М.

Zubova E. M., Kashulin N. A., Terentjev P. M.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: zubova@iner.ksc.ru*

The dynamics of the whitefish population of Kuetsjarvi Lake in the lower reaches of the Paz River during the period between 1990 and 2015 were studied. It was found that the increase in the pollution levels (Ni and Cu) in Kuetsjarvi Lake over the past 25 years has led to a lower percentage of whitefish in the catches. There has been a decrease in the fish body size, especially in the large-sized whitefish. This is the reason for the decrease in the average size of mature fish in Kuetsjarvi Lake in general. Body size and weight properties of mature fish also tend to deteriorate. The presented data shows that the low proportion of mature whitefish in the recent years can lead to a reduction in its abundance in Kuetsjarvi Lake and substitution with perch and vendace, which will increase the relative abundance thereof in the catches in the profundal and pelagic zones of the lake.

Оз. Куэтсъярви (нижнее течение р. Паз) является одним из наиболее техногенно-загрязненных природных водоемов Евро-Арктического региона, что связано с деятельностью металлургического комбината «Печенганикель» [Dauvalter et al., 2010; Ylikörkkö et al., 2015]. Тем не менее, в состав рыбной части населения озера входят такие виды, как кумжа *Salmo trutta* L. и сиг *Coregonus lavaretus* (L.) [Кашулин и др., 1999]. Сиг является наиболее многочисленным видом в озере (до 90 % в улове), что и обусловило его выбор как тест-объекта ихтиологического мониторинга. Ранее было описано уникальные изменения стратегии жизненного цикла сига оз. Куэтсъярви, позволяющие виду

поддерживать высокую численность в условиях интенсивного загрязнения водоема [Кашулин и др., 1999]. Выявленные адаптационные эффекты сига представляют большой интерес в плане развития теории микроэволюционных процессов [Мина, 1986]. В настоящей работе представлен анализ динамики основных биологических характеристик сига оз. Куэтсьярви за период с 1990 по 2015 гг. В работе представлены данные выборки за последние 25 лет: 1990–1998 гг. (I период), 2004–2009 гг. (II период) и 2012–2015 гг. (III период).

В I период исследования доля сига в уловах составляла 86 % и снижалась последующие периоды до 80 и 77 % соответственно. При этом возрастала доля окуня от 7 до 13 % и ряпушки (интродуцированный вид) – от 4 до 7 %. Сравнение изменений возрастного состава рыб показывает, что наиболее близкие показатели характерны для I и III периодов исследования озера: рыбы представлены 10–11 возрастными группами (0+(1+)-10+) с преобладанием особей в возрасте 2+-4+ (65–70 %). В то же время во II периоде наблюдается некоторое омоложение популяции сига: снижение числа возрастных групп до 6+ с преобладанием рыб более молодого возраста — 1-3+ (67 %) и отсутствием в выборках этого периода рыб длиной >30 см и массой >360 г. При этом в уловах I и III периодов присутствуют сиги длиной до 41-47 см и массой до 981-1300 г, и в целом по выборке сиги Куэтсьярви в эти периоды имели значимо большие средние показатели длины и массы, нежели во II период. Распределение показателей размера сигов (длина *FL*) имеет выраженную бимодальность, что говорит о присутствии мелко- и крупноразмерных сигов. Причем крупноразмерные сиги, начиная со II периода исследования представлены меньшими длинами, нежели в I период. Сиги в основном представлены особями в 30-90 г. В I и III периоды исследования рыбы начинали созревать в возрасте 1+, во II — раньше, в возрасте 0+. Длина и масса впервые созревающих особей в I и III периоды также снижалась: от 10 до 8 см и от 8 до 4 г соответственно. То же самое можно сказать и о доле половозрелых рыб в популяции сига озера. Половозрелые рыбы в I и II периоды исследования составляли 59 % от выборки, в 3-36 %. При этом доминируют впервые созревающие особи. В I период исследования созревающие особи встречались в возрастах 0+-10+ (2+-4+-59 %), во 2-0+-6+ (1+-3+-66.4 %) в 3-1+-10+ (2+-5+-64.4 %). Средняя длина и масса половозрелых сигов в I период исследования была больше, нежели в остальные и составляла в среднем  $220 \pm (95-465)$  мм и  $201 \pm (8-1300)$  г., во 2-147 (87-293) мм и 42 (4-340) г, в 3-171 (80-407) и 76 (4-843) г.

Таким образом, рост загрязнения оз. Куэтсьярви на протяжении последних 25 лет приводит к снижению численности сига в уловах. Наблюдается уменьшение его размерных характеристик, особенно у крупноразмерного сига, что является причиной снижения средних размеров половозрелых рыб оз. Куэтсьярви в целом. Линейно-весовые характеристики впервые созревающих рыб также имеют тенденцию к снижению. Представленные данные и низкая доля половозрелых сигов в последние годы может привести к снижению его численности в оз. Куэтсьярви с замещением на окуня и ряпушку, численность которых увеличивается.

#### ЛИТЕРАТУРА

Кашулин Н. А., Лукин А. А., Амундсен П.-А. Рыбы пресноводных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 1999. 142 с.

Мина М. В. Микроэволюция рыб: эволюционные аспекты фенетического разнообразия. М.: Наука. 1986. 193 с.

Dauvalter V. A., Dauvalter M. V., Kashulin N. A., Sandimirov S. S. Chemical composition of bottom sedimentary deposits in lakes in the zone impacted by atmospheric emissions from the Severonickel plant // *Geochemistry International*. 2010. Vol. 48. N. 11. P. 1224–1229.

Ylikörkkö J., Zueva M., Kashulin N., Denisov D., Andersen H. J., Jelkänen E. Environmental Challenges in the Joint Border Area // Reports 41. Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland. Kokkola: Juvenes Print. 2015. 165 p.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД МЕЗООЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

### WATER CHEMISTRY OF THE MESOOLIGOTROPHIC BOGS OF THE KOLA PENINSULA

Калюжный И. Л.

Kalyuzhny I. L.

Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург; e-mail: hfl@mail.ru

Based on hydrochemistry studies of the bogs on the Kola Peninsula, it was established that the bog water hydrochemistry depends on the hydrometeorological regime, groundwater chemistry, and precipitation.

На основании многолетних комплексных гидрохимических исследований болот Финско-Кольской провинции северной тайги установлено, что гидрохимический режим болотных вод зависит от их гидрометеорологического режима, обусловлен химическим составом грунтовых вод и атмосферных осадков.

Оценка динамики гидрохимического режима и химического состава болотных вод выполнена на основе многолетних комплексных гидрометеорологических наблюдений на мезоолиготрофном болотном массиве Пулозерское [Калюжный, 2016].

Установлено, что гидрохимический режим болотных вод тесно связан с гидрометеорологическим режимом болотного массива. Наибольшая минерализация болотных вод наблюдается в зимний период (в среднем 70–100 мг/дм<sup>3</sup>), когда при промерзании торфяной залежи происходит вытеснение ионов солевого раствора растущими кристаллами льда. Увеличение общей минерализации воды в кустарничково-лишайниковом микроландшафте при промерзании болота достигает 235.6 мг/дм<sup>3</sup>, изменяясь в разные зимы от 42.4 до 23.6 мг/дм<sup>3</sup>, в грядово-мочажинном комплексе соответственно от 30.7 до 199.4 мг/дм<sup>3</sup> и 104.1 мг/дм<sup>3</sup>. Средние глубины промерзания в этих микроландшафтах равны, соответственно, 54 см, изменяясь от 44 до 67 см и 59 см, изменяясь от 39 до 79 см.

В весенний период при снеготаянии минерализация болотных вод уменьшается вследствие разбавления слабоминерализованными талыми водами. В весенний период 1989 г. слой талых снеговых вод (более 230 мм), имеющий минерализацию в пределах 7.7–1.2 мг/дм<sup>3</sup>, разбавил солевой состав болотных вод, и их минерализация понизилась до 9.6 мг/дм<sup>3</sup>.



Наименьшие значения минерализации болотных вод наблюдается в меженный период, когда часть ионов поглощается при вегетации болотной растительностью. За многолетний период наблюдений минерализация болотных вод кустарничково-лишайникового микроландшафта в мае снижалась от средних наибольших значений до 7.2 мг/дм<sup>3</sup> (8.5–29.1 мг/дм<sup>3</sup>), в грядово-мочажинном комплексе соответственно 15.6 мг/дм<sup>3</sup> (6.7–30.3 мг/дм<sup>3</sup>). В мае-июне наблюдаются наименьшие значения минерализации вод мезоолиготрофных болот, которая в основном определяется малой минерализацией зимних атмосферных осадков.

В осенний период, по мере прекращения вегетации и подъема уровня болотных вод, их минерализация возрастает.

Основные источники формирования химического состава болотных вод являются атмосферные осадки, а также грунтовые воды, существенно трансформированные под влиянием биологических процессов, происходящих в деятельном слое залежи.

Путем статистической обработки установлены среднемесячные и предельные значения химических компонентов болотных вод мезоолиготрофного болота.

Характерная черта вод мезоолиготрофного болота – существенное изменение водородного показателя от 4.0–5.0 до 7.36 рН. Слабокислая реакция (4.25–5.2 рН) наблюдается к концу вегетационного периода, приближаясь затем к слабощелочной (до 6.0–7.36 рН).

Установлено, что гидрокарбонатный ион, среди анионов в водах мезоолиготрофных болот, обладает наибольшей изменчивостью. Его содержание изменяется от 0 до 70.8 мг/дм<sup>3</sup>. Это происходит потому, что воды атмосферных осадков, выпадая на болото и взаимодействуя с кислыми болотными водами, теряют этот ион. В кислых водах он полностью отсутствует. Но по мере улетучивания двуокиси углерода с болотных вод увеличивается щелочность среды, значение рН возрастает. Слабокислая среда изменяет свои свойства на слабощелочную. Гидрокарбонатный ион в водах этих болот появляется в том случае, когда водородный показатель становится более 5–5.05 рН. Зависимость его содержания от водородного показателя аппроксимирована выражением вида:

$$I_{\text{HCO}} = 0.58(\text{pH})^3 - 6.21(\text{pH})^2 + 20.38(\text{pH}) - 17.9,$$

где  $I_{\text{HCO}}$  — содержание гидрокарбонатного иона, мг/дм<sup>3</sup>. Коэффициент корреляции  $R=0.83$ .

Среднее многолетнее содержание растворенного органического вещества, определенного по бихроматной окисляемостью, в водах грядово-мочажинного комплекса равно 168 мгО/дм<sup>3</sup> и изменяется в пределах от 10 до 1213 мгО/дм<sup>3</sup>. Его сезонная динамика определяется максимумом в холодный период года и минимумом в период вегетации болотной растительности.

Результаты исследования являются основными гидрохимическими показателями вод мезоолиготрофных болот в их естественном состоянии и могут быть приняты за эталон сравнения для оценки влияния технических мероприятий на качество их вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Калюжный И. Л.* Гидрохимический режим и химический состав вод мезоолиготрофных болотных массивов Кольского полуострова // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 3(26). С. 114–125.

## ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ ДИКИХ И КУЛЬТИВИРУЕМЫХ РЫБ В БАСЕЙНАХ ЛОСОСЕВЫХ РЕК КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

### HEALTH ASSESSMENT OF WILD AND FARMED FISH STOCKS IN THE SALMON RIVER BASINS OF THE KOLA PENINSULA

Карасева Т. А., Мельник В. С.

Karaseva T. A., Melnik V. S.

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Мурманск, Мурманская область; e-mail: karaseva@pinro.ru

This report presents the research aimed at assessing the health status of fish populations. Long-term studies were carried out on the Kola Peninsula in basins of the Kola and Tuloma Rivers. The contamination with pathogenic parasites and microorganisms and the factors contributing to the emergence of dangerous diseases and pathologies associated with high fish mortality were studied. The study focused on Atlantic salmon (*Salmo salar*), whitefish (*Coregonus lavaretus pidschian*), and rainbow trout (*Parasalmo mykiss*). The study combined methods of ichthyology, pathology, and parasitology. A high level of whitefish contamination with trematode larvae, infestation of salmon parrs and farmed trout with *Gyrodactylus salaris*, outbreak of the viral disease UDN in adult Atlantic salmon, and other fish pathologies were found in the study areas. Such factors affecting fish health, as industrial effluents, eutrophication of aquatic ecosystems, and aquaculture, were highlighted.

Полярный институт в течение многих лет выполняет эколого-паразитологические, физиологические и диагностические исследования анадромных и пресноводных рыб с целью ежегодной оценки их эпизоотического состояния. Основные задачи мониторинга включают изучение зараженности патогенными паразитами и микроорганизмами, а также факторов, способствующих возникновению болезней, ассоциированных со смертностью рыб. Гибель сига и ряпушки неоднократно регистрировалась в проточных озерах р. Кола, в Имандровском водохранилище и оз. Сейдозеро. С 2015 г. наблюдается высокая заболеваемость лосося в реках Кола и Тулома.

В данной работе представлена оценка здоровья популяций рыб, обитающих в бассейнах р. Кола и Нижнетуломского водохранилища, которые в силу антропогенной нагрузки в эпизоотическом отношении являются зонами особого риска.

Основными объектами исследования являлись атлантический лосось (*Salmo salar*), сиг (*Coregonus lavaretus pidschian*) и радужная форель (*Parasalmo mykiss*). При проведении исследований использованы методы ихтиологии, ихтиопатологии и паразитологии.

Установлено, что повсеместно в озерах существуют очаги паразитарных инвазий, связанные с массовым заражением сигов личинками трематод. Результаты исследований показали, что в верховьях р. Кола, в оз. Пулозеро 100 % сигов заражены паразитом *Ichthyocotylurus erraticus* mts., а среднее количество инцистированных в органах паразитов превышает 1000 экз. в одной рыбе. Высокий уровень инвазии поддерживается за счет сбросов промышленных вод, загрязненных спорными бактериями рода *Bacillus*, и сильной эвтрофикации озера. У рыб был диагностирован бациллярный некробиоз тканей, а также опухоли желудочно-кишечного тракта.

Наиболее опасным паразитарным заболеванием является гиродактилез. Для молоди североатлантической экологической формы лосося возбудитель болезни — паразит *Gyrodactylus salaris* является высоко патогенным видом, который вызывает катастрофическое снижение численности популяций лосося в зараженных реках. Несмотря на то, что мониторинг гиродактилеза проводится с 1993 г., только в 2015-2017 гг. впервые этот паразит был обнаружен на молоди лосося в реках Пак и Шовна, впадающих в Нижнетуломское водохранилище. Установлено, что источником заражения является радужная форель, которая выращивается в садковых рыбоводных хозяйствах, размещенных в прибрежной зоне водохранилища.

Летом 2015 г. среди анадромных мигрантов атлантического лосося в реках Кола и Тулома произошла вспышка вирусного заболевания — язвенно-дермального некроза или UDN, которая продолжалась вплоть до 2018 г. В ареале атлантического лосося эта болезнь известна с середины 19 века, но на Кольском полуострове она зарегистрирована впервые. Изъязвление кожного покрова, некроз нервной ткани и поражение грибами-микросцистами приводит к гибели больных особей и сокращению численности популяций. Водные грибы относятся к сапротрофным микроорганизмам и участвуют в разложении органического вещества в воде и донных отложениях озер. При определенных условиях и высокой численности они могут переходить к паразитированию и вызывать смертельные болезни у рыб и других гидробионтов. В последние 20 лет отмечается возрастающая роль грибных инфекций, как у диких, так и у культивируемых рыб, что может свидетельствовать об увеличении уровня загрязнения водной среды органическими веществами.

Таким образом, здоровье рыб зависит от многих факторов, ассоциированных с хозяйственной деятельностью человека, а эпизоотическая оценка популяций является чутким механизмом, достоверно улавливающим даже незначительные изменения в водных экосистемах.

## **СОЕДИНЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ВОССТАНОВЛЕННОЙ СЕРЫ В ВОДЕ ОЗЕР, ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ОТ БЕЛОГО МОРЯ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)**

## **TRANSFORMATION OF INORGANIC SULFUR COMPOUNDS IN THE WATER OF LAKES SEPARATED FROM THE WHITE SEA (KARELIA REPUBLIC)**

Кокрятская Н. М., Лосюк Г. Н.  
Kokryatskaya N. M., Losyuk G. N.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: nkokr@yandex.ru*

This paper presents the results of a study of the dynamics of inorganic reduced sulfur compounds (sulfides, elemental sulfur, and thiosulfate) in the water of lakes at different stages of separation from the White Sea (Kandalaksha Bay). It is shown that the total content of these compounds and ratios thereof are controlled primarily by the separation degree of the lake from the sea. The simultaneous presence of these compounds in aerobic waters indicates that the

formation processes of hydrogen sulfide are kinetically ahead of its oxidation processes. In anaerobic waters, its content and ratio are determined by the intensity and specificity of biogeochemical processes occurring in the studied lakes.

В геохимии анаэробной водной среды важное значение имеет изучение редокс-процессов, к наиболее важным из которых относится окисление органических веществ с восстановлением сульфатов до сероводорода — бактериальная сульфатредукция. Удобным объектом для изучения этого процесса являются стратифицированные соленые водоемы. На берегу Кандалакшского залива Белого моря в районе расположения Беломорской биостанции МГУ им. Н. А. Перцева выявлен ряд озер — бывших заливов, в разной степени связанных с морем [Krasnova et al., 2018]. Например, озеро Кисло-Сладкое — солоноватый водоем, сохраняет водообмен с морем через небольшой порог во время сильных приливов и нагонов; поверхностный слой опреснен, ниже находится соленый аэробный слой, а в центральном углублении — придонные анаэробные воды. Озеро Трёхцветное, давно утратившее связь с морем и признанное меромиктическим: верхние 1.5 м пресные, ниже находится реликтовая соленая вода, оставшаяся со времен, когда озеро имело связь с морем; хемоклин (1.9 м) в течение всего года маркируется мутно-зеленой прослойкой воды, где концентрируются зеленые серобактерии.

В настоящей работе рассмотрено распределение соединений неорганической восстановленной серы (сероводорода, элементной серы и тиосульфата) в воде этих озер. Для аналитического определения этих соединений была использована методика [Волков, Жабина, 1990].

Установлено, что сероводород (в микроколичествах) присутствует в воде обоих водоемов уже в поверхностных водах. По мере погружения его содержание возрастает до максимальных значений в придонных горизонтах, где в оз. Кисло-Сладком в меженные периоды изменяется от 4 до 20 мг/л, а в монимолимионе оз. Трёхцветного может превышать 600 мг/л. Наряду с сероводородом, по всей глубине присутствуют элементная сера и тиосульфат — промежуточные в цепочке редокс-процессов между сероводородом и сульфатом.

Во время проведения экспедиционных работ 2018 г. оз. Кисло-Сладкое было соленым, вода насыщена кислородом до глубины 2 м, ниже — анаэробная с содержанием сероводорода 2–4 мг/л. Сульфиды и недоокисленные формы серы присутствовали уже в поверхностных горизонтах (0.01–0.05 мг/л), где вклад отдельных форм в их общее содержание составлял 31–35 %. С глубиной их количество увеличивалось (до 3–4 мг/л), однако влияние на формирование суммы было различным — к придонным горизонтам возрастала роль сульфидов (до 53 %), при этом вклад элементной серы уменьшался (до 17 %), а доля тиосульфата практически не изменялась (30 % от суммы).

В оз. Трёхцветном на момент проведения исследований сохранялись ранее выявленные закономерности меромиктической структуры. Все определяемые соединения присутствовали, начиная с пресных поверхностных горизонтов (0.2 мг/л) с преобладанием недоокисленных соединений. Доминирование этих соединений характерно и для зоны хемоклина — элементная сера (54 %) и тиосульфат (28 %), а ниже определяющую роль играл сульфид (70–95 %; 600 мг/л). Количество других форм в анаэробном монимолимионе хотя также

увеличивалось, но как по абсолютным концентрациям, так и по вкладу в сумму было несравнимо ниже данных для сульфидов (10–20 мг/л или 2–6 % от суммы).

Присутствие сероводорода и продуктов его трансформации (других форм восстановленной неорганической серы) в аэробных водах объясняется с позиции неравновесности природной биогеохимической системы серы, когда одновременно протекают разнонаправленные процессы образования сероводорода (сульфидов) в микрониах свежего детрита взвеси, где создаются анаэробные условия, и его окисления через элементную серу и тиосульфат до сульфата. Присутствие всех этих форм одновременно означает, что процессы образования сероводорода кинетически опережают процессы его окисления. Содержание и соотношение сероводорода и продуктов его трансформации в анаэробных водах определяются как гидрологическими особенностями изучаемых водоемов, так и спецификой протекающих в них биогеохимических процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Волков И. И., Жабина Н. Н.* Метод определения восстановленных соединений серы в морской воде // *Океанология*. 1990. Т. 30. № 5. С. 778–782.

*Krasnova E. D., Matorin D. N., Belevich T. A., Efimova L. E., Kharcheva A. V., Kokryatskaya N. M., Losyuk G. N., Todorenko D. A., Voronov D. A., Patsaeva S. V.* The characteristic pattern of multiple colored layers in coastal stratified lakes in the process of separation from the White Sea // *Journal of Oceanology and Limnology*. 2018. V.36. № 6. P. 1962–1977.

### **КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ХЛОРФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ**

### **COMPONENT COMPOSITION OF CHLORPHENOL COMPOUNDS IN FRESHWATER ECOSYSTEMS UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS**

Колпакова Е. С.

Kolpakova E.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: kolpelen@yandex.ru*

The results of a study of bottom sediments of lakes exposed to a varying degree to anthropogenic impacts are presented. The presence of chlorophenol compounds in bottom sediments was shown. The component composition of chlorophenol compounds from anthropogenic and natural sources is presented. The presence of chlorophenolic compounds in the sediments of lakes exposed to direct anthropogenic impacts is caused by the influx of compounds from the adjacent soils, as well as by the processes of oxidative and reducing dechlorination. In the bottom sediments of lakes remote from anthropogenic impacts, the presence of chlorophenolic compounds is associated with the occurrence of natural enzymatic and biochemical processes of the chlorine cycle in the components of the studied ecosystems.

Хлорфенольные соединения, представляющие группу хлорированных фенолов и их производных, являются ионогенными соединениями с разной степенью токсичности и липофильности, присутствие которых в окружающей

среде обусловлено как антропогенными, так и природными факторами. Группа хлорфенольных соединений включает: моно-, ди-, три-, тетрахлорфенолы, пентахлорфенол, а также их производные – метокси- и гидроксихлорфенолы. К наиболее значимым, с точки зрения экологической опасности для окружающей среды, отнесены: высокохлорированные фенолы, метоксихлорфенолы (хлоргваяколы) и гидроксихлорфенолы (хлоркатехолы) [Luutikainen, 2004]. Самым токсичным является пентахлорфенол.

Природными процессами образования хлорфенольных соединений являются ферментативный биосинтез [Gribble, 2004] и биохимические процессы цикла хлора в компонентах окружающей среды (почва, вода, донные осадки) [Field, 2007]. Потенциальным антропогенным источником загрязнения экосистем хлорфенольными соединениями является региональный атмосферный перенос этих соединений с территорий пограничных областей.

При исследовании озерных экосистем, в разной степени подверженных антропогенному воздействию, в донных осадках выявлено присутствие хлорфенольных соединений.

В осадках озера, находящегося под прямым антропогенным влиянием, содержание хлорфенольных соединений составляло от 0.080 до 0.337 мкг/г. В компонентном составе обнаруженных соединений преобладали: пентахлорфенол, 3,4,5- и 4,5,6-трихлоргваяколы, а также 4-хлорфенол. В меньших количествах были найдены 2,4,5-, 2,4,6-, 2,3,5- и 2,3,4-трихлорфенолы. Компонентный состав хлорфенольных соединений, обнаруженный в озерных осадках, отражал профиль соединений, найденных в почвах прилегающей территории [Колпакова, 2017]. Концентрация токсичного пентахлорфенола достигала 0.189 мкг/г, что превышало предельный безопасный уровень содержания этого соединения в донных осадках пресноводных экосистем (0.124 мкг/г). Таким образом, присутствие хлорфенольных соединений в осадках озера, подверженного прямому антропогенному влиянию, обусловлено поступлением соединений с почв прилегающих территорий, а также процессами окислительного и восстановительного дехлорирования в компонентах окружающей среды.

В осадках озер, не испытывающих прямого антропогенного воздействия, хлорфенольные соединения были определены в концентрациях от 0.017 до 0.185 мкг/г. В наибольших количествах найдены 2,4-, 2,6-дихлорфенолы и 2,4,5-трихлорфенол. Данные соединения являются природными метаболитами, образующимися в окружающей среде в процессе ферментативного биосинтеза [Gribble, 2004]. В незначительных количествах обнаружены соединения антропогенного происхождения: 2,3,4,5- и 2,3,4,6-тетрахлорфенолы, присутствие которых обусловлено атмосферным переносом от источников загрязнения, связанных с термическими процессами [Briois et al., 2006]. Антропогенный пентахлорфенол найден в количествах на уровне предела обнаружения, что дает основание предполагать опосредованное влияние здесь техногенного фактора. Таким образом, присутствие хлорфенольных соединений в осадках озер, не подверженных прямому антропогенному влиянию, связано с протеканием естественных энзиматических процессов в компонентах водных экосистем.

## ЛИТЕРАТУРА

*Колпакова Е. С., Швецова Н. В.* Хлорфенольные соединения в промышленных почвах Архангельской области // Сборник трудов III Всероссийской научной

конференции «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана», Сыктывкар, 20-24 ноября 2017 г. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН. 2018. С. 219–224.

*Briois C., Gullett B., Ryan S., Tabor D., Touati A.* Temperature and concentration effects on the dioxin and furan formation from a mixture of chlorophenols over fly ash // *Organohalogen Compounds*. 2006. P. 850–856.

*Field J. A., Sierra-Alvarez R.* Biodegradability of chlorinated aromatic compounds. Science Dossier. Euro Chlor. 2007. P. 15–33.

*Gribble G. W.* Natural Organohalogenes. Science Dossier. Euro Chlor. 2004. 60 p.

*Lyytikainen M.* Environmental fate and bioavailability of wood preservatives in freshwater sediments near an old sawmill site // *Chemosphere*. 2001. Vol. 44. P. 341–350.

### **ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОТ ПО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕЛИОРАЦИИ РЕКИ ЛЕТНЯЯ (КАРЕЛИЯ, ЛОУХСКИЙ РАЙОН) НА СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВА ЗООБЕНТОСА**

### **EFFECTS OF FISHERIES AMELIORATION OF THE LETNYAYA RIVER (LOUHI DISTRICT, KARELIA) ON THE ZOOBENTHOS COMMUNITY**

Козминский Е. В.

Kozminsky E.V.

*Беломорская биологическая станция «Картеиш» Зоологического института РАН, Санкт-Петербург; e-mail: ekozminsky@gmail.com*

The condition of the zoobenthos fauna in the lower reaches of the Letnyaya River (Louhi District, Karelia) before and after the fisheries amelioration program in the water body was studied and the loss of aquatic biological resources as a result of this management effort was assessed. It is found that the structure of zoobenthos community before and after fisheries amelioration has significant similarities. Detected changes in the structure of community are not related to the fisheries amelioration. Losses of zoobenthos and commercial hydrobionts are insignificant and do not require measures to restore aquatic biological resources.

Как и многие другие реки, впадающие в Белое море, река Летняя сильно пострадала в середине XX века в результате лесосплава. Существовавшие здесь собственные стада семги и кумжи исчезли. После прекращения лесосплава в конце 1960-х годов, состояние водотока вернулось к фоновому для региона и река Летняя стала перспективным объектом для зарыбления. В 2017 г. Чупинской городской спортивной образовательной общественной организацией «Чупинский морской яхт-клуб» были проведены работы по расчистке водотока от остатков лесозаготовительной плотины, препятствующей проходу лососевых рыб к местам нереста. Целью нашей работы была оценка потерь от снижения количества водных биоресурсов вследствие гибели кормового зообентоса в ходе выполнения работ и их воздействия на состояние сообщества зообентоса.

В процессе выполнения работ, были разобраны завал из бревен в месте расположения плотины и (частично) валуны, из которых сложено ее основание, и открыт сквозной проход слева по течению водотока. Материал для проведения исследования был собран до и после проведения работ (3.VII.2016 и 18.VIII.2017) в двух местообитаниях: на плесовом участке, расположенном выше и на

порожистом участке, расположенном ниже места работ по рыбохозяйственной мелиорации. Поскольку видовой состав и структура сообщества зообентоса на двух участках реки сильно различались, сравнение характеристик сообщества зообентоса проводилось отдельно для каждого участка.

Оценка величины потерь водных биоресурсов в месте разборки плотины и в шлейфе мутности вследствие гибели кормовых организмов при проведении работ, выполненная в соответствии с «Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» [Приказ..., 2012], показала, что они незначительны и не требуют проведения восстановительных мероприятий.

Состав фауны зообентоса на обоих участках реки до и после выполнения работ по мелиорации был сходным, однако отмечено изменение показателей обилия некоторых групп, в большинстве случаев обусловленное особенностями реализации жизненных циклов животных в течение сезона. В частности, на участке выше плотины, средняя биомасса личинок симулид в 2017 г. оказалась почти в два раза выше, чем в 2016 г., хотя их численность не изменились. Это объясняется тем, что в 2017 г. пробы были отобраны во второй половине августа, когда в популяции присутствовали подросшие личинки летней генерации — более крупные и имеющие больший вес. Достоверно ( $\alpha < 0.05$ ) сократилась численность и биомасса поденок, вероятно вследствие вылета имаго. Существенно ( $\alpha = 0.149$ ) сократилась биомасса (но не численность) ручейников, что объясняется, с одной стороны, вылетом имаго и, с другой стороны, появлением в популяции молодых личинок. На уровне тенденции, намечилось увеличение численности (за счет молодых личинок этого года) и биомассы (за счет подросших личинок прошлогодней генерации) стрекоз.

В некоторых случаях, изменения показателей обилия не могут быть объяснены особенностями реализации жизненных циклов животных. Так, на участке выше плотины возросли численность и биомасса личинок жуков ( $\alpha < 0.05$ ). На уровне тенденции, увеличились численность и биомасса олигохет ( $\alpha = 0.112$  и  $\alpha = 0.194$ , соответственно) и сократились численность и биомасса нематод ( $\alpha = 0.312$ , в обоих случаях). На участке ниже плотины, намечились тенденции к увеличению численности и биомассы олигохет ( $\alpha = 0.142$  и  $\alpha = 0.086$ , соответственно), личинок жуков ( $\alpha = 0.142$  и  $\alpha = 0.050$ , соответственно) и мокрецов ( $\alpha = 0.066$  и  $\alpha = 0.086$ , соответственно). Поскольку по способу питания олигохеты относятся к детритофагам, личинки жуков — являются детритофагами и соскребателями, а мокрецы — детритофагами и хищниками, увеличение численности и биомассы этих животных может быть объяснено увеличением количества детрита, поступившим в водоем вследствие обильных дождей, выпавших летом 2017 г. Пресноводные нематоды обычно предпочитают слабо заиленные пески, поэтому этот же фактор может объяснить также и снижение обилия нематод.

## ЛИТЕРАТУРА

Приказ Федерального агентства по рыболовству от 25 ноября 2011 г. N 1166 г. Москва "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам". [Электронный ресурс]. URL: [http://www.fish.gov.ru/files/documents/otraslevaya\\_deyatelnost/ohrana\\_vodnyh\\_biore\\_sursov/npa-3.pdf](http://www.fish.gov.ru/files/documents/otraslevaya_deyatelnost/ohrana_vodnyh_biore_sursov/npa-3.pdf) (дата обращения 23.03.2019).



**ФИТОПЕРИФИТОН РЕК МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ:  
СТРУКТУРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ МОНИТОРИНГЕ**

**PHYTOPERIPHERYTON IN THE RIVERS OF MURMANSK REGION:  
STRUCTURE AND USE IN MONITORING**

Комулайнен С. Ф.

Komulaunen S. F.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: komsf@mail.ru*

The phytoperiphyton species composition of 45 rivers was found to include 386 species. Most of the common algae species identified are typical of cold water oligotrophic water bodies. Most saprobity-indicator species are oligo-, oligo-beta- forms, suggesting that human activities do not have a considerable impact on the water bodies. This may be because the algae, which dominate in the polyhumic brown waters with low pH and conductivity common in north-western Russia are, in general, classified as xeno- to oligosaprobic. The presence of heavy metals (HM) was observed in algal tissues in all study areas. The range of HM concentrations is rather wide, and their order sorted by ascending concentration varies between the rivers. The highest HM concentrations in algal tissues were recorded in the same watercourses, for which higher concentrations in water are typical.

В перифитоне 45 исследованных рек бассейнов Баренцева и Белого морей определено 386 таксона водорослей рангом ниже рода: Cyanophyta — 76, Chrysophyta — 2, Dinophyta — 2, Bacillariophyta — 245, Euglenophyta — 3, Chlorophyta — 53, Rhodophyta — 5.

Структура фитоперифитона в исследованных реках отражает географическое положение их водосборов, зависит от высокодинамичных условий, характерных для порожистых рек и уровня антропогенной нагрузки. В альгоценозах перифитона доминируют типичные прикрепленные виды широко распространенные в реках бореальной и субарктической зон. Размах колебаний численности водорослей в конце биологического лета (июль-август) достигал нескольких порядков — от  $0.1 \times 10^4$  до  $5300 \times 10^4$  кл/см<sup>2</sup>, а биомасса изменялась от 0.1 до 42.9 мг/см<sup>2</sup> субстрата биомассы. К видам доминирующим по численности отнесены 50 видов, или 13.3 %, из определенных видов. Однако реально структуру фитоперифитона в реках определяет еще более ограниченное число видов, которые формируют более 20 % от суммарной численности и биомассы фитоперифитона.

Среди встреченных в перифитоне водорослей индикаторов сапробности наиболее разнообразно представлены β-мезосапробы. Однако основу доминирующего комплекса на большинстве станций составляют χ-, χ- олиго, и олигосапробные виды. Поэтому значения индекса Сладчека и Трофического Диатомового Индекса (TDI), рассчитанные для альгофлоры рек в целом, изменяются соответственно от 0.6 до 2.1 и от 1.0 до 2.5. Это позволяет отнести воды исследованных рек к олигосапробной зоне, характеризующейся как условно чистая. Вместе с тем на отдельных участках в реках Кола (ниже г. Оленегорск, пос. Шонгуй и Кильдинстрой), Ура (ниже озера Килпявр), Нива, Белая, Ковда отмечены локальные изменения таксономической и эколого-географической

структур, которая можно объяснить интенсификацией хозяйственной деятельности на водосборах.

Показательным для фитоперифитона урбанизированных водоемов является увеличение концентрации тяжелых металлов (ТМ) в тканях водорослей. Увеличение концентрации ТМ в тканях водорослей наблюдалось в тех же водотоках, для которых характерны повышенные концентрации ТМ в воде. Сравнительный анализ пространственного распределения средних значений концентрации восьми ТМ в тканях водорослей позволил выделить две группы рек, различающихся по концентрации ТМ. Первая группа объединяет реки Печенга и Колосйоки, для которых отмечены максимальные концентрации практически всех ТМ. Группа «В» неоднородна и объединяет, главным образом, водотоки Хибинского плато с минимальными концентрациями ТМ в тканях водорослей.

В реках Ура и Кола была проанализирована пространственная динамика концентраций ТМ от истока к устью. Показано, что содержание ТМ в тканях водорослей от истока к устью заметно изменяется, что, несомненно, связано с антропогенной нагрузкой. В р. Кола увеличение концентрации ТМ в тканях водорослей отмечено ниже г. Оленегорска и связано с поступлением сточных вод с территории крупного промышленного узла и хвостохранилища. В р. Ура максимальные концентрации ТМ отмечены ниже оз. Килпъявр и автомобильной трассы Мурманск-Никель. В обоих случаях при минимизации антропогенной нагрузки концентрации ТМ постепенно снижаются и становятся близкими к наблюдаемым в верховьях рек, не испытывающих антропогенной нагрузки.

#### **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГОВ ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛ.)**

#### **SOME ASPECTS OF THE POPULATION INDICATORS OF THE WHITEFISH OF IMANDRA LAKE (MURMANSK REGION)**

Королева И. М., Терентьев П. М.

Koroleva I. M., Terentjev P. M.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: koririn@yandex.ru*

The dynamics of some population indicators of the European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) population in freshwater subarctic Imandra Lake on the Kola Peninsula were investigated. The number of age groups (11) has remained constant over the past fifty years. The majority of catches contain four to six-year-old fish. There is a tendency to a decrease in the rate of whitefish loss, from 70 % to 50 %. According to the 2011–2015 data, the maturity period is delayed in the whitefish. Females have immature gonads larger than reported in the middle of the 20th century. An increase in the maturity ratio in spawning females was recorded.

Знания о возрастной структуре популяций, сроках достижения половой зрелости и естественной смертности промысловых рыб представляют большой теоретический интерес и крайне важны для рыбохозяйственных исследований.

Ихтиологические материалы отбирались в озере Имандра с 1978 по 2018 гг. Отлов рыб в различные годы осуществлялся капроновыми сетями,

преимущественно с ячеей 36–40 мм; ставными жаберными сетями с ячейей 10–60 мм и плавными сетями с ячейей 6–60 мм. У рыб измеряли массу, длину, при вскрытии визуально определялся пол и стадия зрелости (по схеме И. И Лапицкого для сига — лудоги). Коэффициент зрелости рассчитывался как отношение веса половых продуктов к массе рыбы без внутренностей (порке), в %. Возраст определялся по чешуе.

Сиги контрольных уловов представлены одиннадцатью возрастными группами от 0+ до 10+. Основу промыслового стада составляли пяти- и шестилетние рыбы, их доля в уловах достигала 58 %. Третьей по численности группой были четырехлетки (20 %). Сиги старших возрастных групп (8+ и старше) встречались крайне редко (<2 %).

Сравнение возрастного состава сигового стада оз. Имандра с данными начала XX в. (Ф. В. Крогиус, 1926, 1930 гг.) и его середины (Г. В. Беляева, 1965–1970 гг.) показало, что сокращение числа возрастных групп и уменьшение численности особей старших возрастов, вызванное комплексом факторов (деятельность Нивской ГЭС, перелов и техногенное загрязнение) наблюдаются до настоящего времени. За весь период исследований поймано всего 3 особи в возрасте 10+ и 1 особь 11+. Это свидетельствует о высоком проценте убыли сигов. Некоторым эталоном величины естественной смертности сигов служат данные Ю. С. Решетникова [1966], по оз. Чунозеро, входящего, как и Имандра, в озерно-речную систему р. Пиренга. Ежегодная смертность сигов в Чунозере равнялась 51 %. В начальный период наблюдений (1926, 1930 гг.) в оз. Имандра этот показатель был равен 45 %. В дальнейшем, в 1965–1972 гг., в плесе Большая Имандра средняя ежегодная убыль составляла 70 %. Более высокая убыль сига отмечалась в районах промышленного загрязнения. В Белой губе (сточные воды АО «Апатит»), она в то время составляла 95 %. В Монче-губе (стоки комбината «Североникель»), убыль была равна 92 %. В обоих районах отсутствовали сиги старше 6+. Наши расчеты для всего озера дали величину 42 % в 1996–1997 гг. и 50 % для периода с 2011 по 2015 гг.

Малотычинковые сиги относятся к рыбам с синхронным ростом овоцитов и единовременным икрометанием. В озерах Крайнего Севера у них часто наблюдается смещение сроков первого икрометания вследствие удлинения или сокращения периода неполовозрелости (задержка на I-II стадии зрелости). Самки могут впервые нерестоваться в возрасте шести или семи лет, что на год-два позже нормы. Половые железы I стадии зрелости нами отмечены у самок в возрасте от 1+ до 6+. Размеры наиболее крупной неполовозрелой самки составили 550 г и 36.2 см. По данным 1965–1970 гг., яичники I стадии зрелости имели рыбы не старше 4+, самая крупная неполовозрелая особь весила 195 г при длине АС 26.6 см. Коэффициенты зрелости для этой стадии сопоставимы с данными Беляевой: 0.4 и 0.3. Переход из II в III стадию у впервые созревающих сигов происходит в июне – июле. С этого периода отмечается значительное увеличение веса гонад. Коэффициент зрелости с 0.5 (июль) возрастает до 13.4 (октябрь). Наибольший коэффициент зрелости зарегистрирован у девятилетней самки, выловленной в октябре 1997 г., он был равен 45.5, что в два раза выше показателя в 1960-х гг. — 20.8. Закономерным следствием суровости условий обитания в водоемах Крайнего Севера является не ежегодное икрометание и пропуски одного-двух нерестовых периодов.

Детальные экологические наблюдения и накопление материала по созреванию половых желез, наряду с гистологическим анализом их срезов, позволят продолжить изучение особенностей сезонного развития половых желез и показать адаптивное значение характера прохождения половых циклов в связи с особенностями воспроизводства рыб в условиях северных широт.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Решетников Ю. С.* Особенности роста и созревания сигов в водоемах Севера // Закономерности динамики численности рыб Белого моря и его бассейна. М.: Наука. 1966. С. 93–15.

### МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

#### MONITORING OF HEAVY METALS AND ARSENIC IN THE COMMERCIAL FISH SPECIES OF THE BARENTS SEA

Лаптева А. М., Плотицына Н. Ф.

Lapteva A. M., Plotitsyna N. F.

*Полярный филиал «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н. М. Книповича), Мурманск, Мурманская область; e-mail: lapteva@pinro.ru*

Comparing the results with the published data for the commercial ichthyofauna of the World Ocean, it can be concluded that the content of heavy metals and trace elements in the muscles and liver of the studied fish is insignificant. The exception is the total arsenic content in the muscles of some of the Barents Sea commercial fish species, which is regulated by the Russian SanPiN 2.3.2.1078-01, and currently does not reflect the level of pollution dangerous to human health.

В марте 2018 г. выполнено определение тяжелых металлов и мышьяка в пробах морских рыб, выловленных в различных промысловых районах Баренцева моря на 30 станциях. Всего проанализировано 158 проб (79 проб мышц и 79 проб печени) атлантической трески, пикши, морской камбалы, камбалы-ерша, черного палтуса, пятнистой, синей и полосатой зубаток. Тяжелые металлы и микроэлементы по токсикологическим оценкам «стресс-индексов» занимают второе место среди загрязняющих веществ, уступая только хлорированным углеводородам. Изменение содержания тяжелых металлов и микроэлементов в различных тканях морских рыб вследствие антропогенного воздействия происходит на фоне их природного содержания, а диапазоны, при которых они выступают как микроэлементы, или как токсиканты, чрезвычайно узки [Мониторинг фонового ..., 1987]. Тяжелые металлы и микроэлементы в пробах ихтиофауны Баренцева моря были представлены медью, цинком, никелем, хромом, марганцем, кобальтом, железом, свинцом, кадмием, мышьяком и ртутью. Из микроэлементов в мышцах и печени исследованных рыб преобладали железо, цинк, мышьяк и медь. Минимальное содержание характерно для кобальта, кадмия и ртути. Содержание меди, цинка, никеля, хрома, марганца, кобальта и железа в тканях рыб варьировало в диапазоне, соответствующем природным уровням: в мышцах — 0.12–1.61; 1.7–8.9; 0.008–0.30; 0.01–0.40; 0.09–1.15; 0.01–0.62; 1.34–

12.9 мкг/г сырой массы соответственно, а в печени — 0.30–25.4; 13.7–97.3; 0.36–1.92; 0.20–1.03; 0.21–2.11; 0.12–1.78; 2.5–43.9 мкг/г сырой массы соответственно. Согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 в мышцах морских промысловых рыб нормируется только содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка, а в печени рыб – содержание свинца, кадмия и ртути [Гигиенические требования ..., 2002]. В мышцах и печени исследованных рыб Баренцева моря среднее содержание свинца и кадмия не превышало установленных нормативов (1.0 и 1.0; 0.2 и 0.7 мкг/г сырой массы соответственно). Среднее содержание общего мышьяка в мышцах морской камбалы, камбалы-ерша и синей зубатки превышало установленный норматив 5 мкг/г сырой массы [Гигиенические требования ..., 2002]. В мышцах 10 из 26 экземпляров трески содержание общего мышьяка превышало установленный норматив и изменялось в интервале от 5.50 до 8.55 мкг/г сырой массы, в мышцах 8 из 17 экземпляров пикши — от 5.65 до 6.65 мкг/г, в мышцах 3 из 9 экземпляров морской камбалы — от 6.01 до 7.10 мкг/г, в мышцах 6 из 11 экземпляров камбалы-ерша — от 5.70 до 6.50 мкг/г, в мышцах 3 экземпляров синей зубатки — от 5.27 до 6.73 мкг/г сырой массы и т. д. Следовательно, среднее содержание нормируемых токсичных микроэлементов в мышцах и печени исследованных рыб не превышало допустимые уровни, утвержденные СанПиН 2.3.2.1078-01, за исключением содержания общего мышьяка в мышцах. Накопление в органах и тканях многих микроэлементов обусловлено их способностью замещать другие, близкие по свойствам микроэлементы. Так, например, арсениты, являясь аналогами фосфатов, определяют в известной степени накопление мышьяка в организме гидробионтов. Мышьяк полноправно участвует в метаболизме гидробионтов, входит в состав металлопротеидов (арсенобетаинов) и всегда присутствует в организмах водных промысловых объектов. Его общее повышенное содержание не имеет ничего общего с техногенным загрязнением. Содержание мышьяка в гидробионтах зависит от сезона и связано с особенностями питания. Следует отметить, что мышьяк поглощается гидробионтами в основном с пищей, и его токсичные неорганические соединения способны быстро образовывать прочные комплексы с низкомолекулярными органическими соединениями, которые не представляют опасности для человека и к тому же быстро выводятся из организма [Мур, Рамамурти, 1987]. В мышцах промысловых рыб Баренцева моря содержание общей ртути варьировало от 0.001 до 0.171, а в печени — от 0 до 0.192 мкг/г сырой массы. Таким образом, среднее содержание общей ртути в мышцах и печени промысловых рыб Баренцева моря не превышало установленный норматив 0.5 мкг/г сырой массы [Гигиенические требования ..., 2002]. Сравнивая полученные результаты с опубликованными данными для промысловой ихтиофауны Мирового океана [Морозов, Петухов, 1986], можно сделать вывод о незначительном содержании тяжелых металлов и микроэлементов в мышцах и печени исследованных рыб. Исключение составляет содержание общего мышьяка в мышцах некоторых видов промысловых рыб Баренцева моря, которое нормируется СанПиН 2.3.2.1078-01, и в настоящее время не отражает уровень загрязнения, опасный для здоровья человека.

## ЛИТЕРАТУРА

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. М.: ИнтерСЭН. 2002. 168 с.

Мониторинг фонового загрязнения природных сред / Под ред. Ю. А. Израэля, Ф. Я. Ровинского. Вып. 4. Л.: Гидрометеиздат. 1987. 384 с.

*Морозов Н. П., Петухов С. А.* Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. М.: Агропромиздат. 1986. 160 с.

*Мур Дж., Рамамурти С.* Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния. М.: Мир. 1987. 288 с.

## СЕРОВОДОРОДНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЁМОВ

### HYDROGEN SULFIDE CONTAMINATION OF SEPARATED LAKES

Лосюк Г. Н., Кокрятская Н. М.

Losyuk G. N., Kokriatskaya N. M.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: glosyk@yandex.ru*

This paper presents the results of a study of hydrogen sulfide contamination in the bottom horizons of lakes at different stages of separation from the Kandalaksha Bay (White Sea). It is shown that the process of bacterial reduction of sulfates is activated and hydrogen sulfide is accumulating in the bottom horizons of the lakes under conditions of seasonal or permanent stratification. In meromictic conditions, this process is more intensive and is accompanied by the accumulation of the greatest amount of hydrogen sulfide.

Целью настоящего исследования является изучение химических параметров процесса аноксигенного восстановления сульфатов в воде озер, находящихся на разной стадии отделения от Кандалакшского залива Белого моря.

В качестве объектов исследования выбраны четыре небольших озера, расположенные в районе Беломорской биологической станции МГУ на границе полярного круга (Лоухский район, Республика Карелия). Водоемы находятся вдали от населенных пунктов и промышленных магистралей, поэтому относятся к природным объектам не испытывающим антропогенной нагрузки и могут служить примером для изучения особенностей процессов биогеохимического цикла серы в озерах на разных стадиях эволюции.

Исследуемые водоемы (оз. Нижнее Ершовское, оз. Трехцветное и Кисло-Сладкое, лагуна на Зеленом мысу) образовались в результате изостатического поднятия Кольского берега Белого моря после отступления ледника; эти процессы продолжаются и в настоящее время. Все озера имеют небольшие размеры и глубину (в среднем 1.5–2 м), окружены плотным лесным массивом, что препятствует их ветровому перемешиванию.

Озеро Нижнее Ершовское ранее считалось полностью пресным и отделившимся водоемом, пока в него и во все другие исследуемые озера не попала соленая вода во время сильного нагона осенью 2011 г. В озере сложились благоприятные условия для протекания процесса сульфатредукции в придонном

горизонте: аноксигенные условия в период сезонных стагнаций, солоноватые воды у дна (наличие сульфатов) и достаточное количество органического вещества. В результате деятельности микроорганизмов и отсутствия перемешивания шло образование и накопление сероводорода в нижних горизонтах водоема, максимальные концентрации которого были определены в марте 2013 г. (142 мг/л). По результатам многолетних наблюдений (с марта 2012 г. и по настоящее время) прослеживалось следующее: сероводород обнаруживался в воде озера, особенно в придонных горизонтах, во все сезоны до начала 2018 г. Осенью того же года водоем полностью опреснился и по всему столбу водной толщи сероводород не определялся. Можно предполагать, что за время исследований озеро вернулось к своему исходному до попадания морских вод состоянию — полностью отделившийся от моря пресный водоем.

Озеро Трехцветное — водоем с меромиктической структурой, считается полностью отделившимся от моря. В нем на протяжении всего периода исследований наблюдается верхний опресненный слой (миксолимнион) ~1 м, далее идут хемо- и галоклин (1.5–2.5 м) и монимолимнион с аноксигенными условиями и высоким содержанием сероводорода (максимальные значения 600–900 мг/л). Накопление большого количества сероводорода в придонном горизонте водоема свидетельствует о наличии благоприятных условий для протекания процесса восстановления сульфатов. За период многолетних наблюдений была подтверждена меромиктическая структура озера и зафиксировано накопление огромного количества сероводорода в придонном горизонте.

Озеро Кисло-Сладкое связано с морем через небольшой каменистый порог, соленая вода периодически поступает в водоем. В период сезонных стагнаций в нижних горизонтах складываются аноксигенные условия, и начинается процесс сульфатредукции. Максимальные значения сероводорода (120 мг/л) были определены в сентябре 2013 г.

Лагуна на Зеленом мысу связана с морем и в каждый прилив в водоем поступает соленая вода. Концентрации сероводорода в анаэробных придонных водах изменялись от 20 до 120 мг/л в зависимости от сезона. Для водоема характерно развитие нитчатых водорослей, отмирая которые служат субстратом для деятельности сульфатредуцирующих бактерий с образованием сероводорода в придонных горизонтах.

Таким образом, в исследуемых озерах с сезонной или постоянной стратификацией складываются условия, благоприятные для протекания процесса бактериального восстановления сульфатов, и идет накопление сероводорода в придонных горизонтах. При наличии устойчивой стратификации в водоеме этот процесс идет наиболее интенсивно и сопровождается накоплением большого количества сероводорода (оз. Трехцветное). Тогда как оз. Нижнее Ершовское за период наблюдений вернулось к состоянию полностью пресного и отделившегося от моря водоема.

## ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ В ОЗЕРЕ ИМАНДРА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ

### WATER CHEMISTRY DYNAMICS IN IMANDRA LAKE OVER THE PAST 30 YEARS

Мицуков А. С., Даувальтер В. А.

Mitsukov A. S., Dauvalter V. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: MitsukovAleks@gmail.com*

Observations of water chemistry in Imandra Lake have been carried out since the 1990s to the present day. It was noted that the concentrations of the main pollutants have decreased, but, as before, the Cu level exceeds the MPC in almost the entire Lake Imandra. The highest concentrations of heavy metals in the water were found in the town of Monchegorsk, the highest pH values were recorded in the Monche and Belaya Bays.

Озера, как компонент природной среды, очень чувствительны к антропогенным воздействиям, поскольку аккумулируют значительную часть загрязняющих веществ, поступающих в водоем с площади водосбора. Особенно остро это влияние проявляется в крупнейшем водоеме Мурманской области — оз. Имандра, поскольку на территории его водосбора находятся предприятия энергетики, металлургии и горнодобывающей промышленности [Кашулин и др., 2012].

В доиндустриальный период, воды оз. Имандра характеризовались низкой минерализацией (20-30 мг/л), относились к гидрокарбонатно-натриевому типу, показатель водорода находился в диапазоне от 6.4 до 7.2, в зависимости от сезона, по содержанию биогенных элементов озеро характеризовалось как олиготрофное [Моисеенко и др., 2002]. С началом деятельности основных промышленных предприятий воды оз. Имандра претерпели значительные изменения.

В северной части озера, где расположены АО «Олкон» и АО «Кольская ГМК», минерализация воды существенно возросла, до 60-90 мг/л, достигая 480 мг/л в приустьевом участке р. Ньюдуай. Воды данной акватории в настоящее время соответствуют классу сульфатных, группе натрия, и относятся к первому типу [Алекин, 1970]. В водной толще наблюдается превышение ПДК по таким элементам как Cu и Ni (в 3 раза) и Mn. В ранее отобранных пробах (90-е гг. прошлого века) помимо перечисленных элементов превышение ПДК отмечалось по Al. В южной части плеса Большая Имандра, где расположен другой источник загрязнения — АО «Апатит», минерализация воды также возросла, до 85 мг/л, наблюдается превышение ПДК по содержанию Cu и Al. В пробах 90-х гг. концентрации Cu, Ni и Zn были выше ПДК. В Северной части плеса Йокостровская Имандра минерализация воды составляет в среднем 72 мг/л. В распределении главных ионов доля сульфат-иона и гидрокарбонат-иона равна, преобладающим катионом является натрий. Среди элементов, превышающих ПДК в настоящее время, отмечается Al (50 мкг/л) и Cu (4 мкг/л). В центральной части Йокостровской Имандры, минерализация воды составляет в среднем 66 мг/л, воды относятся к сульфатному классу, натриевой группе и первому типу.



Среди микроэлементов, превышающих ПДК отмечена только Cu (3 мкг/л). В восточной части плеса Бабинская Имандра в данное время, минерализация воды составляет 42 мг/л. Среди анионов преобладает гидрокарбонат ион, в катионном составе натрий. Среди микроэлементов, превышающих ПДК, в настоящее время отмечается только Cu (в 3 раза). В юго-западной части оз. Имандра, на значительном удалении от промышленных объектов, воды характеризуются низкой минерализацией, в среднем - 39 мг/л, относятся к гидрокарбонатному классу, натриевой группе и первому типу. В настоящее время превышение норматива отмечено только для Cu в 2 раза. Ранее отмечались превышения в 4 раза (середина 90-х гг.). Концентрации Ni и Cu в воде, за период с начала 90-х гг. по настоящее время сократились почти вдвое, Zn более чем в 6 раз до 0.3 мкг/л.

В целом на всей акватории озера за весь период наблюдения отмечается снижение концентраций основных загрязняющих веществ в водной толще, вследствие снижения антропогенной нагрузки, что подтверждается данными комбината «Североникель» по сбросам и выбросам ЗВ, особенно Cu и Ni, сбросы которых за период с 1990 по 2014 гг. сократились с 7 и 150 т/год до 100 и 300 кг/год [Kashulina et al., 2014].

#### ЛИТЕРАТУРА

Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Лукин А. А., Кудрявцева Л. П., Ильяшук Б. П., Ильяшук Е. А., Сандимиров С. С., Каган Л. Я., Вандыш О. И., Шаров А. Н., Шарова Ю. Н., Королева И. М. Антропогенные модификации экосистемы оз. Имандра. М: Наука. 2002. 403 с.

Алекин О. А. Основы гидрохимии / Отв. ред. С.В. Бруевич. Л.: Гидрометеиздат. 1970. 443 с.

Кашулин Н. А., Денисов Д. Б., Валькова С. А., Вандыш О. И., Терентьев П. М. Современные тенденции изменений пресноводных экосистем Евро-Арктического региона // Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология Севера. 2012. № 2(9). С. 6–53.

Kashulina G. M., de Caritat P., Reimann C. Snow and rain chemistry around the “Severonikel” industrial complex, NW Russia: Current status and retrospective analysis // Atmospheric Environment. 2014. Vol. 89. P. 672–682.

### **АНТРОПОГЕННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВОДАХ СУШИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНКИ**

### **ANTHROPOGENICALLY INDUCED PROCESSES IN THE TERRESTRIAL SURFACE WATERS IN THE ARCTIC AND EVALUATION CRITERIA**

Моисеенко Т. И.

Moiseenko T. I.

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН; e-mail: moiseenko@geokhi.ru

The development of anthropogenically induced processes in the surface terrestrial waters in the Arctic, such as eutrophication, acidification, and toxic pollution, is described. Russia's

Kola Peninsula is the most industrially developed and urbanized region of the Arctic; therefore, the processes that most clearly indicate this are considered. Data on the development of the processes in the Arctic regions of Western and Eastern Siberia are presented. The main changes in ecosystems and the periods when dangerous situations occurred are shown. The criteria applied to identify adverse processes in the surface waters of the Arctic are substantiated. An indicator of critical loads and excessive levels to assess water acidification and water pollution by metals and metalloids was developed. A need is demonstrated to raise water quality standards 3-5 times at least compared to existing MPCs, values should vary depending on the natural water properties and anthropogenic factors.

Высокая обеспеченность регионов Севера водными ресурсами до последнего времени не вызывала тревогу об их состоянии. Вместе с тем, интенсивное освоение богатых месторождений полезных ископаемых Арктического региона и трансграничные переносы загрязняющих веществ приводят к быстрому нарушению хрупкого экологического равновесия уже во многих урбанизированных районах, что стремительно ведет к качественному истощению водных ресурсов в промышленных городах и поселках. Система регламентации загрязнений на основе ПДК не учитывают весь комплекс физико-химических и биологических процессов, протекающих в водоемах, специфику и высокую уязвимость природы северных вод. В условиях Арктики взаимодействие антропогенных факторов с окружающей средой имеет наиболее выраженные отрицательные эффекты вследствие низких уровней здесь массо- и энергообменов. В то же время пресные водоемы здесь приобретают особое значение в силу больших запасов высококачественной пресной воды и ценной рыбной продукции в виде лососевых и сиговых рыб.

Доказано, что в водах суши этой зоны развиваются антропогенно-индуцированные процессы, такие как эвтрофирование, закисление, появление токсичных элементов в региональном и глобальном срезе, которые способны привести к негативным изменениям качества вод. Необходима гибкая система критериев, позволяющая выявить развитие неблагоприятных процессов в водах суши на ранних стадиях их появления. Все критерии могут рассматриваться как информативные, если имеют численное выражение, что позволяет в дальнейшем учитывать их в доза-эффектных зависимостях и нормировании загрязнений.

Кольский Север России — наиболее промышленно освоенный и, соответственно, урбанизированный регион Арктики, поэтому рассмотрены процессы, которые наиболее отчетливо проявились в данном регионе. Исследования качества вод суши других арктических регионов Западной и Восточной Сибири (Ямало-ненецкий и Норильский регионы) выявило развитие закисления вод и обогащение вод металлами.

Не существует единого универсального критерия по отношению к оценке всех антропогенно-индуцированных процессов: при оценке эвтрофирования водоемов наиболее ясную картину формируют показатели изменений фитопланктонного сообщества, при закисления вод — зообентосного; при токсичном загрязнении вод — рыбы.

Концентрации фосфора, стимулирующие начальную стадию эвтрофирования водоема будут составлять 15 мкг/л, критической величиной, приводящей к гибели донной фауны, — 90 мкг/л. Однако эти величины могут корректироваться с учетом проточности и глубины водоема. Критическими уровнями снижения кислото-нейтрализующей способности низкоминерализованных вод

арктического бассейна будет 50 мкэкв/л, выпадения кислот не должны превышать 20 мг-экв/м<sup>2</sup>год в кислотоуязвимых регионах по геологическому строению.

Показано, что под влиянием воздушного загрязнения в водах озер формируются повышенные концентрации многих элементов. Воды Норильского и Кольского регионов обогащаются Ni, Cd, As, Sb и Se в результате распространения дымовых выбросов от медно-никелевых плавлен на дальние расстояния. Нефтегазовая индустрия приводит к повышенным концентрациям в воде V, Pb и Mo. Высокие значения фактора обогащения вод металлами и металлоидами (Enrichment Factors, EF) характерны для многих металлов, объясняются не только антропогенным рассеиванием элементов, но также изменением условий миграции элементов и геохимическими особенностями рудопроявления. По результатам расчетов доказано влияние антропогенного рассеивания на обогащение вод северной хемосферы большой группой элементов, включая токсичные из них.

Особо опасное токсичное воздействие в арктических озерах возникает: 1) в условиях формирования кислородного дефицита в период длительной полярной зимы вследствие десорбции металлов из донных отложений 2) в период половодья, когда накопленные в снежном покрове элементы и вещества в период длительной полярной зимы стремительно поступают с водосбора в короткий период снеготаяния в водные объекты.

Нарушения и дисфункции в системах организма лососёвых и сиговых рыб — информативный критерий диагностики токсичного загрязнения вод арктического бассейна. С учетом всего многообразия и особенностей круговорота опасных элементов, нормативы качества вод для вод арктического бассейна должны быть более строгими, по крайней мере, в 3-5 раз ниже по сравнению с существующими ПДК, быть переменными в зависимости от характеристик природного водного объекта и сопутствующих факторов антропогенного воздействия.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-60012).*

### **БИОДОСТУПНОСТЬ МЕТАЛЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМ ИХ НАХОЖДЕНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ: К ВОПРОСУ О ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ**

### **BIOACCESSIBILITY OF METALS DEPENDING ON THE OCCURRENCE FORM IN AN AQUATIC ENVIRONMENT: REVISITING THE ALLOWABLE CONCENTRATIONS**

Моисеенко Т. И.

Moiseenko T. I.

*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, e-mail: moiseenko@geokhi.ru*

A methodological approach to measuring the complexing ability of water (CAW), and free ion concentration (using actual research or physico-chemical estimates), taking into consideration the toxicological properties of the given element, was developed. It was shown that the complex biotic ligand model (BLM) is widely used to forecast bioaccessibility of metals. It has three most important components: thermodynamic calculation of the occurrence form of

metals, capability of biological receptors to bind metal ions, and toxicological properties thereof. The methodological approach, which was developed using data from the north of the Kola Peninsula, can be applied to substantiate the critical level of metals in other regions with a developed ore mining and metals industry.

Возрастающее поступление металлов в окружающую среду, включая высокотоксичные, требует разработки методов оценки экологических рисков от загрязнения. Водные системы являются объектами конечного стока элементов, поступающих в окружающую среду. Биодоступность является одним из ключевых свойств элементов, определяющих их проникновение в организм, и экотоксичность зависит не только от концентрации металлов в воде, но и от многочисленных геохимических показателей. Ионные формы большинства металлов обладают наибольшей биодоступностью за исключением липофильных металлорганических комплексов (например, метил ртути). Растворенное органическое вещество (DOC) вод способно инактивировать поступающие в водоем металлы путем их связывания с лигандамиамино-, фульво- и гуминовых кислот, что снижает их биодоступность и, соответственно, токсичность для гидробионтов.

Для предсказания биодоступности металлов широкое применение находит сложная модель биотического лиганда (BLM), которая имеет три наиболее значимые составляющие: термодинамический расчет форм нахождения металла, способность биологических рецепторов связывать ионы металлов и их токсикологические свойства. На ее основе была дана оценка токсичности отдельных металлов. Однако металлы не поступают в водоем в отдельности, как правило, наблюдается полиметаллическое загрязнение большим спектром элементов.

Металлы проникают в организм водных животных несколькими путями, которые определяются концентрацией металлов в воде и формами нахождения. Несмотря на многообразие механизмов проникновения металлов в организм водных животных, металлы аккумулируются в организме в значительно больших концентрациях, чем в окружающей среде. Результат — развитие микроэлементозов (замещение эссенциальных элементов, избыток токсичных) и потенциальный токсичный эффект.

Определение комплексобразующей способности вод (КСВ) основывается на выявлении связей между содержаниями органического вещества в воде и количеством инактивированных металлов (связанных с органическим веществом). Конкурентный ряд металлов за связывание с органическими лигандами, определяется различиями сродства металлов за координационные центры. Наибольшей активностью обладает железо.

Разработанный нами подход к определению КСВ, вычислению концентраций свободных ионов (путем натуральных исследований или физико-химических вычислений) и с учетом токсикологических свойств каждого элемента в некоторой степени созвучно с концепцией BLM, однако в иностранных моделях не учитывается факт полиметаллического загрязнения и конкурентного ряда металлов за связывание с органическими лигандами. Очевидно, что в других регионах спектр металлов, их поведение и токсичные свойства будут видоизменяться, однако методологический подход, разработанный на примере Кольского Севера, может быть использован при обосновании критических уровней металлов в других регионах с развитой горно-рудной и металлургической индустрией.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-17-00184.*

**ОКРАШЕННОЕ РАСТВОРЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО  
(ОРОВ) В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ  
ТРЕХ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ АРКТИКИ**

**COLOURED DISSOLVED ORGANIC MATTER (CDOM) IN THE LAKES  
AND RIVERS OF THREE DIFFERENT ARCTIC REGIONS**

Пашовкина А. А.<sup>1</sup>, Федорова И. В.<sup>1</sup>, Дворников Ю. А.<sup>2</sup>  
Pashovkina A. A.<sup>1</sup>, Fedorova I. V.<sup>1</sup>, Dvornikov Yu. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург; e-mail: asyapashovkina@gmail.com, umnichka@mail.ru*

<sup>2</sup>*Институт криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН, Тюмень, Тюменская область; e-mail: ydvornikow@gmail.com*

In this study, we examined colored dissolved organic matter (CDOM) absorption in the rivers and lakes of three different Arctic regions: Yamal Peninsula, Kola Peninsula and Lena River Delta. We applied two different methods. In the first one, water samples collected in expeditions were analyzed using the dual-beam spectrophotometer Specord 200 (Jena Analytic, Germany) at the Arctic and Antarctic Research Institute. In the second one, we applied a remote sensing-based CDOM algorithm (green and red band reflectance ratio). The results of the two methods were compared and a correlation between them was estimated. Moreover, we compared the CDOM absorption values in the three different Arctic regions.

На сегодняшний день программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) выделяет среди актуальных экологических проблем Арктического региона изменение климата, влекущее за собой активизацию процессов термоденудации и термоэрозии в криолитозоне. Из-за резкой активизации рельефообразующих криогенных процессов в регионе в настоящее время необходим мониторинг изменений поверхности, связанных с активностью криогенных процессов и общей динамикой ландшафтов. Одним из современных методов, которые косвенно показывают интенсивность термоденудации является определение концентрации окрашенного растворенного органического вещества в водоемах (ОРОВ, в англоязычной литературе CDOM) [Dvornikov и др., 2017]. Концентрация ОРОВ в водных объектах зависит не только от относительно неизменных факторов, таких как растительность и рельеф, но и от активно меняющихся во времени и пространстве — например, от скорости термоденудации, гидрологических процессов, поступления в среду продуктов жизнедеятельности биосистем, содержания в почвах гуминовых и фульвокислот [Skogospekhnova и др., 2018]. Целью работы является анализ концентрации ОРОВ в арктических водоемах различных регионов с использованием данных натурных наблюдений и данных дистанционного зондирования. К задачам исследования относились: сбор материалов по физико-географическим условиям среды водосборов, гидрохимическому составу поверхностных вод и концентрации в них ОРОВ, проведение комплексного аналитического исследования полученных данных и информации. Для сравнения были выбраны три арктических района: Кольский полуостров, полуостров Ямал, дельта реки Лены. Пробы были отобраны в экспедициях 2016, 2018 и 2019 гг. Всего было отобрано 80 проб воды. Анализ проб воды на концентрацию ОРОВ выполнялся на двухлучевом спектрофотометре SPECORD-200 (Jena Analytic, Germany) в лаборатории

им. Отто Шмидта Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ). Также в ходе работы применялся метод дистанционной оценки концентрации ОРОВ в программе SNAP на основе спутниковых снимков Landsat-8 и Sentinel-2. Был использован метод соотношения зеленого и красного спектральных каналов для расчета значений абсорбции ОРОВ на участке 440 нм,  $a(440)_{\text{ОРОВ}}$  [Kutser et al., 2005]. Полученные результаты были сопоставлены со спектрами поглощения УФ и видимого излучений ОРОВ, полученными в лаборатории и была рассчитана их корреляция. Это позволило экстраполировать информацию о содержании ОРОВ в точках пробоотбора на другие водные объекты в рассматриваемых регионах, а также провести сравнение содержания в воде ОРОВ для различных регионов Арктики.

*Работы выполнены в рамках проекта РФФИ 18-05-60291 «Адаптация арктических лимносистем к быстрому изменению климата».*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Dvornikov Y., Leibman M., Heim B., Khomutov A., Roessler S., Gubarkov A. Thermodenudation on Yamal peninsula as a source of the dissolved organic matter increase in thaw lakes // Earth's Cryosph. 2017. Т. 21. № 2. С. 33–42.*

*Kutser T., Pierson D. C., Kallio K. Y., Reinart A., Sobek S. Mapping lake CDOM by satellite remote sensing // Remote Sens. Environ. 2005. Т. 94. № 4. С. 535–540.*

*Skorospekhova T. V., Heim B., Chetverova A. A., Fedorova I. V., Alekseeva N. G., Bobrova O., Dvornikov Y. A., Eulenburg A., Roessler S., Morgenstern A. Coloured Dissolved Organic Matter Variability in Tundra Lakes of the Central Lena River Delta (N-Siberia) // Polarforschung. 2018. Т. 87. № 2. С. 125–133.*

### **НАСЕЛЕНИЕ РЫБ ГОРНЫХ И ТУНДРОВЫХ ВОДОЕМОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА И ТЕНДЕНЦИИ ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ**

### **FISH COMMUNITIES OF MOUNTAIN AND TUNDRA WATER BODIES IN THE EUROPEAN NORTHEAST AND CHANGE DYNAMICS**

Пономарев В. И.

Ponomarev V. I.

*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Республика Коми; e-mail: ponomarev@ib.komisc.ru*

Until recently, the vast majority of the water bodies in Bolshezemelskaya and Malozemelskaya tundra and on the western slopes of the Ural Mountains have not been studied in terms of fauna or have been studied partially and/or retrospectively. Obviously, such studies are extremely relevant because of the vast areas actively involved in commercial development. Under these circumstances, information about the composition and diversity of aquatic communities, in particular fish communities, has a special value in the context of growing threats that can cause the loss of the biological diversity of the Arctic lake and river systems, first of all, as a result of the negative impact of the production and transportation of hydrocarbons, as well as global climate change. This paper presents findings of ichthyofaunal research in multiple tundra and alpine tundra water bodies in the basins of the Barents Sea and the Kara Sea. The

water bodies inhabited by fish are characterized by such common regularities, as low species diversity and the presence of one or two dominant species, as a rule salmonoids.

Абсолютное большинство водоемов Большеземельской и Малоземельской тундр и западных склонов Урала до последнего времени были либо вообще не изучены в ихтиофаунистическом отношении, либо это сделано фрагментарно и имеет ретроспективный характер. Очевидна чрезвычайная актуальность подобных исследований в связи с активным вовлечением обширных территорий в производственное освоение. В работе представлены материалы исследований рыбного населения ряда водоемов обширной территории от Ненецкой гряды до южной границы Приполярного Урала.

Даже несмотря на существенную лимнологическую разнотипность обследованных в 1998 г. озер Ненецкой гряды (Малоземельская тундра) и развитость сети протоков, соединяющей эти озера между собой, а также с Колоколковской и Коровинской губами, абсолютное большинство водоемов этого района полностью лишено рыбного населения. Лишь в двух ледниковых озерах и р. Ньяраяха выявлены налим и арктический голец (последний только в ручье).

Полевые ихтиологические исследования в бассейне р. Морею проведены в 2001–2017 гг. Рыбное население как основного русла реки, так и озер на ее водосборе характеризуется чрезвычайно высокой ценностью видового состава и преобладанием лососевидных. Установлены 10 видов из 16 отмеченных во всем бассейне этого водотока. В озерах среднего течения представлены различные генерации таких видов, как сибирская ряпушка, чир, пелядь, нельма, европейская корюшка, европейский хариус, щука и налим.

В составе ихтиофауны р. Кара указывали от 15 до 25 видов. Проведенные нами в 1999–2018 гг. исследования позволили уточнить видовой список, который включает 23 вида. Особое внимание обращает доминирование лососевидных: ставшая здесь обычным видом горбуша, атлантический лосось, арктический голец, сибирская ряпушка, омуль, чир, пелядь, сиг, нельма, европейский и сибирский хариус.

В ходе наших исследований горно-тундровых водоемов Приполярного и Полярного Урала в 1994–2016 гг. выявлены предполагаемые ледниковые реликты — изолированные локальности пеляди озера Плаунты (бассейн Малой Усы), озерно-речной системы верховьев Большой Усы, ряда озер бассейнов рек Вангыр и Большой Паток. Обнаружен целый ряд озер бассейнов рек Кара, Малая Уса, Кожим, Косью, Вангыр и Войвож-Сыня, населенных жилой формой арктического гольца. Установлено, что арктический голец, пелядь и сибирский хариус западных склонов Урала характеризуются разорванным многоочаговым ареалом. При этом высокогорные озера и верховья рек, как правило, населены единственным видом рыб, чаще арктическим гольцом.

Таким образом, для рыбного населения горных и тундровых водоемов, по-прежнему, характерно доминирование лососевидных. Наблюдаемое во многих районах сокращение численности, размерно-возрастных характеристик рыб и другие негативные тенденции обусловлены воздействием антропогенного фактора, включая как прямое промышленное воздействие и загрязнение среды обитания, так и перелов рыбы, а также изменения климата. Можно спрогнозировать массовое развитие карповых и окуневых рыб в бассейне р. Печора, что уже отмечено во многих водоемах и речных системах Западной

Европы и России. Вместе с тем, следует обратить внимание, что, как нам удалось продемонстрировать на примере целого ряда горных озер в бассейне р. Малый Паток (Приполярный Урал), в условиях отсутствия тех или иных форм антропогенного воздействия проявляется тенденция увеличения роли в формировании рыбной части водного сообщества сига с одновременным сокращением численности ранее доминировавшего здесь окуня.

## **ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА**

## **PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS OF THE WESTERN AND CENTRAL CAUCASUS MOUNTAIN LAKES**

Разумовский В. Л.

Razumovsky V. L.

*Институт водных проблем РАН, Москва; e-mail: nethaon@mail.ru*

This study examined diatom complexes from the most recent (late Holocene) lake sediments in the Western and Central Caucasus. The main research goal was to investigate and reconstruct long-term geocological processes in small lake ecosystems of the Western and Central Caucasus based on the results of diatom analysis. In addition to the classical methods of diatom analysis, graphical analysis of taxonomic proportions in diatom complexes was applied. A new method for calculating the values of pH and temperature in lakes was also applied.

В отличие от горных районов Западной Европы, данные о колебаниях климата на Кавказе в позднем голоцене очень скудны [Моисеенко и др., 2012; Соломина и др., 2013]. Диатомовые комплексы Западного и Центрального Кавказа практически не изучены. Необходимость изменить создавшуюся ситуацию, и послужила основой для подготовки и выполнения проведенных исследований. Основной целью работы было изучение и реконструкция долговременных геологических процессов в малых озерных экосистемах Западного и Центрального Кавказа по результатам диатомового анализа. С 2009 по 2012 гг. было проведено 4 научных экспедиции, в которых был непосредственно отобран первичный материал (пробы озерных отложений). Всего было обследовано 26 водоемов (озер и прудов) проточного и непроточного генезиса различной размерности. Из обследованных водоемов, 15 располагаются в Республике Кабардино-Балкария, 10 в Краснодарском Крае и один в Республике Карачаево-Черкессия. Колонки донных отложений были отобраны из 5 озер: оз. Донгузурун, оз. Каракель, оз. Зеркальное, оз. Нижнее Хаймашинское и оз. Верхнее Хаймашинское. Исследования постоянных препаратов проводились на различных моделях световых микроскопов. Параллельно проводилась микрофотосъемка с использованием разных моделей цифровых фотокамер. Электронно-микроскопические исследования проводили на сканирующих электронных микроскопах (СЭМ) моделей Jeol JSM-6380 и CamScan S2 на биологическом ф-те МГУ им. М. В. Ломоносова. Определение возраста донных отложений водоемов проводились радиометрическим методом с использованием моделей датирования CRS и C1C на основе хронологии <sup>10</sup>РЬ, в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН по стандартным методикам. Были применены: литологические, геохимические, изотопные и



другие методы изучения на базе института минералогии им. В. С. Соболева Сибирского отделения РАН [Дарьин, Калугин, 2012]. Помимо классических методов диатомового анализа был применен метод графического анализа таксономических пропорций в диатомовых комплексах [Разумовский, Моисеенко, 2009]. В работе был так же применен новый способ расчета численных значений рН и температуры в озерах [Моисеенко, Разумовский, 2009]. Проведенные исследования продемонстрировали информативность и достоверность распознавания переотложенных (перемещенных) диатомовых комплексов методом графического анализа таксономических пропорций. Это было подтверждено геохимическими, литологическими и изотопными методами. Сформированные в процессе работы биоиндикационные таблицы и унифицированная методика расчёта рН, температуры и сапробности, позволили достоверно установить процессы долговременных изменений этих параметров озерных вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Дарьин А. В., Калугин И. А.* Реконструкция климата Горного Алтая по данным литолого-геохимических исследований донных осадков озера Телецкое // Известия РАН. Сер. Географическая. 2012. № 6. С. 74–82.

*Моисеенко Т. И., Разумовский Л. В.* Новая методика реконструкции катионно-анионного баланса в озерах (диатомовый анализ) // Доклады РАН. Общая биология. 2009 Т. 427. № 1. С. 132–135.

*Моисеенко Т. И., Разумовский Л. В., Гашкина Н. А., Шевченко А. В., Разумовский В. Л., Машуков А. С., Хорошавин В. Ю.* Палеоэкологические исследования горных озер // Водные ресурсы. 2012. Т.39. № 5. С. 543–557.

*Разумовский Л. В., Моисеенко Т. И.* Оценка пространственно-временных трансформаций озерных экосистем методом диатомового анализа // Доклады РАН. Общая биология. 2009. Т. 429. № 2. С. 274–277.

*Соломина О. Н., Калугин И. А., Александрин М. Ю., Бушуева И. С., Дарин А. В., Долгова Е. А., Жомелли В., Иванов М. Н., Мацковский В. В., Овчинников Д. В., Павлова И. О., Разумовский Л. В., Чепурная А. А.* Бурение осадков оз. Каракель (долина р. Теберда) и перспективы реконструкции истории оледенения и климата голоцена на Кавказе // Лёд и Снег. 2013. № 2(122). С. 102–111.

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДИАТОМОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

### **SPATIAL-TEMPORAL TRANSFORMATIONS OF THE TAXONOMIC STRUCTURE OF DIATOM COMPLEXES IN THE LAKES OF THE KOLA PENINSULA**

Разумовский Л. В.

Razumovsky L. V.

*Институт водных проблем РАН, Москва; e-mail: lazy-lion@mail.ru*

This paper discusses the method of graphical analysis of taxonomic proportions in diatom complexes. Initially, the method of graphical analysis was developed for small and medium lakes of the Kola Peninsula. Later, it was successfully applied to lakes in other regions of Russia. In addition to small and medium-sized lakes in the Kola Peninsula, bottom sediment columns from Imandra Lake were investigated.

Метод графического анализа (МГА) первоначально был разработан при пространственном анализе донных комплексов диатомовых водорослей из современных озерных осадков Кольского п-ова [Разумовский, 1997]. При применении разработанной методики анализа, озера были разделены по двум категориям размерности: с площадью водного зеркала менее 1 км<sup>2</sup> (малые) и с площадью водного зеркала от 1 до 4 км<sup>2</sup> (средние). Аналогичные закономерности распределения таксономических пропорций были установлены в донных отложениях оз. Имандра. МГА состоит в следующем: при построении графиков по оси абсцисс откладывается число идентифицированных таксонов видового и более низкого рангов (далее в тексте — таксонов), а по оси ординат — их относительная численность. Таксоны ранжируются по показателю относительной численности в сторону его уменьшения. По относительной численности таксоны разделяют на группы: доминирующие (обычно не менее 8-10 % от комплекса), сопутствующие (более 1-2 %) и редкие (обычно менее 1 %). В результате, в линейной системе координат строится исходный график или гистограмма. Анализ полученных графиков (гистограмм) проводится в линейной и логарифмической системе координат. В логарифмической системе координат анализируются не сами графики, а их тренды, представленные результирующими прямыми линиями. Эти линии образуют генерации определенных очертаний. В линейной системе координат были выделены два типа графиков естественной, ненарушенной структуры таксономических пропорций в диатомовых комплексах [Разумовский, Моисеенко, 2009]. Один из них своим очертанием близок к экспоненциальной зависимости и характерен для малых озер. Для озер среднего размера форма полученных графиков имеет определенное подобие с логистической зависимостью [Шитиков и др., 2004]. Оба типа графиков отражают, в той или иной степени, исходные, прижизненные таксономические пропорции в диатомовых комплексах. При анализе переотложенных и перемещенных комплексов был выделен (идентифицирован) третий тип графиков, имеющий линейные очертания. При анализе в логарифмической системе координат для озер малого и среднего размера были выделены три основных сценария пространственно-временной трансформации диатомовых комплексов. В дальнейшем, аналогичные сценарии трансформации были установлены и для более крупных водоемов (озер и водохранилищ).

#### ЛИТЕРАТУРА

*Разумовский Л. В.* Биоиндикация уровня антропогенной нагрузки на тундровые и лесотундровые ландшафты по диатомовым комплексам озер Кольского полуострова. М.: ИРЦ Газпром. 1997. 92 с.

*Разумовский Л. В., Моисеенко Т. И.* Оценка пространственно-временных трансформаций озерных экосистем методом диатомового анализа // Доклады РАН. 2009. Общая биология. Т. 429. № 2. С. 274–277.

*Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д.* Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. Кн.1. М.: Наука. 2005. 281 с.

## СОСТАВА И СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕЧНЫХ ВОД АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

### REGIONAL FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION VARIABILITY AND POLLUTION LEVELS OF THE RIVER WATER IN THE RUSSIAN ARCTIC

Решетняк О. С.<sup>1,2</sup>, Косменко Л. С.<sup>1</sup>, Даниленко А. О.<sup>1</sup>, Кондакова М. Ю.<sup>1</sup>,  
Решетняк В. Н.<sup>2</sup>, Коваленко А. А.<sup>1,2</sup>  
Reshetnyak O. S.<sup>1,2</sup>, Kosmenko L. S.<sup>1</sup>, Danilenko A. O.<sup>1</sup>, Kondakova M. Yu.<sup>1</sup>,  
Reshetnyak V. N.<sup>2</sup>, Kovalenko A. A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Гидрохимический институт, Ростов-на-Дону, Ростовская область; e-mail: l.kosmenko@gidrohim.com

<sup>2</sup>Институт наук о Земле Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Ростовская область; e-mail: osreshetnyak@sfned.ru

Results of long-term studies of the chemical composition variability and pollution levels of the river water in the Russian Arctic are presented. Heterogeneity was observed in the spatial distribution of iron and zinc compounds, mineralized nitrogen, organic substances, and petroleum products in different parts of the Arctic rivers. Most of the Arctic river ecosystems are exposed to elevated water pollution (ranging from “highly polluted” to “polluted” and from “polluted” to “highly polluted”), especially in Western Siberia, where water pollution levels remain high. There has been an improvement in water quality in the majority of the Arctic rivers.

В современных условиях антропогенного воздействия и происходящих глобальных изменений большое внимание уделяется изучению трансформации компонентного состава воды, выявлению трендов концентраций химических веществ, в том числе и загрязняющих, оценке степени загрязненности водной среды и состояния водных экосистем различных регионов России. Особенно актуальны данные проблемы для уязвимых водных экосистем Арктической зоны Российской Федерации. Специфика Арктического региона такова, что серьезные локальные загрязнения могут при определенных условиях приобретать региональный и даже циркумполярный характер, оказывая влияние на экологическую ситуацию Арктики в целом.

Исследование проведено на основе анализа многолетней (1980–2016 гг.) гидрохимической информации государственной системы наблюдений за состоянием окружающей среды Росгидромета. Выявлены региональные особенности изменчивости химического состава и степени загрязненности речных вод Арктической зоны. Наблюдается неоднородность пространственного распределения соединений железа и цинка, минеральных форм азота, органических веществ и нефтепродуктов на различных участках арктических рек [Никаноров и др., 2016].

Большинство речных экосистем характеризуются переходной степенью загрязненности воды от «очень загрязненной» к «грязной» и от «загрязненной» к «очень загрязненной» и находятся в состоянии «естественном» и (или) «равновесном» с тенденцией перехода в «кризисное». В динамике изменчивости загрязненности воды арктических рек выявлено улучшение качества воды для большинства водотоков, кроме рек Западной Сибири, где степень загрязненности воды остается стабильно высокой [Решетняк и др., 2019]. В таких условиях может

происходить нарушение закономерностей природного функционирования речных экосистем, особенно в суровых климатических условиях арктического региона, сопровождающееся переходом в другое состояние с новыми качественными и количественными характеристиками водной среды.

Результаты проведенных исследований показали, что в условиях длительного и продолжающегося антропогенного воздействия на речные экосистемы Арктического региона отмечается антропогенная трансформация компонентного состава воды, проявляющаяся в разнонаправленных временных трендах содержания химических веществ. Присутствие статистически значимого роста или снижения концентраций химических веществ в речных водах Арктики характерны чаще всего для отдельных водных объектов, нежели для целых территорий. В целом убывающих трендов больше, чем возрастающих, что может говорить о том, что арктические речные экосистемы находятся в состоянии динамического равновесия, при котором скорость внутри водоёмных процессов самоочищения ещё превышает силу антропогенного воздействия.

Полученные данные могут быть использованы при выяснении вклада происходящих процессов в трансформации состояния речных экосистем, оценки экологически допустимых уровней гидрохимических показателей, а также могут быть полезны при разработке экологически обоснованной системы нормирования антропогенного воздействия на водные объекты Арктического региона.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60165.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Никаноров А. М., Брызгалов В. А., Косменко Л. С., Даниленко А. О.* Реки материковой части Российской Арктики. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. 2016. 276 с.

*Решетняк О. С., Кондакова М. Ю., Даниленко А. О., Косменко Л. С., Минина Л. И.* Пространственно-временная изменчивость степени загрязненности воды и состояния речных экосистем различных широтных зон Сибири // *Вода: химия и экология*. 2019. № 1. С. 126–137.

### **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОДНОГО СТОКА И ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ СИБИРИ**

#### **WATER FLOW AND ICE REGIME VARIABILITY IN THE SIBERIAN ARCTIC RIVERS**

Румянцева Е. В., Муждаба О. В., Шестакова Е. Н.  
Rumiantseva E. V., Muzhdaba O. V., Shestakova E. N.

*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург; e-mail: rev@aari.ru*

The consequences of climate change, including changes in the hydrological regime of the rivers in the Russian Arctic, have a major impact on the socio-economic development. The research goal is to analyze the dynamics of water flow and the ice regime of the Siberian Arctic rivers in the context of climate change. The studied rivers differ in terms of size (large, medium,

small), special attention was paid to medium-sized rivers, reflecting the zonal characteristics of the natural systems. It is shown that both the water flow and the ice regime are characterized by different trends. Intra-annual redistribution of the water flow and the trend toward a milder ice regime were noted.

Современные условия изменения климатической системы оказывают значительное влияние на поверхностные водные ресурсы, особенно в Арктической зоне России. Последствия динамики климата на изменение гидрологического режима рек Российской Арктики имеют существенное социально-экономическое значение в области обеспечения населения питьевой водой, транспортной доступности, возникновения опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений.

Целью данного исследования является анализ динамики водного стока и ледового режима рек Арктической зоны Сибири с учётом современных условий климатических изменений. Исследованы реки разные по водности (большие, средние, малые), особое внимание уделено средним рекам как отражающим зональные характеристики природных систем. Значимость исследования определяется новым интересом к рекам Российской Арктики, как основным источникам водных ресурсов развивающихся территорий [Брызгалов и др., 2018].

В современных климатических условиях произошло изменение внутригодового распределения стока, общая тенденция характеризуется увеличением зимнего стока, без значимого увеличения годового стока. За продолжительный многолетний период наблюдений разные по водности и площади водосбора реки имеют противоположные тенденции изменчивости стока [Румянцева и др., 2017].

Для рек Арктической зоны Западной, Средней и Восточной Сибири выявлены региональные особенности колебаний водного стока, отличия периодов водности и переломных лет фазовых переходов.

Многолетние колебания характеристик ледового режима сибирских рек определяются климатическими изменениями на их водосборах, на которые накладываются местные факторы [Климатический режим..., 1991]. В связи с этим многолетняя динамика сроков вскрытия и замерзания рек отличается по регионам Арктики, но для большинства рек наблюдается тенденция более ранних сроков вскрытия и поздних сроков замерзания за современный климатический период с 1980-х годов.

Таким образом, в настоящей работе представлены результаты анализа динамики водного стока и ледового режима рек Арктической зоны Сибири. Показано, что как для параметров, так и водного режима, так и ледового характерны различные тенденции. Отмечено внутригодовое перераспределение стока и тренд на смягчение ледового режима.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Брызгалов В. А., Третьяков М. В., Румянцева Е. В., Шестакова Е. Н., Муждаба О. В.* Реки опорных зон Российской Арктики и их современное состояние // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64. № 4. С. 365–379.

Климатический режим Арктики на рубеже XX и XXI вв. / под ред. *Б. А. Крутских*. СПб.: Гидрометеиздат. 1991. 200 с.

*Румянцева Е. В., Шестакова Е. Н., Муждаба О. В.* Динамика водных ресурсов рек Арктической зоны Западной Сибири // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2017. № 3(96). С. 53–59.

## ЗООПЛАНКТОН И ЗООБЕНТОС СЯРГОЗЕРА В УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОВАРНОЙ ФОРЕЛИ

### ZOOPLANKTON AND ZOOBENTOS IN SYARGOZERO LAKE IN THE CONTEXT OF COMMERCIAL TROUT FARMING

Савосин Е. С., Кучко Я. А.

Savosin E. S., Kuchko Ya. A.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия;; e-mail: szhenya@list.ru*

This paper presents the results of a study on the condition of zooplankton and zoobenthos communities in Syargozero Lake in the context of rainbow trout farming in pens. The structural and biological indicators of the zooplankton and macrozoobenthos communities in the water body exposed to anthropogenic pressures are presented. The results of the study showed that regular monitoring of freshwater ecosystems is needed.

Значительное сокращение запасов и падение уловов ценных промысловых рыб в северных водоемах привело к интенсификации работ, направленных на разработку биотехники культивирования различных организмов. Одним из наиболее перспективных рыбохозяйственных направлений в Республике Карелия является садковое рыбоводство в естественных водоемах. В условиях интенсивного антропогенного влияния динамика гидробиологических показателей играет существенную роль при мониторинге водных объектов.

Целью наших исследований являлась оценка состояния сообществ зоопланктона и зообентоса Сяргозера при товарном выращивании форели.

В соответствии с планом и программой работ в 2018 г. на озере отбирались пробы на гидрохимический, гидробиологический анализы непосредственно около садков и на удалении от них.

Общий список планктонных организмов, обнаруженных в летне-осенний период 2018 г. в районе исследований, насчитывает 37 видов и форм. Анализ видового состава показал, что преобладающее число встреченных коловраток и ракообразных относится к видам с широким географическим распространением, а также к видам, свойственным умеренным широтам. В зоогеографическом отношении наиболее распространены космополитные и голарктические виды. Анализ приведенных данных показал, что основу биомассы в течение вегетационного периода создают мирные фильтраторы, доля хищных копепод, кладоцер и крупной коловратки *A. priodonta* в среднем составила 23 %, что соответствует величине, отмеченной в 1970-е гг. (около 25 %) и свидетельствует о ненарушенности зоопланктонного сообщества в целом. Показатели количественного развития и структурные показатели зоопланктоценоза близки к таковым, отмеченным в летний период 1977 г. — 44.0 тыс.экз/м<sup>3</sup> и 1.67 г/м<sup>3</sup> (Куликова, 2010). Индекс видового разнообразия Шеннона — Уивера колеблется в пределах 2.2–2.1, что соответствует мезотрофному типу водоемов. Таким образом, по уровню количественного развития зоопланктона, озеро Сяргозеро можно охарактеризовать как  $\alpha$ -мезотрофный водоем с биомассой 1.0–2.0 г/м<sup>3</sup> по шкале трофности С. П. Китаева [2007]. По величине индекса сапробности Пантле-Букк водоем можно отнести к олигосапробному типу.

Макрозообентос служит очень удобным объектом для мониторинга водоемов, благодаря способности обитать в разных условиях, крупным размером, приуроченности к местообитанию и большой продолжительности жизни, которая позволяет им аккумулировать влияющие на экосистему вещества [Баканов, 1997; Яковлев, 2006]. В донной фауне отмечены личинки хирономид, малощетинковые черви, нематоды и моллюски. Величина средней биомассы макрозообентоса в летний период 2018 г. составляла 1.51 г/м<sup>2</sup> при численности около 400 экз/м<sup>2</sup>. Основу биомассы в течение летне-осеннего периода формировали личинки хирономид. Кроме того, в зоне литорали были отмечены представители двукрылых (Tabanidae), вислокрылок (Megaloptera), мокрецов (Ceratopogonidae) и поденок (Ephemeroptera). В осенний период количественные показатели макрозообентоса составили 1.08 г/м<sup>2</sup> и 433 экз/м<sup>2</sup> соответственно. Таким образом, по шкале трофности Сяргозеро соответствует олиготрофным водоемам [Китаев, 2007]. По преобладанию среди хирономид представителей п/с Chironominae можно отметить, что Сяргозеро приобретает черты мезотрофного озера.

Анализ полученных результатов современного состояния сообществ зоопланктона и макрозообентоса в исследованном водоеме, показал, что необходимо проводить регулярный мониторинг состояния экосистемы.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Баканов А. И.* Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем // Мониторинг биоразнообразия. М. 1997. С. 278–283.

*Китаев С. П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. 2007. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2007. 395 с.

*Куликова Т. П.* Зоопланктон водных объектов бассейна Белого моря. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2010. 325 с.

*Яковлев В. А.* Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2005. Ч. 1. 161 с. Ч. 2. 145 с.

### ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ

#### TRANSFORMATION OF WETLAND ECOSYSTEMS BY DIAMOND MINING

Селянина С. Б., Пономарева Т. И., Чуракова Е. Ю.  
Selyanina S. B., Ponomareva T. I., Churakova E. Yu.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика В. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: gumin@fciarctic.ru*

One of the largest diamond deposits in Russia is located in the tundra forest zone of the European North characterized by a large share of watertlogged areas. Diamond mining here is

by open-pit mining. Rock rich in saponite is extracted at the same time. Nearby bogs are used as filtration fields to remove saponites from the pit water. A comparison of field research and laboratory modeling data showed a high saponite buffering capacity of peat, but the organic matter in the bog water prevents the precipitation of mineral particles, contributing to the carry-over. This, in turn, leads to the spread of invasive flora and inhibition of native vegetation.

В зоне притундровых сильно заболоченных лесов европейского Севера расположены одни из самых богатых алмазных месторождений России. Добычу алмазов здесь ведут открытым способом. При этом извлекается породы обогащенные сапонитом (более 2/3 всей извлекаемой породы). Для очистки карьерных вод от сапонита функции естественных природных фильтров, препятствующих поступлению сапонита в водотоки, выполняют торфяно-болотные массивы, используемые в технологическом цикле в качестве полей фильтрации. Сапонит минерал, обладающий высокими сорбционными, ионообменными и комплексообразующими свойствами, образующий устойчивую тонкодисперсную водную суспензию. Поэтому поступление сапонита может повысить плотность, изменить водно-воздушный режим, вызвать подщелачивание торфяных отложений. Это неизбежно скажется на выносе органического вещества и спровоцирует повышение мутности и, предположительно, минерализации водотоков, а, соответственно, может оказывать влияние на видовое разнообразие флоры, в том числе, способствовать расселению чужеродных видов. Поэтому разработка месторождений вызывает изменения целого ряда факторов, влияющих на структуру, свойства и вегетативные процессы лесных, болотных и водных экосистем, как находящихся в непосредственной близости, так и достаточно удаленных от районов добычи алмазов.

Сопоставление данных полевых исследований водно-болотных экосистем водосбора р. Золотицы (Приморский район Архангельской области) и лабораторного моделирования процессов фильтрации и седиментации водной сапонит-содержащей суспензии показало высокую буферную способность торфа в отношении сапонита, но при этом органическое вещество болотных вод препятствует седиментации минеральных частиц, обеспечивая их транзит на значительные расстояния. Это в свою очередь приводит к распространению инвазивной флоры и угнетению аборигенных видов растительности. В частности, находки *Elodea canadensis* в нижнем течении р. Золотицы, самые северные для европейской части России на сегодняшний день, свидетельствуют о превышении поступления сапонита над буферной способностью болотных экосистем региона. Вопрос, связано ли это с постоянным поступлением технологических вод или с аварийными сбросами, остается открытым.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (№ 18-05-60151 «Влияние алмазодобывающей деятельности на состояние биогеоценозов Арктической зоны РФ (на примере Европейского Севера)»).*



**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СИГОВ ОЗ. ПЯОЗЕРО  
(РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)**

**GENETIC VARIATION OF THE WHITEFISH IN PYAOZERO LAKE,  
REPUBLIC OF KARELIA**

Сендек Д. С.<sup>1</sup>, Бочкарев Н. А.<sup>2</sup>, Савосин Д. С.<sup>3</sup>, Барабанова М. В.<sup>1</sup>,  
Михельсон С. В.<sup>1</sup>, Ильмаст Н. В.<sup>3</sup>  
Sendek D. S.<sup>1</sup>, Bochkarev N. A.<sup>2</sup>, Savosin D. S.<sup>3</sup>, Baranova M. V.<sup>1</sup>,  
Mikhelson S. V.<sup>1</sup>, Ilmast N. V.<sup>3</sup>

Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга), Санкт-Петербург; e-mail: sendek@mail.ru

<sup>2</sup>Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Новосибирская область; e-mail: ih@eco.nsc.ru

<sup>3</sup>Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: ilmast@mail.ru

A study of the whitefish in Pyaozero Lake showed that all three forms of sympatric whitefish, well-differentiated morphologically, are now abundant in the lake. Analysis of the gene ND1mtDNA indicates that the two main phylogenetic whitefish lineages, from which the Pyaozero whitefish descends, are of the European origin, while the third one is closely related to the whitefish from Siberian water bodies.

Были изучены филогенетические связи симпатрических популяций обыкновенного сига оз. Пяозера (Карелия). В результате проведенных исследований было выяснено, что в водоеме достаточно многочисленны три морфологически дистантные формы сигов. Выборки сигов различались по внешней форме и меристическим признакам. Определение форм/подвидов проводили согласно описаниям И. Ф. Правдина [1954]. Наиболее многочисленная выборка (n=49) относится к подвиду *C. lavaretus lavaretoides* n. *derjugini* Pravdin (по Правдину: Sp.br-29, П-90-102; по нашим данным: Sp.br-29.51±0.48, П-91.59±0.48). Дерюгинский сиг принадлежит к озерно-речной экологической группе сигов Пяозера. Вторая выборка (n=12) относится к подвиду *C. lavaretus pidschian* n. *pidschianoides* subn. *lacus* Pravdin (по Правдину: Sp.br-24.55, П-96; по нашим данным: Sp.br-24.08±0.76, П-90.25±0.97). Данный пыжьяновидный сиг считается типичным озерным сигом. Местообитание дерюгинского и пыжьяновидного озерного сигов в Пяозере приурочено главным образом к прибрежным участкам. Третья выборка (n=21) сигов из наших сборов имеет следующие показатели диагностических признаков (Sp.br-22.85±0.37, П-86.71±0.68). Наиболее полно сиги из данной выборки соответствуют описанию «морского» беломорского проходного сига *C. lavaretus pidschian* n. *pidschianoides* Pravdin (по Правдину для 25 экз. сига Белого моря: Sp.br-24, П-92.6), известного для карельского побережья Белого моря, откуда он входил для нереста во многие реки. Однако, поскольку в наших сборах данные сиги были отловлены с глубин около 40 м, мы склонны рассматривать их как глубоководную форму озерного сига.

Исследование трех выборок методом главных компонент по 30 пластическим признакам показало, что сиг Дерюгина и глубоководный сиг хорошо различаются друг от друга по 1 ГК. Выборка сигов, принадлежащая к озерной пыжьяновидной

форме, перекрывается с названными выше выборками по 1 ГК, но имеет некоторые различия с ними по 2 ГК.

Медианная сеть, построенная по результатам секвенирования гена ND1 мтДНК у 14 экземпляров дерюгинского сига, 12 экземпляров пыжьяновидного озерного сига и 16 экземпляров глубоководного сига, выявило отчетливое доминирование нескольких центральных гаплотипов, а также большое количество минорных гаплотипов, которые отстоят от мажорного на один, редко на два мутационных шага.

Преобладание центрального гаплотипа предполагает, что он, с высокой вероятностью, является предковым. Отчетливая «звездообразная» структура сети характерна для популяций, прошедших в недавнем прошлом через «бутылочное горлышко» с быстрой последующей экспансией, о чем свидетельствует высокая степень фиксации редких вариантов. При сопоставлении пязерских сигов с другими популяциями вида оказалось, что они представлены во всех крупных звездообразных структурах, кроме структур из водоемов бассейна западной Балтики (H\_10, H\_15, H\_16) и Сибири (mv2). Центральный гаплотип первой звездообразной структуры (H\_1) объединяет в себе сигов из оз. Каменного, Балтийских сигов и Пязерских озерных пыжьяновидных сигов. Данный гаплотип через две мутации находит родство с гаплотипами сигов из Сибири (р. Анабар). В центральном гаплотипе второй звездообразной структуре (H\_2) также присутствуют пязерские сиви, среди которых 9 относятся к дерюгинскому сигу, 9 — к пыжьяновидному озерному и 4 — к глубоководному. В третьей звездообразной структуре (H\_7) гаплотипы озерного Пязерского сига были обнаружены в минорном виде. Данная филогенетическая линия сигов удаленно связана с гаплотипами сигов из Центральной Европы, которые с наибольшей частотой были представлены в Альпийских озерах.

Результаты анализа выделенных группировок сига Пязера по 30 изоферментным локусам показали, что выборки практически не отличались друг от друга ни по индексам генетического разнообразия, ни по частотам аллелей полиморфных локусов. Генетические различия между тремя группами сигов по аллозимным маркерам обнаружены не были,  $DN=0.000$  [Nei, 1978]. При сравнении сигов Пязера с другими популяциями вида из бассейна Белого моря оказалось, что они находятся в близком родстве с сигами из близлежащих водоемов Карелии [Сендек и др., 2005].

На примере Пязера можно сделать предварительный вывод об обусловленности большого числа экологических форм сигов в крупных водоемах Фенноскандии значительной перемешанностью и гибридизацией филогенетических линий вида в результате их активного расселения в постледниковый период.

*Работа проведена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-04-01259 и № 18-04-00163.*

## ЛИТЕРАТУРА

Правдин И. Ф. Сиги водоемов Карело-Финской ССР. М.-Л.: АН СССР. 1954. 324 с.

Сендек Д. С., Новоселов А. П., Студенов И. И., Гуричев П. А. Филогенетические связи популяций обыкновенного сига (*Coregonus lavaretus* L.) из водоемов бассейна Белого моря. Лососевидные рыбы Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2005. С. 135–147.

Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals // *Genetics*. 1978. 89. P. 583–590.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ СОБЫТИЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ  
ПО ДАННЫМ О СОДЕРЖАНИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ ОЗЕР**

**A RECONSTRUCTION OF THE ANTHROPOGENIC EVENTS  
IN AN URBAN ENVIRONMENT BASED ON RARE EARTH ELEMENT  
CONCENTRATIONS IN THE BOTTOM SEDIMENTS  
OF SMALL LAKES**

Слуковский З. И.

Slukovkii Z. I.

*Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: slukovsky87@gmail.com*

Rare earth element concentrations in the contemporary lake sediments in the Republic of Karelia are presented. In an urban area, upper layers of sediments have the largest accumulations of rare earth elements. It is related to anthropogenic influences on the natural environments. Peaks of rare earth elements in the urban lake sediments correlated with the growth of heavy metal concentrations in the studied waterbodies. The main fractions of rare earth elements in the polluted lake sediments were fractions held in mineral phases and fractions held in organic matter.

Урбанизация — глобальный процесс, сопряженный с повышенными экологическими рисками для биоты, в том числе человека. Реконструкция различных техногенных событий, происходивших на территориях городов и за их пределами, важная составляющая современных экологических исследований. Палеолимнологический метод, основанный на изучении колонок донных отложений, успешно применяется при изучении водных экосистем антропогенно нарушенных территорий Севера, в том числе Арктической зоны Российской Федерации. В данной работе делается акцент на поведение редкоземельных элементов (РЗЭ) в колонках современных озерных осадков Республики Карелии и Мурманской области.

Автором изучен уровень накопления РЗЭ в донных отложениях малых озер трех городов Республики Карелии (Петрозаводск, Медвежьегорск и Суоярви) и города Мончегорска (Мурманская область), а также малых озер условно-фоновых районов Карело-Кольского региона. Отбор проб производился в 2015–2018 гг. по единой методике с использованием пробоотборника Limnos. Анализ концентраций РЗЭ осуществлялся при помощи масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Кроме того, автором были исследованы основные формы нахождения РЗЭ в современных донных отложениях урбанизированной среды.

Известно, что особенности РЗЭ элементов в осадочных горных породах позволяют судить об условиях среды, в которой образовались изучаемые отложения [Интерпретация..., 2001]. Это справедливо и при изучении современных донных отложений озер, в том числе в присутствии антропогенного фактора [Sojka et al., 2019].

Изученные донные отложения малых озер южной части Карелии и центральной части Мурманской области представлены сапропелями с содержанием органического вещества от 30 до 70%. Отличительной особенностью озер урбанизированных территорий служит повышенное

содержание тяжелых металлов в верхних слоях осадков [Слуковский, 2018]. Аналогичным образом ведут себя и РЗЭ. Увеличение суммы концентраций РЗЭ происходит на глубинах от 12 до 16 см, и обусловлено сильным антропогенным воздействием на водосборы изучаемых озер и сами водоемы. Максимальные концентрации РЗЭ отмечены в слоях с наиболее высокими содержаниями тяжелых металлов.

В донных отложениях малых озер условно-фоновых территорий таких закономерностей не прослеживается. Графики вертикального распределения концентраций РЗЭ не имеют ярко выраженных пиков, как это прослеживается в озерах городских районов.

Важно отметить, что анализ форм нахождения РЗЭ в донных отложениях городской среды Карелии (на примере оз. Четырехверстного) выявил значительно преобладание минеральной фазы: от 43 до 69 % от валового содержания суммы РЗЭ в отложениях. Однако с увеличением содержания общего органического вещества в донных отложениях происходит увеличение доли органических форм нахождения РЗЭ в озерных осадках — от 18 до 35 %. В верхних слоях отложений также происходит незначительный рост от 4.3 до 5.5 % доли форм, связанных с гидроокислами железа и марганца. Это связано с увеличением концентрации общего железа в верхних слоях отложений городского озера.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00897 «а», в рамках проектов государственного задания № АААА-А18-118020690231-1 и гранта Президента Российской Федерации № МК-462.2019.5.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Интерпретация геохимических данных. М.: Интермет Инжиниринг. 2001. 288 с.

Слуковский З. И. Микроэлементный состав донных отложений малых озер как индикатор возникновения экологических рисков в условиях урбанизированной среды Республики Карелии // Водное хозяйство России. 2018. № 6. С. 70–82.

Sojka M., Siepak M., Pietrewicz K. Concentration of Rare Earth Elements In Surface Water And Bottom Sediments In Lake Wadag, Poland // Journal of Elementology. 2019. Vol. 24 (1). P. 125–140.

### **КАПЕЛЬНОЕ ВЫМОРАЖИВАНИЕ СОЛЕНОЙ ВОДЫ ПРИ ЗИМНЕМ ДОЖДЕВАНИИ**

#### **WATER DESALINATION BY DRIP FREEZING AT WINTER SPRINKLING**

Сосновский А. В., Осокин Н. И.

Sosnovsky A. V., Osokin N. I.

*Институт географии РАН, Москва; e-mail: osnovsky@igras.ru*

For the treatment and desalination of large amounts of natural and anthropogenic water, including in water supply systems, efficient technology is needed based on renewable energy. Artificial freezing rain can be used to treat and desalinate contaminated mineralized water. To increase the desalination performance, artificial freezing rain from long-range sprinkler systems can be used. Ice shells form on the freezing water drops, and the salts are expelled into the central

unfrozen core of the drops. When a drop falls to the ground and the ice shell breaks, the liquid brine drains. This allows to reduce at the stage of freezing the mineralization level of the porous ice by an order of magnitude. The remaining brine is removed in the melting process. When 1/3 of the ice volume has melted, the remaining mineralization is reduced by an order of magnitude and approximately 100 times lower than the mineralization of the initial water.

Для очистки и опреснения больших объемов природных и техногенных вод целесообразно применение экономичных технологий, основанных на применении возобновляемых видов природной энергии. Такой технологией является капельное вымораживание соленой воды при зимнем дождевании [Сосновский, Ходаков, 19954]. Известно, что при замерзании соленой воды происходит ее частичное опреснение. Однако метод естественного вымораживания отличается низкой эффективностью. Для повышения эффективности намораживания массивов пористого льда плотностью 500...600 кг/м<sup>3</sup> применяется искусственный ледяной дождь, создаваемый дальнеструйными дождевальными установками. При замерзании капель соленой воды, падающих в воздухе с отрицательными температурами, образуется ледяная оболочка. При этом соли вытесняются в центральное незамерзшее ядро капли. При падении капли на землю и разрушении ледяной оболочки (при замерзании до 50–60 % объема капли) незамерзший рассол вытекает из капли и фильтруется за пределы массива пористого льда. Это значительно снижает минерализацию массива пористого льда еще на стадии намораживания. Оставшийся рассол удаляется в процессе таяния льда. Суточная производительность намораживания пористого льда серийной дождевальной установкой ДДН-70 составляет 75 м<sup>3</sup> воды/градус. При температуре воздуха -20 °С за сутки формируются массивы пористого льда объемом порядка 3000 м<sup>3</sup> и высотой более 7 м. На территории России за холодный период производительность намораживания пористого льда из пресной воды при работе одной дождевальной установки изменяется от 20 до 500 тыс. т [Сосновский и др., 2014]. На основании математического моделирования получены зависимости для расчета динамики замерзания отдельной капли воды и оценки доли льда в капельном факеле. Экспериментальные исследования по намораживанию пористого льда из воды с минерализацией до 10 г/л показали, что минерализация полученного пористого льда в 12 раз меньше, чем у исходной воды. При таянии 1/3 части объема льда минерализация оставшейся части снижается на порядок и приблизительно в 100 раз ниже минерализации исходной воды [Сосновский, 1988; Сосновский, Конторович, 2016]. Результаты экспериментов показали высокую эффективность опреснения, как для микроэлементов и ионов разных солей, так и для растворенной органики. Экспериментальные исследования на арх. Шпицберген из морской воды показали, что при повышении солености воды снижается производительность намораживания и выход пресной воды. Высокая производительность намораживания, эффективность опреснения, широкая доступность и экономичность позволят успешно применять капельное вымораживание для очистки и опреснения загрязненных минерализованных вод различного происхождения.

*Экспедиционные исследования на архипелаге Шпицберген выполнялась при финансовой поддержке госадаания и логистической помощи Российского научного центра на Шпицбергене (РНЦШ), обработка и анализ экспериментальных данных*

*при поддержке программы президиума РАН № 56 «Фундаментальные основы прорывных технологий в интересах национальной безопасности».*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Сосновский А. В., Ходаков В. Г.* Искусственное льдообразование в природных условиях для решения экологических проблем // *Материалы гляциол. исслед.* 1995. Вып. 79. С. 3–6.

*Сосновский А. В., Конторович И. И.* К расчёту опреснения минерализованного пористого льда при таянии. *Лёд и Снег.* 2016. 56(4). С. 545–554.

*Сосновский А. В.* Особенности процесса опреснения соленых вод при факельном намораживании льда // *МГИ.* 1988. Вып. 61. С. 143–149.

*Сосновский А. В.* Искусственные фирново-ледяные массивы и перспективы их использования для защиты водных ресурсов от загрязнения // *Лёд и Снег.* 2011. № 2 (114). С. 135–142.

*Сосновский А. В., Накалов П. Р., Ненашев С. В.* Физико-географические закономерности формирования искусственных фирново-ледяных массивов // *Лёд и Снег.* 2014. 54(2). С. 113–119.

### **ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОЙ, ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЭСТУАРИЯ РЕКИ ЧЕРНОЙ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)**

### **SPECIES, SPATIAL, AND TROPHIC STRUCTURE OF THE LITTORAL COMMUNITIES OF THE BLACK RIVER ESTUARY (KANDALAKSHA BAY, WHITE SEA)**

Столяров А. П.

Stolyarov A. P.

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет, кафедра гидробиологии, Москва; email: macrobenthos@mail.ru*

Species, spatial, and trophic structure of the littoral macrobenthos communities of the Chernaya River estuary (Kandalaksha Bay, White sea) was studied. Species diversity, total density, and biomass of the macrobenthos community mainly increased from the mouth of the river towards the sea and from the upper littoral zone to the middle and lower zones. The trophic structure of the community gradually changed horizontally (from the river to the sea) - from the dominance of collecting detritus feeders in the brackish area of the estuary to the dominance of slow-moving and immobile sestonophages in the seaward area (with the exception of the upper intertidal zone dominated by detritophages). Species diversity of the macrobenthos community was lower and the abundance of detritophages was higher compared to 2001, 2002, which, apparently, is due to the significant siltation and desalination of the estuary due to the continuing uplift of the White Sea shore.

Литораль, или приливно-отливная полоса, эстуариев характеризуется крайней нестабильностью абиотических условий, а среди основных факторов, оказывающих влияние на формирование видовой, пространственной и трофической структуры обитающих здесь сообществ живых организмов, следует

указать время осушения, соленость, характер грунта, содержание в нем органического вещества, рН и Eh среды и некоторые др. [Бурковский, 2006; Montagna et. al., 2013; Хлебович, Лабай, 2015; Бродский и др., 2016; Столяров, 2013, 2017].

Рассматриваемый эстуарий — типичный беломорский эстуарий со значительным градиентом солености от 0–2 ‰ в устье реки до 19.6 ‰ в мористой области в районе нижних порогов, расположенных на выходе из эстуарного русла реки Черной, что немного ниже соответствующих показателей в предыдущие годы [Столяров, Бурковский, 2005; Столяров, 2017].

За исследуемый период было обнаружено 19 видов беспозвоночных животных и 10 видов морских трав и водорослей. Видовое разнообразие, общая плотность и биомасса сообщества макробентоса в основном увеличивались от устья реки в сторону моря и от верхней литорали к средней и нижней. Трофическая структура сообщества в горизонтальном направлении (от реки к морю) постепенно менялась от преимущественного развития собирающих детритофагов в опресненном солоноватом районе эстуария к доминированию подвижных и неподвижных сестонофагов в мористом районе (за исключением верхней литорали, где везде преобладали детритофаги). В вертикальном направлении (от нижней литорали к средней и верхней) изменения трофической структуры, в основном, наблюдались от доминирования неподвижных и подвижных сестонофагов в нижней литорали к преобладанию собирающих детритофагов в средней и особенно верхней литорали, за исключением солоноватой опресненной зоны эстуария, где во всей приливно-отливной полосе (в верхней, средней и нижней литорали) преимущественное развитие получали собирающие детритофаги. Надо отметить меньшее видовое разнообразие беспозвоночных животных по сравнению с предыдущими 2001 и 2002 гг., а также большее распространение группы собирающих детритофагов и сокращение популяции неподвижных сестонофагов *Mytilus edulis* в районе мидиевой банки. Все вместе может свидетельствовать о заилении и опреснении эстуария, что, по-видимому, связано с продолжающимся подъемом берегов Кандалакшского залива Белого моря (4 мм в год в этом районе) [Романенко, Шилова, 2012].

#### ЛИТЕРАТУРА

Бродский А. К., Панкова Е. С., Сафронова Д. В. 2016. Литоральные сообщества эстуария реки Невы: их структура и динамика в условиях антропогенного пресса // БИОСФЕРА. Т. 8. № 1. С. 16–27.

Лабай В. С. Видовой состав макрозообентоса лагун о. Сахалин // Известия ТИНРО. 2015. Т. 183. С. 125–144.

Романенко Ф. А., Шилова О. С. Последлениковское поднятие Карельского берега Белого моря по данным радиоуглеродного и диатомового анализов озерно-болотных отложений п-ова Киндо // Доклады Академии наук. 2012. Т. 442. № 4. С. 544–548.

Столяров А. П., Бурковский И. В. Особенности структурной организации экосистемы эстуария и функциональная взаимозависимость ее частей (Кандалакшский залив, Белое море) // Успехи соврем. биол. 2005. Т. 125. № 6. С. 579–592.

Столяров А. П. Эстуарные экосистемы Белого моря. Владимир: Изд-во Калейдоскоп. 2017. 360 с.

Хлебович В. В. Прикладные аспекты концепции критической солености // Успехи современной биологии. 2015. Т. 135. № 3. С. 272–278.

Montagna P. A., Palmer T. A., Pollack J. B. Hydrological Changes and Estuarine Dynamics // Springer Briefs in Environmental Science. 2013. Vol. 8. 94 p.

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОДНИКОВЫХ ВОД МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

## MICROBIOLOGY OF WATER SPRINGS IN MURMANSK REGION

Стружко В. В., Харламова М. Н.

Struzhko V. V., Kharlamova M. N.

*<sup>1</sup>Мурманский арктический государственный университет, Мурманск, Мурманская область; e-mail: viktorina.struzhko@mail.ru, mnkharlamova@yandex.ru*

This paper examines the microbiological status of the water in the four water springs in Murmansk Region – Fadeev, Church, Ostanovka Konteinernaya, and the one near the road to the airport. Bacterial indicators, such as TBC (total bacterial count), TCB (total coliform bacteria), and TCB (thermotolerant coliform bacteria), are presented. The paper describes the method of measuring the total bacteria count forming a colony, as well as the key indicators of spring water quality, reflecting the total bacteria count. The conclusion is that the studied spring water does not meet the requirements of the public health standard 2.1.4.1175-02.

В ходе исследования определяли численность общего микробного числа, санитарно-показательные микроорганизмы в исследуемых родниках и сравнивали полученные результаты с предыдущими исследованиями. Затем производилась оценка санитарно-гигиенического состояния родников.

Объектами исследования стали родники города Мурманск и прилегающие к нему районы. Мы проводили исследования родниковой воды с четырех родников города и области (родник «Фадеев ручей»; родник у железнодорожного переезда остановка «Контейнерная»; родник возле церкви по ул. Скальная; «Родник по дороге в аэропорт» на 9 км) по следующим показателям: общее микробное число (ОМЧ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), общие колиформные бактерии (ОКБ).

Для отбора проб воды использовали специально предназначенную для этих целей стеклянную посуду, изготовленные из материалов, не влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов. Емкости были оснащены плотно закрывающимися резиновыми пробками и защитным колпачком из плотной бумаги. Многогранная посуда, в т. ч. пробки, стерилизовались в сушильном шкафу ГП-80 [ГОСТ 31942-2012]. Пробу отбирали в стерильные емкости. Емкость открывали непосредственно перед отбором, удаляя пробку вместе со стерильным колпачком. Во время отбора пробка и края емкости не касались чего-либо, не ополаскивались [ГОСТ 18963-73].

Методом определения общего числа микроорганизмов в питьевой воде устанавливали общее число мезофильных аэробных и факультативно анаэробных



микроорганизмов (ОМЧ), способных образовывать колонии на питательном агаре при температуре 37 °С в течение 24 ч, видимые с увеличением в 2 раза [ГОСТ 31861-2012]. Определение общих и термотолерантных колиформных бактерий происходило титрационным методом. Метод основан на накоплении бактерий после посева установленного объема воды в жидкую питательную среду с последующим пересевом на дифференциальную плотную питательную среду с лактозой и идентификации колоний по культуральным и биохимическим тестам [ГОСТ 31861-2012]. Метод определения спор сульфитредуцирующих бактерий основан на выращивании посевов в железо-сульфитном агаре в условиях, приближенных к анаэробным, и подсчете числа черных колоний.

В ходе исследования выяснилось, что самые высокие показатели загрязнения у родника «Церковный». Всего за летний и осенний период было взято 39 проб, из которых не соответствуют требованиям [СанПиН 2.1.4.1175-02] — 38,5 % проб. В связи с повышенной обсемененностью будет проводиться дальнейший мониторинг, для подтверждения результатов, по окончании которых можно будет дать санитарно-гигиеническое заключение состояния родников города Мурманска и его окрестностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Введение. 2003. 01.03. Москва: Изд-во стандартов. 2003. 12 с.

ГОСТ 18963-73. Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа. Введение. 1974. 30.06. Москва: Стандартинформ. 2008. 20 с.

ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. Введение. 2014. 01.01. Москва: Стандартинформ. 2013. 20 с.

ГОСТ 31942-2012 Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. Введение. 2014. 01.01. Москва: Стандартинформ. 2003. 23 с.

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБАХ ОЗ. ИМАНДРА**

#### **SPATIAL AND TEMPORAL FEATURES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN IMANDRA LAKE FISH**

Терентьев П. М., Зубова Е. М., Королева И. М., Кашулин Н. А.

Terentjev P. M., Zubova E. M., Koroleva I. M., Kashulin N. A.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: p\_terentjev@inep.ksc.ru*

The features of heavy metals (HM) accumulation in the fish of Imandra Lake were investigated. It is shown that the accumulation level of Sr and Al in the fish tissues is closely correlated with the impacts of the apatite industry. At the same time, the content of Cu, Ni, and Hg in the fish organs in the lake is unrelated to the pollution loads. The concentrations of elements were higher, both near the non-ferrous smelter and in the parts of the lake relatively remote from industrial sites. The decrease in Ni loads in the lake over the last decades has led to

an increase in the accumulation of other HM in fish, which is the highest in Bolshaya Imandra and the northern Yokostrovskaya Imandra. Whitefish is more vulnerable and susceptible to the accumulation of pollutants in tissues, which makes it possible to use this species as an indicator in assessing heavy metal pollution of water bodies.

Проблема загрязнения наземных и водных экосистем тяжелыми металлами (ТМ) не теряет своей актуальности [Болотова и др., 2015; Немова, 2005; Попов и др., 2015; Song et al., 2017]. Нагрузка ТМ на экосистему оз. Иmandра в настоящее время остается на значительном уровне. Целью данной работы является изучение пространственно-временных особенностей антропогенной нагрузки на экосистему водоема на основе анализа уровней накопления загрязняющих веществ в организмах рыб. Исследование проводилось на различных районах озера (Бабинской, Йокостровской и Большой Иmandры). Наиболее высокие величины накопления Cu отмечались в печени рыб, выловленных вблизи о. Хорт и губы Молочная (до 46.7 и 37.7 мкг/г). Статистически достоверными различия в накоплении Cu в печени сига были для Бабинской и Йокостровской Иmandры ( $t=2.76$ ;  $p<0.05$ ), а также у рыб Йокостровского плеса и центральной части Большой Иmandры ( $t=3.52$ ;  $p<0.005$ ).

Показатели содержания Ni в среднем были наиболее высокими у рыб в Йокостровской Иmandры и в губе Молочная Бабинской Иmandры. Статистически достоверные отличия содержания Ni были отмечены между Бабинской и центральной и северной частью Большой Иmandры ( $t=2.12-3.58$ ;  $p<0.05$ ); Йокостровской и южной и северной частью Большой Иmandры ( $t=2.15-2.52$ ;  $p<0.05$ ). Отмечено значительное снижение содержания металла по сравнению с ранними периодами исследований по всем рассматриваемым районам.

Среднее содержание Al в пределах южной части Большой Иmandры (губа Белая) было выше по сравнению с другими рассматриваемыми районами озера, что объясняется влиянием апатит-нефелиновой промышленности. Статистически достоверные различия в накоплении Al в жабрах сига были зарегистрированы у рыб Йокостровской и южной части Большой Иmandры, а также центральной и южной частью Большой Иmandры ( $t=2.66-3.33$ ;  $p<0.05$ ). Аналогичные особенности характерны и для Sr. Нагрузка Al и Sr на организмы рыб хорошо согласуется и с уровнем загрязнения этими элементами донных отложений.

Наиболее высокие уровни накопления Hg отмечены в Бабинской Иmandре, испытывающей меньшую антропогенную нагрузку, что определяется глобальными процессами ее распространения в атмосфере. Содержания ртути закономерно были выше у хищных видов, что отмечалось ранее для других водоемов Мурманской области [Герентьев, 2012]. В условиях снижения нагрузки Ni на экосистему водоема, вероятно, возможно усиление процессов аккумуляции других ТМ в организмах рыб. Сиг, как бентофаг, более восприимчив к их накоплению в организме, что позволяет использовать его в качестве индикатора загрязнения водоемов. Особенности накопления загрязняющих веществ в организмах рыб определяются как их высокой подвижностью в пределах водоема, так и закономерностями взаимного и, зачастую, антагонистического влияния ТМ. Так, в зонах более высоких содержаний Ni в среде и живых организмах, в меньшей степени проявляется воздействие других токсикантов. В свою очередь, высокие содержания Sr и Al (Большая Иmandра, губа Белая), могут определять интенсивность накопления в организмах рыб других ТМ, в частности Cu, Ni, и Hg.

## ЛИТЕРАТУРА

Болотова Н. Л., Тропин Н. Ю., Шурганова Г. В. Биоиндикация ртутного загрязнения водных объектов Вологодской и Нижегородской областей (на примере рыб как тест-объектов) // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 5. С.13-19.

Немова Н. Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. М.: Наука. 2005. 162 с.

Попов П. А., Андросова Н. В., Попов В. А. Содержание тяжелых металлов в организме сибирского ельца (*Leuciscus leuciscus baicalensis*) // Вода: химия и экология. 2015. № 11. С. 88–92.

Терентьев П. М. Кашулин Н. А. Трансформации рыбной части сообществ водоемов Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. Изд-во КНЦ РАН. 2012. Вып. 2. С. 129–149.

Song B., Zeng G., Gong J., Liang J., Xu P., Liu Z., Zhang Y., Zhang C., Cheng M., Liu Y., Ye S., Yi H., Ren X. Evaluation methods for assessing effectiveness of in situ remediation of soil and sediment contaminated with organic pollutants and heavy metals // Environment International. Vol. 105. 2017. P. 43–55.

## ФИТОПЛАНКТОН ХОЛОДНОВОДНЫХ ОЗЕР ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

### EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE PHYTOPLANKTON IN COLD- WATER LAKES

Шаров А. Н.

Sharov A. N.

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности  
РАН, Санкт-Петербург; e-mail: sharov\_an@mail.ru*

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук,  
Борок, Ярославская область*

The systematization of the natural conditions for algae and the determination of the quantitative indicators of the phytoplankton in northern lakes made it possible to identify the features of phytoplankton under climatic variability. In small Arctic lakes, average phytoplankton biomass is 0.1-1 mg/l and dominated by Chrysophyceae; in boreal lakes, average biomass is 1-6 mg/l and dominated by Cryptophyceae, green algae, Dinophyceae algae, and cyanobacteria. The species composition and quantitative characteristics of phytoplankton were investigated and the changes in lakes of different types in East Antarctica were identified. It was shown that low phytoplankton populations and a shift in production flows from plankton communities to benthic and periphyton ones are characteristic features of subglacial lakes in Antarctica. Phytoplankton biomass is less than 0.01 mg/l, and the concentration of chlorophyll "a" in the summer period is from 0.1 to 0.45 µg/l. The impact of climate variability on phytoplankton is associated with an increase in the duration of the ice-free period and the input of nutrients from the catchment area.

Холодноводные озера — это водоемы со средней температурой водного столба в летний период 15 °С. Как правило, олиготрофного или ультраолиготрофного типа, глубокие с высокой прозрачностью и низкой

минерализацией воды. Данные водоемы типичны для высоких широт и горных регионов, характеризуются высоким качеством воды и чувствительны к антропогенному воздействию и климатическим изменениям. В качестве объектов исследований были выбраны озера Арктики, Субарктики (14 озер), бореальной зоны (15 озер) и Восточной Антарктиды (23 озера).

Многолетние исследования разнотипных водоемов Севера Европейской территории России показали, что в последние десятилетия трансформация структурной организации и функционирования водных экосистем вызвана не только долговременным промышленным загрязнением, но и глобальными климатическими процессами. Наибольшее влияние на экосистемы озер Восточной Фенноскандии до недавнего времени оказывали антропогенные воздействия, чем климатические изменения [Филатов и др., 2013]. Однако антропогенное влияние, как правило, носит преимущественно локальный характер. Увеличение климатической изменчивости (потепление климата) в регионе исследования многократно усиливает эвтрофирование вод и вызывает массовое развитие водорослей фитопланктона и цианобактерий в летний период даже в северных водоемах, что ранее в 1990-х гг. не наблюдалось.

Ранговая корреляция Спирмена обнаружила значимые ( $p < 0.05$ ) связи между климатическими и фитопланктонными характеристиками. Содержание хлорофилла «а» коррелирует положительно ( $R_s = 0.66$ ;  $p = 0.03$ ) с температурой воды и отрицательно с продолжительностью безледного периода ( $R_s = -0.53$ ;  $p = 0.05$ ). Численность фитопланктона зависит от продолжительности периода без льда ( $R_s = -0.89$ ;  $p = 0.006$ ). В то же время не обнаружены достоверные корреляционные связи между климатическими переменными и общей биомассой фитопланктона из-за сильных сезонных колебаний и влияния других факторов. Биомасса диатомовых водорослей в августе имеет отрицательную связь с температурой воды ( $R_s = -0.80$ ;  $p = 0.01$ ).

Численность цианобактерий значительно возрастает ( $R_s = 0.89$ ;  $p = 0.006$ ) в годы с высоким индексом североатлантического колебания (NAO). Существуют тесные положительные связи ( $R_s = 0.83$   $p = 0.02$ ) между концентрацией P в воде в августе и летним индексом NAO, а отрицательные с NAO в марте ( $R_s = -0.82$   $p = 0.001$ ).

Количество осадков в августе находится в обратной зависимости от продолжительности солнечного сияния ( $R_s = -0.77$ ,  $p = 0.01$ ) и имеет корреляционную связь с содержанием хлорофилла а ( $R_s = -0.78$   $p = 0.01$ ) и интенсивностью первичного продуцирования фитопланктона.

Климатическая изменчивость влияет на сезонную динамику планктонных комплексов, определяет сроки и интенсивность развития массовых видов. Наиболее значительные реакции фитопланктона на изменение климата могут ожидать в литоральной зоне.

Множественный регрессионный анализ подтверждает тесную связь между NAO и региональными климатическими переменными (температура воды, осадки, безледный период) при  $p < 0.01$ , а также между индексом арктической осцилляции (АО) и этими климатическими переменными при  $p < 0.02$ . Кроме того, этот анализ показывает, что концентрация хлорофилла а в воде определяется в основном глобальными показателями, зависящими от температуры воды при  $p < 0.05$ , и связана с продолжительностью безледного периода ( $p < 0.05$ ).

Освобождение ото льда озер Антарктиды не приводит к прогреву воды, как это характерно для озер Восточной Фенноскандии, так как после схода льда происходит быстрое остывание водной массы от поверхности до дна в результате

радиационного выхолаживания и ветро-волнового перемешивания [Шаров, Толстиков, 2018]. При этом устанавливается изотермия с температурой 0.5 °С, что как минимум на 3 °С ниже по сравнению с озерами, покрытыми льдом. При перемешивании воды происходит отрыв донных водорослей от субстрата и переходу их в планктонное состояние. При этом, низкие значения биомассы и видовой разнообразия подледного фитопланктона увеличиваются в десятки раз.

Оптические свойства воды и льда исследованных озер Антарктиды позволяют проходить достаточному количеству света до глубины свыше 30 м, что обеспечивает, совместно с постоянной температурой воды около 4 °С, хорошие условия для развития циано-бактериальных матов и мха на дне озер [Sharov et al., 2015].

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ: 19-04-01000 «Зимние биологические процессы в малых озерах».*

#### 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. Влияние изменений климата на экосистемы озер // Вестник РФФИ. 2013. № 2 (78). С. 43–50.

Шаров А. Н., Толстиков А. В. Экологические проблемы озер Восточной Антарктиды // Региональная экология. 2018. № 3(53). С. 5–14.

Sharov A. N., Berezina N. A., Tolstikov A. V. Life under ice in the perennial ice-covered Lake Glubokoe in Summer (East Antarctica) // Lakes and Reservoirs: Research and Management. 2015. Vol. 20. P. 120–127.

### **О СОКРАЩЕНИИ СТАЦИОНАРНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ**

### **THE DECLINE OF THE STATIONARY HYDROLOGICAL NETWORK IN THE NORTH-EAST OF RUSSIA**

Ушаков М. В.

Ushakov M. V.

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило  
Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан; e-mail: mvilorich@narod.ru*

The stationary network of hydrological observation stations is crucial to the environmental monitoring system. The paper examines the decline dynamics of the hydrological network in the northeast of Russia. In the 1990s, due to the fall of Russia's gross domestic product (GDP), the total number of hydrological stations in northeastern Russia sharply decreased, namely from 41 to 67 % by 2016. Unique water budget observations were terminated. From the early 2000-s, the GDP began to grow, but this did not lead to an improvement in the hydrological observation system, which is still in a critical condition. Thus, the reforms of the past decades have caused irreversible damage to the study of the hydrology in the northeast of Russia. This will negatively and persistently affect the quality of the hydrological and environmental forecasts and estimates, which are a prerequisite for a more rational management of water resources.

Важное место в мониторинге состояния окружающей среды занимает стационарная сеть гидрологических постов Росгидромета.

В августе 1991 г. в Москве реформаторы развернули страну в сторону развала СССР, смены политического строя и последующего разрушения экономики. За годы реформ страна по уровню социально-экономического развития оказалась отброшенной на многие десятилетия назад, никогда за обозримый период, даже после разрушений от гитлеровского нашествия, не наблюдалось столь продолжительного и глубокого снижения уровня производства почти во всех отраслях отечественной экономики [Кара-Мурза и др., 2003].

В данной работе ставится цель проанализировать, как сказались и продолжают влиять реформы последних 30 лет на состояние гидрологической сети Северо-Востока России. Под Северо-Востоком понимается территория бассейна р. Колымы, Чукотского автономного округа, Магаданской области и северо-восточной части Хабаровского края. Работы по изучению гидрологического режима выполняются Колымским, Якутским, Чукотским управлениями по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и финансируются из федерального бюджета.

В качестве объективного показателя социально-экономического положения страны взят годовой валовой внутренний продукт (ВВП) по годам в постоянных ценах 1990 г [Овчарова и др., 2014]. За показатель состояния гидрологической сети принято количество работающих гидрологических постов, по данным ежегодников Государственного водного кадастра за 1988-2016 гг.

В 90-х годах прошлого столетия вслед за падением российского ВВП резко уменьшилось общее количество гидрологических постов на Северо-Востоке России. Так к 2016 г. количество постов по бассейнам морей уменьшилось на 41-67 %, наименее изученными остаются реки бассейна Чукотского моря. Количество постов, изучающих сток воды, уменьшилось в 4,8 раза, а ведущих наблюдения за стоком взвешенных наносов — в 26 раз. В конце 90-х годов свернуты уникальные водно-балансовые наблюдения, имевшие мировое значение [Сущанский, 2002].

С начала нулевых годов начался рост ВВП, однако это не привело к существенному улучшению в деле изучения гидрологического режима. Так что, можно сказать, что здесь наблюдается устойчивый кризис без признаков улучшения.

Таким образом, реформы последних десятилетий нанесли непоправимый урон в деле изучения гидрологического режима Северо-Востока России. Еще древнегреческий философ Гераклит Эфесский писал, что дважды в одну реку не войдешь [Муравьев, 2012]. А ведь в условиях глобального изменения климата и возрастания антропогенной нагрузки на бассейны рек это особенно актуально. Если разрушенные заводы, фабрики можно восстановить, то пропуски в ежедневных гидрологических наблюдениях никак не восполнить. Это отрицательно сказывается, и еще долго будет сказываться на качестве гидрологических и экологических прогнозов и расчетов, которые необходимы для более рационального использования водных ресурсов.

## ЛИТЕРАТУРА

*Кара-Мурза С., Батчиков С., Глазьев С.* Белая книга. Экономические реформы в России 1991–2001. М.: Эксмо. 2003. 368 с.

*Муравьев С. Н.* Гераклит Эфесский: все наследие: на языках оригинала и в русс. пер.: крат. изд. М.: ООО «Ад Маргинем Пресс». 2012. 416 с.

*Овчарова Л. Н., Бирюкова С. С., Тер-Акопов С. А., Варданян Е. Г.* Что изменилось в доходах, расходах и потреблении российского населения? М.: НИУ ВШЭ. 2014. 42 с.

*Сущанский С. И.* История создания, методы, объекты и некоторые результаты исследований Колымской воднобалансовой станции. / Факторы формирования общего стока малых горных рек в Субарктике. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 2002. 204 с.

**СЕКЦИЯ 3. Изменение климата в Арктике:  
современное состояние и перспективы**

**SESSION 3. Climate change in the Arctic:  
current status and challenges**

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА КРУПНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ НА СЕВЕРЕ ЕВРАЗИИ

### SPATIO-TEMPORAL STRUCTURE OF LARGE TEMPERATURE ANOMALIES IN THE NORTH OF EURASIA

Антипина У. И.<sup>1,2</sup>, Бардин М. Ю.<sup>1</sup>, Корнева И. А.<sup>1</sup>

Antipina U. I.<sup>1,2</sup>, Bardin M. Yu.<sup>1</sup>, Korneva I. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт глобального климата и экологии им. академика Ю. А. Израэля, Москва;  
e-mail: ant.uly@yandex.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Географический  
факультет, кафедра метеорологии и климатологии, Москва

Investigation of the spatial-temporal structure of changes in climatic parameters is an interesting and relevant challenge both for a deeper understanding of the mechanisms behind these changes and also for climate modeling. Surface air temperature is a key parameter of a climate system and its properties are well described at different spatial and temporal scales. A new method based on the identification of hotspots in a two-dimensional field of temperature anomalies was applied. Daily surface air temperature from NCEP/NCAR reanalysis (1948-2017) and CMIP6 historical data from models CNRM and GFDL (1890-2014) were used as inputs into the analysis. The characteristics of the temperature anomalies (cold and hot hotspots) were calculated for the contemporary climate change period, for the beginning of the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries. Mean seasonal spatial features of these parameters were analyzed, as well as linear trends. The spatio-temporal structures of the temperature hotspots derived from the reanalysis and model data were compared.

Изучение пространственно-временной структуры изменчивости климатических характеристик последнего столетия представляет интерес как с точки зрения понимания механизмов этой изменчивости, так и для целей моделирования климата. Приземная температура воздуха является одним из наиболее важных и хорошо изученных климатических параметров, используемых в разных аспектах. Изучению аномалий приземной температуры воздуха на разных временных и пространственных масштабах посвящено большое количество исследований [Груза, Ранькова, 1980, 2012], однако, изучение динамики этих аномалий в комплексе — ее «пространственно-временной структуры» — представляет отдельный интерес, особенно в разные климатические периоды. Выявление некоторых закономерностей распределения температурных аномалий в разных климатических условиях может быть полезно для прогноза климата и моделирования климатов прошлого.

В данной работе применяется подход, в котором области аномалий приземной температуры («очаги тепла и холода») описываются параметрами, аналогичными характеристикам выбросов двумерных полей [Груза и др., 1985]. Аномалии температуры рассматриваются как некие подвижные образования, характеризующиеся координатами центра, значением экстремума (максимума или минимума), площадью выброса, его интенсивностью и глубиной. В качестве уровней выбросов поочередно приняты значения нормированных аномалий  $\pm 2$ ,  $\pm 1$  и  $\pm 0$ , что соответствует отклонению наблюдаемой температуры от средней многолетней более чем на  $2\sigma$ ,  $\sigma$  и  $0$  °C соответственно. Данная методика применительно к приземной температуре воздуха подробно описана и



использована для анализа крупномасштабных аномалий приземной температуры за период 1891–1982 гг. [Груза и др., 1985]. Данный подход был также успешно применен для анализа характеристик циклонической активности в умеренных широтах Северного полушария [Бардин и др., 2015].

В работе в качестве исходных используются данные среднесуточной приземной температуры воздуха реанализа NCEP/NCAR на сетке 2.5° (1948–2017 гг.), а также глобальных моделей CNRM (Национальный метеорологический центр, г. Тулуза, Франция) на сетке 1.4° (расширение 250 км) и GFDL (NOAA, Национальное управление океанических и атмосферных исследований, США) на сетке 1° (расширение 100 км) проекта CMIP6 (исторический эксперимент, 1890–2014 гг.). Для анализа используются нормированные аномалии приземной температуры в узлах сетки, рассчитанные относительно среднего за базовый период 1981–2010 гг.

Пространственные особенности распределения очагов температурных аномалий определяются особенностями атмосферной циркуляции. Для характеристики циркуляции в Атлантико-Европейском секторе Северной Евразии и исследования ее связи с крупномасштабными аномалиями приземной температуры в регионе в данной работе были использованы индекс Северо-Атлантического колебания (САК, <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>) и Скандинавская циркуляционная мода [Barnston and Livezey, 1987, <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/scand.shtml>].

В результате в рамках данного подхода были получены характеристики температурных выбросов (очагов тепла и холода) для разных пороговых уровней за весь период современного потепления климата, начала XXI века и первую половину XX века (по модельным данным). Выполнен анализ средних сезонных карт-схем этих характеристик для разных фаз циркуляционных индексов, а также их трендов. Проведено сравнение пространственно-временной структуры температурных выбросов по данным реанализа и глобальных моделей.

#### ЛИТЕРАТУРА

Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Особенности изменчивости циклонической активности умеренных широт северного полушария, связанные с ведущими модами атмосферной циркуляции в атлантико-европейском секторе. // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2015. Т. 2. С. 14–40.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария. Л.: Гидрометеоиздат. 1980. 194 с.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я., Семенюк Е. А. Климатическая изменчивость характеристик крупномасштабных аномалий температуры воздуха. // *Метеорология и гидрология*. 1985. № 5. С. 67–78.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. 194 с.

Barnston A.G., Livezey R.E. Classification, seasonality, and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. // *Mon. Weather Rev.* 1987. Vol. 115. P. 1083–1126.

## СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ДРЕВОСТОЕВ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПЛАТО ПУТОРАНА

### FOREST STAND STRUCTURE AND DYNAMICS AT THE TREE LINE IN THE WESTERN PUTORANA PLATEAU

Григорьев А. А.<sup>1</sup>, Дэви Н. М.<sup>1</sup>, Кукарских В. В.<sup>1</sup>, Галимова А. А.<sup>1</sup>, Вьюхин С. О.<sup>2</sup>,  
Моисеев П. А.<sup>1</sup>, Фомин В. В.<sup>1</sup>

Grigoriev A. A.<sup>1</sup>, Devi N. M.<sup>1</sup>, Kukarskih V. V.<sup>1</sup>, Galimova A. A.<sup>1</sup>, Vyuhin S. O.<sup>2</sup>,  
Moiseev P. A.<sup>1</sup>, Fomin V. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Свердловская область; e-mail: grigoriev.a.a@irae.uran.ru

<sup>2</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, Институт леса и природопользования, Екатеринбург, Свердловская область; e-mail: sergey.vyuhin@mail.ru

We studied the tree line position and forest stand yields over the past centuries in the western part of the Putorana Plateau in the context of higher early summer temperatures (by 1.5–2.5 °C) and a longer growing season (by 4–7 days), as well as higher winter temperatures and more abundant solid precipitation. A comparison of the contemporary tree line elevation and that in the topographic maps from 1956 showed that, over the past 60 years, the tree line has advanced noticeably — on the slopes of the Sukhie Gory mountain range by an average of 64 m vertically and 177 m horizontally, on the slopes of Mt Neralah by 92 m vertically and 152 m horizontally, and on the mountain slopes in the upper reaches of the river Kumga (the northern macroslope of the Putorana Plateau) by 28 m vertically and 123 m horizontally. An analysis of the contemporary treeline elevations on the selected slopes where negative non-climatic effects (rocky soils and high slope angles) are minimal revealed a consistent increase in the average values in the direction from the north (348±65 m a.s.l.) to the east (461±45 m a.s.l.), to the west (537±92 m a.s.l.), and to the south (610±60 m a.s.l.). At the same time, the most significant tree line elevation shifts in the past 60 years were identified in similar areas on the southern slopes (111±74 m) and western slopes (86±62 m), moderate ones on the eastern slopes (78±50 m), and minimal elevation shifts on the northern slopes (59±56 m). When sites with a noticeable exposure to non-climatic factors were excluded from the analysis, the average tree line advance rate increased from 1.0 to 1.4 m/year, which indicates a significant negative effect of these factors. The study was conducted with the financial support from the Russian Science Foundation (project #17-14-01112).

Нами было выявлено, что в последние столетия в западной части плато Путорана на фоне повышения раннелетних температур на 1.5–2.5 °C и увеличении продолжительности вегетационного сезона (на 4–7 дней), а также повышения зимних температур и количества твердых осадков существенно изменилось высотное положение верхней границы леса (ВГЛ) и продуктивность древостоев. Сравнение современной высотной позиции ВГЛ и отмеченной на топографических картах 1956 г., показало, что за последние 60 лет произошло ее заметное продвижение вверх: на склонах массива Сухие горы – на 64 м (в среднем на всех участках) по вертикали и 177 м по горизонтали, на склонах г. Нералах — на 92 м по вертикали и 152 м по горизонтали, на склонах гор в верховьях р. Кумга (северный макросклон плато Путорана) — на 28 м по вертикали и 123 м по горизонтали. Анализ современной высотной позиции ВГЛ на выборочных участках склонов, где минимизировано отрицательное влияние факторов неклиматической природы (большая каменистость и крутизна склона), выявил

для этого района плато Путорана последовательное увеличение ее средних величин, начиная с северных ( $348 \pm 65$  м н.у.м.) к восточным ( $461 \pm 45$  м н.у.м.), к западным ( $537 \pm 92$  м н.у.м.) и к южным ( $610 \pm 60$  м н.у.м.) склонам. При этом, наиболее значительные высотные сдвиги границ за последние 60 лет были выявлены для подобных участков для склонов южной ( $111 \pm 74$  м) и западной экспозиций ( $86 \pm 62$  м), средние – для восточных ( $78 \pm 50$  м) и минимальные для северных ( $59 \pm 56$  м) экспозиций. При исключении из анализа динамики ВГЛ участков, где заметно выражено влияние факторов не климатической природы, средняя скорость поднятия верхнего предела лесов увеличивается с 1.0 до 1.4 м/год, что указывает на значительный отрицательный эффект этих факторов.

*Исследование полностью выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-14-01112).*

## **РАННИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: ОБНАРУЖЕНИЕ И БИОИНДИКАЦИЯ ТРЕНДОВ**

### **EARLY CLIMATE CHANGE: TREND DETECTION AND BIOINDICATION**

Гудимов А. В.<sup>1</sup>, Свитина В. С.<sup>2</sup>  
Gudimov A. V.<sup>1</sup>, Svitina V. S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Мурманский морской биологический институт, лаборатория зообентоса, Мурманск, Мурманская область; e-mail: alexgud@mail.ru;*

<sup>2</sup>*Министерство рыбного и сельского хозяйства Мурманской области, Мурманск, Мурманская область*

As a result of the long-term studies of the intertidal barnacle *Semibalanus balanoides* population in terms of temporal and spatial distribution and abundance, it was revealed that in the boundary conditions of the estuary, an ecocline distribution of the barnacles along the salinity gradient can be used for the early bioindication of climate change. Any other marine bioindicators of early global warming in the Arctic are unknown so far.

Вопрос глобальных изменений климата стал особенно актуален в последние десятилетия в связи ускорением линейного роста среднегодовой температуры воздуха, в том числе, в Северном полушарии. Известные обратные расчеты трендов показали, что начиная с 1970-х годов как минимум 90 % энергии потепления аккумулируется в океане. Прогнозируемое глобальное потепление уже привело к увеличению поступления пресных вод в морские экосистемы Арктики, прежде всего, в результате таяния ледников и сокращения ледового и снежного покрова.

Экосистемы всегда откликаются на изменения климата, равно как и на антропогенные воздействия. Поэтому регулярные и постепенные смены биологических сообществ, как и многолетние колебания численности видов, являются нормальным явлением. Следовательно, изменения сообществ в определенном диапазоне и с определенной скоростью имеют место при любом климате и еще не являются показателем смены климатических периодов.

Задача исследователя установить, вышли ли изменения сообществ или отдельных популяций за рамки диапазона нормального варьирования, и если это так, то тогда они не локальны, а отражают влияние глобальных изменений

климата. Однако вычленив климатическую составляющую в общем влиянии факторов среды непросто и обычно представляет трудную или, подчас, невыполнимую задачу. Для этого нужны не только длинные временные ряды тщательных измерений и наблюдений в природных условиях, но и правильно выбранные показатели-индикаторы изменения экосистем. Биоиндикация ранних климатических изменений биологических сообществ методически еще не разработана, хотя имеет явное прогностическое значение.

На первый взгляд, влияние климата в первую очередь должно проявляться в наземных экосистемах, а не в водных, где воздействие климата опосредовано водной средой. Поэтому экосистемам суши традиционно уделяется большее внимание. Тем не менее, явные признаки потепления климата мы обнаруживаем не только в ускоренном таянии ледников, парниковом эффекте росте растений, но и в кислотном разрушении рифов, в миграции и смещении ареалов как наземных, так и морских видов, в изменении среды и фауны мелководий и пляжей. Большая часть таких индикаторных исследований относится к тропической, субтропической и южно-умеренным зонам, где биологические и другие экосистемные процессы идут быстрее.

В Арктике и Субарктике биологические индикаторы ранних климатических изменений практически не исследованы, а для Баренцева моря неизвестны. Биомониторинг и биоиндикация климатических изменений особенно актуальны в отношении морей Северного Ледовитого океана, где последствия изменений климата имеют глобальное значение.

Целью нашей работы был поиск биоиндикаторов ранних экологических изменений морской среды, в том числе, вызванных изменениями климата. Установлено, что естественная динамика разнообразия и обилия видов в биологических сообществах типичных морских биотопов замедленна и трудна как для ее обнаружения, так и для выявления экологических зависимостей и влияния климата. В то же время, в переходных зонах – экотонах арктического побережья и, особенно, в экотонах эстуариев, градиенты и давление факторов среды наиболее значительны, а их негативное воздействие на морские организмы усилено влиянием опреснения.

Многолетние изменения численности организмов в экоклин (изменения в экотоне по одному доминирующему фактору) были рассмотрены нами как потенциальный биоиндикатор ранних изменений среды. С 2003 по 2018 гг. в куту Кольского залива были проведены ежегодные исследования изменения численности и распределения литоральных ракообразных балянусов *Semibalanus balanoides* в экоклин по фактору солености. Установлено: 1) чувствительность организма к экологическим факторам многократно возрастает в экстремальных условиях; 2) если воздействие лимитирующих факторов выходит за рамки диапазона их многолетних колебаний, к которым вид эволюционно адаптирован (и что «записано в его геноме»), то организм начинает уменьшать свою численность, а потом исчезает на данной территории; 3) организмы экотонных краевых местообитаний первыми реагируют на глобальные изменения климата. Доказано, что среднегодовая динамика численности организмов в экоклин может быть использована для биоиндикации ранних изменений климата.

**РЕАКЦИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФАЗ ИВАН-ЧАЯ УЗКОЛИСТНОГО  
*CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM* НА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА  
В ЗАПОВЕДНИКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**PHENOLOGICAL RESPONSE OF THE ROSEBAY WILLOWHERB  
*CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM* TO THE CLIMATE CHANGE IN THE  
STATE NATURE RESERVES IN MURMANSK REGION**

Каримова М. Е.<sup>1</sup>, Зануздаева Н. В.<sup>1</sup>, Поликарпова Н. В.<sup>2</sup>, Воробьева Н. Г.<sup>2</sup>

Karimova M. E.<sup>1</sup>, Zanuzdaeva N. V.<sup>1</sup>, Polikarpova N. V.<sup>2</sup>, Vorobyova N. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Лапландский государственный природный биосферный заповедник, Мончегорск, Мурманская область; e-mail: karimova@laplandzap.ru

<sup>2</sup>Государственный природный заповедник «Пасвик», пос. Раякоски, Мурманская область; e-mail: polikarpova-pasvik@yandex.ru

Phenological response of *Chamaenerion angustifolium* in two nature reserves of Murmansk Region – Lapland and Pasvik State Nature Reserves – is shown. Average annual and summer monthly temperatures, as well flowering (BF) and seed dispersal (BSS) start dates by species are analyzed: BF in Lapland Reserve is 14.07, in Pasvik Reserve is 10.07; BSS in Lapland Reserve is 20.08, in Pasvik Reserve is 18.08. Increasing temperature trends in May-August over the last 25-30 years, especially strong in May, were found in both reserves. Weak response to the change in the average monthly temperatures during the vegetative period is shown.

Изучение динамики фенологических процессов на фоне наблюдающихся климатических изменений представляет большой научный интерес. Авторами проанализировано влияние средних температур воздуха на сроки наступления фенологических фаз позднецветущих растений на примере иван-чая узколистного *Chamaenerion angustifolium* L. в двух заповедниках Мурманской области: Лапландском (1936-2018 гг.) и «Пасвик» (1994–2018 гг.).

Лапландский заповедник (ЛЗ) создан в 1930 г. в западной части области в подзоне северной тайги. Заповедник «Пасвик» (ЗП) образован в 1992 г. на крайнем северо-западе региона на границе России и Норвегии в зоне притундровых лесов.

ЛЗ использует данные метеостанции г. Мончегорска. Временной ряд условно разделен на периоды, равные или почти равные 30-ти годам: I период 1936–1959 гг., II — 1960–1989 гг., III — 1990–2018 гг., в целях сравнения последнего периода потепления, наблюдающегося с 1990 г., с аналогичными по продолжительности предыдущими периодами. Среднегодовая температура воздуха ( $t_{\text{ср.год}}$ , °C) ЛЗ в I периоде –0.3, во II –0.6, в III наблюдается потепление до +0.7. ЗП использует данные метеостанции «Янискоски» с 1994 по 2018 гг.,  $t_{\text{ср.год}}$  равна 0.1.

Проанализированы даты наступления двух фенофаз у иван-чая: начало цветения (НЦ) и начало рассеивания семян (НР). Средняя многолетняя дата НЦ в ЛЗ — 14.07, НР — 20.08. В I периоде НЦ приходилось на 14.07, во II — 13.07, а в III — 12.07. Средние многолетние даты НР также менялись в сторону более ранних: в I периоде — 23.08, II — 20.08, III — 16.08. Отклонение средней даты НЦ III периода по отношению к I-му составило 2 дня; отклонение средней даты НР — 7 дней.

Среднегодовое наступление дат обоих явлений в ЗП наступает раньше, чем в ЛЗ в целом: НЦ — 10.07 (и на 2 дня раньше, чем в наиболее теплом III периоде ЛЗ), НР — 18.08 (но на 2 дня позже, чем в III периоде ЛЗ).

Расчет коэффициентов корреляции для НЦ в ЛЗ ( $n=78$ ) выявил слабую силу связи с  $t_{\text{ср. мая}}$  ( $r=-0.44$ ) и среднюю с  $t_{\text{ср. июня}}$  ( $r=-0.69$ ) и июля ( $r=-0.5$ ). Коэффициенты корреляции для НР ( $n=74$ ) показали слабую силу связи с  $t_{\text{ср. мая}}$  ( $r=-0.37$ ) и августа ( $r=-0.39$ ) и среднюю с  $t_{\text{ср. июня}}$  ( $r=-0.58$ ) и июля ( $r=-0.7$ ). Так, в ЛЗ на среднюю дату НЦ иван-чая больше влияют  $t$  июня, а на дату НР —  $t$  июля.

Коэффициенты корреляции для НЦ в ЗП ( $n=25$ ) выявили аналогичную с ЛЗ силу связи со  $t_{\text{ср. мая}}$  ( $r=-0.44$ ), но очень слабую с  $t_{\text{ср. июня}}$  ( $r=-0.25$ ) и слабую с  $t_{\text{ср. июля}}$  ( $r=-0.35$ ). Для НР ( $n=25$ ) обнаружена средняя сила связи с  $t_{\text{ср. мая}}$  ( $r=-0.42$ ) и июля ( $r=-0.49$ ), но очень слабая с  $t_{\text{ср. июня}}$  ( $r=-0.21$ ) и практически полное отсутствие с  $t_{\text{ср. августа}}$  ( $r=-0.03$ ). То есть в ЗП дата НЦ иван-чая больше зависит от  $t$  мая, а на НР влияют как  $t$  мая, так и июля.

В ЛЗ рост  $t_{\text{ср. летних месяцев III периода}}$  относительно I-го составил: +1 для мая, +0.1 для июня, +0.8 для июля, +0.1 для августа. Наибольший рост  $t$  в ЛЗ отмечен для мая и июля, что объясняет слабое отклонение средней даты НЦ иван-чая в III периоде по отношению к I (за счет повышения  $t$  мая) и среднее отклонение средней даты НР в III периоде по отношению к I (за счет роста  $t$  июля). Для ЗП характерно повышение трендов  $t$  у всех четырех месяцев за последние 25 лет, особенно сильное у мая. Для ЛЗ линейный тренд  $t$  мая-августа в III периоде также положительный и наиболее сильный у мая.

В условиях Крайнего Севера на примере иван-чая узколистного показано смещение дат начала цветения и рассеивания семян у позднецветущих видов растений на более ранние и относительно слабая реакция на изменение среднемесячных температур вегетационного периода.

## ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И РОСТ ДЕРЕВЬЕВ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

### SOLAR ACTIVITY CYCLE AND TREE GROWTH ON THE KOLA PENINSULA

Касаткина Е. А.<sup>1</sup>, Шумилов О. И.<sup>1</sup>, Тимонен М.<sup>2</sup>

Kasatkina E. A.<sup>1</sup>, Shumilov O. I.<sup>1</sup>, Timonen M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: oleg@aprec.ru

<sup>2</sup>Институт природных ресурсов (LUKE), Рованиemi, Финляндия; e-mail: mauri.timonen@luke.fi

The Sun's role in climate variability is actively debated. There is evidence of the approaching new Grand Solar Minimum with Little Ice Age climatic conditions. To study the problem, we analyzed the regional tree-ring chronology from the Kola Peninsula (68.6 N, 33.3 E) for the period from 1445 to 2005. The analysis revealed significant cooling events, coinciding with the Spörer (1400-1540), Maunder (1645-1715), Dalton (1790-1830), and Gleissberg (1880-1910) Grand Solar Minima. Wavelet analysis revealed the existence of primary solar activity cycles (11, 20-25, and ~100 years) in the chronology. The main solar factors affecting the climate are

solar radiation and cosmic rays. As proxies, we used sunspot number and  $Be^{10}$  cosmogenic isotope records, respectively. Our results demonstrate the possibility of using polar tree-ring widths as indicators of solar and climate changes in the past.

Роль солнечной активности в изменчивости климата в настоящее время является предметом дискуссий, особенно в контексте понимания вклада солнечного воздействия в современное глобальное потепление. Кроме того, имеются некоторые свидетельства приближающегося нового солнечного минимума с климатическими условиями, похожими на Малый ледниковый период [McCracken, Beer, 2014; Morner, 2015]. Это ожидание связано с появлением более продолжительного солнечного минимума 2006–2009 гг. [McCracken, Beer, 2014]. Чтобы исследовать возможную солнечно-климатическую зависимость, мы проанализировали региональную хронологию древесных колец, охватывающую период с 1445 по 2005 г. Всего было отобрано 36 древесных образцов сосны вблизи северной границы леса (станция Лопарская; 68.6 N, 33.3 E), включая самое старое живое дерево возрастом более 561 год. Ширина колец измерялась с точностью до 0/01 мм с помощью собственной разработанной системы анализа (сканер и соответствующее программное обеспечение) [Канатьев и др., 2014]. Данные обрабатывались с использованием современных методов, применяемых в дендрохронологии (перекрестное датирование и стандартизация) [Holmes, 1983; Cook, Kairiukstis, 1990] при помощи программ COFESHA и ARSTAN. Анализ выявил значительные периоды похолодания, совпадающие с основными минимумами солнечной активности: Шперера (1400–1540), Маундера (1645–1715), Дальтона (1790–1830) и Гляйсберга (1880–1910). Применение различных методов спектрального и вейвлет-анализа для обработки региональной древесно-кольцевой хронологии позволило выявить основные циклы солнечной активности (5.5, 11, 20–25 и ~ 100 лет). Основными солнечными факторами, влияющими на климат и атмосферу, являются солнечная радиация и космические лучи, воздействующие на облачный покров атмосферы. В качестве индикаторов солнечной активности и космических лучей мы использовали числа солнечных пятен и вариации космогенного изотопа  $Be^{10}$  соответственно. Проанализировано взаимодействие и теснота связи между временными рядами на различных временных интервалах и частотах. Применение многоуровневой вейвлет-декомпозиции позволило подтвердить существование периодичности 5.3–5.4 года в древесно-кольцевых хронологиях Кольского п-ова и в вариациях космофизических агентов, что указывает на солнечную обусловленность данного цикла. Наши результаты демонстрируют возможность использования полярной ширины колец деревьев в качестве индикаторов солнечных и климатических изменений в прошлом.

#### ЛИТЕРАТУРА

Канатьев А. Г., Шумилов О. И., Касаткина Е. А. Программное обеспечение для дендрохронологических измерений // Приборы и техника эксперимента. 2014. № 2. С. 127–130.

Cook E. R., Kairiukstis L. Methods of Dendrochronology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishing. 1990. 351 p.

Holmes R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // Tree-Ring Bull. 1983. Vol. 44. P. 69–75.

McCracken K. G., Beer J. Comparison of the extended solar minimum of 2006-2009 with the Spoerer, Maunder, and Dalton Grand Minima in solar activity in the past // *J. Geophys. Res.* 2014. Vol. 119. P. 2379–2387.

Morner N.-A. The approaching new Grand Solar Minimum and Little Ice Age climate conditions // *Nat. Sci.* 2015. Vol. 7. P. 510–518.

**РЕАКЦИИ НАСЕКОМЫХ-ФИТОФАГОВ НА ОДНОВРЕМЕННЫЕ  
ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И КЛИМАТА:  
РЕЗУЛЬТАТЫ ДОЛГОСРОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

**RESPONSES OF HERBIVOROUS INSECTS TO SIMULTANEOUS  
CHANGES IN POLLUTION AND CLIMATE:  
LONG-TERM MONITORING RESULTS**

Козлов М. В.<sup>1</sup>, Зверев В. Е.<sup>1</sup>, Хантер М. Д.<sup>2</sup>, Зверева Е. Л.<sup>1</sup>

Kozlov M. V.<sup>1</sup>, Zverev V. E.<sup>1</sup>, Hunter M. D.<sup>2</sup>, Zvereva E. L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Biology, University of Turku, Turku 20014, Finland; e-mail: mikozi@utu.fi, vitzve@utu.fi, elezve@utu.fi*

<sup>2</sup>*Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-1048, USA; e-mail: mdhunter@umich.edu*

Understanding the mechanisms, by which climate and pollution affect animal population dynamics, is important for predicting population trajectories of individual species under different global change scenarios. We recorded population densities of different groups of herbivorous insects around two industrial pollution sources in the subarctic forests of north-western Russia from 1991 to 2018 and measured the impacts of natural enemies, host plant quality and temperature on the performance of these insects. Spring and autumn temperatures increased by 2.5–3 °C during the observation period, while emissions of sulfur dioxide and heavy metals decreased five-fold. Responses of the monitored insects to these environmental changes were variable due to the interplay between bottom-up and top-down effects, but only 2 of the 30 studied species showed the expected increase in density following climate warming. Our findings stress the importance of long-term series in the global change research.

Понимание механизмов, посредством которых климат и загрязнение влияют на динамику популяций животных, определяет нашу способность прогнозировать изменения численности отдельных видов при различных сценариях глобальных изменений. Мы отслеживали плотность популяций различных групп насекомых-фитофагов вокруг двух промышленных предприятий (Мончегорский медно-никелевый комбинат и Апатитская ТЭЦ) в субарктических лесах северо-запада России с 1991 по 2018 гг. и изучали влияние естественных врагов, качества растений-хозяев и температуры воздуха на смертность, плодовитость и другие характеристики этих насекомых. Весенние и осенние температуры за период наблюдений увеличились на 2.5–3 °C, а атмосферные выбросы диоксида серы и тяжелых металлов снизились в пять раз.

Популяции насекомых, питающихся листьями березы Черепанова (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*), по-разному реагировали на изменения загрязнения и климата. Численность 8 из 25 изученных видов изменялась с расстоянием от Мончегорского комбината, но эти корреляции ослабли к концу периода



наблюдений, предположительно, из-за снижения выбросов загрязняющих веществ. За период наблюдений численность открытоживущих насекомых снизилась, численность минеров повысилась, а численность листовертов осталась неизменной. В результате, общая численность насекомых-фитофагов и повреждаемость ими листьев березы за 26 лет практически не изменились [Kozlov et al. 2017].

Численность гусениц минирующей моли *Phyllonorycter strigulatella* на ольхе (*Alnus incana*) вблизи Апатитской ТЭЦ, в среднем, была вдвое выше, чем на относительно незагрязненной территории. За период наблюдений средняя численность этого вида сократилась примерно вдвое. Это снижение статистически связано с уменьшением атмосферных выбросов, в то время как связь с потеплением климата не прослеживается. На примере этого вида мы впервые показали, что при различных уровнях загрязнения численность насекомых-фитофагов регулируется различными механизмами. Вблизи тепловой станции основной вклад в регуляцию численности вносило качество кормового растения, в то время как на незагрязненных участках численность минера преимущественно контролировали естественные враги, в первую очередь, птицы и муравьи [Hunter, Kozlov, 2019].

Численность двух из четырех изученных видов жуков-листоедов (*Phratora vitellinae* и *Plagioderia versicolora*), питающихся на ивах (*Salix* spp.) вокруг Мончегорска, за период наблюдений в среднем не изменилась, в то время как численность *Chrysomela lapponica* и *Gonioctena pallida* в начале 2000-х годов уменьшилась примерно в 20 раз и с тех пор остается на очень низком уровне. Статистический анализ позволил связать резкое падение численности *C. lapponica* с увеличением смертности от естественных врагов из-за совместного действия потепления климата и снижения загрязнения [Zvereva et al., 2016]. В то же время, потепление привело к изменению фенетической структуры популяции *C. lapponica*: доля темных жуков за 25 лет сократилась вдвое, поскольку темные жуки имеют преимущество перед светлыми только в условиях холодной весны [Zverev et al., 2018].

Наши исследования показали, что насекомые-фитофаги по-разному реагируют на изменения абиотических факторов среды. При этом изменения, которые на первый взгляд кажутся благоприятными (потепление и снижение загрязнения), могут вызвать резкое падение численности отдельных групп насекомых. Существенное потепление вызвало предсказанное, на основании лабораторных экспериментов, увеличение численности лишь у двух из 30 исследованных нами видов, что согласуется с отсутствием изменений поврежденности листьев древесных растений в лесах умеренного климата за последние 60 лет [Kozlov, Zvereva, 2015]. Это, в очередной раз, демонстрирует, что экстраполировать результаты лабораторных экспериментов на природные сообщества следует с большой осторожностью, и подчеркивает важность долгосрочного мониторинга для понимания биотических процессов, вызванных глобальными изменениями окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

Hunter M. D., Kozlov M. V. The relative strengths of rapid and delayed density dependence acting on a terrestrial herbivore change along a pollution gradient // J. Anim. Ecol. 2019. doi: 10.1111/1365-2656.12930

Kozlov M. V., Zvereva E. L. Changes in the background losses of woody plant foliage to insects during the past 60 years: are the predictions fulfilled? // Biol. Lett. 2015. Vol. 11. No. 20150480.

Kozlov M. V., Zverev V., Zvereva E. L. Combined effects of environmental disturbance and climate warming on insect herbivory in mountain birch in subarctic forests: results of 26-year monitoring // Sci. Tot. Environ. 2017. Vol. 601–602. P. 802–811.

Zverev V., Kozlov M. V., Forsman A., Zvereva E. L. Ambient temperatures differently influence colour morphs of the leaf beetle *Chrysomela lapponica*: roles of thermal melanism and developmental plasticity // J. Therm. Biol. 2018. Vol. 74. P. 100–109.

Zvereva E. L., Hunter M. D., Zverev V., Kozlov M. V. Factors affecting population dynamics of leaf beetles in a subarctic region: the interplay between climate warming and pollution decline // Sci. Tot. Environ. 2016. Vol. 566–567. P. 1277–1288.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА И УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО КОМФОРТА ГОРОДОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ (НА ПРИМЕРЕ СЕТИ UHIARC)

### A STUDY OF THE MICROCLIMATE AND THERMAL COMFORT INDICATORS IN THE RUSSIAN ARCTIC TOWNS (BASED ON UHIARC OBSERVATIONS)

Константинов П. И.<sup>1</sup>, Варенцов М. И.<sup>2,3</sup>, Репина И. А.<sup>3</sup>, Шувалов С. В.<sup>1</sup>,

Самсонов Т. Е.<sup>1</sup>, Грищенко М. Ю.<sup>1</sup>, Езау И. Н.<sup>4</sup>, Бакланов А. А.<sup>5</sup>

Konstantinov P. I.<sup>1</sup>, Varentsov M. I.<sup>1,2</sup>, Repina I. A.<sup>2</sup>, Shuvalov S. V.<sup>1</sup>, Samsonov T.

E.<sup>1</sup>, Griscenko M. Yu<sup>1</sup>, Esau I. N.<sup>3</sup>, Baklanov A. A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>МГУ имени М. В. Ломоносова, Географический факультет, Москва, Россия  
kostadini@mail.ru

<sup>2</sup>МГУ имени М. В. Ломоносова, НИВЦ, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

<sup>4</sup>Центра ДЗЗ и изучения окружающей среды им. Ф. Нансена Берген, Норвегия

<sup>5</sup>Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Женева, Швейцария

Regional and global climate change amplification in Arctic latitudes affects not only natural landscapes but also cities and its infrastructure (permafrost melting, growing of urban heat island magnitude etc). First assumption about microclimate of polar cities in Eastern Arctic was based on the UHIARC (Urban Heat Island Arctic Research Campaign) seasonal-scale experimental meteorological observations in the five cities: Apatity in Murmansk Region, Vorkuta in the north-east of the European Russia (Komi Republic) and Nadym, Novy Urengoy and Salekhard in located in the north of Western Siberia. All of them have quite similar population (from 50 to 115 thousands inhabitants) and building features. In this study we focused on investigation of differences between the Arctic cities, caused by both geographic location and various types of urban development. To do this, we estimated the differences in long-term trends in air temperature and in urban thermal comfort between different cities. In addition, deep regionalization was carried out using the WUDAPT-technology of the urban environment in the studied points to show quantitative differences in the types of building structure. An attempt was also made to estimate how the trends in cities differ from the trends in the rural area. The already existing UHIARC network was expanded in the cities of Apatity and Nadym by the low-cost recorders of temperature inversions in the surface layer at heights of 1.5 and 3 meters, respectively. With the help of these complexes, it is supposed to obtain a reliable climatology of

surface inversions in city core area and outside the city for the winter period, when episodes of high concentrations of atmospheric pollutants are most frequent. Such low-level inversions are a persistent feature of the Arctic climate, in particular, its Russian part. Exactly in this region, during the winter period, the most favorable conditions for temperature inversion's formation are observed. Results showed that in Nadym frequency and magnitude of surface inversions is at least two times higher in city center than in surroundings.

К настоящему моменту современная климатология обладает крайне скудной информацией о микроклиматических особенностях городов, расположенных за полярным кругом. До начала XXI века имелись лишь единичные исследования, проведенных на Аляске и показавших существование в зимнее время мощных островов тепла в относительно небольших городах Барроу и Фэрбанксе. [Magee и др., 1999]. Можно ожидать, что в более крупных городах с более плотной застройкой данный эффект будет значительно сильнее. В связи с этим была сформирована основная задача проекта UHIARC (Urban Heat Island Arctic Research Campaign): провести экспериментальное исследование микроклимата в крупных городах севера России (к текущему моменту имеются измерения в Апатитах, Воркуте, Мурманске, Норильске, Надыме, Салехарде и Новом Уренгое), а также установить постоянные системы наблюдений для сбора климатологической информации о городском острове тепла, повторяемости приземных инверсий и их пространственной неоднородности.

Данные работы продолжаются с 2013 г., к настоящему моменту уже получены первые результаты. К 2014 году впервые в истории Норильска, Воркуты, Мурманска и Апатит были измерены пространственные характеристики городского острова тепла для соответствующих синоптических условий. Так в Норильске и в Апатитах разница температур между центром города и окрестностями доходит до 5–7 градусов, в Мурманске и Воркуте различия получились более сглаженными.

Более подробный анализ термической неоднородности в Апатитах с привлечением результатов численных экспериментов, проведенных с использованием региональной климатической модели COSMO-CLM, сопряженной со специализированной субмоделью городской подстилающей поверхности, показал приблизительно равный вклад влияния рельефа и городского острова тепла в формирование зимней температурной аномалии [Varentsov et al., 2018]. Согласно предварительным результатам, подобные фундаментальные исследования теоретически могут иметь и прикладной эффект.

С 2015 г. в Апатитах, Надыме и Салехарде проводится пилотный эксперимент по непрерывному измерению характеристик городского острова тепла, итогом которого уже стали данные о сезонной климатологии явления. Среднее значение термической аномалии в зимний период, например в Надыме составляет порядка 1 °C [Konstantinov et al., 2018].

В зимнем сезоне 2018-2019 г. в Апатитах и Надыме сеть была укомплектована комплектом датчиков для регистрации мощности приземных температурных инверсий, а также были впервые проведено зондирование нижнего 100-метрового слоя атмосферы с помощью измерительной системы, установленной на квадрокоптере. Предварительные результаты показали в районе г. Апатиты пространственную неоднородность мощности инверсии, по-видимому, в основном связанную с влиянием города (отепляющего влияния городской застройки: острова тепла).

Авторы выражают исключительную благодарность юридическому отделу ФИЦ КНЦ РАН, а также сотрудникам Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН и лично к.б.н. М. В. Корнейковой и д.т.н. проф. В. А. Маслобоеву за помощь и поддержку в проведении измерений. Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-60126 «Арктика».

#### ЛИТЕРАТУРА

Magee N., Curtis J., Wendler G. The Urban Heat Island Effect at Fairbanks, Alaska // *Theor. Appl. Climatol.* 1999. Vol. 64. P. 39–47.

Konstantinov P., Varentsov M., Esau I. A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic. // *Environmental Research Letters*. 2018. Vol. 13(7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aacb84>

Varentsov M., Konstantinov P., Baklanov A., Esau I., Miles V., Davy R. Anthropogenic and natural drivers of a strong winter urban heat island in a typical Arctic city // *Atmos. Chem. Phys.* 2018. Vol. 18. P. 17573–17587.

### ДИНАМИКА ДРЕВОСТОЕВ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ИХ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ В ПОСЛЕДНЕМ СТОЛЕТИИ

#### TREE STAND DYNAMICS AT THE UPPER TREELINE ON THE KOLA PENINSULA IN THE LAST CENTURY

Моисеев П. А.<sup>1</sup>, Галимова А. А.<sup>1</sup>, Бубнов М. О.<sup>1</sup>, Фомин В. В.<sup>1</sup>, Терская А. И.<sup>2</sup>

Moiseev P. A.<sup>1</sup>, Galimova A. A.<sup>1</sup>, Bubnov M. O.<sup>1</sup>, Fomin V. V.<sup>1</sup>, Terskaya A. I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Свердловская область; e-mail: moiseev@ipae.uran.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет, географический факультет, Москва; e-mail: arvin2@yandex.ru

Our studies showed that in the past centuries, against the background of rising early summer (by 0.9-1.3 °C) temperatures on the Kola Peninsula and an earlier start of the growing season, the structure and productivity of tree stands at the upper treeline have changed significantly. It was found that the biomass of the forest stands along the three surveyed transects on the southeastern slope of Kitchepahk (Khibiny Mts) increased starting in the early 20th century on average from 0.01 to 17.8 t/ha at the modern closed forest treeline to 7.4 t/ha at the open forest treeline, and to 0.8 t/ha at the tree group treeline in the tundra. A comparative analysis of the modern altitude of the upper treeline and that shown in the topographic maps from 1956 and 1986 revealed, in general, for the Khibiny Mts a shift by an average of 51 and 35 m over the past 61 and 31 years, respectively. A similar analysis of the upper treeline altitude in the Chiltald Mts showed a shift of 40-45 m in altitude since 1956, which is close to the values found on the western and south-western macroslopes of the Khibiny Mts. As a result of the upper treeline advancement in 1956-2017, the total area of the slopes where the stands have developed from sparse stands and open forests to closed forests, was 82.9 km<sup>2</sup> in the Khibiny Mts and 27.7 km<sup>2</sup> in the Chiltald Mts. In terms of one kilometer of the treeline, this corresponds to 0.109 and 0.111 km<sup>2</sup>, respectively. The study was conducted with the financial support of Russian Scientific Foundation (project #17-14-01112).

Наши исследования показали, что в последние столетия на фоне повышения на Кольском полуострове ранних летних (на 0.9–1.3 °С) температур и более раннего начала периода вегетации существенно изменились структура и продуктивность древостоев на верхнем пределе их произрастания. Выявлено, что надземная фитомасса древостоев на трех обследованных профилях на юго-восточном склоне горы Китчапак (Хибины) увеличилась с начала XX в. в среднем с 0.01 до 17.8 т/га на современной верхней границе сомкнутых лесов, до 7.4 т/га на границе редколесий и до 0.8 т/га границе групп деревьев в тундре. Сравнительный анализ современной высотной позиции верхней границы леса (ВГЛ) и отмеченной на топографических картах 1956 и 1986 гг. выявил в целом для всего горного массива Хибин ее смещение в среднем на 35 и 51 м за последние 31 и 61 год соответственно. Аналогичный анализ высотной позиции ВГЛ на массиве Чильтальд выявил ее смещение на 40–45 м высоты с 1956 г., что близко к значениям, отмеченным для западного и юго-западного макросклонов Хибин. В результате поднятия ВГЛ с 1956 по 2017 гг. общая площадь участков склонов, на которых древостои перешли из категории редины и редколесий в категорию сомкнутые леса составила на Хибинах 82.9 км<sup>2</sup>, а в массиве Чильтальд — 27.7 км<sup>2</sup>. В пересчете на один километр границы это равно 0.109 и 0.111 км<sup>2</sup> соответственно.

*Исследование полностью выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-14-01112).*

#### **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРИБРЕЖНЫЙ МЕЙОБЕНТОС ОЗЕРА КРИВОЕ (КАРЕЛИЯ)**

#### **THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE COASTAL MEIOBENTHOS IN KRIVOYE LAKE (REPUBLIC OF KARELIA)**

Петухов В. А., Смуров А. О.

Petukhov V. A., Smurov A. O.

*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург; e-mail: aral4@zin.ru*

Climatic effects on the long-term variability of the quantitative development of coastal (to a depth of 0.5 m) meiobenthos in KrivoeyeLake (Karelia, northern coast of the Chupa inlet, Kandalaksha Bay) were studied. The study material was collected in 2003–2017 in May, July, and September at 4 stations at the lake. To analyze the effects of climate variations on the dynamics of quantitative development of meiobenthos, we calculated Pearson correlation coefficients between the abundance and biomass of meiobenthos (annual, winter, and average seasonal) and the North Atlantic Oscillation (NAO) indexes. Our analysis showed that the quantitative parameters of meiobenthos calculated for all stations were correlated with NAO\_ASO (August–October) with a one year lag ( $r=0.56$ ,  $p<0.05$ ). The one year lag can be explained by the inflow of biogenic substances into the lake with autumn floods consumed by the phytoplankton in the following year and influencing indirectly through the trophic chain the zoobenthos and meiobenthos.

Исследовали вклад многолетней изменчивости климата на динамику количественного развития прибрежного (глубина — 0.5 м) мейобентоса в озере Кривом (Карелия, северный берег устья губы Чупа Кандалакшского залива) на 4 станциях. Материал для данного исследования собирался в 2003–2017 гг. в течение вегетационного сезона — с мая по сентябрь. Всего собрано и обработано более 170 проб прибрежного мейобентоса.

Для анализа влияния климата на динамику количественного развития мейобентоса рассчитывали коэффициенты корреляции Пирсона связи между среднесезонной (май-сентябрь) численностью и биомассой мейобентоса и индексами Северо-Атлантического колебания (NAO). Связь с индексами NAO анализировались в четырех вариантах, для выявления связи использовались как годовые индексы (NAO\_annual), так и значения индексов для 4-х зимних месяцев: декабря, января, февраля и марта — индексы NAO\_DJFM. Кроме того, анализировались аналогичные связи с сезонными индексами Северо-Атлантического колебания (NAO).

Проведенные исследования показали, что среднесезонная плотность и биомасса, сосчитанная для всех станций, не имели достоверных коэффициентов корреляции с годовыми климатическими индексами — максимальными оказалась корреляция с индексами NAO\_DJFM с лагом 1 год, равная 0.4 ( $p > 0.05$ ) и для среднесезонной плотности и для среднесезонной биомассы. Среди сезонных индексов достоверной оказалась только связь индекса NAO\_ASO (август, сентябрь, октябрь) с количественным развитием мейобентоса с лагом 1 год ( $r = 0.56$ ,  $p < 0.05$ ).

Постанционный анализ связи среднесезонной плотности и среднесезонной биомассы с сезонными индексами NAO показал наличие достоверных корреляций для индексов NAO\_ASO и NAO\_SON (сентябрь, октябрь, ноябрь) с лагом 1 год для станций 3а, 8а и 10а, для станции 1а эти корреляции были не достоверны. Кроме того, было выяснено, что существуют достоверные отрицательные корреляции количественных показателей мейобентоса с лагом «0» (текущий год) на станции 3а с индексами для периода с мая по июль. Интересным также оказалось наличие аналогичных достоверных отрицательных корреляций ( $r = -0.57$  и  $r = -0.59$ ) на ст. 3а с лагом 2 года для периода август–октябрь. Таким образом, результаты нашего анализа показывают, что объединение данных всех станций понижает достоверность результатов в связи с тем, что конкретные условия на разных далеко удаленных станциях могут различаться.

Вероятно, для объяснения влияния климата на динамику количественного развития мейобентоса с лагом в один год подойдет ранее предложенное объяснение [Максимов, 2012]. В озере Кривом наблюдается типичная для большинства европейских водоемов ситуация, когда развитие планктона и бентоса положительно коррелирует с индексами NAO и АО. Повышенное количество осадков в течение года с положительными индексами ведет к увеличению поступления питательных веществ в озеро. Мягкие зимы, которым соответствуют высокие индексы NAO и АО увеличивают содержание биогенных веществ в поверхностном стоке после мягких зим. Весенний паводок при условии промерзания почвы на водосборе не приводит к обогащению озера биогенами. Максимум поступления биогенных веществ должен наблюдаться после полного оттаивания грунтов и должен быть приурочен к осенним паводкам. Таким образом, годы с положительными аномалиями индексов обеспечивают благоприятные возможности развития фитопланктона в следующем году, которое опосредованно через трофический каскад отражается и на зообентосе и мейобентосе.

## ЛИТЕРАТУРА

Максимов А. А. Многолетняя изменчивость климатических факторов и динамика сообществ донных животных. // Динамика биологического разнообразия и биоресурсов континентальных водоемов / под. ред. А. Ф. Алимова, С. М. Голубкова. СПб.: Наука. 2012. С. 126–138.

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМИЧЕСКОГО  
КОМФОРТА В ГОРОДАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ  
ЗА ПЕРИОД 1966–2017 гг.**

**CLIMATE CHANGE AND THERMAL COMFORT ASSESSMENT IN THE  
RUSSIAN ARCTIC TOWNS IN 1966–2017 IN THE CONTEXT OF URBAN  
PLANNING STRATEGIES**

Семёнова А. А.

Semenova A. A.

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва;  
e-mail: mos7kit@mail.ru*

The Arctic region stands out in the context of climate change. A key indicator of environmental comfort is thermal comfort. Thermal comfort characterizes the subjective feeling of comfort. In this condition, the thermoregulatory system is at rest. A human feels comfortable. She is neither cold, nor hot. The study goal is to collect trends of temperature and bioclimatic indices of environmental comfort in 1966 to 2017 for the Arctic region as a whole and for the Russian Arctic towns, identify the contribution of urban climate change to overall climate change in the Arctic, examine weather station locations in these towns in terms of their belonging to different urban local climatic zones (UCZ), and identify towns where weather stations characterize the entire town's average.

На фоне глобального изменения климата Арктический регион выделяется особенно ярко: известно, что скорость повышения температуры в этом регионе выше, чем в среднем по Земному шару [McCarthy, 2001].

Температура как климатический ресурс во многом определяет условия жизни человека и возможность хозяйственного освоения территорий. Но на ощущение человеком среды, её комфортности, влияет не только температура, поэтому для оценки влияния воздействия окружающей среды на человека, его здоровье и продолжительность жизни используют биоклиматические индексы.

Главной характеристикой комфортности среды служит термический комфорт. Это показатель, характеризующий состояние ощущения комфортности, при котором обеспечивается оптимальный уровень физиологических функций организма, в то время как человек не ощущает ни жары, ни холода [Исаев, 2003]. Он возникает тогда, когда складываются такие метеорологические условия, при которых терморегуляторная система организма испытывает наименьшее напряжение, то есть имеет место физический покой.

В России в городах проживает около 74 % населения. В Арктической зоне из-за специфики её освоения эта цифра доходит до 84 %. Поэтому актуальным вопросом в прикладной биоклиматологии можно считать оценку условий термического комфорта не только в среднем для территории, но и для урбанизированных территорий отдельно, где помимо общего потепления климата, сильно сказывается действие городских островов тепла.

Для оценки изменения комфортности в Арктическом регионе был выбран наиболее распространённый и качественный биоклиматический индекс комфортности среды, а именно – меру теплового ощущения находящегося в покое человека, то есть физиологически эквивалентную температуру (PET). Это показатель, характеризующий комплексное воздействие на человека температуры, влажности воздуха, скорости ветра и учитывающий степень физиологической активности.

Основной целью данной работы является получение трендов температуры и биоклиматических индексов комфортности среды в период с 1966 по 2017 гг. для Арктического региона в целом и для Арктических городов и выявление вклада изменения климата городов в общее изменение климата в Арктике.

Для исследования была выбрана территория, официально вошедшая в Арктическую зону Российской Федерации по указу Президента РФ от 2 мая 2014 г., и были выбраны 8 городов.

Но для оценки вклада городских станций в общую тенденцию повышения температуры и изменения комфортности в Арктике существует проблема того, что в некоторых городах метеостанции находятся вне городской черты и не могут характеризовать метеорежим всего города полностью.

Для объяснения причин существования различий в трендах температур и индексов комфортности разных городов и не урбанизированных территорий была поставлена вторая задача: исследовать расположение метеостанций в этих городах на их принадлежность к различным локальным городским климатическим зонам (ГКЗ), и выявить те города, метеостанции в которых в среднем характеризуют территорию всего города.

Городские климатические зоны представляют собой области с относительно однородным покрытием поверхности: высоты и плотности застройки, количеством зелёных насаждений, строительными материалами и определённым характером человеческой деятельности, которые имеют особый для них тип взаимодействия с приземным слоем атмосферы.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Исаев А. А.* Экологическая климатология. М.: Научный мир. 2003. 458 с.

*McCarthy J. J.* Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press. 2001.

### **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЭПИФИТНЫЙ ЛИШАЙНИКОВЫЙ ПОКРОВ В СРЕДНЕТАЁЖНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ДРЕНИРОВАННЫХ МЕСТООБИТАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ**

### **THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE EPIPHYTIC LICHEN COVER IN THE MIDDLE BOREAL PINE FORESTS AT DRAINED SITES IN THE REPUBLIC OF KARELIA**

Тарасова В. Н.<sup>1</sup>, Горшков В. В.<sup>2,3</sup>

Tarasova V. N.<sup>1</sup>, Gorshkov V. V.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия;  
e-mail: tarasova1873@gmail.com*

<sup>2</sup>*Ботанический институт им. В. Л. Комарова, Санкт-Петербург;  
e-mail: vadim-v-gorshkov@ya.ru*

<sup>3</sup>*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,  
Санкт-Петербург*

Monitoring of the epiphytic lichen cover in green moss pine forests with a time-after-fire of 35 to 206 years in the southern Karelia over the period from 1997-1998 to 2014-2015 showed a significant decrease in the average number of lichen species at the stem base and at a height of



1.3 m (by 20 %); a decrease in the average coverage of *Imshaugia aleurites* (by 60 %), *Bryoria* species (by 35 %) and an increase in coverage of *Parmeliopsis ambigua* (by 55%) (at a height of 1.3 m). We suggest that this change is a reaction of the lichen cover to the decreasing moisture due to an increase in the average temperature during the growing season by 2 °C with the total precipitation unchanged.

Согласно литературным данным, начиная с 1989 г., в Республике Карелия наблюдается устойчивое превышение нормы средней годовой температуры воздуха на 1–2 °C, при этом наблюдаемые измерения более выражены в южных районах Карелии [Назарова, 2012]. Исследования последних лет показали, что лишайники — одна из наиболее чувствительных к изменению климата групп организмов. Наблюдаемые изменения затрагивают лишайники различных жизненных форм и экологии во многих районах земного шара [Ellis, Coppins, 2007; Aptroot, 2009 и мн. др.].

Исследование эпифитного лишайникового покрова (ЭЛП) на стволах сосны основано на многолетних прямых наблюдениях, выполненных на 19 постоянных пробных площадях (ПП) размером 25×25 м в зеленомошных сосновых лесах НП «Водлозерский» (6 ПП) и заповедника «Кивач» (13 ПП). Заложение ПП и их первичное описание выполнено в 1997-1998 гг. Спустя 17 лет (в 2014–2015 гг.) на тех же учётных деревьях проведено повторное исследование ЭЛП. Описания выполнены при помощи рамки 10×20 см у основания дерева и на высоте 130 см от земли с четырех сторон света. Давность последнего пожара в изученных сообществах составляет от 36 до 206 лет. Анализ данных выполнен на основе 3040×2 описаний ЭЛП на 380 деревьях.

Установлено, что среднее число видов лишайников в описаниях спустя 17 лет значительно ниже, чем при первоначальном наблюдении: значения данного показателя у основания ствола снизились, в среднем с 5.5 до 4.8, а на высоте 1.3 м — с 4.6 до 3.5. У основания ствола уменьшение числа видов регистрируется на 13 пробных площадях из 19, а на высоте 1.3 м — на всех. Уменьшение среднего числа видов, в основном, произошло за счет *Imshaugia aleurites* и видов рода *Bryoria*, покрытие которых на 15–18 пробных площадях значительно уменьшилось в двух районах исследования. Одновременно с этим, покрытие *Parmeliopsis ambigua* на высоте 1.3 м за 17 лет возросло, в среднем, с 3.8 до 5.8 %.

Таким образом, на основе абсолютного преобладания трендов увеличения покрытия ксеро-мезофитного вида *Parmeliopsis ambigua* и уменьшения покрытий мезофитных видов *Bryoria* и *Imshaugia aleurites*, можно предположить о наличии реакции видов на потепление климата в результате процесса аридизации. Как показали расчеты, выполненные на основе средних температур в течение 6 наиболее теплых месяцев года (с апреля по сентябрь), за последние 30 лет среднегодовая температура теплых месяцев года в г. Петрозаводске выросла на 2 градуса. При этом среднегодовое количество осадков не изменилось. Повышение температуры могло оказать влияние на эпифитные лишайники в сравнительно светлых сосновых лесах, у которых сократился период нахождения талломов во влажном состоянии.

#### ЛИТЕРАТУРА

Назарова Л. Е. Особенности динамики температурного режима Карелии // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 170–174.

*Aproot A.* Lichens as an indicator of climate and global change // *Climate Change. Observed Impacts on Plant Earth* / Ed. T. M. Letcher. Oxford: Elsevier. 2009. P. 401–408.

*Ellis C. J., Coppins B.* Changing climate and historic-woodland structure interact to control species diversity of the ‘Lobarion’ epiphyte community in Scotland // *Journal of Vegetation Science*. 2007. Vol. 18. P. 725–734.

## СОВРЕМЕННАЯ КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА АРКТИЧЕСКОЙ БИОТЫ

## CONTEMPORARY CLIMATE-DRIVEN DYNAMICS OF THE ARCTIC BIOTA

Тишков А. А., Белоновская Е. А., Глазов П. М., Титов С. В.

Tishkov A. A., Belonovskaya E. A., Glazov P. M., Titov S. V.

*Институт географии РАН, Москва; e-mail: tishkov@igras.ru*

This paper shows specific examples of the current dynamics of the Arctic biota, due to biotic significant climate changes or other factors that are important for the understanding of modern processes in the ecosystems of the Russian Arctic. The formation paths of current habitats of Arctic mammals are traced and a forecast of their changes is given with further climate warming, features of the population dynamics in recent decades for model species of lemmings, reindeer, waterfowl and seafoal birds are shown. It is shown that not all changes in the Arctic biota can be explained by climate change. The analysis is supplemented with an assessment of the current dynamics of the Arctic flora and vegetation. An Arctic greening mechanism is shown using remote sensing and field methods.

Используя результаты многолетних полевых исследований и ранее опубликованные данные [Тишков, Кренке, 2015; Белоновская и др., 2016; Тишков и др., 2018], обосновано представление о *биотически значимых изменениях климата и актуальной климатогенной динамике биоты Российской Арктики*. Это важно для понимания механизмов современных обратимых и необратимых перестроек природы Арктики и для верификации прогнозов изменений их биоты и экосистем. Так, по данным 5-го Оценочного доклада ИРСС [Кокорин, 2014], включившего специальный раздел «Воздействие на природу и человека», и Второго оценочного доклада Росгидромета по изменению климата [2014] в Российской Арктике сохранится ряд биотически значимых трендов «наблюдаемых изменений климата»: (1) рост концентрации диоксида углерода в атмосфере (в 2017 г. — 403.55 млн<sup>1</sup>); (2) рост среднегодовой температуры, линейный тренд которой — до 0.7–0.9 °C/10 лет (на п-ве Таймыр, побережье Якутии и на архипелагах); (3) теплее и продолжительнее лето и осень в азиатских тундрах, а зима холоднее на Северо-Востоке Сибири (-1 °C/10 лет); (4) контрастные по вектору тренды осадков — положительный для Кольского п-ва и Большеземельской тундры (до +100 мм в год), снижение — на п-ве Ямал и п-ове Таймыр (до -50 мм в год); (5) рост количество снега и высоты его покрова в Европейской России (6-10 см/10 лет), но сокращение сроков залегания — на 4–8 сут/10 лет; (6) рост скорости ветра с трендом 0.5 м/с/10 лет.

Ниже представлены оценки последствий отдельных биотически значимых изменений климата для некоторых компонентов арктической биоты.

Оценки последствий отдельных биотически значимых изменений климата для некоторых компонентов арктической биоты

Биотически значимые изменения климата/ Компоненты биоты	Рост концентрации углекислого газа	Рост среднегодовой температуры приземного слоя	Увеличение продолжительности вегетационного периода	Рост количества осадков	Увеличение мощности снежного покрова
1	2	3	4	5	6
Флора сосудистых растений	В сочетании с другими факторами — препятствие проникновению в Арктику растений C <sub>4</sub> -фотосинтеза, особенно из семейства <i>Poaceae</i>	«Бореализация» флоры — внедрение в арктическую флору бореальных видов, усиление биотических инвазий	Ослабление «арктической фракции» локальных флор, рост их разнообразия за счет миграций видов южных широт; рост числа видов с завершённым репродукционным циклом	Усиление позиций мезофильной и гидрофильной флоры, в т.ч. осок и злаков	Рост разнообразия кустарников и хионофильных видов мохообразных и цветковых растений
Растительный покров	Рост продуктивности растительного покрова, усиление позиций растений C <sub>3</sub> -фотосинтеза	Эффект «позеленения» Арктики — олуговения и закустаривания тундр	Движение границы леса на север, «выход» кустарников из долин на террасы и водораздел	Делихенизация тундр, расширение площади арктических болот	Формирование новых биотопов для нивальных группировок растений
Фауна в целом	-	Разнонаправленные тренды — сдвиги фенологии, расширение /сокращение ареала, падение численности арктических видов, рост отдельных видов фитофагов; изменение путей миграций	Рост разнообразия, в первую очередь за счет миграций видов более южных широт, изменение путей миграции, расширение ареала, нарушение репродуктивного цикла арктических видов, успех размножения гипоарктических и бореальных видов	Рост численности и разнообразия гидрофильной фауны	Ограничения в освоении кормовых территорий копытными в зимний период
В т.ч. — хищные млекопитающие	-	Снижение численности за счет усиления конкуренции с южными видами	Снижение численности и сокращение ареала и сезонных миграций	Изменения в кормовом поведении и миграциях	Ограничения в добыче корма
- лемминги и других грызунов	-	Нарушение репродуктивного цикла, исчезновение «циклов» в динамике численности, изменения в спектре хищников	Изменения в фенологии кормовых растений, в кормовой стратегии и ритмике размножения	Изменения в распределении по биотопам, вытеснение из заболоченных низин	Изменения в ритмике и успехе подснежного размножения, рост «защитности» снежного покрова

1	2	3	4	5	6
- дикий северный олень	-	Рост численности благодаря росту продуктивности летних пастбищ, массовая гибель из-за частых зимних оттепелей в местах зимовок	Изменения сроков и путей миграций, усиление негативного действия гнуса и расширение зоонозных инфекций	Периодическая массовая гибель животных в зимний период за счет корки на снегу после оттепелей	Сокращение площади зимних пастбищ за счет недоступности территорий с высоким снежным покровом
- гусеобразные птицы	-	Расширение ареала и внутрисезонных миграций, рост численности и давления со стороны хищников	Рост разнообразия на арктических островах за счет гнездования новых видов, сдвиг сроков прилета, рост успешности гнездования	Возможна периодическая гибель в гнездовой период из-за весенних снегопадов	Возможные кризисные ситуации из-за задержек в сроках таяния снега на кормовых участках

Суммируя определим, что в Российской Арктике с 1990-х гг. сохраняется тренд потепления: мягче стали зимы, выросла продолжительность вегетационного периода и т.д., в акватории Северного ледовитого океана сократилась площадь многолетних льдов и их мощность (почти на 40 %), а над побережьем и архипелагами стали преобладать антициклонические процессы в атмосфере. Практически все выявляемые климатические тренды можно отнести к «биотически значимым», т.е. они прямо или опосредованно могут влиять на распространение, развитие, воспроизводство, динамику численности и характер миграций арктической биоты. Важно только понять, как такая перестройка климата в Арктике повлияет на будущий ее статус и состояние биоты? Какие изменения биоты могут стать необратимыми, а какие в процессе циклических изменений «вернутся» на конвергентные к исходным позиции.

*Сообщение подготовлено в рамках гранта РФФИ №18-05-60057, оценки состояния биоты — по теме Госзадания Института географии РАН № 0148-2019-0007.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Белоновская Е. А., Тишков А. А., Вайсфельд М. А., Глазов П. М., Кренкемл А. Н., Морозова О. В., Покровская И. В., Царевская Н. Г., Тертицкий Г. М. «Позеленение» российской Арктики и современные тренды изменения ее биоты // Известие РАН. Сер. геогр. 2016. № 3. С. 28-39.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: Техническое резюме. М.: Росгидромет. 2014. 94 с.

Кокорин А. О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. М.: Всемир. фонд дикой природы (WWF). 2014. 80 с.

Тишков А. А., Кренке-мл. А. Н. «Позеленение» Арктики в XXI в. как эффект синергизма действия глобального потепления и хозяйственного освоения // Арктика: экология и экономика. 2015. № 4(20). С. 28–37.

Тишков А. А., Белоновская Е. А., Вайсфельд М. А., Глазов П. М., Кренке А. Н., Тертицкий Г. М. «Позеленение» тундры как драйвер современной динамики арктической биоты // Арктика: экология и экономика. 2018. № 2(30). С. 31–44.

**ИЗМЕНЕНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕЧНОЙ ГРАНИЦЕ  
ОБСКО-ТАЗОВСКОЙ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ  
ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**CHANGES IN THE ABIOTIC FACTORS ON THE RIVER BORDER OF THE  
OB-TAZ ESTUARY OVER THE PERIOD OF INSTRUMENTAL  
MEASUREMENTS**

Шестакова Е. Н., Третьяков М. В., Пискун А. А., Румянцева Е. В.  
Shestakova E. N., Tretiakov M. V., Piskun A. A., Rumiantseva E. V.

*Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
Санкт-Петербург; e-mail: shen@aari.ru*

Estuarine processes are being transformed by climate change and anthropogenic impact. The goal of this study is to assess changes in abiotic factors at the river border of the Ob-Taz estuary (Ob - Salekhard), including water and thermal discharge on a seasonal and multi-year scale, and fluctuations in water level. There are significant trends towards an increase in average annual runoff in the current climatic period (1981-2010) and in winter runoff in the entire observation period. The annual variation of the temperature regime is synchronous with fluctuations in the water discharge. No significant trends were found in the seasonal and annual averages. The study findings will be used in the modeling of seasonal hydrological processes in the Ob-Taz Gulf.

Климатические изменения и широкое развитие хозяйственной деятельности на водосборах рек и в их устьевых областях приводит к существенным трансформациям устьевых процессов, которые протекают в зоне взаимодействия реки и моря и обуславливают динамику запасов пресных вод, колебания уровня воды и формирование специфических форм рельефа дна и суши.

В условиях дефицита натурных наблюдений количественная оценка изменений устьевых процессов в Обско-Тазовской устьевой области должна быть основана на совместном использовании данных наблюдений и моделирования [Третьяков, 2018]. Настоящая работа преследовала цель оценить изменения абиотических факторов на речной границе устьевой области, в том числе водный и тепловой сток в сезонном и многолетнем масштабе, и колебания уровня воды.

Обско-Тазовская устьевая область является сложным акваторриальным комплексом, включающим в себя устьевые участки Оби, Ныдыма, Пура, Таза и устьевое взморье — Обскую и Тазовскую губу. Согласно новому районированию устьевых областей рек речную границу устьевой области принято устанавливать по пределу проникновения в реку сизигийных приливов или нагонов 10%-й обеспеченности в период минимального речного стока [Михайлов, Горин, 2012]. В качестве речной границы Обско-Тазовской устьевой области в настоящей работе принят замыкающий створ Оби у г. Салехард (287 км от морского края дельты), а не место слияния Малой Оби и основного русла (351 км от морского края дельты), где наблюдаются нагонные явления в виде подпора уровней [Иванов, 1980]. Бассейны рек Надыма, Пура, Таза и других, впадающих в Обско-Тазовскую губу, относят к местному водосбору устьевой области.

Установлено, что с 1950 по 1968 и с 1980 по 1991 гг. расходы воды в Оби были ниже среднемноголетних значений. В остальные периоды преимущественно наблюдались значения водного стока выше нормы. За современный климатический период с 1981 по 2010 гг. по замыкающему створу отмечена

значимая тенденция увеличения среднегодового стока, с 1930 по 2010 гг. — зимнего стока [Румянцева и др., 2017].

Изменение уровней воды на речной границе обусловлено преимущественно колебаниями речного стока. Колебания уровней условно могут считаться интегральной характеристикой, отражающей как динамику стока воды, так и русловые деформации, сгонно-нагонные и другие явления. Среднегодовые уровни воды в районе г. Салехард имеют сравнительно небольшую величину колебаний. Они составляют 1.69 м у Салехарда, тогда как в вершине дельты, в 143 км ниже по течению, — 0.85 м. Среднемесячные уровни в июне-сентябре изменяются более существенно, чем при ледоставе, за счет вклада стока весеннего половодья.

Годовой ход температуры воды в целом синхронен с годовым ходом расходов. Максимальных значений ( $>15$  °C) температура достигает в июле-августе, минимальных (0-1 °C) — с ноября по май в период ледостава. В среднегодовом и сезонном масштабе значимые тенденции изменения теплового стока для Оби не наблюдаются.

Полученные результаты будут использованы при моделировании сезонных гидрологических процессов в Обской губе с учётом результатов пересчёта речного стока от замыкающего створа до морского края дельты с помощью модели трансформации стока, основанной на методе Г. П. Калинина и П. И. Милюкова.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60192.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Иванов В. В.* Гидрологический режим низовьев и устьев рек Западной Сибири и проблема оценки его изменения под влиянием территориального перераспределения водных ресурсов // Проблемы Арктики и Антарктики. 1980. Вып. 55. С. 20–43.

*Михайлов В. Н., Горин С. Л.* Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей эстуариев // Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 3. С. 243–257.

*Румянцева Е. В., Шестакова Е. Н., Муждаба О. В.* Динамика водных ресурсов рек Арктической зоны Западной Сибири // Научный вестник Ямало-Ненецкого Автономного округа. 2017. № 33(96). С. 53–61.

*Третьяков М. В.* Климатические и антропогенные изменения запасов пресных вод в устьевых областях крупных рек бассейна Карского моря // Вопросы географии. Гидрологические изменения. 2018. 145. С. 252–264.

## «ПОЗЕЛЕНЕНИЕ» АРКТИКИ И КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА ВЫСОКОШИРОТНОЙ МИКОБИОТЫ

### GREENING OF THE ARCTIC AND CLIMATE-DRIVING DYNAMICS OF MYCOBIOTA AT HIGH LATITUDES

Ширяев А. Г.<sup>1</sup>, Химич Ю. Р.<sup>2</sup>, Волобуев С. В.<sup>3</sup>, Морозова О. В.<sup>4</sup>, Королева Н. Е.<sup>5</sup>,  
Ширяева О. С.<sup>1</sup>, Соковнина С. Ю.<sup>1</sup>, Косолапов Д.А.<sup>6</sup>, Пейнтнер У.<sup>7</sup>  
Shiryayev A. G.<sup>1</sup>, Khimich Yu. R.<sup>2</sup>, Volobuev S. V.<sup>3</sup>, Morozova O. V.<sup>4</sup>, Koroleva N.  
E.<sup>5</sup>, Shiryayeva O. S.<sup>1</sup>, Sokovnina S. Yu.<sup>1</sup>, Kosolapov D.A.<sup>6</sup>, Peintner U.<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург;  
e-mail: anton.g.shiryayev@gmail.com

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Анапты;  
e-mail: ukhim@inbox.ru

<sup>3</sup>Ботанический институт РАН им. В. Л. Комарова, Санкт-Петербург;  
e-mail: sergvolobuev@mail.ru

<sup>4</sup>Институт географии РАН, Москва; e-mail: olvasmor@mail.ru

<sup>5</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН,  
Кировск; e-mail: flora012011@yandex.ru

<sup>6</sup>Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; e-mail: kosolapov@ib.komisc.ru

<sup>7</sup>Innsbruck University, Austria; e-mail: Ursula.Peintner@uibk.ac.at

Research into the climate-driving dynamics of flora and fungal communities at zonal and altitudinal limits of forest-tundra is a growing field presently due to the climate change and human impacts. It has been established that, as the temperatures in the Arctic rise, permafrost recedes, flora gets more boreal, timberline advances to the north, and new fungi species typical of the forest zone invade the Arctic. We collected large-fruited fungi on substrates previously absent in the region 20-50 years ago: coarse woody debris, boreal mesophilic herbs, rich soil, and litter. Many of the fungi occur now further to the north, and their distribution is limited only by the lack of the required substrate (and not by the climatic factor). On the other hand, Arctic and alpine fungi species retreat to the north and their populations decline. Introduced garden and park plants in the Arctic towns, as well as firewood and building materials create potentially suitable substrate for invasive fungi in the Arctic regions.

Динамику лесотундровых растительных и грибных сообществ на верхней и зональной границах древесной растительности Арктики необходимо изучать в связи с происходящим потеплением климата. В настоящее время наблюдаются одновременно процессы роста продуктивности («позеленение») в сообществах тундры [Тишков и др., 2016], рассматриваемые как эффект сопряженного действия потепления климата и хозяйственного освоения, а с другой стороны — происходит обеднение флоры и общее снижение биоразнообразия тундры за счет очаговых и фронтальных антропогенных нарушений почвенно-растительного покрова.

Цель исследования — оценить изменения структуры высокоширотной микобиоты, происходящие в связи с потеплением климата, изменением растительности и ростом хозяйственной деятельности.

Район работ — восточный склон Полярного Урала и прилегающая часть п-ова Ямал, где уже более 50 лет (на базе Арктического научно-исследовательского стационара ИЭРиЖ УрО РАН, г. Лабытнанги) исследуется климатическая динамика и связанные с этим изменения эдафических условий, арктической границы леса и микобиоты, а также южная и центральная части Хибинских гор

(Мурманская область). Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) и Мурманская область — регионы, наиболее изученные в российской Арктике в отношении афиллофоровых грибов.

За прошедшие 20–50 лет произошло потепление климата, отступает вечная мерзлота [Bhatt et al., 2013], что приводит к движению северной границы леса дальше к северу, а верхняя граница смещается выше в горы. «Позеленение» Арктики происходит за счет роста площадей кустарников и луговых трав. За этот период число видов грибов в модельных точках, изученных в ЯНАО, выросло больше чем в 2 раза, при этом существенно возросло число таежных/лесных видов, развивающихся на древесине, почве, а также паразитических видов — т.е. идет бореализация микобиоты. Появились многие крупноплодные виды грибов, которые ранее невозможно было пропустить. С другой стороны, доля аркто-альпийских видов резко снижается и их ареалы сдвигаются на север, точнее, происходит фрагментация ареалов, а некоторые из них переходят в статус неореликтов [Тишков и др., 2016]. Распространение дальше на север многих из них лимитировано только отсутствием необходимого субстрата, а не климатическим фактором. Интродуцированные растения в садах и парках северных городов, а также склады дров и стройматериалов — это потенциальные «рассадники» чужеродных грибов в арктических регионах. Однако пока все чужеродные виды способны существовать в Арктике исключительно рядом с человеком, колонизируя субстраты антропогенного происхождения, и исчезают с истощением ресурса, т.е. среди них нет инвазивных видов-захватчиков, которые агрессивно выходят в окружающую природу и вытесняют аборигенные виды или могут натурализоваться. Наши результаты свидетельствуют о быстром, но не прямом, а опосредованном ответе микобиоты на происходящую природно-антропогенную трансформацию биоты севера: сначала на климатические изменения реагирует древесный и травяно-кустарничковый ярус, увеличивается мощность и разнообразие подстилки, меняются эдафические условия, и лишь потом «появляются новые» лесные виды грибов, способные формировать плодовые тела.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00398).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Тишков А. А., Белоновская Е. А., Вайсфельд М. А. и др. «Позеленение» ландшафтов Арктики как следствие современных климатогенных и антропогенных трендов растительности // Изв. РГО. 2016. Т. 148, № 3. С. 14–24.

Bhatt U. S., Walker D. A., Reynolds M. K. et al. Recent declines in warming and arctic vegetation greening trends over pan-Arctic tundra // Remote Sens (Special NDVI3g Issue). 2013. № 5. P. 4229–4254.



**ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЕСНЫХ ПОДЗОЛОВ  
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ  
И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ**

**RESEARCH OF FOREST PODZOLS TEMPERATURE IN MURMANSK  
REGION: RETROSPECTIVE ANALYSIS AND STATE-OF-THE-ART  
METHODS**

Штабровская И. М., Зенкова И. В.

Shtabrovskaya I. M., Zenkova I. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: ishtabrovskaya@mail.ru*

This report reviews some of the research findings on the temperature indicators of virgin podzolic soil in a forested area in the vicinity of the experimental site of the Polar-Alpine Botanical Garden at KSC RAS (PABGI) using state-of-the-art programmable thermochrons. The data collected in 2016-2018 is compared with the soil ecology studies by A. Semko at PABGI on the same site 40 years ago.

В сообщении рассмотрены некоторые результаты учета температурных показателей целинной подзолистой почвы в лесном массиве в окрестностях экспериментального участка Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН (ПАБСИ) с использованием современных программируемых термохрон. Данные, полученные в 2016–2018 гг., сопоставлены с почвенно-экологическими исследованиями сотрудника ПАБСИ А. П. Семко на этой территории около 40 лет назад.

Детальные исследования температурного режима целинных подзолистых почв Мурманской области были проведены Семко на протяжении 1971–1983 гг. в лесном массиве в районе экспериментального участка ПАБСИ в 3 км от г. Апатиты [Семко, 1980, 1982, 1989]. Автор использовал несколько видов полевых приборов: термограф М-16Н с недельным периодом завода для измерения температуры атмосферного воздуха в приземном слое, электротермометр АМ-2М и напочвенный термометр ТМ-3 для определения срочной и сезонной температуры на поверхности почвы, стеклянные ртутные термометры: коленчатый термометр Савинова ТМ-5 (для измерения температуры почвы на глубинах от 2-х до 160 см в летний сезон) и метеорологический почвенно-глубинный термометр ТВП-50 (для учета температуры почвы на глубинах 20–160 см в зимний период). Из-за трудоемкости наблюдений замеры температуры воздуха и почвы выполнялись один раз в сутки – в 13 часов, когда, по наблюдениям Семко, температура подзолистой почвы до глубины 10-20 см была наиболее близка к ее среднесуточным значениям.

В современных полевых экологических исследованиях для пролонгированного измерения температуры воздушной и почвенной сред все более широкое применение получают компактные автономные датчики — термохроны различной модификации, которые можно программировать на необходимую частоту и период регистрации температурных значений (<http://www.elin.ru/files/pdf/Thermochron>). С 2013 г. мы исследуем температурные

показатели горных почв Хибинского массива, расположенного в северотаежной подзоне Мурманской области (67°44'-67°52' с. ш., 33°12'-34°48' в. д.), и используем термохроны-«таблетки» моделей ТР-1, ТР-2, ТРВ-2, запрограммированные на измерение температуры атмосферного и почвенного воздуха с периодичностью 2 часа. Следовательно, среднесуточные температуры рассчитываем по 12 показаниям. В качестве «контрольной» экосистемы с зональным типом почв (подзолом иллювиально-гумусовым) мы выбрали участок в том же сосново-мелколиственном северотаежном лесу (67°34' с. ш., 33°12' в. д.), в котором около 40 лет назад работал А. П. Семко. На этом участке осуществляем круглогодичный мониторинг температуры лесной подстилки (на глубине 5 см), как наиболее биологически активного почвенного горизонта, и атмосферного воздуха на высоте 2 м над поверхностью почвы. Представляет интерес сравнение температурных данных, полученных нами на протяжении 2016-2018 гг. с использованием термохрон, с результатами исследований Семко.

По нашим данным, весенний прогрев лесной подстилки на глубине 5 см до эффективных среднесуточных температур  $\geq +5$  °С только в 2017 г. наблюдался в период (с 7.06), сходный с тем, который отмечал Семко в 1971-1983 гг. (9.05-23.06). Весенние сезоны 2016 и 2018 гг. были теплее: устойчивая температура подстилки выше +5 °С отмечалась уже с третьей декады мая. Прогрев подстилки до активных среднесуточных температур  $\geq +10$  °С в 2016 и 2018 гг. был зарегистрирован также в более ранние даты: 17-18.06 при температуре атмосферного воздуха +15...+24 °С. В исследованиях Семко [1989] активные температуры подстилки отмечались в разные годы, начиная с 26.06 и даже с 26.07. При этом среднеиюньская температура воздуха в 2016 и 2018 гг. (+11.6±0.8 и +12.9±0.3 °С) совпадала с таковой в 1973, 1974 и 1980 гг. (+12.5...+13.1 °С соответственно). Холодной дождливой весной 2017 г. подстилка под пологом леса не прогревалась до активных среднесуточных температур  $\geq +10$  °С на протяжении июня. Более поздними в наших исследованиях оказались и даты осеннего понижения среднесуточных температур подстилки через пороги +10 и +5 °С. Так, устойчивый переход  $< +5$  °С отмечался в 2018 г. с 29.09 при температуре воздуха 0...+4.6 °С, а в 2016 г. еще позднее — с 11.11 при прогреве воздуха до +2.3...+7.4 °С; в работах Семко в разные годы это были даты с 16.09 по 07.11. Среднемесячные температуры воздуха в августе и сентябре 2016–2018 гг. составили около +13 и +8 °С соответственно и совпадали с данными Семко +12.5...+7.9 °С в августе и +3.9...7.6 °С в сентябре 1973–1983 гг.

Причиной более раннего прогрева подстилки сосняка в наших исследованиях 2016 и 2018 гг. по сравнению с данными 1971-1983 гг. при сходных весенних среднемесячных температурах воздуха может быть меньшая интенсивность промерзания почвы зимой. Согласно Семко [1982], наряду с мощностью лесной подстилки как теплоизолирующего слоя и затенением от полога растительности, на температурный режим целинных подзолов в годовом цикле оказывают влияние метеофакторы: температура воздуха, количество осадков, определяющих влажность почв, степень промерзания почв в предшествующую зиму. Определенный вклад вносят и генетические особенности почв: состав почвообразующих пород и глубина залегания грунтовых вод. В разные годы автором было установлено промерзание подзолистой почвы до отрицательных температур -0.1...-4.6 °С, которые проникали на глубину до 50.....-90 см. Период промерзания составлял не менее 7 месяцев: с ноября по май [Семко, 1980].

Полученные нами температурные ряды не имели отрицательных значений: в самые холодные в годовом цикле месяцы лесная подстилка характеризовалась околонулевыми положительными температурами:  $+0.09 \pm 0.01$  °C в январе,  $+0.04 \pm 0.004$  °C в феврале и  $+0.03 \pm 0.002$  °C в марте. Среднегодовые температуры подстилки составляли  $+4.1 \dots +4.7$  °C.

Более ранние сроки весеннего прогрева подстилки сосняка до пороговых активных и эффективных температур, как и более поздние сроки ее осеннего охлаждения, косвенно указывают на более теплые 2016 и 2018 гг. по сравнению с исследованиями 40-летней давности. Однако, необходимо отметить методический аспект: наши учеты с периодичностью в 2 часа показали, что на протяжении вегетационного сезона среднесуточные значения температуры подстилки не всегда сопоставимы со значениями этого показателя в 13 ч, а наблюдаются в основном в 12 часов дня. В суточной динамике повышение температуры лесной подстилки начинается с 8-10 часов утра, а наибольший прогрев регистрируется в 16-18 часов вечера; эта тенденция прослеживается на протяжении вегетационного сезона с июня по сентябрь. Для подтверждения или опровержения предположений об изменении температурного режима лесных почв во временном градиенте запланирован круглогодичный мониторинг температуры на разной глубине почвенного профиля.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Семко А. П.* Гидротермический режим целинных и окультуренных почв Северной тайги Кольского полуострова. Автореф. дис. канд. биологич. наук. Ленинград, 1980. 23 с.

*Семко А. П.* Гидротермический режим почв лесной зоны Кольского полуострова. Апатиты: КФ АН СССР. 1982. 134 с.

*Семко А. П.* Режим тепла и влаги для роста и развития дикорастущих и интродуцированных растений в центральной части Кольского полуострова. Апатиты: КНЦ АН СССР. 1989. 30 с.

Научно-техническая лаборатория «Электронные инструменты» (НТЛ «ЭлИн») [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elin.ru/files/pdf/Thermochron> (дата обращения: 08.02.2019).

**СЕКЦИЯ 4. Изучение и сохранение  
биоразнообразия таёжных и арктических  
территорий**

**SESSION 4. Research into and conservation of  
biodiversity in the taiga zone and in the Arctic**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ  
ПРЕФЕРЕНЦИИ СЕВЕРНОГО КОЖАНКА (*EPTESICUS NILSSONII* L.)  
КАК ФАКТОР ДОМИНИРОВАНИЯ ВИДА В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ**

**ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL PREFERENCES  
OF THE NORTHERN BAT (*EPTESICUS NILSSONII* L.) AS A FACTOR OF  
SPECIES DOMINANCE AT NORTHERN LATITUDES**

Белкин В. В.<sup>1</sup>, Хижкин Е. А.<sup>1,2</sup>, Якимова А. Е.<sup>1</sup>, Антонова Е. П.<sup>1</sup>, Федоров Ф. В.<sup>1</sup>,  
Кижина А. Г.<sup>1</sup>, Узенбаева Л. Б.<sup>1</sup>, Ильина Т. Н.<sup>1</sup>, Баишникова И. В.<sup>1</sup>,  
Илюха В. А.<sup>1</sup>

Belkin V. V.<sup>1</sup>, Khizhkin E. A.<sup>1,2</sup>, Yakimova A. E.<sup>1</sup>, Antonova E. P.<sup>1</sup>, Fyodorov F. V.<sup>1</sup>,  
Kizhina A. G.<sup>1</sup>, Uzenbaeva L. B.<sup>1</sup>, Sergina S. N.<sup>1</sup>, Baishnikova I. V.<sup>1</sup>, Ilyina T. N.<sup>1</sup>,  
Ilyukha V. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: [angelina73@mail.ru](mailto:angelina73@mail.ru)

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия

This study of the Northern bat was conducted in the middle and northern taiga in Russian Karelia. *E. nilssonii* hibernates in a wide range of the humidity levels (from 61.8 to 96.5 %), air temperature in the shelter (from –8.4 to +11.5 °C), and temperature of shelter's walls and ceiling (from –6.5 to +1.9 °C). Unlike other bat species, the Northern bat overwinters in open areas (81.5 %) and alone (89.4 %) and was found in 86.7 % of the underground shelters. The antioxidant protection of the bat's organs during hibernation is provided by antioxidant enzymes and vitamins. A distinctive feature of the differential WBC count of *E. nilssonii* is the high content of basophils –  $2.1 \times 10^9/L$ , which is essential for maintaining the blood viscosity when the blood flow is slow. The species dominates in the middle taiga in the winter (65.7 %) and in the middle and northern taiga in the summer in terms of relative abundance (72.5 and 67.2 %) and relative numbers (0.260 and 0.383 bats/km of the transect).

Известно, что с продвижением к северу Европы видовой состав летучих мышей обедняется, и в высоких широтах доминирующее место занимает северный кожанок. Особенности его экологии и биологии изучались в Республике Карелия в подзонах средней и северной тайги. Географическое положение региона определяет сезонные условия обитания рукокрылых, в том числе, значительный диапазон микроклиматических условий в подземных убежищах в течение длительного периода их зимней спячки.

Гибернация северного кожанка проходит в широких пределах влажности (от 61.8 до 96.5 %), температуры воздуха в убежищах (от –8.4 до 11.5 °C) и температуры субстрата (от –6.5 до 1.9 °C) — стен и потолка, на которых кожанки располагались. При этом, минимальная температура, излучаемая поверхностью их тела, опускалась до –5.6 °C, что говорит о высокой резистентности вида к отрицательным температурам. У северного кожанка были выявлены положительные корреляционные зависимости температуры поверхности тела с температурой воздуха в убежище ( $r=0.75$ ) и с температурой субстрата ( $r=0.63$ ). В отличие от *Plecotus auritus* и ночниц (*Myotis brandtii*, *M. daubentonii*, *M. mystacinus*), северный кожанок зимовал открыто (81.5 %), а не в щелях и шпурах. У него явно преобладало одиночное расположение животных (89.4 %)

над групповым [Белкин и др., 2015]. Стратегия выживания северного кожанка направлена на использование широкого спектра подземных убежищ (встречаемость — 86.7 %). Высокая экологическая валентность вида определяет его низкую смертность во время гибернации.

Антиоксидантная защита органов северного кожанка обеспечивается за счет антиоксидантных ферментов и витаминов – ретинола и  $\alpha$ -токоферола [Ильина и др., 2017]. Их высокое содержание в печени, в том числе, и в конце периода гибернации, обеспечивает эффективное функционирование метаболических систем в условиях гибернации и успешное воспроизводство вида в последующем. В изоферментных спектрах почек и легкого *E. nilssonii* было выявлено максимальное среди изученных видов содержание изофермента ЛДГ-5 и преобладание анаэробных М-субъединиц [Antonova et al., 2017]. Возможно, это является видовым признаком и/или отражает физиологические особенности гипотермного периода.

Исследование сезонных (осень – зима – весна) изменений некоторых гематологических показателей северного кожанка показало [Kizhina et al., 2018], что уровень гемоглобина, а также содержание эритроцитов и лейкоцитов крови не претерпевало значительных колебаний. Весной, по сравнению с зимой, отмечено увеличение абсолютного содержания лимфоцитов в 2.2, палочкоядерных нейтрофилов — в 1.6 и базофилов – в 5.1 раза. Отличительной особенностью лейкоцитарной формулы северного кожанка является самое большое содержание базофилов —  $2.1 \times 10^9/\text{л}$ . Они играют важную роль в обеспечении вязкости крови при пониженной скорости кровотока. По-видимому, соотношение различных типов лейкоцитов у *E. nilssonii* является оптимальным для сохранения гомеостаза.

Закономерно, что выявленные предпочтения и широкая экологическая валентность северного кожанка обуславливают его преобладание на зимовках в подзоне средней тайги – относительное обилие 65.7 % от общего числа учтенных животных.

Летние учеты рукокрылых в Карелии с использованием статического ультразвукового детектора показали [Белкин и др., 2018], что северный кожанок доминирует в подзонах средней и северной тайги как по относительному обилию (72.5 и 67.2 %), так и по относительной численности (0.260 и 0.383 экз./км маршрута). Эти показатели на порядок выше, чем для других видов, а также для *E. nilssonii* в подзоне широколиственных лесов России и в Центральной Европе. Выше 66° с.ш. относительная численность вида минимальна — 0.125 экз/км маршрута. Можно ожидать, что от Полярного круга и до северной границы лесной зоны северный кожанок будет встречаться еще реже и фрагментарно.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 0221-2017-0046 и № 0221-2017-0052, при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00-646-а и программы Президиума РАН № 41 (проект № 0221-2018-0002).*

## ЛИТЕРАТУРА

Белкин В. В., Панченко Д. В., Тирронен К. Ф., Якимова А. Е., Федоров Ф. В. Экологический статус рукокрылых (Chiroptera) на зимовках в Восточной Финноскандии // Экология. 2015. № 5. С. 374–380.

Белкин В. В., Илюха В. А., Хижкин Е. А., Федоров Ф. В., Морозов А. В., Якимова А. Е. Видовой состав и распространение рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) в Карелии // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 13–23.

Ильина Т. Н., Башиникова И. В., Белкин В. В., Якимова А. Е. Содержание ретинола и  $\alpha$ -токоферола у летучих мышей в период гибернации // Труды Карельского научного центра РАН. 2017. № 5. С. 79–88.

Antonova E., Ilyukha V., Sergina S., Khizhkin E., Belkin V., Yakimova A., Morozov A. Antioxidant defenses in three vesper bats (Chiroptera: Vespertilionidae) during hibernation // Turk J Zool. 2017. Vol. 41. P. 1005–1009.

Kizhina A., Uzenbaeva L., Antonova E., Belkin V., Ilyukha V., Khizhkin E. Hematological parameters in hibernating *Eptesicus nilssonii* (Mammalia: Chiroptera) collected in Northern European Russia // Acta Chiropterologica. 2018. Vol. 20(1). P. 273–283.

### **РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ, ЛИШАЙНИКОВ И ГРИБОВ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ГОРНОГО РАЙОНА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

#### **RARE SPECIES OF PLANTS, LICHENS, AND FUNGI IN THE ANTHROPOGENICALLY MODIFIED AREAS OF THE CENTRAL HIGHLANDS OF MURMANSK REGION**

Боровичев Е. А.<sup>1</sup>, Королева Н. Е.<sup>2</sup>, Химич Ю. Р.<sup>1</sup>, Мелехин А. В.<sup>2</sup>,  
Другова Т. П.<sup>2</sup>, Петрова О. В.<sup>1</sup>

Borovichhev E. A.<sup>1</sup>, Koroleva N. E.<sup>2</sup>, Khimich Yu. R.<sup>1</sup>, Melekhin A. V.<sup>2</sup>,  
Drugova T. P.<sup>2</sup>, Petrova O. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: borovichyok@mail.ru, ukhim@inbox.ru, olechka.v.petrova@gmail.com

<sup>2</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН, Апатиты Мурманская область; e-mail: flora012011@yandex.ru, melihen@yandex.ru, darktanya@mail.ru

Preliminary results of a study of plants, lichens, and fungi as ecosystem components exposed to anthropogenic impacts are presented. The field work was carried out in 2017 and 2018, in the central highlands of Murmansk Region (Lovozero and Khibiny Mts, Apatity and Kirovsk). In anthropogenically modified areas, 15 species new to Murmansk Region were found: 12 fungi, 6 lichens, and 17 invasive vascular plants. We found numerous new occurrences of species on the Red List of Murmansk Region, namely, 5 species of fungi, 14 lichens, 12 mosses and liverworts, and 5 vascular plants. They occur mainly in the patches of natural ecosystems, but also on new substrates resulting from human activity. Preliminary GIS maps were produced of the anthropogenically modified ecosystems and red-listed species in Apatity-Kirovsk District.

Мурманская область — регион с крупнейшими предприятиями минерально-сырьевого комплекса Арктической зоны РФ и страны в целом. На протяжении многих десятилетий ведется интенсивная добыча горных руд, функционируют крупные горно-перерабатывающие предприятия, обширные территории заняты

объектами сопутствующей инфраструктуры и строительства, а также складированием отходов производства («хвостов»). Предприятия горнопромышленного комплекса являются градообразующими для городов и поселков, в которых проживает треть населения области, а их продукция представляет свыше 60 % промышленного производства региона. С одной стороны, это выводит Мурманскую область в лидеры по уровню социально-экономического развития, но с другой – оказывает негативное влияние на природные экосистемы и ухудшает качество окружающей среды, поскольку освоение невозобновляемых минеральных ресурсов связано со значительным преобразованием и разрушением природных сообществ. Горные массивы центральной части Мурманской области, в настоящее время, можно рассматривать как пример «поляризованного ландшафта» согласно концепции Б. М. Родомана [1974], где хорошо сохранившиеся природные массивы соседствуют с участками, в значительной степени, нарушенными антропогенной деятельностью: горные разработки и связанные с ними промышленные объекты располагаются рядом с участками с высокой природоохранной ценностью.

В рамках работ по изучению компонентов экосистемы (растений, лишайников, грибов и животных), находящихся под антропогенным воздействием, проведенных в 2017–2018 гг., выявлены основные виды антропогенной трансформации, влияющие на изменение биоразнообразия и распределение редких видов в городах и антропогенно-трансформированных участках центрального горного района (Ловозерские и Хибинские горы, гт. Апатиты и Кировск).

Среди основных направлений изменения биоразнообразия изученных территорий выделены следующие: изменение структуры растительных сообществ (упрощение, фрагментация); появление нехарактерных сообществ, местообитаний и субстратов; появление чуждых природным экосистемам видов и уничтожение естественных сообществ.

Наиболее разрушительными видами антропогенной трансформации являются нарушения растительного покрова, связанные с атмосферным переносом загрязняющих веществ от промышленных источников (например, в окрестностях комбинатов КГМК, пыление хвостов АО «Апатит»), трансформация природных ландшафтов при строительстве и эксплуатации линейных сооружений (трубопроводов, ЛЭП, автомобильных и железной дорог), деятельности региональных предприятий горно-добывающей и горно-перерабатывающей промышленности (сведение горных склонов, выработка карьеров, проведение горно-взрывных работ), строительстве и функционировании населенных пунктов (застройка территории, обустройство придомовых территорий, парков, газонов, образование пустырей, полигонов твердых бытовых отходов, точечных свалок). В докладе на конкретных примерах будут продемонстрированы пути трансформации биоты в целом и редких видов, как наиболее чувствительного компонента.

Рудеральные сообщества и группировки в городах Кировск и Апатиты (на дорогах и их обочинах, городских карьерах и стройплощадках, придомовых скверах и парках и др.) возникли в результате антропогенной трансформации горных арктических экосистем. Они отнесены к четырем классам: *Polygono-Poetea annuae* Rivas-Mart. 1975, *Galio-Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969, *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951, *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951. Всего здесь обнаружен 131 вид сосудистых растений, мохообразных и лишайников. Классификация рудеральных сообществ



в целом следует европейской схеме, но выявлены особенности, связанные с положением в Заполярье.

Обнаружены новые виды для Мурманской области: 12 грибов, 6 лишайников и 17 инвазивных сосудистых растений. Выявлены новые местонахождения видов, внесенных в Красную книгу Мурманской области [2014]: 5 видов грибов, 14 лишайников, 12 мохообразных и 15 видов сосудистых растений. Они встречаются в основном на участках природных экосистем. Ряд видов встречены на нехарактерных для региона субстратах, возникших в результате антропогенной деятельности.

Составлены предварительные версии карт антропогенно трансформированных экосистем и встречаемости «краснокнижных» видов на территории Апатитско-Кировского района.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 17-44-510841 p\_a, 18-05-60142\_Арктика).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Отв. ред. Н.А. Константинова и др. Кемерово: «Азия-принт», 2014. 584 с.

*Родоман Б. В.* Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов // Ресурсы, среда, расселение. М. 1974. С. 150–162.

### **НАБЛЮДЕНИЯ СЕРОЩЁКОЙ ПОГАНКИ *PODICEPS GRISEIGENA* BODD. В ПРИГОРОДЕ ГОРОДА МОНЧЕГОРСКА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **OBSERVATIONS OF *PODICEPS GRISEIGENA* BODD. IN A SUBURB OF MONCHEGORSK, MURMANSK REGION**

Бусуёк В. М., Бусуёк Л. П.  
Busuyok V.M., Busuyok L.P.

*Мончегорск, Мурманская область; e-mail: busuyok.valera@yandex.ru*

Monitoring data is presented on the nesting behavior of *Podiceps griseigena* on the Kola Peninsula in 2012-2018.

Серощёкую поганку *Podiceps griseigena* Boddaert, 1783 впервые наблюдали в пригороде Мончегорска Мурманской области 18 июля 2012 г. Самку обнаружили на гнезде, расположенном на высокой кочке недалеко от берега р. Нюд. Рядом находился самец с добычей — в клюве у него была мелкая рыба. 25 июля появился птенец, которого кормили родители. При очередном посещении видели малыша на спине плавающей возле гнезда птицы. 12 и 13 августа подросший птенец плавал самостоятельно и возле гнезда находились оба родителя. 15 августа самка сошла с гнезда и мы обнаружили в нём ещё два яйца, которые оказались болтунами. 17 августа самец покинул участок гнездования. На гнезде самка поганки находилась не менее 29 дней. Нам не удалось проследить начало насиживания яиц. Когда птенец стал сам добывать себе корм и полностью оперился, самка летела. Последняя дата, когда видели птенца — 20 сентября.

На следующий год (2013) мы продолжили наблюдения на этом участке р. Нюд. В середине июня было построено гнездо практически на старом месте, возможно, этой же парой серощёких поганок. 22 августа у этой пары мы наблюдали и фотографировали двух молодых птиц, которые летали. Вскоре повзрослевшие птицы покинули речку, первая улетела 27, а вторая — 29 августа. Это были последние наблюдения за серощёкими поганками в 2013 г.

В 2014 г. в окрестностях Мончегорска мы наблюдали уже две пары серощёких поганок. Зарегистрировали точную дату их прилета — 21 мая. Гнездились обе пары поганок, как и прежде, в долине речки Нюд. Гнездовые места были расположены друг от друга на расстоянии примерно 100–150 м.

Начало инкубационного периода у обеих пар было не одинаковым, и птенцы появились одновременно, у одной из пар — в конце июля. Птенцы выросли, питались, в том числе, мелкой рыбой, и 5 сентября покинули речку.

У второй пары этого года выводок отмечен только в конце августа — птенцы имели тогда пуховой наряд. По ретроспективной оценке завершение кладки у этой самки приходилось на середину июля. В конце августа один из птенцов погиб по неизвестной причине, и самец поганки покинул район гнездования. Когда подросший птенец стал самостоятельно добывать корм и летать, самка покинула его. Последний раз мы наблюдали птенца 9 октября, за три дня до того, как речка местами замерзла, а температура воздуха опустилась до  $-4^{\circ}\text{C}$ .

В 2015 г. одна пара серощёких поганок отмечена 19 мая. Несмотря на высокий уровень воды в речке Нюд, поганки построили здесь высокую кочку из корней водных растений. После строительства гнезда видно было, как самка уже сидит в гнезде и сушит место для кладки яиц. Сроки насиживания нам тогда не удалось установить, также как и точное количество яиц в кладке. К 23 июля мы наблюдали двух птенцов уже подросших. Следует отметить, что период гнездования в этом году был дождливым, прохладным и временами шел град. Последняя дата, когда видели лётных серощёких поганок, 30 августа.

В 2016 г. пара серощёких поганок прилетела 17 мая. Место их гнездования на этот раз соседствовало с крупной колонией чаек. В этом году у пары 4 августа появился всего один птенец, возможно, из-за высокого уровня воды в речке или потому что беспокоили серебристые и сизые чайки.

В 2017 г. пара серощёких поганок прилетела 12 июня на своё старое место и выстроила здесь гнездо. 25 июня самка насиживала. Но в этом году самка поганки не смогла вывести потомство, возможно из-за холодной погоды и высокого уровня воды в речке. 10 августа самка покинула гнездо, а два дня спустя в гнезде находилось одно расклеванное яйцо.

В 2018 г. пара серощёких поганок прилетела 14 мая и гнездилась ниже по течению р. Нюд, ближе к колонии чаек. 11 июня в их гнезде находилось одно яйцо, а 11 июля яиц было 3. Птицы улетели 2 августа, а в гнезде яиц не оказалось. Предполагаем, что кладку разорили чайки.

Ранее серощёкая поганка наблюдалась однократно на территории Лапландского заповедника в районе Чунозера в 1937 г. [Семенов-Тянь-Шанский, Гилязов, 1991]. В Кандалакшском заповеднике отмечено не ежегодное гнездование серощёкой поганки [Красная книга ... 2003]. В Карелии, расположенной южнее, этот вид встречается постоянно [Зимин, Ивантер, 1974].

Рекомендуется специальный мониторинг, желательно включение вида в Красную книгу Мурманской области.

## ЛИТЕРАТУРА

- Зимин В. Б., Ивантер Э. В. Птицы. Карелия. Петрозаводск. 1974. С. 12–14.  
Красная книга Мурманской области. Мурманск: Мурманское книжное издательство. 2003. С. 288–289.  
Семенов-Тянь-Шанский О. И., Гилязов А. С. Птицы Лапландии. М.: Наука. 1991. С. 10.

## К ЭКОЛОГИИ ГНЕЗДОВАНИЯ СЕРОГОЛОВОЙ ГАИЧКИ *PARUS CINCTUS* В ЛАПЛАНДИИ

### THE NESTING ECOLOGY OF THE SIBERIAN TIT *PARUS CINCTUS* IN LAPLAND

Гилязов А. С.  
Gilyazov A. S.

Лапландский государственный природный биосферный заповедник,  
Мончегорск, Мурманская область; e-mail: alex@laplandzap.ru

An analysis of the long-term observations of the nesting behavior of the Siberian Tit *Parus cinctus* in nesting boxes is given. Nesting parameters, including phenology, number of eggs, reproduction success, and limiting ecological factors are presented. Considerable fluctuations in the reproduction indicators generally depend on the activity level of nest predators and weather conditions. A list of nest predators and their shares of the total loss of eggs and baby chick mortality is attached.

Сероголовая гаичка – дуплогнездник, занимающий, дупла дятлов, также и искусственные гнездовья [Семенов-Тянь-Шанский, Гилязов, 1991; Hagemeyer, Blair, 1997].

В работе показаны факторы, влияющие на успех размножения сероголовой гаички. В Лапландском заповеднике в 1976–2018 гг. в «синичниках», развешанных в сосново-елово-березовых лесах, наблюдалось 329 случаев гнездования. Средний размер кладок составил 7.7 яиц (4–12), чаще 7–9 яиц. Успех размножения 71 % (17–100 %,  $\bar{B}=23.9$ ). Эти показатели сходны с результатами других исследований в Субарктике [Данилов и др., 1984; Saari et al., 1994].

Погода определила 7 % гибели от числа яиц. Корреляции температуры июня и количества погибших яиц и птенцов из-за погодных условий  $r=-0.58$ ,  $p<0.01$ .

Хищники обусловили 60 % отхода или 17 % от числа отложенных яиц. Виды разорителей гнезд: белка *Sciurus vulgaris* — 15.5 % отхода; горноста́й *Mustela erminea* — 7.3 %; полевки рыжая *Clethrionomys glareolus* и красная *Clethrionomys rutilus* — 6.2 %; большой пестрый дятел *Parus major* — 2.8 %; куница *Martes martes* — 2.5 %; медведь *Ursus arctos* — 1.2 %; домовый воробей *Passer domesticus* — 1.1 %; хищник, не определенный до вида — 12.1 %; гибель взрослой птицы — 11 %. Белка является основным разорителем гнезд в «синичниках»: её доля — 5 % от числа отложенных яиц.

От общих потерь 10.7 % или 3 % от числа отложенных яиц приходится на гнезда, оставленные из-за гибели взрослой птицы. Уровень потерь занижен, т.к. часть гнезд обнаруживаются без яиц и птенцов на разных стадиях

гнездостроения. Количество таких гнезд составило 37 гнезд или 11% из 329 прослеженных случаев гнездования. Рыжая и красная полевки и их жилища наблюдались также в гнездах мухоловки-пеструшки, горихвостки *Phoenicurus phoenicurus* и гоголя *Vicephala clangula*, в долине р. Паз — большой синицы *Parus major* (И. В. Зацаринный, уст. сообщ.). Бурозубки *Sorex sp.* и кутора *Neotus fodiens* могут поедать яйца и птенцов мелких наземногнездящихся птиц (А. В. Артемьев, Н. А. Лапшин, уст. сообщ.), но на деревья или дупла они не поднимаются.

Шмели *Bombus sp.* тоже сооружают свои соты в гнездах, но вероятно шмели занимают уже брошенные.

Рыжая и красная полевки определяют около 6% отхода, без учета случаев, когда гнезда ими занимались ещё до откладки яиц. Деятельность полевок как разорителей гнезд проявляется в годы недостатка обычных кормов: ягод, семян и др. Связь с «арктическим» циклами численности не прослеживается.

Деятельность большого пестрого дятла понизила успех размножения сероголовой гаички примерно на 1%. В Южной Карелии большим пестрым дятлом было разорено за 1979–1997 гг. 1.5% гнезд, 0–14.3% в разные годы (Зимин, 1988). Такие же колебания отмечены и в Мурманской Лапландии.

На гнездах сероголовой гаички обнаружено два вида паразитических мух, из них птенцы дуплогнездящихся чаще подвержены нападению *Protocalliphora sp.*, чем *Trypocalliphora sp.* От личинок мух рода *Trypocalliphora* отмечена гибель 0.3% птенцов. Этот показатель занижен, т.к. погибшие от деятельности личинок мух птенцы затаптываются и причины их гибели невозможно установить. Из пораженных птенцов в дупле погибает примерно половина. Для *Protocalliphora* характерна личиночная гематофагия и гибель птенцов из-за личинок этих мух не отмечена. Погибшие или покалеченные личинками *Trypocalliphora sp.* слетки отмечены у 8 видов птиц и чаще в дождливые лета.

К «аномалиям в размножении» отнесены 2 случая, когда были подкинута по 1 яйцу. Доля болтунов и «задохликов» 3% от количества отложенных яиц.

## ЛИТЕРАТУРА

Артемьев А. В. Популяционная экология мухоловки-пеструшки в северной зоне ареала. М.: Наука. 2008. 268 с.

Гилязов А. С. Влияние летних похолоданий на успешность размножения воробьиных Лапландского заповедника // Экология. 1981. С. 91–93.

Данилов Н. Н., Рыжановский В. Н., Рябицев В. К. Птицы Ямала. М.: Наука. 1984. 134 с.

Зимин В. Б. Экология воробьиных птиц северо-запада СССР. Л.: Наука. 1988. 184 с.

Семенов-Тянь-Шанский О. И., Гилязов А. С. Птицы Лапландии. М.: Наука. 1991. 288 с.

Hagemejer E. J. M., Blair M. J. (ed.) 1997. The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance. London: T & A D Poyser. 1997. 903 p.

Saari L., Pulliainen E., Hildén O., Järvinen A., Mäkisalo I. Breeding biology of the Siberian Tit *Parus cinctus* in Finland // J. Ornithol. 1994. № 135. P. 549–575.

**АМФОРОИДНЫЕ И КАНАЛОШОВНЫЕ ПЕННАТНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ  
МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА МОГИЛЬНОЕ (ОСТРОВ КИЛЬДИН,  
БАРЕНЦЕВО МОРЕ)**

**AMPHOROID AND CANAL-RAPHID DIATOMS OF MEROMICTIC  
MOGILNOE LAKE (KILDIN ISLAND, BARENTS SEA)**

Гогорев Р. М.<sup>1</sup>, Ланге Е. К.<sup>2</sup>  
Gogorev R. M.<sup>1</sup>, Lange E. K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; e-mail:  
RGogorev@binran.ru

<sup>2</sup>Института океанологии им. П. П. Шуршова РАН, Москва; e-mail: evlange@gmail.com

New data on the morphology of eleven pennate diatoms from four orders (*Thalassiosiphysales*, *Rhopalodiales*, *Bacillariales*, *Surirellales*) found in the subpolar meromictic Mogilnoe Lake with a salinity up to 4 ‰ and a water temperature of 10 °C is presented. For the first time, *Halamphora cf. dubiosa* and *Nitzschia soratensis* were recorded in Russia, whereas *Halamphora turgida*, *Cymbellonitzschia diluviana*, *Epithemia adnata var. saxonica* were recorded for the first time in Murmansk Region and eight new taxa were recorded for the first time in MogilnoeLake .

Реликтовое, морского происхождения, меромиктическое озеро Могильное, имеющее статус «Государственного памятника природы республиканского значения», расположено на острове Кильдин в Баренцевом море. Озеро небольших размеров, площадью 0.11 км<sup>2</sup> и глубиной до 16.3 м [Реликтовое..., 2002]. Сочетание опресненных до 4 ‰ поверхностных и глубинных вод с соленостью около 30 ‰ приводит к круглогодичной стратификации озера. Хемоклин расположен в пределах 4–9 м. На глубине 8-9 м находится окрашенный серобактериями «розовый слой» толщиной около 2 м, далее до дна расположен слой, насыщенный сероводородом. Благодаря особенностям гидрологического режима в озере сосуществуют пресноводный, солоноватоводный и морской комплексы гидробионтов [Реликтовое..., 1975; 2002]. На современном этапе озеро Могильное относят к мезотрофному водоему с чертами эвтрофирования [Лунина, 2008].

Первые данные об альгофлоре озера представлены в работе К. М. Дерюгина [1925], из 47 обнаруженных видов к амфороидным относятся 3 вида, к нитцшиоидным – 5; в исследованиях 1960-х гг. [Реликтовое ..., 1975] список диатомовых увеличен до 100 видов, из которых 7 и 10 таксонов принадлежат соответственно амфороидным и нитцшиоидным пеннатным. Общий список насчитывает 18 видов из 4 родов: *Amphora* Ehrenb. ex Kütz. (6 видов и 3 разновидности), *Epithemia* Kütz. (2), *Nitzschia* Hassall (8) и *Surirella* Turpin (2 вида и 1 разновидность).

В настоящей работе продолжено морфолого-флористическое изучение пеннатных диатомовых озера Могильное, представлены данные об 11 видах из 6 родов и 4 семейств, относящихся к порядкам *Thalassiosiphysales*, *Rhopalodiales*, *Bacillariales* и *Surirellales*. Водоросли обнаружены в планктоне в северной прибрежной зоне на глубине 0.5–1 м, при температуре воды 10.4 °C и солености 3.5 ‰ в начале августа 2008 г. Описания таксонов основаны на характеристике морфологических признаков и их изменчивости. Даны экологическая и

географическая характеристики обнаруженных видов, отмечены их находки в озере Могильное по данным литературы.

В 2008 г. в озере впервые отмечены восемь из найденных видов: из амфороидных диатомовых – морской вид *Amphora copulata* (Kütz.) Schoeman et R. E. M. Archibald, указанный в озере под названием *A. ovalis* (Kütz.) Kütz. var. *libyca* (Ehrenb.) Cleve [Реликтовое..., 1975], из нитцшиоидных – пресноводные виды *Nitzschia microcephala* Grunow и *Surirella librile* (Ehrenb.) Ehrenb. (= *Sumatopleura solea* (Bréb.) W. Sm.), эвригалитный вид *N. inconspicua* Grunow.

Три вида найдены впервые во флоре Мурманской области. Среди них — морской вид *Halamphora turgida* (W. Greg.) Levkov и пресноводные *Symbellonitzschia diluviana* Hust. и *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb. var. *saxonica* (Kütz.) R. M. Patrick.

Новые для флоры России — пресноводные виды *Halamphora* cf. *dubiosa* (Østrup) Levkov и *Nitzschia soratensis* E. Morales et M. L. Vis (сходен с *N. inconspicua*, достоверно различается по электронно-микроскопическим данным).

Работа выполнена в рамках государственного задания Института океанологии РАН «Морские и океанские экосистемы в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия: структура и биологическая продуктивность экосистемы Арктического бассейна и морей России, экосистемы и потенциальные биологические ресурсы открытого океана» (№ 0149-2019-0008) и Ботанического института РАН «Региональные таксономические и флористические исследования водорослей морских и континентальных водоемов» (№ 0120125605).

#### ЛИТЕРАТУРА

Дерюгин К. М. Реликтовое озеро Могильное (остров Кильдин в Баренцевом море) // Труды Петергофского ест.-науч. института. Л.: Главнаука. 1925. 111 с.

Лунина О. Н. Биоразнообразие аноксигенных фототрофных бактерий и их роль в продукции органического вещества в меромектических водоемах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 2008. 26 с.

Реликтовое озеро Могильное. Л.: Изд-во «Наука». 1975. 298 с.

Реликтовое озеро Могильное (исследования 1997-2000 гг.). Мурманск: Изд-во ПИНРО. 2002. 164 с.

### ДААННЫЕ О РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛЬЦОВЫХ ПУСТЫНЬ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

#### DATA ON THE VEGETATION COVER OF THE GOLTZY DESERTS OF THE KOLA PENINSULA AND SVALBARD ARCHIPELAGO

Данилова А. Д., Королева Н. Е.

Danilova A. D., Koroleva N. E.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина Кольского научного центра РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: danilovalona@yandex.ru

For the first time, data was collected on the vegetation of the remote high-altitude areas in Murmansk Region and Svalbard, and the species diversity and number were found to be rather

high. The species composition of the goltzy deserts in Murmansk Region differs substantially from that in the sub-nival zone of Svalbard — the Jaccard coefficient for vascular plants is 0.08, which is due to the different zonal and geographical position of the areas. The difference in plant cover structure, namely the lower proportion of fruticose lichens in the sub-nival vegetation in Svalbard, is mainly due to the effect of reindeer grazing.

Растительность гор Кольского п-ова достаточно хорошо изучена, так же, как и растительность арктических тундр Шпицбергена. Однако до сих пор, недостаточно данных о растительности гольцовых пустынь — пояса растительности, который характеризуется крайне разреженным покровом и расположен выше границы горно-тундрового пояса. До сих пор нет однозначного представления о содержании понятия «гольцовый пояс», что связано с труднодоступностью горных районов и в целом и со слабой разработанностью понятия «гольцовый ландшафт».

Цель исследования — описание и сравнение растительности высочайших позиций Хибинских и Ловозерских гор (Кольский п-ов) с горами Шпицбергена.

28 описаний было сделано выше пояса тундровой сомкнутой растительности, на Шпицбергене, на высотах от 250 до 750 м. н. ур. м., на горе Свердруфамарен, Пирамида, и на пике Олаф, цепи Грэнфьордфьеллет, в августе 2018 г.; 65 описаний — на Кольском п-ове, на высотах от 800 до 1200 м. н. ур. м., в Хибинских и Ловозерских горах, с 2014 по 2018 г.; всего 73 описания. Размер площади для описания 10 x 10 м. Мы использовали методику Браун-Бланке для описания растительности и последующей классификации. Образцы сосудистых, мхов и лишайников, которые не удалось определить на месте, были взяты для идентификации в лаборатории. При описании растительности определяли GPS-координаты и свойства местообитания (высота над уровнем моря, экспозиция склона, угол наклона, тип субстрата). Номенклатура высших сосудистых растений дана по С. К. Черепанову [1995], мхов — по сводке М. С. Игнатова и О. М. Афоной [1992], печёночников — Н. А. Константиновой и др. [1992], лишайников — Santesson et al. [2004]. Все описания были внесены в электронную таблицу в среде Excel.

На данный момент для изученных участков гольцового пояса гор Кольского п-ова и гольцового и субнивального пояса Шпицбергена идентифицировано 170 видов, из них 32 вида сосудистых растений, 34 — мохообразных, 19 — печёночников и 85 — лишайников. Растительность гольцовых пустынь в Хибинских и Ловозерских горах представляет из себя разреженные куртины мхов и лишайников с вкраплениями граминоидов и других сосудистых растений, размером в несколько квадратных дециметров. Наиболее частые виды травянистых растений — *Juncus trifidus*, *Luzula arcuata* и *Carex bigelowii*, кустарничков — *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, *Dryas octopetala*, *Silene acaulis*, *Harrimanella hypnoides* и *Saxifraga oppositifolia*. Из мхов наиболее часто встречаются и доминируют *Racomitrium lanuginosum*, *R. canescens*, *Andreaea rupestris*, среди печёночников — *Gymnomitrium concinatum* и *G. corallioides*, лишайников — *Flavocetraria nivalis*, *F. cucullata*, *Alectoria nigricans*, *A. ochroleuca* и *Ochrolechia frigida*.

В горах Шпицбергена растительность гольцовых и субнивальных пустынь представлена накипными лишайниками и небольшими подушками мохообразных с вкраплениями сосудистых растений. Среди сосудистых растений больше всего распространены травы и кустарнички *Saxifraga cernua*, *S. hyperborea*, *S. oppositifolia* и *Cerastium arcticum*, из мохообразных — *Racomitrium lanuginosum*,

*R. canesens*, *Andreaea rupestris*, *Leptobryum pyriforme*, *Polytrichastrum alpinum* и *Dicranoweisia crispula*, из лишайников — *Cetrariella delisei*, *Stereocaulon alpinum*, *Ochrolechia frigida* и накипные лишайники *Psoroma hypnorum*, *Baeomyces placophyllus*, *Caloplaca* spp. и др. Кроме того, обширные площади в гольцовых и нивальных пустынях покрывает синезеленая водоросль *Nostoc commune*.

Таким образом, впервые были сделаны описания растительности труднодоступных местообитаний самых высоких позиций в горах Кольского п-ова и Шпицбергена и выявлено довольно большое видовое разнообразие и контрастный состав изученных сообществ и группировок. Коэффициент Жаккара для флоры сосудистых растений двух изученных районов составляет 0.08, низкий уровень сходства связан с разным географическим положением и зональной принадлежностью (горы Кольского п-ова расположены в зоне тайги, а горы Шпицбергена — в зоне арктически тундр). Различия в структуре растительного покрова выражаются, в частности, в малом покрытии видов кустистых лишайников на Шпицбергене из-за зоогенного воздействия в результате вольного выпаса оленей.

Работа по сбору и обработке данных была проведена в рамках проекта № 0229-2016-0004 и 0229-2017-0005, а также при поддержке проектов РФФИ 18-05-60142\_Арктика и 17-44-510841. Мы благодарим Е. А. Боровичева и Л. А. Конореву за помощь в определении мохообразных и лишайников.

#### ЛИТЕРАТУРА

Игнатов М. С., Афонина О. М. Список мхов территории бывшего СССР // *Arctoa*. 1992. Т. 1, № 1–2. С. 1–85.

Константинова Н. А., Потемкин А. Д., Шляков Р. Н. Список печеночников и антоцеротовых территорий бывшего СССР // *Arctoa*. 1992. Т. 1, № 1–2. С. 87–27.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). С.-Пб: Мир и семья. 992 с.

Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tonsberg T., Vitikainen O. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Uppsala, 2004. 359 p.

### СЕМЕЙСТВО SPHAGNACEAE, РОД SPHAGNUM, СЕКЦИЯ ACUTIFOLIA В ГЕРБАРИИ ПАБСИ (КРАВГ)

#### THE SPHAGNACEAE FAMILY, SPHAGNUM GENUS, ACUTIFOLIA SECTION IN THE KRAVG HERBARIUM

Другова Т. П.

Drugova T. P.

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

Specimens of the genus *Sphagnum*, section *Acutifolia* (Sphagnaceae), occurring in Murmansk Region, were revised in the herbarium of the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute (KRAVG). 100 specimens from different parts of the region were studied, including 20 specimens collected in the field season 2019. Critical examination revealed that *Acutifolia* section includes 9 species. Until recently, *S. quinquefarium* was considered to be present in Murmansk Region, but the only specimen at KRAVG was found to be *S. warnstorffii*. Six species



are widely spread in the region and common in its arctic and northern boreal zones, one species has a scattered range in the northern boreal zone, and two are rare in Murmansk Region. *S. subnitens* is a moss red-listed in Murmansk Region [2014] and until recently, had only few occurrences in the region, but A. I. Maksimov (PTZ) proved that the specimen is *S. warnstorffii*. Presently, only one occurrence of *S. subnitens* is known in Murmansk Region.

Sphagnaceae— одно из самых крупных семейств мхов в Мурманской области, содержащее около 30 видов. Повышенное атмосферное увлажнение, обилие болот и водоемов обуславливает высокую встречаемость представителей этого семейства в бриофлоре региона. Зачастую сфагновые мхи являются эдификаторами на различных типах болот, в заболоченных тундрах, играют заметную роль в функционировании этих экосистем, представляют собой среду обитания для ряда видов. В России в целом насчитывается 56 видов сфагновых мхов [Максимов, 2013]. Для Восточно-европейской равнины известно 11 видов сфагнов из секции *Acutifolia* [Поров, 2018], для Европы в целом — 17 [Hill et al., 2006; Kyrkjeeide et al., 2015].

Критический пересмотр образцов секции *Acutifolia* Мурманской области в гербарии КРАВГ, основанный на анализе анатомо-морфологических признаков, показал, что секция представлена 9 видами. Два из них (*Sphagnum fuscum* и *S. subfulvum*) четко отличаются от остальных по коричневатой, бурой либо винной окраске склеродермиса стебля, этот признак хорошо заметен на поперечном срезе. При этом, *S. fuscum* имеет закругленные языковидные стеблевые листья, в полевых условиях его можно узнать по очень плотным бурым дерновинам, по которым можно пройти не проваливаясь. Для *S. subfulvum* характерны треугольно-языковидные стеблевые листья и розовато-оранжеватая с бурым оттенком окраска растений, дерновины более рыхлые. У всех остальных представителей секции склеродермис зеленый, желтый или красноватый. Выделение видов основано на нескольких признаках – форме стеблевых листьев, наличия в их клетках пор и перегородок, характера расположения пор в гиалиновых клетках веточных листьев, наличия или отсутствия пор в гиалодермисе стебля. В полевых условиях можно узнать *S. capillifolium* по пестрой окраске и шаровидным головкам растений; *S. girgensohnii* по всегда зеленым побегам и булавовидно утолщенным веточкам головки на концах и *S. warnstorffii* — по звездчатой головке и пятирядному расположению веточных листьев. Выделение остальных видов невозможно без изучения микроскопических признаков.

Шесть видов сфагнов (*S. capillifolium*, *S. fimbriatum*, *S. fuscum*, *S. girgensohnii*, *S. russowii*, *S. warnstorffii*) имеют в Мурманской области широкое распространение. Это обычные виды арктической зоны и севера бореальной зоны. *S. subfulvum* встречается в регионе рассеянно и приурочен в основном также к северу бореальной зоны, в средней тайге становится редким. Два последних вида из секции — *S. rubellum* и *S. subnitens* — являются редкими с тремя и одним местонахождением соответственно. *S. subnitens* в целом имеет дизъюнктивный ареал, этот вид занесен в Красную книгу Мурманской области [2014]; до недавнего времени указывалось несколько местонахождений в регионе, но критический пересмотр образцов А. И. Максимовым показал, что все эти образцы представляют собой *S. warnstorffii*. На настоящий момент, достоверно известно лишь одно подтвержденное образцом местонахождение — в окрестностях поселка Туманный, в бугристом болоте, на бугре (КРАВГ 123053). *S. rubellum* указывается в трех точках в регионе — полуостров Рыбачий,

осоковое болото; Кандалакшский залив, бухта Лобаниха, верховое болото (образцы гербария KAND, в данной работе не были просмотрены) и Кандалакшский залив, Олений остров, на кочке в болоте (КРАВГ 13252).

По экологическим предпочтениям к минеротрофным представителям секции *Acutifolia* относятся 4 вида. Из них богатые эвтрофные болота предпочитают *S. subfulvum* и *S. warnstorffii*, заболоченные и подтопленные леса и берега водоемов, тундровые сообщества и различные типы болот — *Sphagnum girgensohnii* и *S. fimbriatum*. Среди омбротрофных видов — сфагны, поселяющиеся, большей частью, на олиготрофных склоновых и верховых болотах — *S. fuscum*; во влажных лесах — *S. capillifolium* и *S. russowii*.

Образец из гербария КРАВГ, относимый ранее к *S. quinquefarium*, в ходе пересмотра отнесен нами к *S. warnstorffii*, поэтому количество видов в секции *Acutifolia* с территории Мурманской области после ревизии материала, представленного в гербарии КРАВГ, уменьшилось на 1 вид.

#### ЛИТЕРАТУРА

Максимов А. И. Некоторые итоги и перспективы изучения Sphagnaceae (Bryophyta) России. // Современная ботаника в России. 2013. С. 244–245.

Красная книга Мурманской области. // Ред. Н. А. Константинова и др., Кемерово: Азия-Принт. 2014. 584 с.

Hill M. O., Bell N., Bruggeman-Nannenga M.A., Brugués M., Cano M. J., Enroth J., Flatberg K. I., Frahm J.-P., Gallego M.T., Garilleti R., Guerra J., Hedenäs L., Holyoak D. T., Hyvönen J., Ignatov M.S., Lara F., Mazimpaka V., Muñoz J., Söderström L. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. // Journal of Bryology. 2006. Vol. 28: P. 198–267.

Kyrkjeeide M. O., Hassel K., Stenøinen H. K. The dark morph of *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr. in Europe is conspecific with the North American *S. beothuk*. // Journal of Bryology. 2015. Vol. 37. P. 251–266.

Popov S. Yu. Distribution patterns of *Sphagnum* sect. *Acutifolia* species in the Eastern European Plain and Eastern Fennoscandia. // Arctoa. 2018. Vol. 27. P. 34–48

### **ФАУНА РУКОКРЫЛЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ ЮЖНОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В ЗИМНИХ МЕСТАХ ОБИТАНИЯ: СОСТАВ, ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ**

#### **BAT FAUNA IN WINTER HABITATS IN THE EUROPEAN SOUTHERN TAIGA FORESTS: COMPOSITION AND BIOLOGY**

Емельянова А. А.<sup>1</sup>, Христенко Е. А.<sup>2</sup>, Колотей А. В.<sup>1</sup>  
Emelyanova A. A.<sup>1</sup>, Khristenko E. A.<sup>2</sup>, Kolotey A. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тверской государственный университет, Тверь, Тверская область;  
e-mail: Emelyanova.AA@tversu.ru

<sup>2</sup>Муниципальное образовательное учреждение средняя общеобразовательная школа  
№ 46, Тверь, Тверская область; e-mail: alliecullen2222@yandex.ru

We present the results of studies of wintering bats in Tver Region. Studied habitats are on the border between the taiga and deciduous and mixed forests. Over the 6 years of monitoring the

winter habitats, 3196 individuals of 7 bat species were recorded in the underground caves in Staritsky District: *Myotis brandtii*, *M. mystacinus*, *M. dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. nattereri*, *Plecotus auratus*, and *Eptesicus nilssonii*. We report the species composition and abundance of bats in the caves. We also provide some details (sex ratio, aggregation ability) on the biology of the species. *M. brandtii* is the most common bat of the European southern taiga forests, followed by *M. dasycneme* as a subdominant species. *Pl. auratus*, *M. nattereri*, *M. daubentonii* are relatively rare, while *M. mystacinus* and *E. nilssonii* are extremely rare.

Исследования фауны рукокрылых, обитающих на территории Тверской области, представляют особый интерес, поскольку в рассматриваемом регионе представлены две подзоны евроазиатских темнохвойных лесов: южнотаежные и подтаежные леса. Изучение рукокрылых в зимних местах обитания наиболее удобны для мониторинга видового состава летучих мышей и освещения некоторых особенностей их биологии. В период с февраля 2013 г. по декабрь 2018 г. нами обследовались подземные полости, находящиеся в пределах Ржевско-Старицкого района Смоленско-Московской географической провинции (Старицкий район). Были исследованы 11 подземелий; с учетом повторных обследований всего совершено 53 осмотра. Зарегистрировано 3196 зверьков 7 видов: *Myotis brandtii*, *M. mystacinus*, *M. dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. nattereri*, *Plecotus auratus* и *Eptesicus nilssonii*. Встречаемость *M. brandtii* в подземельях составила 90.6 %, относительное обилие в сформированных зимовочных сообществах рукокрылых зафиксировано в пределах от 44 % до 92 %. Среди зимующих видов летучих мышей у *M. brandtii* нами отмечалась наибольшая склонность к образованию скоплений. Чаще встречались небольшие группы по 2–6 зверьков, регистрировались и более крупные группы: 5 одновидовых и разновидовых скоплений, в которых численность *M. brandtii* достигала 17–20 особей, также были найдены группы – 28 и 47 особей *M. brandtii*. В феврале–марте в агрегациях находились 70–85 % зимующих зверьков, в апреле в группах оставалось только 30–50 % особей. Исследования половой структуры населения рукокрылых на зимовках в штольне «Ледяная» в 2014–2016 гг. показали, что для *M. brandtii* характерно небольшое преобладание самцов (1:0.75). Встречаемость вида-двойника *M. brandtii* – ночницы усатой (*M. mystacinus*) — 11.3 %: всего было найдено 8 зверьков при 6 случаях регистрации, при этом 50 % зверьков зарегистрировано в малочисленных группах совместно с *M. brandtii*. Примечательно, что субдоминантом в сообществах рукокрылых на зимовках зачастую выступала *M. dasycneme* – вид, включенный в Красный список МСОП (категория NT): встречаемость 66 %, относительное обилие в 60 % случаев регистрации представляло диапазон 15–34 %. В 2014 г. половина населения *M. dasycneme* встречалась в агрегациях, причем 60 % этих скоплений были разновидовые — к группам *M. brandtii* примыкали по одному зверьку *M. dasycneme*, остальные группы были одновидовые и малочисленные — по 2 зверька. Самая крупная агрегация – 30 особей – найдена в ноябре 2018 г. При исследовании соотношения полов у *M. dasycneme* в штольне «Ледяная» в 2014–2016 гг. отмечено преобладание самок (1:0.5). Несколько реже на зимовках встречался *Pl. auratus* — 47.2 %, относительное обилие преимущественно — 1–5 %; при этом в 37 % случаев регистрации выступал субдоминантом при доле в составе населения рукокрылых 9–32 %, в 8 % случаев — доминантом при относительном обилии 76 %. Как правило, *Pl. auratus* зимует поодиночке,

располагаясь открыто на стенах и потолке, реже забиваясь в щели. Зарегистрировано 7 случаев зимовки *Pl. auritus* в скоплениях, чаще всего — это одновидовые группы по 2 зверька. Исследования половой структуры популяции *Pl. auritus* в штольне «Ледяная» в 2014–2016 гг. показали значительное преобладание самцов (1:0.25). Встречаемость *M. nattereri* составила 45.3 %, относительное обилие от 1 % до 10 %, в двух случаях обилие достигало 15–16 %. Зимуют представители этого вида чаще поодиночке, реже один зверек *M. nattereri* встречался в немногочисленных разнородных агрегациях, при этом исключительно с *M. brandtii*. По половому соотношению в 2014–2016 гг. в целом преобладали самки (1:0.6). Обычный в регионе в летних местах обитания вид *M. daubentonii*, на зимовках сравнительно редок: встречаемость — 39.6 %, относительное обилие — 0.4–9 %. *M. daubentonii* склонны к объединению в одновидовые группы (83.3 %), встречались и в гетерогенных скоплениях с *M. brandtii*. В штольне Ледяная в 2014–2016 гг. несколько преобладали самки (1:0.78). Единичны зимние находки *E. nilssonii* — зарегистрировано 12 особей, все встречи приурочены к штольне Ледяная: встречаемость 11.3 %, относительное обилие — 0.3–3.2 %. Чаще зимуют поодиночке, располагаясь открыто на стенах пещеры.

**ВЛИЯНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ  
БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ  
ФОНОВЫХ ВИДОВ ПТИЦ СЕВЕРО-ЗАПАДА  
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE IMPACT OF THE TRANSFORMATION OF THE NATURAL  
STRUCTURE OF BIRCH FORESTS ON THE SPECIES COMPOSITION AND  
NUMBER OF TYPICAL BIRD SPECIES IN THE NORTH-WEST OF  
MURMANSK REGION**

Зацаринный И. В., Шаврина У. Ю.  
Zatsarinny I. V., Shavrina U. Yu.

Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина, Рязань, Рязанская область;  
e-mail: zatsarinny@mail.ru

Birch forests in the northwest of Murmansk Region have undergone significant structural changes as a result of a number of impacts. The structure of the population of typical forest passerines bird species has differences in areas with varying degrees of transformation of the natural forest structure. Factor analysis allowed to identify the vegetation structure components with an impact on the distribution of birds. Multiple typical species prefer habitats with typical vegetation structures. Willow warbler *Phylloscopus trochilus* and brambling *Fringilla montifringilla* prefer dense and closed forests with a grassy and suffruticous ground layer. Redwing *Turdus iliacus*, fieldfare *Turdus pilaris*, and tree pipit *Anthus trivialis* also prefer dense and closed forests with a well developed ground layer and single high bushes. Factors of tree height, crown closure, and total tree density play an important role in the distribution of the common redstart *Phoenicurus phoenicurus*. The absence of dense and closed vegetation is a decisive factor in the choice of habitat by the northern wheatear *Oenanthe oenanthe*. The development of the undergrowth layer and the ground layer condition are the most important factors for the white wagtail *Motacilla alba*.

Березовые леса северо-запада Мурманской области, прилегающие к центрам металлургических производств, в результате ряда воздействий, как природного, так и техногенного характера, претерпели значительные структурные изменения [Кольская..., 2012]. Анализ структуры населения птиц этого района, позволяет обнаружить качественные и количественные изменения на участках с разной степенью трансформации коренной структуры лесных экосистем [Зацаринный и др., 2016, 2016а, 2019; Шаврина и др., 2018]. В качестве видов-индикаторов состояния наземных экосистем могут выступать все фоновые и обычные воробьиные птицы: лесной конек, белая трясогузка, ворона серая, пеночка-весничка, обыкновенная каменка, обыкновенная горихвостка, варакушка, рябинник, белобровик, юрок, обыкновенная чечетка и камышовая овсянка [Кольская..., 2012; Шаврина и др., 2018]. Цель исследования: оценить влияние степени трансформации структуры растительности на видовой состав и количественное обилие фоновых видов птиц лесных экосистем.

Использование факторного анализа позволило определить значимые переменные, влияющие на выбор модельными видами птиц структуры местообитаний. Первый фактор отражает изменение структуры растительности (44.6 % дисперсии показателей) и показывает переход от участков практически полностью лишенных растительности к густым лиственным лесам. Отрицательные значения фактора соответствуют густым (-0.92) сомкнутым (-0.93) лиственным лесам с низкими кустарниками (-0.61) и мозаичным напочвенным покровом из травянистой (-0.88), кустарничковой (-0.69) и мохово-лишайниковой растительности (-0.55), положительные – участкам лиственным напочвенной растительности (+0.69). По отношению к этому фактору некоторые виды четко отличаются от других. Густые и сомкнутые леса предпочитают юрок (-0.84), лесной конек (-0.79), белобровик (-0.79), пеночка-весничка (-0.73) и рябинник (-0.71), а лишенные древесно-кустарниковой растительности — каменка (+0.69). Второй фактор, очевидно, отражает изменения состояния нижних ярусов растительности (15.9 % дисперсии показателей). Положительные значения фактора соответствуют участкам, характеризующимся большой высотой кустарников (+0.41) и высокой долей поверхности почвы покрытой мхами и лишайниками (+0.48). Отрицательные значения фактора характеризуют разреженность кустарникового яруса (-0.32). По отношению к этому фактору ряд видов тоже проявляет определенные требования и резко отрицательные значения характерны для чечетки (-0.87), варакушки (-0.83), белой трясогузки (-0.72), камышовый овсянки (-0.55) и пеночки-веснички (-0.55). Анализ взаимной корреляции численности птиц на модельных участках и структуры растительности показывает, что многие фоновые виды птиц тяготеют к станциям с типичной структурой растительности. Пеночка-весничка и юрок предпочитают густые и сомкнутые лесные участки с травянистым и кустарничковым напочвенным покровом. Белобровик, рябинник и лесной конек также тяготеют к густым и сомкнутым лесам, с хорошо развитым напочвенным покровом и отдельными высокими кустарниками. В распределении горихвостки большую роль играют факторы высоты самих деревьев, пропорций их крон и общей сомкнутости древесного яруса. Для каменки решающим фактором в выборе подходящих местообитаний служит отсутствие густой и сомкнутой растительности. Для белой трясогузки наиболее важны факторы, связанные с развитием кустарникового яруса и состоянием напочвенного покрова.

Совокупный анализ особенностей распределения и количественного обилия птиц на участках с различной степенью трансформации коренной структуры растительности [Зацаринный и др., 2016, 2016а, 2019; Шаврина и др., 2018] показывает, что видами-индикаторами естественного состояния лесной растительности могут служить белобровик, пеночка-весничка, юрок, обыкновенная горихвостка, рябинник и лесной конек, а фрагментации и разреженности растительности – белая трясогузка, обыкновенная каменка и серая ворона.

*Работы выполнены при поддержке Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина, Государственного природного заповедника «Пасвик», АО «Кольская ГМК», РФФИ и Правительства Мурманской области (проект № 17-44-510841 «р\_а»).*

## ЛИТЕРАТУРА

Зацаринный И. В., Собчук И. С., Булычева И. А., Варюхин В. С., Ефремова Е. С. Современный видовой состав и население птиц березняков зоны березовых лесов и редколесий северо-запада Мурманской области в гнездовой период // Русский орнитологический журнал. 2016. Т. 25. Экспресс-выпуск 1317. С. 2795–2805.

Зацаринный И. В., Собчук И. С., Варюхин В. С., Ефремова Е. С. Фауна и население птиц в долинах малых рек северо-запада Мурманской области // Русский орнитологический журнал. 2016а. Т. 25. Экспресс-выпуск 1315. С. 2727–2741.

Зацаринный И. В., Бузун В. А., Шаврина У. Ю., Бузун М. В., Большаков А. А., Поликарпова Н. В., Бычков Ю. М., Грибова М. О. К орнитофауне березовых лесов и редколесий северо-запада Мурманской области в гнездовой период // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28. Экспресс-выпуск 1715. С. 3–8.

Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполярный»): влияние на наземные экосистемы / Под общ. ред. О. А. Хлебосоловой. Рязань: НП «Голос губернии». 2012. 92 с.

Шаврина У. Ю., Зацаринный И. В., Собчук И. С. Мониторинг авифауны лесных территорий северной Фенноскандии, подверженных выбросам промышленных предприятий // Биомониторинг в Арктике: сборник тезисов докладов участников международной конференции (26–27 ноября 2018 г.) / отв. ред. Т. Ю. Сорокина; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. Архангельск: САФУ. 2018. С. 108–110.

## К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМАХ АДАПТАЦИИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

### ON MAMMAL ADAPTATION MECHANISMS IN THE NORTH

Ильина Т. Н. Баишникова И. В.

Pyina T. N., Baishnikova I. V.

*Институт биологии — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: ilyina@bio.krc.karelia.ru*

Typical environmental factors in the north (low temperature, special light conditions, etc.) affect organisms and cause adaptations. The content of antioxidants, vitamins A and E, was

studied in mammals in Karelia. It was found that the ability of the Arctic fox to store vitamin E for winter is much higher than in the fox and mink of the boreal zone. During hibernation, the vitamin reserves in bats living and wintering in the northern periphery of their range were studied. By the end of the hibernation period, the northern bat (*Eptesicus nilssonii*) had the highest vitamin reserves compared to other bat species. In a series of experiments, we studied the effect of different light conditions on antioxidants in rats of different ages, some of which were kept in natural light with a photoperiodism typical of the North-West. It was found that the dynamics of the vitamin content in the bat tissues depends on both age and light conditions.

Климат европейского Севера России и условия существования предъявляют повышенные требования к выносливости, крепости здоровья, конституциональным особенностям организмов, обитающих в этой зоне. Характерные для севера факторы окружающей среды, такие как низкие температуры, специфическая освещенность и пр. воздействуя на различные структуры организма, вызывают их изменения. Адаптационные реакции организма запускаются под влиянием физиологических стимулов, однако резервы организма к адаптационной перестройке не безграничны, т.к. биологические процессы имеют физиологические пределы. Одним из критериев реакции организма на условия среды могут служить биохимические показатели.

В течение многих лет проводятся исследования содержания витаминов антиоксидантов E и A у млекопитающих, обитающих в Карелии. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов у животных варьирует в широких пределах и зависит от ряда факторов. Так, способность выходца Арктики песца запастись к зиме витамином E значительно выше, чем у животных бореальной зоны лисицы и норки, и связана, очевидно, с его происхождением и экологической специализацией. Более высокое содержание витаминов A и E обнаружено у хищников, а у грызунов, зайцеобразных и насекомоядных оно значительно ниже.

Зимняя спячка млекопитающих является физиологической адаптацией, позволяющей выживать в условиях низких температур и отсутствия корма. Накопление в осенний период витамина E характеризует подготовку животных к зиме, а процесс впадения в спячку и выход из неё рассматривается как результат влияния токоферола [Калабухов, 1985]. Исследовали в период гибернации содержание витаминов A и E в тканях летучих мышей, обитающих и зимующих на северной периферии их ареала. Обнаружено, что содержание ретинола и токоферола на протяжении спячки было достаточно высоким, что позволяет длительное время сохранять резервы облигатных антиоксидантов, необходимые для репродукции. С продвижением в высокие широты в сообществах рукокрылых преобладает северный кожанок (*Estesicus nilssonii*). Как самки, так и самцы этого вида к концу спячки имели в тканях наибольшее содержание ретинола и токоферола. В то же время, особи других видов летучих мышей, перенесшие зимнюю спячку, также имели запасы витаминов.

Свет является основным фактором, способствующим синхронизации физиологических процессов. В высоких широтах, где летом и зимой суточные циклы светового режима практически отсутствуют, у части не коренных жителей Севера может отмечаться изменение интенсивности синтеза мелатонина, обладающего антиоксидантным эффектом и препятствующего ускоренному старению организма. В серии экспериментов изучали влияние различных режимов освещения на содержание низкомолекулярных антиоксидантов у крыс

разного возраста, часть которых содержалась при естественном освещении с характерным для Северо-запада России фотопериодизмом. В результате было установлено, что общей тенденцией является снижение в процессе естественного старения содержания основного природного антиоксиданта витамина Е во всех изученных органах и тканях крыс при разных режимах освещения. Динамика изменений содержания витаминов в тканях зависит как от возраста животных, так и от режима освещенности, с которым связан уровень эндогенного мелатонина, влияющий на общее содержание антиоксидантов в организме.

*Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ темы 0221-2017-0052).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Калабухов Н. И. Спячка млекопитающих. М.: Наука. 1985. 264 с.

### **РЕАКЦИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ НА НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ В ОРГАНАХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ КАРЕЛИИ**

### **ANTIOXIDANT SYSTEM RESPONSE TO THE ACCUMULATION OF MERCURY IN THE ORGANS OF SMALL MAMMALS OF KARELIA**

Илюха В. А.<sup>1</sup>, Хишкин Е. А.<sup>1,2</sup>, Антонова Е. П.<sup>1</sup>, Комов В. Т.<sup>3</sup>, Сергина С. Н.<sup>1</sup>,  
Гремячих В. А.<sup>3</sup>, Камшилова Т. Б.<sup>3</sup>, Белкин В. В.<sup>1</sup>, Якимова А. Е.<sup>1</sup>  
Plyukha V. A.<sup>1</sup>, Khizhkin E. A.<sup>1,2</sup>, Antonova E. P.<sup>1</sup>, Komov V. T.<sup>3</sup>, Sergina S. N.<sup>1</sup>,  
Gremyachikh V. A.<sup>3</sup>, Kamshilova T. B.<sup>3</sup>, Belkin V. V.<sup>1</sup>, Yakimova A. E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: [ilyukha.62@mail.ru](mailto:ilyukha.62@mail.ru)

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: [hizhkin84@mail.ru](mailto:hizhkin84@mail.ru)

<sup>3</sup>Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанова РАН, пос. Борок, Ярославская обл.; e-mail: [vkotov@ibiw.yaroslavl.ru](mailto:vkotov@ibiw.yaroslavl.ru)

The goal of this study was to measure the concentration of mercury in the tissues of mammals adapted to the semi-aquatic or subterranean lifestyle and to analyze the possible role of the antioxidant system in heavy metal detoxification. Studied species were water shrew (*Neomys fodiens* Pennant, 1771), European mole (*Talpa europaea* Linnaeus 1758), muskrat (*Ondatra zibethicus* Linnaeus, 1766), and water vole (*Arvicola amphibius* Linnaeus, 1758). Our results indicate that differences in tissue mercury accumulation depend on age, tissue type, and diet of the species. The highest mercury content was found in the tissues of the water shrew compared to the other species. The content of the toxic element increased in the mammal tissues with age. A correlation between the concentration of mercury and catalase activity in the kidneys was observed in the studied species.

Известно, что при низких значениях рН, которые характерны для водоемов Карелии, увеличивается биодоступность ртути за счет повышенного ее



метилирования [Немова, 2005; Комов и др., 2010]. При этом метилированные соединения интенсивнее, чем неорганические, аккумулируются биотой и медленнее выводятся из организма [Scheuhammer et al., 2007]. На сегодняшний день проблема аккумуляции ртути и метилртути в наземной фауне остается малоизученной. Также практически не рассматривается взаимосвязь между физиолого-биохимическим статусом, систематической принадлежностью, экологическими особенностями млекопитающих и интенсивностью накопления ртути в онтогенезе. Для таких исследований удобной моделью могут служить мелкие полуводные млекопитающие, являющиеся консументами различных порядков среднего трофического уровня, и участвующие в миграции тяжелых металлов в наземных трофических сетях [Martiniaková et al., 2010].

Целью настоящей работы было сравнительно-видовое изучение накопления ртути и выявление взаимосвязи этого процесса с физиолого-биохимическими и экологическими особенностями мелких млекопитающих, которые являются потенциальными объектами интоксикации соединениями ртути.

Исследования выполнены на научном оборудовании ЦКП ФИЦ КарНЦ РАН с соблюдением этических правил проведения работ. На территории Республики Карелия были отловлены: представители отряда Eulipotyphla – половозрелые и неполовозрелые особи водяной куторы (*Neomys fodiens*) и крота обыкновенного (*Talpa europaea*), а также отряда Rodentia – молодые и взрослые особи полевки водяной (*Arvicola amphibius*) и особи первой генерации (возраст 5–6 месяцев) и взрослые особи (возраст от 12 месяцев) ондатры (*Ondatra zibethicus*). Содержание ртути в тканях органов определяли на ртутном анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО. Активность антиоксидантных ферментов (АОФ) измеряли спектрофотометрически. Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики.

В результате проведенного исследования выявлена тканеспецифичность распределения ртути у представителей двух отрядов млекопитающих, которая, вероятно, обусловлена детоксикационной функцией органов [Brookens et al., 2008; Cristol et al., 2008]. Межвидовые различия концентрации ртути в тканях у мелких млекопитающих связаны, прежде всего, с типом питания.

Возрастные особенности накопления ртути у исследованных видов характеризовались прямой зависимостью концентрации токсиканта от возраста. При этом у насекомоядных с возрастом накопление ртути происходило интенсивнее в печени и скелетной мышечной ткани, а у грызунов — в почках.

У изученных животных выявлена высокая межвидовая вариабельность активности АОФ в исследованных органах, которая, по нашему мнению, была связана с интенсивностью метаболизма характерного для каждого вида. Наибольшая активность супероксиддисмутазы обнаружена в печени ондатры, у обыкновенного крота в этом же органе выявлена максимальная активность каталазы.

Токсические эффекты ртути связаны со способностью метилртути взаимодействовать с SH-группами ферментов, что приводит к нарушению работы антиоксидантной системы и усиленной генерации свободных радикалов [Mozaffarian, Rimm, 2006]. Нами была выявлена зависимость изменения активности каталазы в почках исследованных видов от уровня ртути, которая описывается уравнением  $y = \exp(5.49 - 1.66 \cdot x)$ , где  $y$  – активность каталазы, а  $x$  — содержание ртути ( $r = -0.64$ ;  $p < 0.0001$ ). Анализ этого уравнения позволяет сделать вывод об отрицательном влиянии ртути на активность каталазы. Возможно, значительно более высокое содержание ртути в почках у водяной куторы

(0.347±0.045 мг/кг ткани) при сравнении с водяной полевкой (0.005±0.002 мг/кг ткани) оказало негативное воздействие на активность каталазы.

Таким образом, накопление ртути у исследованных млекопитающих зависело от экологических особенностей вида и определялось кормовой базой. Накопление высоких концентраций ртути приводило к ингибированию активности каталазы в почках исследованных видов насекомоядных и грызунов.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (темы № 0221-2017-00-46 и 0221-2017-0052).*

## ЛИТЕРАТУРА

Комов В. Т., Гремячих В. А., Сапельников С. Ф., Удоденко Ю. Г. Содержание ртути в почвах и в мелких млекопитающих различных биотопов Воронежского заповедника // *Материалы Международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты»*. М.: Изд-во ГЕОХИ РАН. 2010. С. 281–286.

Немова Н. Н. Биохимическая адаптация накопления ртути у рыб. М.: Наука. 2005. 164 с.

Brookens T. J., O'Hara T. M., Taylor R. J., Bratton G. R., Harvey J. T. Total mercury body burden in Pacific harbor seal, *Phoca vitulina richardii*, pups from central California // *Marine Pollution Bulletin*. 2008. Vol. 56. P. 27–41.

Cristol D., Brasso R. L., Condon A. M., Fovargue R. E., Friedman S. L., Hallinger K. K., Monroe A. P., White A. E. The movement of aquatic mercury through terrestrial food webs // *Science*. 2008. Vol. 320. P. 335.

Martiniaková M., Omelka R., Grosskopf B., Jančová A. Yellow-necked mice (*Apodemus flavicollis*) and bank voles (*Myodes glareolus*) as zoomonitors of environmental contamination at a polluted area in Slovakia // *Acta Vet. Scand*. 2010. Vol. 52. № 1. P. 58–68.

Mozaffarian D., Rimm E. B. Fish intake, contaminants, and human health evaluating the risks and the benefits // *JAMA*. 2006. Vol. 296. № 15. P. 1885–1899.

Scheuhammer A. M., Meyer M. W., Sandheinrich M. B., Murray M. W. Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish // *Ambio*. 2007. Vol. 36. № 1. P. 12–18.

## ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ И КОРМОВОГО ПОВЕДЕНИЯ КРАСНО-СЕРОЙ ПОЛЕВКИ *ALEXANDROMYS RUFOCANUS* L. В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

## DIET AND FEEDING BEHAVIOR OF GREY RED-BACKED VOLE *ALEXANDROMYS RUFOCANUS* L. ON THE KOLA PENINSULA

Катаев Г. Д., Зануздаева Н. В., Каримова М. Е.

Kataev G. D., Zanuzdaeva N. V., Karimova M. E.

*Лапландский государственный природный биосферный заповедник, Мончегорск, Мурманская область; e-mail: kataev@laplandzap.ru*

Forest voles influence the ecosystem and greatly depend on biotic factors as they are an important link in the food web composed of vegetation and rodents. Feeding behavior and diet

were studied of the red-grey vole (a common species of the Kola Peninsula in the northern taiga subzone). Long-term data on rodent population and bilberry yields in the Lapland State Nature Reserve is presented.

Красно-серая полевка *Alexandromys rufocanus* L. широко распространена на Кольском Севере и на всей территории Лапландского заповедника. Плотность вида уменьшается в направлении с севера на юг полуострова. Среднегодовая численность населения 14.1 экз/100 ловушко-суток. Анализ пищевой избирательности полевки в эксперименте указал на потребление ею в пищу не менее 20 видов растений. Среди них предпочтение отдавалось ожике, золотой розге, морошке, бруснике, майнику двулистному. Реже грызуны использовали марьянник луговой, воронику, лабазник вязолистный, шведский дерен, линнею, седмичник. Из древесной растительности употребляли листья осины, рябины, берез, хвою сосен. В биотопах горно-тундрового пояса в рационе красно-серой полевки мы обнаруживали грушанку, ортилию однобокую, кочедыжник альпийский, дриаду, листья карликовой березы. В годы массового размножения полевков на глаза попадают грибы осиновики или сыроежки, частично поеденные либо полевками, либо землеройками-бурозубками. Насекомоядные млекопитающие, как правило, крошат шляпку гриба снизу, отыскивая там личинок грибных мушек.

В зимний период полевки активно используют кору рябины, ивы, сосны и можжевельника. Весной можно обнаружить большое количество стволов и веток кустарников и деревьев с оглоданной грызунами корой. Тем не менее, трофические связи полевков в открытых ландшафтах северных ценозов относительно короткие. Особенностью питания полевки является значительная доля в ее кормовом рационе ягодных кустарничков, в частности, черники. Это растение является хорошим кормовым ресурсом и для других мышевидных грызунов, но их суммарное количество незначительно по сравнению с красно-серой полевкой – доминирующим видом.

Синхронные сведения о ежегодной численности красно-серой полевки и урожайности черники на стационарах заповедника имеются с 1987 г. Представляет интерес рассмотреть многолетнюю сопряженность этих показателей на охраняемой территории. В динамике численности красно-серой полевки на Кольском севере характерна строгая цикличность. В высоких широтах преобладают четырехлетние циклы с фазами минимума, нарастания, подъема и пика численности.

Годы подъемов численности рассматриваемого вида находятся в противофазе с урожайностью ягод черники. Так, например, в годы обилия полевков 1987, 1997 и 2011 гг. урожай черники составлял соответственно 5.35, 51.71 и 64.42 кг/га. Наоборот, при депрессиях населения красно-серой полевки в 1989, 2009 и 2010 гг. урожайность черники составляла 120.90, 124.67 и 328.35 кг/га. Исключением явились годы 1991 и 1992, когда при обилии полевков урожай ягод черники был также высоким 128.38 и 204.83 кг/га, а в годы депрессии (1994 г.) и урожайность черничников была низкой 66.63 кг/га. За последние 30–40 лет произошел сбой в цикличности красно-серой полевки – присущие виду 3–4-летние циклы стали продлеваться на год.

Климатические особенности, запасы кормовых ресурсов способны вносить изменения в характер колебаний численности лесных полевков, определять их циклику. С другой стороны, природное окружение синхронизирует колебания численности населения мелких млекопитающих.

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И ЧИСЛЕННОСТЬ БОБРОВ  
*CASTOR FIBER L.* НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ**

**SPATIAL STRUCTURE AND POPULATION SIZE OF BEAVERS *CASTOR  
FIBER L.* ON THE KOLA PENINSULA**

Катаев Г. Д., Каримова М. Е.

Kataev G. D., Karimova M. E.

Лапландский государственный природный биосферный заповедник,  
Мончегорск, Мурманская область; e-mail: kataev@laplandzap.ru

The river beaver *Castor fiber L.* is a species redlisted in Murmansk Region. Recovery of the species is shown in the Far North. Growth of the beaver populations in 1950–1960s was followed by stabilization of the population size in 1966–1975. The next phase was characterized by a steady reduction of beaver abundance. Today, beaver colonies are concentrated in the Lapland Reserve. There are local colonies of the species in unprotected territories, generally in the southwest of Murmansk Region. The anthropogenic factor has no direct impact on the population status of beavers on the Kola Peninsula, however, the species needs biological monitoring.

Аборигенный очаг речного бобра на Кольском полуострове охватывал всю его западную половину и вместе со скандинавскими популяциями представлял собой историческую северную границу его ареала (68°20' с. ш.) в Евразии. В XVI–XIX веках бобры были широко распространены по Кольскому полуострову по рекам Монча, Куренга, Ёна, Западная Лица, Ура, Териберка, Воронья, в бассейнах рек Кола и Тулома. Постепенно человеком бобры были сильно потеснены, а к 1886 г. совсем исчезли с территории Мурманской области.

Для восстановления вида на Кольский полуостров тогда не удалось завести бобров норвежского происхождения (*C. fiber fiber L.*), и доставили бобров из-под Воронежа (*C. fiber orientoeuropaeus Lavrov*). Это был первый опыт планового расселения грызунов в нашей стране, начавшийся с двукратного выпуска животных в 1934 и 1937 гг. на территории Лапландского заповедника. Летним обследованием 1947 г. было выявлено всего 30 бобровых поселений с общей численностью более 100 особей, около 60 бобров, обитало на реке Чуне и в устьевых частях её притоков. На р. Нявке было зарегистрировано 7 поселений, в которых обитало до 28 грызунов. На р. Купись было зарегистрировано 6 поселений, в которых обитало 18–24 особи [Семенов-Тян-Шанский, 1938]. В период максимальной численности (1946–1948 гг.) плотность бобров на реке Чуне составляла 2.1 экз. на 1 км. Продолжение ежегодных учётных работ показало постепенное снижение численности популяции бобров на заповедной территории. Последующие два десятилетия можно считать периодом прекращения роста и стабилизации численности бобров в заповеднике на уровне 45–50 голов.

За 5–6 лет после выпуска грызунами было освоено большинство рек пригодных для существования, на максимальном расстоянии от мест первоначального выпуска в 40–45 км. К этому времени, наряду с ранее известными местообитаниями, существовало бобровое поселение на ручье Майяврйок, близ восточной границы заповедника. В 60-х и 70-х годах, бобры поселились на р. Куудасйок (оз. Нявка), р. Воронья (оз. Куцколь), на р. Ольче (оз.

Урд), в 80-х годах - на р. Колна (р. Печа), к 90-м годам – на р. Тиханка (оз. Кутырь) и ручье Гирина (оз. Монче). К 1950 г. крайние точки бобровых поселений обнаруживают в 50 км на юго-запад от границы заповедника (р. Ёна) и в 130 км севернее заповедника [Катаев, Брагин, 1986].

Выпуск бобров в Мурманской области производили также на реках Поной и Оленица, расположенных на востоке и юго-востоке области. На р. Оленица в 1935 и 1936 гг. завезли 19 особей и на р. Поной в 1957 г. 34 воронежских бобра. Исчезновению животных на этих реках способствовал антропогенный пресс — учёты, проведённые в 1976 г. на р. Оленица и в 1978 г. на р. Поной, показали полное отсутствие там грызунов. К настоящему времени популяция кольских бобров представлена животными, сосредоточенными в пределах территории Лапландского заповедника, его ближайших окрестностей, а также разрозненными поселениями на западной и юго-западной частях Мурманской области. По самым оптимистическим оценкам, в области обитает не более 30–40 бобров, в том числе на территории Лапландского заповедника и его охранной зоне — 20–25.

Бобр периодически обнаруживают к западу от р. Тулома в бассейне озера Явр, на р. Вокман. Происходит постепенное заселение бобрами водоёмов на юге Мурманской области, в 20–25 км севернее Карелии. В частности, недавние следы пребывания бобров были обнаружены в устьях рек Вуокса, Тумча, Куолайоки, Кемийоки, Тунсайоки. Приграничные с Финляндией территории Русской Лапландии могут служить резерватом бобрового населения.

#### ЛИТЕРАТУРА

Катаев Г. Д., Брагин А. Б. Речные бобры на северном пределе обитания // Экосистемы экстремальных условий среды в заповедниках РСФСР. М.: ЦНИЛ Главохота РСФСР. 1986. С. 148–159.

Семенов-Тянь-Шанский О. И. Опыт реакклиматизации речного бобра в Лапландском заповеднике // Труды Лапландского государственного заповедника. 1938. Вып. 1. С. 177–216.

### ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ В ОЦЕНКЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА КОПЫТНЫХ (СЕМ. *CERVIDAE*), ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

### HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN THE ASSESSMENT OF THE PHYSIOLOGICAL STATUS OF UNGULATES (*CERVIDAE*) INHABITING IN NORTHERN EUROPEAN RUSSIA (KARELIA)

Кижина А. Г., Узенбаева Л. Б., Панченко Д. В.  
Kihzina A. G., Uzenbaeva L. B., Panchenko D. V.

Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: golubewa81@yandex.ru

Blood smears of wild forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus* Lonnb.) (n=3) and moose (*Alces alces* L.) (n=9) from the Republic of Karelia were studied. Leucocytes counts are

approximately the same in the moose and reindeer. Blood panels of the both species are characterized by high lymphocyte counts and low neutrophile counts. We also found an extremely high level of eosinophiles. This significant deviation of the leukocyte count from the normal values in the studied animals shows a major disturbance of the homeostasis and an insufficient level of resistance. As to erythrocytes, the most important components of the gas-transport system and oxygen delivery to the tissues, we found no signs of anemia or regenerative changes.

Животные естественных популяций в условиях Севера, зачастую, испытывают воздействия неблагоприятных факторов среды, таких, как перепады температур, вынужденная миграция, недостаточность кормовой базы и др. Исследование степени их влияния на состояние животного и популяции в целом являются неотъемлемой частью экологического мониторинга. Для оценки адаптивных возможностей организма и его устойчивости могут быть использованы показатели периферической крови, отличающиеся высокой чувствительностью к меняющимся условиям среды. Целью работы было изучение состава лейкоцитов, а также морфологии и морфометрических параметров эритроцитов крови у двух представителей семейства Оленьи (Cervidae): лося (*Alces alces* L.) и лесного северного оленя (*Rangifer tarandus fennicus* Lonnb.), обитающих на территории Европейского Севера России. Исследование, выполненное на мазках крови северного оленя (n=3) и лося (n=9), полученных в республике Карелия, показало близкий у этих двух видов состав лейкоцитов. Лимфоцитарный профиль крови указывает на отсутствие стресс-факторов, которые приводят к снижению уровня лимфоцитов и эозинофилов. Количество нейтрофильных лейкоцитов, напротив, было относительно невелико, что может свидетельствовать о недостаточно высоком уровне неспецифической резистентности. Общим для двух видов оказалось высокое относительное содержание эозинофилов в крови, в отдельных случаях достигающее 28 % у лосей и 39 % у оленей. Эозинофилия, как правило, развивается в случаях паразитарных инфекций и аллергических реакций. Установленный нами уровень эозинофилов у лосей был в несколько раз выше значений, указанных другими авторами [DelGiudice, Severud, 2016]. Существенное отклонение лейкоцитарного профиля от нормальных показателей свидетельствует о серьезных нарушениях гомеостаза организма, которые в случае с северным оленем привели к летальному исходу. Ранее было показано, что чувствительность животных к паразитарным заболеваниям зависит от физиологического состояния и условий существования [Nelson, 1984]. Из этого следует, что имеется высокая вероятность влияния неблагоприятных факторов на восприимчивость копытных к паразитарным инвазиям на Севере, что отразилось на составе лейкоцитов. Размеры эритроцитов, их общее содержание и концентрация гемоглобина – важные физиологические характеристики для лося и северного оленя, учитывая их высокую потребность в кислороде, связанную с выполнением больших физических нагрузок. Морфологическое исследование эритроцитов не выявило признаков анемии или регенеративных изменений. Полихроматофильных и ядросодержащих эритроцитов не было обнаружено. Морфометрическое исследование эритроцитов самок и самцов лося показало примерно равную величину клеток у животных обоих полов. Площадь эритроцитов варьировала у лося в пределах от 12.97 до

63.39 мкм<sup>2</sup> у самок и от 18.16 до 61.13 мкм<sup>2</sup> у самцов, тогда как у самок северного оленя - от 17.42 до 43.13 мкм<sup>2</sup>.

Таким образом, гематологические параметры содержат ценную информацию о состоянии животных из природных популяций. Полученные данные — высокое содержание эозинофилов и низкое — сегментоядерных нейтрофилов — могут указывать на недостаточную резистентность организма исследованных животных.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 0221-2017-0052, 0221-2017-0046) и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-54-00018).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Nelson W. A. Effects of nutrition of animals on their ectoparasites. // J. Med. Entomol. 1984. Vol. 21. P. 621–635.

DelGiudice G. D., Severud W. J. Blood profiles and associated birth characteristics of free-ranging moose (*Alces alces*) neonates in a declining population in northeastern Minnesota. // *Alces*. 2016. Vol. 52. P. 85–99.

### РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ПАСВИК» (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

#### DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF WATER PLANTS IN THE PASVIK STATE NATURE RESERVE (MURMANSK REGION)

Кириллова Н. Р.

Kirillova N. R.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина  
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Мурманская область; e-mail: knr81@mail.ru*

Pasvik State Nature Reserve (Pasvik Reserve) is located in the basin of the Paz River. Currently, 58 species of the water and coastal water flora and 5 intra- and interspecific taxa are known in the Pasvik Reserve, representing 73 % of the entire aquatic flora of Murmansk Region. In the reserve, water vascular plants are widespread, but the distribution is not even. Most species of the water flora are distributed sporadically (40 %) or are common (31 %). The share of rare species (29%) is significant and most of them are found in the southern part of the reserve: Hejuhenjarvi Lake, Gyekbukhta Bay, and in the northern part of the Menikkajoki River valley. 13 species of the aquatic and coastal aquatic flora of the Pasvik Reserve are protected and red-listed. Some species rare in Murmansk Region have been found in the Pasvik Reserve in the recent years, namely *Lemna trisulca* L., *Myriophyllum verticillatum*, *Elatine hydropiper*.

Заповедник «Пасвик» расположен в бассейне реки Паз, состоящей из больших озёр, связанных между собой протоками с водопадами и стремнинами, её сток зарегулирован, построено 7 гидроэлектростанций. Географически заповедник расположен в высоких широтах, однако, благодаря активному влиянию тёплого течения в долине реки Паз произрастают самые северные хвойные леса в Европе и формируется довольно богатая водная растительность.

Сведения о распространении и разнообразии растений водной флоры получены как из литературных источников, так и по результатам собственных исследований (2003–2017). В настоящий момент известно о 58 видах водной и

прибрежно-водной флоры заповедника «Пасвик» и 5 внутри- и межвидовых таксонах, что составляет 73 % от всей водной флоры Мурманской области.

В пределах заповедника водные сосудистые растения распространены повсеместно, но не равномерно. Большинство видов водной флоры встречается рассеянно (40 %) или обычно (31 %). Доля редко встречающихся (29 %) значительна и основная масса их найдена в южной части заповедника: озеро Хеюхеньярви, залив Гъекбухта и в северной части в долине реки Мениккайоки.

Широко распространенные виды при подходящих условиях водного режима и рельефа дна водоема занимают значительные площади, достигая почти 100 % покрытия водной поверхности (*Ranunculus schmalhauseni* Luferov, *Sparganium angustifolium* Michx., *Myriophyllum alterniflorum* DC., *Potamogeton gramineus* L.).

13 видов водной и прибрежно-водной флоры заповедника «Пасвик», подлежащих охране и включенных в Красные книги различного ранга — общероссийскую (ККРФ) [Красная книга, 2008], региональную (ККМО) [Красная книга, 2014] и сопредельных государств — Красная книга Восточной Фенноскандии (ККВФ) [Red Data Book, 1998], имеют различное распространение в заповеднике. Рассеянно встречаются 5 редких видов: *Isoetes setacea* Durieu (ККРФ — 2, ККМО — 5, ККВФ — 2), *Isoetes lacustris* L. (ККРФ — 3, ККМО — 5, ККВФ — 2), *Potamogeton praelongus* Wulf (ККВФ — 4), изредка — 2 вида: *Callitriche hermaphroditica* L. (ККВФ — 3) и *Limosella aquatica* L. (ККВФ — 2); редко — 6 видов: *Elatine hydropiper* L. (ККМО — 4), *Elatine orthosperma* Dueben. (ККМО — 3), *Stuckenia filiformis* (Pers.) Börner (*Potamogeton filiformis* Pers.) (ККМО — 3, ККВФ — 3), *Sagittaria natans* Pall. (ККМО — 3); *Sparganium gramineum* Georgi (ККВФ — 3).

Некоторые неохранные виды, тем не менее, редкие в Мурманской области, были найдены в заповеднике «Пасвик» в последние годы. Так, популяции *Lemna trisulca* L. в реке Мениккайоки [Кравченко и др., 2017] и в озере Сальмиярви (Кириллова, собств. сборы) стали одними из первых подтвержденных находок этого вида в Мурманской области, хотя на сопредельной территории Норвегии вид известен ранее, как и некоторые другие, обнаруженные нами: *Myriophyllum verticillatum*, *Elatine hydropiper* (Кириллова, собств. сборы).

## ЛИТЕРАТУРА

Кравченко А. В., Боровичев Е. А., Химич Ю. Р., Фадеева М. А., Кутенков С. А., Костина В. А. Значимые находки растений, лишайников и грибов на территории Мурманской области // Труды Карельского НЦ РАН. 2017. № 7. С. 34–50.

Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2008. 855 с.

Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия. 2007. 368 с.

Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е. Кемерово: Изд. «Азия-принт». 2014. 584 с.

Red Data Book of the East Fennoscandia. Helsinki. 1998. P. 31–46



**ЛУГА ОСТРОВОВ ГОРЛА БЕЛОГО МОРЯ  
(НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ ОСТРОВОВ)**

**MEADOWS AND GRASSLANDS ON ISLANDS OF THE WHITE SEA  
THROAT: THE TRI OSTROVA ARCHIPELAGO AS A CASE STUDY**

Копейна Е. И., Кожин М. Н.

Kopeina E. I., Kozhin M. N.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН,  
Кировск, Мурманская область; e-mail: Kopeina-E@yandex.ru*

Arctic island biodiversity is very vulnerable to human pressure and climate change. Many Arctic islands are almost inaccessible and are still poorly investigated. Our research and analysis of meadow and grassland vegetation of the Tri Ostrova Archipelago is based on the Braun-Blanquet approach and should be contribute to knowledge of the ecosystems of the Arctic islands. A synoptic survey of seashore vegetation is presented.

Три Острова — это группа островов: Вешняк, Кувшин и Бакалда, которые расположены вдоль Терского берега Белого моря между мысами Корабельный и Терско-Орловский Тонкий. Острова имеют небольшие размеры от 0.87 до 62.7 га и плоскую поверхность высотой от 5 до 20 м н. ур. м. На о. Вешняк расположен автоматический маяк.

Растительность данных островов в горле Белого моря имеет особые черты, связанные с их географическим положением. Е. Г. Чернов (1956) на побережье Белого и Баренцева морей выделял узкую полосу типичной тундры, к которой добавлял и прибрежные острова, расположенные вдоль этой полосы. Позднее, В. Д. Александрова (1977) отнесла этот район к полосе южных субарктических тундр. Луговая растительность встречается здесь лишь на незначительных участках по склонам островов, в то время как платообразные вершины занимают лишайниково-вороничные тундровые фитоценозы.

В основу работы были положены 70 геоботанических описаний лугов, выполненных на Трех Островах в июле 2015 и 2016 гг. Все они были включены в базу данных TURBOVEG. Образцы гербария были депонированы в гербарии MW, H, PTZ, KAND и KPAWG. Для описания и классификации был использован метод Браун-Бланке.

Приморская растительность на островах выражена слабо. На границе средней и верхней литорали, в защищенных участках скал встречаются единичные *Cochlearia arctica*, *Puccinellia pulvinata*, *Plantago maritima* и *Arctanthemum hulthenii*. В восточной части о. Вешняк на краевых участках плато с сильным орнитогенным влиянием встречаются сообщества асс. *Plantaginetum maritimae* Dahl et Hadač 1941 союза *Armerion maritimae* Br.-Bl. et De Leeuw 1936 класса *Juncetea maritimi* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1952. Диагностические виды (ДВ) асс. *Plantago maritima* и *Puccinellia pulvinata* преобладают в сомкнутых сообществах, при высоком участии *C. arctica*, *Arctanthemum hulthenii*, *Stellaria humifusa*, *Carex glareosa*. В защищенных от ветра и волн участках о. Вешняк встречается асс. *Puccinellietum retroflexae* Nordh. 1954. Растительный покров сообществ не сомкнут, преобладает *Atriplex nudicaulis* с небольшим покрытием участвуют *P. pulvinata*, *C. arctica*.

В зоне штормовых заплесков небольшие площади в защищенных скальных ваннах занимают марши асс. *Festuco–Caricetum glareosae* Nordh. 1954 союза *Caricion glareosae* Nordh. 1954 класса *Juncetea maritimi* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1952. Сомкнутый покров образуют ДВ ассоциации *Carex glareosa* и *Festuca rubra*. С высоким постоянством присутствуют ДВ союза и класса *Rhodiola rosea*, *Ligusticum scoticum*, *Puccinellia pulvinata*, *Cochlearia arctica*. В моховом ярусе с небольшим покрытием постоянно встречается *Bryum* spp. В средней части северных склонов о. Кувшин встречается асс. *Caricetum subspathaceae* Nadač 1946 союза *Armerion maritimaе* Br.-Bl. et De Leeuw 1936. Доминирует *Carex subspathacea*, незначительно участие *Stellaria humifusa*. Как и в предыдущей ассоциации, высока доля участия ДВ союза и класса.

На защищенных склонах южной и западной экспозиции в зоне штормового выброса или сильного орнитогенного влияния встречается асс. *Tripleurospermo–Festucetum arenariae* (Regel 1923) Koroleva 2008. Аспект создает *Tripleurospermum hookeri*. С высоким постоянством встречаются *Festuca rubra* s.l., *Cochlearia arctica*, *Leymus arenarius*, *Ligusticum scoticum*.

На сухих склонах южной и западной экспозиции встречаются сообщества союза *Conioselinion tatarici* Golub et al. 2003. Аспект создают *Dianthus superbus*, *Allium schoenoprasum*, *Campanula rotundifolia* и, в меньшей степени, *Tephrosieris integrifolia*, *Conioselinum tataricum*, *Pedicularis verticillata*. Высока доля злаков — *Festuca rubra*, *F. ovina*, *Poa pratensis*. На самых сухих участках значительное участие лишайников — *Cetraria islandica*, *Cladonia gracilis*, *Flavocetraria nivalis*.

Таким образом, несмотря на небольшие площади, растительный покров Трех Островов отличается значительным разнообразием луговых сообществ, что обусловлено разнообразными природными условиями.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-05-00644).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Александрова В. Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л.: Наука. 1977. 188 с.

Чернов Е. Г. Карта растительности Кольского полуострова в масштабе 1:1 000 000 с пояснительным текстом. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Кировск, 1956. 274 с.

### ДИАТОМЕИ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ ОЗЕР ДЕПРЕССИИ ОЗЕРА ИМАНДРА

#### DIATOMS OF THE HOLOCENE SEDIMENTS IN THE SMALL LAKES OF THE IMANDRA DEPRESSION

Косова А. Л.<sup>1</sup>, Денисов Д. Б.<sup>1</sup>, Николаева С. Б.<sup>2</sup>

Kosova A. L.<sup>1</sup>, Denisov D. B.<sup>1</sup>, Nikolaeva S. B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: annkosova1976@yandex.ru

A study of diatom complexes in the bottom sediments of two small nameless lakes on the western coast of Imandra Lake, Murmansk Region, was carried out. The historical dynamics of the diatom flora in response to changes in the environment and climate in the Holocene are described. The taxonomic composition of the diatoms of the studied lakes is characterized by significant differences: in one, 72 were found, while in the other, 205 diatom taxons ranked lower than genus. In both lakes, the species of the genera *Eunotia* and *Pinnularia* are the most abundant, which is typical of shallow-water acidic lakes. Diatom analysis revealed the effects of tectonic activity in the area of the Imandra depression, accompanied by an abrupt water level rise, as confirmed by lithological data.

В настоящее время диатомовый анализ входит в группу руководящих методов, применяемых для реконструкции исторической динамики окружающей среды и климата. В последние десятилетия остро обозначились новые вызовы — современные глобальные климатические изменения, которые происходят быстрее и масштабнее в высоких широтах. Поэтому палеоэкологические исследования с применением диатомового анализа приобрели особую актуальность. Озеро Имандра — крупнейший пресноводный водоем Северо-запада РФ, расположенное за полярным кругом. Выявление основных исторических этапов развития и трансформации экологических условий бассейна оз. Имандра требуют новых знаний о видовом составе, экологических особенностях и долговременной динамике диатомовых комплексов донных отложений.

Материалом для исследования послужили донные отложения из двух малых озер, расположенных на плоской заболоченной территории в 0.4–1.3 км от Уполокшской губы оз. Имандра. Отбор донных осадков производился в летний период с катамарана, по схеме, описанной ранее [Николаева и др., 2015]. В озере 1 с высотной отметкой 148.8 м над уровнем моря (н.у.м.) бурением вскрыта ненарушенная последовательность осадков. В озере 2 с высотной отметкой 133.4 м н.у.м. впервые выделена сейсмогенная фация (брекчиевый горизонт). На диатомовый анализ из озера 1 отобрано 9 образцов с интервалом 5 см, из озера 2—16 образцов с интервалами 7–10 см. Диатомовый анализ донных отложений был проведен по стандартной общепринятой методике [Давыдова, 1985; Денисов, 2007], по схеме, принятой в ИППЭС КНЦ РАН [Косова и др., 2011].

Всего в отложениях из озера 1 обнаружено 72 таксона в 22 родах. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечается в родах *Eunotia* (17), *Pinnularia* (12), *Gomphonema* (8), *Brachysira* (6). В озере 2 было обнаружено 205 таксонов диатомей рангом ниже рода (в 49 родах). Наибольшего таксономического разнообразия достигают представители родов *Eunotia* (16), *Pinnularia* (15), *Symbella* (14), *Navicula* (13), *Gomphonema* (10).

На протяжении всей толщи ДО из озера 1 в составе диатомовых комплексов преобладают виды, характерные для болот и дистрофных озер. Диатомовая флора представлена типичными пресноводными таксонами. Характер и динамика изменений диатомовой флоры позволяют сделать вывод, что озеро сформировалось на заболоченном участке в начале атлантического периода, а затем происходило постепенное сокращение его площади и глубины. Судя по характеру диатомовых комплексов, отложения накапливались в холодном

мелководном олиготрофном водоеме, со слабкокислой средой. Озеро 2 представляло собой сравнительно мелководный водоем до начала атлантического периода. Состав диатомовых комплексов из брекчиевого горизонта сходен с флорой из нижележащих слоев, что указывает на однородность условий окружающей среды. Резкое снижение общего обилия диатомей связано с поступлением огромного количества терригенного материала с водосборной площади. Богатая диатомовая флора и доминирование планктонных видов, характерных для более крупных озер, наблюдаемая в вышележащем слое, и их последующее исчезновение также свидетельствуют в пользу предположения, что такой характер нарушений вызван эрозией, перемещением и последующим переотложением осадков. Это могло быть связано с поднятием уровня оз. Имандра и заплеском большой волны со стороны озера на прилегающую низменность [Николаева и др., 2016] или иными тектоническими причинами.

Выполненное исследование диатомовых комплексов в донных отложениях 2-х малых безымянных озер на западном побережье оз. Имандра позволило установить, что диатомовые комплексы характеризуются существенными изменениями в ответ на динамику климатических и геологических факторов в голоцене. Диатомовый анализ позволил выявить последствия тектонической активности в зоне Имандровской депрессии, сопровождающиеся резким повышением уровня воды, что подтверждается литологическими данными. Присутствие в составе олигогалобной флоры вида *Mastogloia lacustris* в осадках озера 2 свидетельствует о повышенной минерализации воды в озере. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования диатомового анализа (наряду с другими методами и подходами) для выявления и изучения катастрофических процессов голоцена.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-60125 Арктика.*

## ЛИТЕРАТУРА

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли — индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука. 1985. 244 с.

Денисов Д. Б. Изменения гидрохимического состава и диатомовой флоры донных отложений в зоне воздействия горнорудного производства (Кольский полуостров). Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 6. С. 719–730.

Косова А. Л., Мальшева М. Б., Денисов Д. Б. К методике камеральной обработки проб для диатомового анализа донных отложений // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (г. Апатиты, 12-17 сентября, 2011 г.). В 2 т. Апатиты–СПб. 2011. Т. 1.(А-К). С. 294–295.

Николаева С. Б., Лаврова Н. Б., Толстобров Д. С., Денисов Д. Б. Реконструкция палеогеографических обстановок голоцена в районе озера Имандра (Кольский регион): результаты палеолимнологических исследований // Труды Карельского НЦ РАН. 2015. № 5. С. 34–47.

Николаева С. Б., Лаврова Н. Б., Денисов Д. Б., Толстобров Д. С. Следы катастрофических процессов в донных осадках озер западного побережья озера Бабинская Имандра (Кольский регион) // Изв. РГО. 2016. Т. 148. Вып. 4. С. 38–52.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА  
ФЛОРЫ ЗАПОВЕДНИКА «ПАСВИК» И СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**MAIN FINDINGS OF LONG-TERM FLORA MONITORING IN THE PASVIK  
STATE NATURE RESERVE AND ADJACENT AREAS  
IN MURMANSK REGION**

Кравченко А. В.

Kravchenko A. V.

*Институт леса — обособленное подразделение Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра  
«Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: alex.kravchen@mail.ru*

Surveys of the Pasvik State Nature Reserve (Pasvik Reserve) and the adjacent areas in Murmansk Region in the northwest of Russia found 610 species of vascular plants, with 463 species inside the Pasvik Reserve, of which 374 (81 %) are native and 89 (19 %) are adventitious, and 550 species in the adjacent areas: 349 (63.5 %) and 201 (36.5 %), respectively. The native component of the flora is quite conservative in composition; the 'disappearance' of some species can be attributed to partial flooding of the territory caused by the construction of hydroelectric dams on the Paz River. The adventitious species, in contrast, demonstrate dynamism. After the abandonment of agriculture, many weeds disappeared. During World War II, many polemochores arrived in the area, some of them persisting until today. Species introductions still happen, but few of the species become naturalized.

Государственный природный заповедник «Пасвик», расположенный в северо-западной части Мурманская область, организован в 1992 г. на площади 14727 га. Инвентаризация флоры на территории заповедника была начата сразу же после учреждения заповедника, и вскоре был опубликован список видов [Костина, 1995]. В последующие годы работа была продолжена как в заповеднике, так и на смежной территории; в исследованиях принимали участие также зарубежные (Норвегия, Финляндия) ботаники [Alm et al., 1997]. Были обобщены данные о хранящихся в гербариях Финляндии образцах, собранных начиная с первой четверти XIX века. Все это позволило составить существенно дополненный список сосудистых растений региона [Костина, 2003]. Комплексное обследование территории продолжается и все последующие годы, в результате чего накоплен достаточно богатый флористический материал.

На настоящий момент в рассматриваемом регионе выявлено 610 видов сосудистых растений, в том числе в заповеднике – 463 вида, из них 374 (81 %) аборигенных и 89 (19 %) адвентивных [Кравченко, 2015, с дополнениями], на смежной территории (которая приблизительно в 3 раза больше по площади по сравнению с заповедником) — 550 видов, из них 349 (63.5 %) аборигенных и 201 (36.5 %) адвентивный.

Сравнение флористических данных, полученных в разные временные срезы, показало, что общее число известных в регионе видов неуклонно растет за счет новых находок. Аборигенная фракция флоры отличается консервативностью состава. Из известных ранее видов повторно не обнаружено всего несколько, причем большинство из них приурочено к прибрежным местообитаниям, и их

исчезновение — истинное или мнимое — можно связать с затоплением части территории при образовании водохранилищ после постройки каскада Пазских ГЭС. Находка в 2017 г. после более чем столетнего перерыва включенного в список Бернской конвенции довольно редкого в области вида речных долин мерингии бокоцветковой (*Moehringia lateriflora*), однако, позволяет с оптимизмом считать, что прочие виды просто не зафиксированы повторно ввиду их естественной редкости. Совершенно иная ситуация с адвентивной фракцией, которая хотя и является чуждым, но в тоже время неизбежным и постоянным компонентом флоры — она отличается динамизмом состава. Многие сеgetальные сорняки, обычные в 1920-1930 гг. в период максимального аграрного освоения региона, бесследно исчезли. Одновременно на луговых массивах, возникших на месте поселений, сохранилось довольно много многолетних луговых видов. Обследование одних и тех же луговых массивов с 20-летним интервалом показало стабильность пула видов, несмотря на наступление древесно-кустарниковой растительности. Некоторые луговые виды были занесены позднее советскими войсками в годы Второй мировой войны с фуражом (виды-полеохоры). Обогащение флоры происходило в период строительства Пазских ГЭС и приграничной инфраструктуры, продолжается и сейчас. Какое-либо неблагоприятное воздействие адвентивной флоры на аборигенную не выявлено.

*Работы проводятся при финансовой поддержке заповедника «Пасвик» в рамках государственного задания и сотрудничества с АО «Кольская ГМК» ПАО «Норникель».*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Костина В. А.* Флора заповедника «Пасвик» (сосудистые растения). Апатиты: Кольский НЦ РАН. 1995. 52 с.

*Костина В. А.* Сосудистые растения заповедника «Пасвик» (Аннотированный список видов) // Флора и фауна заповедников. М. 2003б. Вып. 103. 44 с.

*Кравченко А. В.* Прогресс в инвентаризации флоры государственного природного заповедника «Пасвик» (Мурманская область) // Труды Окского заповедника. 2015. Вып. 34. С. 49–53.

*Alm T., Alsos I. G., Kostina V. A., Often A., Piirainen M.* Cultural landscapes of some former Finnish sites in the Paaz/Pasvik/Paatsjoki area of Pechenga, Russia // Tromsø, naturvitenskap. № 82. Tromsø. 1997. 49 p.

## ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ С ИНВАЗИВНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В КАРЕЛИИ

### A PRESENT-DAY ASSESSMENT OF INVASIVE PLANTS IN KARELIA

Кравченко А. В.<sup>1</sup>, Знаменский С. Р.<sup>2</sup>, Рудковская О. В.<sup>1</sup>, Сухов А. В.<sup>3</sup>,  
Тимофеева В. В.<sup>1</sup>, Фадеева М. А.<sup>1</sup>  
Kravchenko A. V., Znamensky S. R., Rudkovskaya O. V., Sukhov A. V.,  
Timofeeva V. V., Fadeeva M. A.

<sup>1</sup>Института леса Карельского научного центра РАН,  
г. Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: alex.kravchen@mail.ru,  
rudkov.o@yandex.ru, timofeevavera2010@yandex.ru, fadeeva@krc.karelia.ru

<sup>2</sup>Института леса Карельского научного центра РАН,  
г. Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: seznam@krc.karelia.ru

<sup>3</sup>Государственный заповедник «Кивач», пос. Кивач, Кондопожский р-н,  
Республика Карелия; e-mail: alexander.suhov@gmail.com

A list of 246 invasive and potentially invasive vascular plants of Karelia was compiled. Five species fall into IUCN impact category 1 (MV), 6 into category 2 (MR), 11 into category 3 (MO), 29 into category 4 (MN), 69 into category 5 (MC), 131 have not been evaluated (NE).

Списки инвазивных видов растений составлены уже для многих субъектов Российской Федерации. Считается, что в каждом регионе целесообразно отбирать для оценки и разработки мероприятий по предотвращению негативных последствий 100 наиболее агрессивных инвазивных видов, так называемую «черную сотню» [Виноградова и др., 2015]. В существующем списке инвазивных растений Республики Карелии числится только 13 наиболее агрессивных видов [Кравченко и др., 2011]. На основании оценки распространения и поведения всех чужеродных видов в Карелии, анализа литературных источников, учета положения в смежных регионах и в европейской части России в целом [Виноградова и др., 2015], следуя международным рекомендациям [Blackburn et al., 2014; Vacher et al., 2018 и др.], составлен расширенный список инвазивных и потенциально инвазивных сосудистых растений Карелии, в который вошли 246 видов.

На основании комплекса экологических последствий внедрения инвазивных и потенциально инвазивных видов в естественные и близкие к естественным сообщества, а также степени социально-экономического воздействия, все виды были объединены в 6 групп. Самую большую по численности группу 6 NE по Hawkins et al. [2015] составил 131 вид, группа не подлежала оценке на инвазивность по разным причинам: вид является в Карелии аборигенным (в смежном регионе — заносным) или имеет неопределенный флорогенетический статус (апофит/археофит); в Карелии вид проявил себя как эфемерофит; доказано, что вид является реликтом культивирования, и т.п. Остальные виды были ранжированы и объединены в 5 групп разного инвазионного статуса. В группу 1 (по воздействию на природные объекты во многом соответствующую MV по Hawkins et al. [2015]) были включены немногие виды, которые активно внедряются в естественные и полуестественные сообщества, в той или иной степени изменяют облик экосистем, иногда являются доминантами или даже эдификаторами сообществ (трансформеры), часто образуют значительные по площади заросли, вытесняя виды природной флоры, при этом возврат

измененных сообществ в прежний вид невозможен без специальной рекультивации: *Elodea canadensis*, *Heraclium sosnowskyi*, *Impatiens glandulifera*, *Lupinus polyphyllus*, *Rosa rugosa*. В группу 2 (MR) включены виды, активно расселяющиеся и натурализующиеся в естественных, полуестественных сообществах, при этом не приводящие к невозвратимым изменениям сообществ или исчезновению видов: *Carex hirta*, *Chelidonium majus*, *Epilobium adenocaulon*, *Epilobium pseudorubescens*, *Fragaria moschata*, *Sambucus racemosa*. В группу 3 (MO) вошли чужеродные виды, в настоящее время активно осваивающие нарушенные местообитания, но уже зафиксированные хотя бы единожды в естественных и полуестественных сообществах, конкурируя с видами местной флоры: *Amelanchier spicata*, *Calystegia sepium*, *Cotoneaster lucidus*, *Impatiens parviflora*, *Lactuca tatarica*, *Myosotis sylvatica*, *Noccaea caerulea*, *Schedonorus arundinaceus* и др., всего 11. В группу 4 (MN) вошли виды, проявившие себя в смежных регионах в качестве инвазивных, либо опасные для здоровья человека, злостные сорняки (в том числе карантинные растения), обременительные растения железнодорожных насыпей, обочин автодорог и т.п. [Bacher et al., 2014], либо пока не натурализовавшиеся, но крупные (выше 1,2 м) многолетние растения: *Ambrosia artemisiifolia*, *Conyza canadensis*, *Echinocystis lobata*, *Glyceria grandis*, *Malus domestica*, *Melilotus albus*, *Puccinellia distans*, *Senecio dubitabilis* и др., всего 29. В гетерогенную по многим параметрам группу 5 (MC) включено 69 видов с минимальным или неясным отрицательным эффектом.

*Работа проводится при поддержке РФФИ (проект № 18-44-100010 p\_a).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Виноградова Ю. К., Акатова Т. В., Аненхонов О. А. и др.* «Черная сотня» инвазионных растений России // Инф. бюлл. Совета бот. садов СНГ при Междунар. ассоциации академий наук. М., 2015. Вып. 4 (27). С. 85–89.

*Кравченко А. В., Кузнецов О. Л., Тимофеева В. В.* Инвазивные и карантинные виды растений в Карелии // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции: Матер. I Междунар. науч. конф. Санкт-Петербург, 6-8 декабря 2011 года. СПб. 2011. С. 139–145.

*Bacher S., Blackburn T. M., Essl F. et al.* Socio-economic impact classification of alien taxa (SEICAT) // *Methods Ecol. Evolution*. 2018. V. 9. P. 159–168.

*Blackburn T. M., Essl F., Evans T. et al.* A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts // *PLoS Biol*. 2014. V. 12 (5). e1001850.

*Hawkins C. L., Bacher S., Essl F. et al.* Framework and guidelines for implementing the proposed IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT) // *Diversity and Distributions*. 2015. 21. P. 1360–1363.



**ЛАНДШАФТНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
СТЕНОБИОНТНЫХ ТАЕЖНЫХ ВИДОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА  
СЕВЕРЕ ЕВРОПЫ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕТЯГИ - *PTEROMYS VOLANS L.*)**

**LANDSCAPE ASPECTS OF THE TERRITORIAL DISTRIBUTION OF  
STENOBIONT TAIGA MAMMALIAN SPECIES IN THE NORTH OF  
EUROPE (ON THE EXAMPLE OF THE FLYING SQUIRREL –  
*PTEROMYS VOLANS L.*)**

Курхинен Ю. П.<sup>1,2</sup>, Задирака Е. С.<sup>3</sup>, Карпин В. А.<sup>1</sup>, Муравская Е. А.<sup>3</sup>,  
Громцев А. Н.<sup>1</sup>

Kurhinen J. P.<sup>1,2</sup>, Zadiraka E. S.<sup>3</sup>, Karpin V. A.<sup>1</sup>, Muravskaya E. A.<sup>3</sup>, Gromtsev A. N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт леса – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: kurhinenj@gmail.com*

<sup>2</sup>*Университет Хельсинки, Хельсинки, Финляндия*

<sup>3</sup>*Республиканский центр детско-юношеского туризма, Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: zadiraka\_evgenii@mail.ru*

The landscape distribution of flying squirrel was analyzed using an electronic atlas of the types of landscapes of Karelia. It has been found that the most frequently used type of landscape in the summer of league is middle-eaten spruce denudation-tectonic hilly-ridge with complexes of glacial formations. The share of inhabited sites of this type of landscape was 21.7 %. The results of the study of landscape distribution can be successfully used to predict the population of the Flying squirrel (abundance) of territories in North-West Russia. Information about the structure of the landscape can be successfully used in predicting the abundance and abundance of flying squirrels in a certain area and planning accounting work.

В результате 15 лет исследований накоплен значительный материал по учету летяги: только в Карелии и на прилежащих территориях заложено 1700 учетных площадок (по 0.09 кв. км). При этом территориальное распределение летяги весьма неравномерно, местами она малочисленна или редка, а территории при анализе территориального распределения значительны. Это поставило перед нами новые задачи по экстраполяции учетных данных и их интерпретации. Поэтому в данном исследовании мы решили при экстраполяции учетных данных и их интерпретации использовать уникальную классификацию ландшафтов и ландшафтную карту региона, созданную уже давно [Громцев, 2000; Волков и др., 2002; и др.] и успешно применяющуюся, в том числе для анализа распределения млекопитающих и тетеревиных птиц [Курхинен и др., 2006]. В качестве картографической основы использована карта ландшафтов, разработанная по зонально-типологическому принципу, ландшафты выделялись по генезису рельефа, его формам, степени заболоченности территории и преобладающей коренной лесорастительной формации. Сходные ландшафтные контуры объединялись в тип. Для детальной характеристики ландшафтов как мест обитания летяги использовались данные комплексных работ, проводившихся группой специалистов различного профиля (геоморфологов, болотоведов, почвоведов, геоботаников, лесоводов и др.).

Данные, полученные в результате всех учётов, проводимых на территории Карелии, были обработаны с помощью электронного атласа типов ландшафтов. Атлас был создан сотрудниками Института леса КарНЦ РАН на основе карты-схемы таёжных ландшафтов [Громцев, 2000; Волков и др., 2002; и др.]. В этих работах описаны принципы выделения типов ландшафтов и составления карт районирования территории региона на ландшафтной основе, поэтому здесь мы не будем это приводить. При создании атласа границы ландшафтных контуров скорректированы и детализированы по наиболее современным данным дистанционного зондирования и цифровым векторным картам, а также моделям высот.

В классификации типов ландшафтов, использованной в атласе, выделяются территории, однородные по генетическим типам рельефа, степени заболоченности территории и преобладающему типу коренных лесных местообитаний. Соответственно название типа ландшафта образуется с помощью трёх нижеперечисленных индексов:

- генетические типы рельефа и четвертичных отложений;
- степень заболоченности территории;
- преобладающий тип местообитаний.

В атласе приняты следующие обозначения:

- **генетические типы рельефа и четвертичных отложений:** 1 — озерные, озерно-ледниковые и морские(1а) равнины; 2 - ледниковые и водно-ледниковые (2а) холмисто-рядовые; 3 — ледниково-аккумулятивные сложного рельефа; 4 — денудационно-тектонические холмисто-рядовые с комплексами ледниковых образований (4а) и низкогорьями (4б); 5 — денудационно-тектонические рядовые (сельговые); 6 — скальные.

- **степень заболоченности территории:** — низкая (L); — средняя (M); — высокая (H).

- **преобладающий тип местообитаний:** — сосновых (P); — еловых (S).

Например: 5LS — ландшафт сельговый слабо заболоченный с преобладанием еловых местообитаний.

Летяга наиболее часто встречалась на ландшафтах, имеющих индексы 5 (денудационно-тектонический рядовый) и 1 (озерный, озерно-ледниковый) тип генетического рельефа. Их доля соответственно составила 18.8 % и 15.4 % заселённых от общего количества заложенных площадок на данном типе генетического рельефа и четвертичных отложений. Наименьшая доля пришлась на 2а (холмисто-рядовый) генетический тип рельефа — 7.8 % (табл. 2). Несмотря на кажущуюся большую частоту встречаемости летяги на скальных типах рельефа (50 %), мы считаем, что этими данными, можно пренебречь по причине слишком малой выборки (6 площадок — 0.6 % от всех исследованных)

В результате анализа данных, полученных при наложении площадок на ландшафтные профили, определено, что наибольшее количество заселённых летягой площадок оказалось в ландшафтах, имеющих озёрный или озёрно-ледниковый (1) и денудационно-тектонический холмисто-рядовый с комплексами ледниковых образований (4а) генетический тип рельефа. На ландшафты данного типа пришлось 31 % и 27.1 % заселённых площадок соответственно. Ландшафты, имеющие холмисто-рядовые и скальные типы генетического рельефа, оказались практически не заселёнными — 5.4 % и 2.3 % соответственно.

## ЛИТЕРАТУРА

Волков А. Д., Белоногова Т. В., Курхинен Ю. П., Сазонов С. В., Шубин В. И. Фактор биоразнообразия и комплексная продуктивность лесных экосистем северо-запада таежной зоны Европейской части России. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2002. 223 с.

Громцев А. Н. Ландшафтная экология таежных лесов: теоретические и прикладные аспекты. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2000. 144 с.

Курхинен Ю. П., Данилов П. И., Ивантер Э. В. Млекопитающие Восточной Фенноскандии в условиях антропогенной трансформации таежных экосистем. М.: Наука. 2006. 208 с.

## ВОДОРОСЛИ (CONJUGATORPHYCEAE, CHAROPHYTA) ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

## ALGAE (CONJUGATORPHYCEAE, CHAROPHYTA) OF THE PROTECTED AREAS IN NORTHWESTERN RUSSIA

Лукницкая А. Ф.

Luknitskaya A. F.

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

Data on the freshwater Conjugatophyceae algae in protected areas of northwestern Russia is presented. Freshwater Conjugatophyceae (Charophyta) algae in the region are represented by 31 genera: *Actinotaenim*, *Bambusina*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Cosmocladium*, *Cylindrocystis*, *Desmidium*, *Docidium*, *Euastrum*, *Genicularia*, *Gonatozygon*, *Haplotaenium*, *Hyalotheca*, *Micrasterias*, *Mougeotia*, *Netrium*, *Penium*, *Planotaenium*, *Pleurotaenium*, *Raphidiastrum*, *Spirogyra*, *Spirotaenia*, *Spondylosium*, *Sphaerososma*, *Staurastrum*, *Stauroidesmus*, *Teilingia*, *Tetmemorus*, *Triploceras*, *Xanthidium*, *Zygnema*.

В течение многих лет (1980-2001) нами изучались конъюгаты (Conjugatophyceae, Charophyta), из различных водоемов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) северо-запада России: Ленинградская область — Карельский перешеек (1989, 1990), Нижнесвирский заповедник (1989–1991), Мшинская болотная система (2009, 2010) и ряд других ООПТ (1989–2005); Псковская область (2005–2007) — Национальный парк (НП) «Себежский»; Новгородская область (2011–2013) — НП «Валдайский».

**Ленинградская область.** В течение нескольких лет в летние сезоны года изучались водоросли **Нижнесвирского заповедника**, расположенного в низовьях р. Свирь и по побережью Свирской губы Ладожского озера. Было выявлено 66 видов и 10 разновидностей и форм, относящихся к 16 родам мезотениевых и десмидиевых водорослей (*Actinotaenim*, *Bambusina*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Cosmocladium*, *Cylindrocystis*, *Desmidium*, *Docidium*, *Euastrum*, *Micrasterias*, *Netrium*, *Pleurotaenium*, *Staurastrum*, *Stauroidesmus*, *Tetmemorus*, *Xanthidium*). Первое место по количеству выявленных таксонов занимает род *Closterium* (24), второе — *Cosmarium* (13), третье — *Euastrum* (7) и *Staurastrum* (9). «**Мшинская болотная система**» расположена в Гатчинском и Лужском

районах Ленинградской области. Всего для «Мшинской болотной системы» выявлено 95 видов и внутривидовых таксонов пресноводных водорослей класса Conjugatophyceae, принадлежащих к 20 родам (*Actinotaenium*, *Bambusina*, *Closterium*, *Cylindrocystis*, *Cosmarium*, *Desmidium*, *Docidium*, *Euastrum*, *Gonatozygon*, *Micrasterias*, *Mougeotia*, *Netrium*, *Pleurotaenium*, *Raphidiastrum*, *Spirogyra*, *Spondylosium*, *Staurastrum*, *Stauroidesmus*, *Tetmemorus*, *Xanthidium*). Ведущими являются семейства *Closteriaceae* и *Desmidiaceae*, а в них роды — *Cosmarium*, *Closterium*, *Staurastrum*, *Euastrum*, *Stauroidesmus*. Заказник «Березовые острова», расположен в Выборгском районе Ленинградской области. Выявленное разнообразие водорослей – 30 видов, 2 разновидности и 1 форма. В мочажине на болоте впервые для России был встречен редкий вид *Cosmarium schröderi*.

Редкие виды конъюгат, которые вошли в Красные книги Санкт-Петербурга и Ленинградской области. В Красную книгу Санкт-Петербурга (ККСПб) [2018] были внесены: *Micrasterias mahabuleshwarensis* и *Mougeotia varians* из водоемов окрестностей г. Зеленогорск. В КК Ленинградской области [2018]) вошли 17 видов конъюгат, среди которых впервые для России был внесен редкий вид *Cosmarium schröderi*, а также *Closterium nordstedtii*, *Cosmarium isthmium*, *C. praegrande*, *Micrasterias jenneri*, *Micrasterias mahabuleshwarensis*, *Pleurotaenium baculoides*, *Stauroidesmus tumidus*, *Triploceras gracile*, *Xanthidium fasciculatum*, *Genicularia elegans*, *G. spirotaenia*, *Spirotaenia turfosa*, *Spirogyra mirabilis.*, *S. subcrassa*, *S. ternata*, *Mougeotia varians*.

**Новгородская область.** На обследованной территории НП «Валдайский» выявлены 152 вида, 8 разновидностей и 1 форма конъюгат (Conjugatophyceae), принадлежащих к 27 родам: *Actinotaenim*, *Bambusina*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Cylindrocystis*, *Desmidium*, *Docidium*, *Euastrum*, *Gonatozygon*, *Haplotaenium*, *Hyalotheca*, *Micrasterias*, *Mougeotia*, *Netrium*, *Penium*, *Planotaenium*, *Pleurotaenium*, *Raphidiastrum*, *Spirogyra*, *Spirotaenia*, *Spondylosium*, *Sphaerosozma*, *Staurastrum*, *Stauroidesmmus*, *Tetmemorus*, *Xanthidium*, *Zygnema*. Первое место занимает род *Cosmarium* (46 видов и 2 внутривидовые разновидности), второе — *Staurastrum* (27 видов и 3 внутривидовые разновидности), третье — *Closterium* (17 видов и 1 внутривидовая разновидность). Среди выявленных видов встречены 2 редких для мировой флоры вида — *Actinotaenim tessellatum* и *Sphaerosozma laeve*.

Редкие виды, которые вошли в Красную книгу Новгородской области (2015): *Penium margaritaceum*, *Micrasterias americana*, *M. mahabuleshwarensis*, *Staurastrum leptacanthum*, *Stauroidesmus tumidus*, *S. grandis*.

**Псковская область.** Результаты изучения водоемов НП «Себежский» показали, что общий список конъюгат (Conjugatophyceae) насчитывает 120 видов и внутривидовых разновидности, относящихся к 20 родам (*Actinotaenium*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Cylindrocystis*, *Bambusina*, *Euastrum*, *Gonatozygon*, *Micrasterias*, *Netrium*, *Penium*, *Pleurotaenium*, *Raphidiastrum*, *Spondylosium*, *Staurastrum*, *Stauroidesmus*, *Teilingia*, *Tetmemorus*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema*.) Были встречены два представителя редких десмидиевых водорослей — *Staurastrum gracile* var. *cyathiforme* и *S. leptocladium* var. *cornutum*. Редкие виды конъюгат, которые следует занести в будущую Красную Книгу природы Псковской области: *Actinotaenium tessellatum*, *Closterium idiosporum*, *Cosmarium contractum*, *C. portianum*, *C. praegrande*, *Micrasterias radiosa*, *Penium margaritaceum*, *Staurastrum gracile* var. *cyathiforme*, *S. leptocladum* var. *cornutum*, *Xanthidium fasciculatum*.

## ЛИТЕРАТУРА

Красная книга Санкт-Петербурга / отв. ред. Д. В. Гельтман. СПб.: Дитон. 2018. 568 с.

Красная книга Ленинградской области: Объекты растительного мира / гл. ред. Д. В. Гельтман. СПб.: Марафон. 2018. 847 с.

Красная книга Новгородской области / отв. ред. Ю. Е. Веткин, Д. В. Гельтман, Е. М. Литвинова, Г. Ю. Конечная, А. Л. Мищенко. СПб.: Дитон, 2015. 480 с.

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКРОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ В КАРЕЛИИ

### SPECIES DIVERSITY OF CARRION INSECTS IN KARELIA

Лябзина С. Н.

Liabzina S. N.

*Петрозаводский государственный университет,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: slyabzina@petrsu.ru*

168 species belonging to five orders were identified in cadavers. Necrobiont insects were studied using cadavers weighing up to 100 kg. Differences were found between the studied regions in terms of species and quantitative composition.

При изучении некрофильных насекомых использовали приманки трупов животных различной массы (до 100 кг) и некоторые органические компоненты (печень говяжья, потрошенная курица). В анализ также был включен материал, предоставленный ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» Республики Карелия собранный с гнилостных трупов.

В естественных биоценозах постановка эксперимента осуществлялась, применяя традиционные методы – выкладывая приманку на почву или помещая её в почвенную ловушку. Либо трупы крупных животных закладывали в специально изготовленную железную клетку, такая конструкция защищала приманку от падальщиков и позволяла провести длительные исследования. Вся технология сбора описана ранее [Лябзина и др., 2016]. При изучении состава двукрылых-некробионтов, связанных с кусочками гниющей органики, использовали оригинальное устройство [Лябзина и др., 2017].

Видовой и количественный состав членистоногих-некробионтов рассматривали в трех районах республики: на севере — Костомукшском городском округе, средней части — Кондопожском и юге — Прионежском районах.

В республики Карелия выявлено 168 видов некрофильных насекомых из 83 родов и 6 отрядов. Коротконадкрылые жуки (Staphylinidae) составляют основу некрофильного комплекса (77 видов из 24 родов). В наибольшем числе представлены рода *Atheta* (23 вида) и *Philonthus* (14). К видам с высокой численностью в сборах относятся *Atheta crassicornis*, *A. gagatina*, *A. strandiella* и *A. subtilis*, которые обычны на трупах, как в южных, так и северных районах республики. Богатый видовой состав коротконадкрылых связан с их экологической пластичностью (пищевыми связями) — из выявленных видов

отмечались представители с разнообразными трофическими связями (зоо-, некро-, мицето-, сапрофагия) и смешанным типом. Представителей мертвоедов (Silphidae) — девять видов, редко встречался мертвоед морщинистый (*Thanatophilus rugosus*). Кожееды (Dermestidae), связанные с падалью, в видовом составе представлены бедно. Несмотря на использование в экспериментах различных типов приманок их регистрировали в единичных случаях. Например, *Dermestes murinus* попадался на трупах средней массы (куницы и кошки) только в сосняке кустарниковом. Некрофильных двукрылых зарегистрировано 37 видов из 12 семейств. Большая часть представителей принадлежит к семействам Calliphoridae (7 видов), Fanniidae (7), Sarcophagidae (7) и Muscidae (5). Основная деструкция органического вещества осуществляется личинкам *Calliphora vicina*, *Protophormia terraenovae*, *Lucilia caesar*, *Hydrotaea dentipes*, *Muscina levida* *Parapiophila vulgaris* и *Stearibia nigriceps*.

Количественный состав между исследуемыми регионами отличается. Наибольшее число отмечено в Кондопожском р-не (151 вид), менее всего в Костомукшском городском округе (52 вида). Специфика видового состава в Костомукшском городском округе складывается как результат преобладания бедных по мезофауне почвенных беспозвоночных типов биоценозов (сосняк лишайниковый зеленомошный, ельник черничный сфагновый). Этот район характеризуется относительно невысоким таксономическим разнообразием и по другим группам беспозвоночных животных [Козловская и др., 1978; Камаев, Рыбалов, 2015 и др.]. В Прионежье выявлено 102 вида. Общее количество между списками некрофильных жесткокрылых и двукрылых из трех районов исследования составляет 47 видов (28 %). Среди жесткокрылых общих отмечено 37 видов. Среди двукрылых выявлено совпадающих восемь видов (*Cynomya mortuorum*, *Calliphora vomitoria*, *C. vicina*, *P. terraenovae*, *Lucilia illustris*, *L. caesar*, *Sarcophaga similis*, *Fannia* sp.), их широкое распространение связано с возможностью развития многих видов в различных гниющих субстратах. Наибольшее сходство отмечено между Кондопожским и Прионежским районами, где общее число среди жесткокрылых составляет 66 видов, а двукрылых — 30. Единство списка происходит благодаря отсутствию барьеров для активного перемещения некробионтов, а также близких типов биоценозов в районах.

## ЛИТЕРАТУРА

Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Ленинград: Наука. 1978. 172 с.

Камаев И. О., Рыбалов Л. Б. Население почвенной мезофауны катены бассейна реки Каменной заповедника «Костомукшский» // Труды Гос. природного заповедника «Костомукшский». 2015. Вып. 1. С. 104–113.

Лябзина С. Н., Приходько А. Н., Лаврукова О. С. Метод изучения некрофильных насекомых на трупах крупных животных // Принципы экологии. 2016. Вып. 2. С. 91–98.

Лябзина С. Н., Азовский А. И., Лаврукова О. С., Сиккиля Н. С., Дьяченко Е. Г., Долматов К. А. Сообщество некрофильных двукрылых и условия его формирования в населенных пунктах Северо-Запада России // Энтомологическое обозрение. 2017. Т. 96. № 3. С. 479–489.

## О СЕМЕЙСТВЕ СОБАЧЬИХ (*CANIDAE*) В ЗАПОВЕДНИКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

### THE *CANIDAE* FAMILY IN THE NATURE RESERVES OF MURMANSK REGION IN THE EARLY 21<sup>ST</sup> CENTURY

Макарова О. А.<sup>1</sup>, Катаев Г. Д.<sup>2</sup>, Бойко Н. С.<sup>3</sup>

Макарова О. А.<sup>1</sup>, Катаев Г. Д.<sup>2</sup>, Бойко Н. С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Государственный природный заповедник «Пасвик», Никель, Мурманская область;  
e-mail: murtansk37@mail.ru

<sup>2</sup>Лапландский государственный природный биосферный заповедник,  
Мончегорск, Мурманская область; e-mail: kataev105@yandex.ru

<sup>3</sup>Кандалакшский государственный природный заповедник,  
Кандалакша, Мурманская область; e-mail: boykon27@mail.ru

Four species of the *Canidae* family are found in Murmansk Region: Wolf (*Canis lupus* L.), Red fox (*Vulpes vulpes* L.), Arctic fox (*Alopex lagopus* L.), and Raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides* Gray). Red fox is a common species and its population size is rather large. Wolf is a more rare species: only two observations have been made in all reserves of the northern Kola Peninsula. Arctic fox is found only in the northeast of the region and has been seen in the Kandalaksha State Nature Reserve (Barents Sea islands and coast). Raccoon dog is a very rare species in Murmansk Region. It has been seen in the south and southwest of the region, in border areas, but it doesn't live permanently in the reserves. In the Pasvik State Nature Reserve, racoon dog was observed only once on 6.VI.2012. Red fox is a common species in all nature reserves and is routinely monitored.

В начале XXI в. в Мурманской области зарегистрировано 4 вида из семейства Собачьих (*Canidae*). Волк (*Canis lupus* L.), лисица (*Vulpes vulpes* L.) и песец (*Alopex lagopus* L.) относятся к аборигенным животным. Енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides* Gray) – чужеродный вид, естественный ареал которого находится на юго-востоке России. В 1930 г. была сделана попытка акклиматизации енотовидной собаки, 30 особей выпустили на реке Умба, но они вскоре исчезли. Мониторинг этой группы позвоночных проводится Министерством природных ресурсов и экологии Мурманской области и заповедниками. По результатам зимнего маршрутного учета (ЗМУ) и наземным наблюдениям численность волка колеблется в пределах 200 особей, лисица распространена повсеместно и многочисленна, песец в основном встречается на северо-востоке региона. Енотовидная собака редка, заходит с сопредельной территории, встречается только на юге и юго-западе региона.

В Кандалакшском заповеднике волк редок. Обычно хищник переходит из Карелии и мигрирует севернее, где выше численность копытных (диких и особенно домашних оленей), там же находятся зимние стойбища лосей. Лисица обычна, зимой передвигается по льду, осваивает острова. Песец может быть встречен на заповедных островах и побережье Баренцева моря, но численность его невелика. Енотовидной собаки в Кандалакшском заповеднике нет, единичные встречи отмечены вне территории. ЗМУ проводится на южных участках. Наиболее полные данные по лисице. Показатель учета (ПУ) лисицы самый высокий на о. Ряшков: в среднем за 13 лет — 21.5 следов/10 км (Lim. 5-27.3); за 16 лет на Турьем мысу в среднем 2.6/10 км (Lim. 0.7-6.3). ПУ на других

участках низкий: от 0.4/10 км в Порьей губе и до 1.0 пересечений/ 10 км — на о. Великом.

В Лапландском заповеднике ситуация с представителями семейства Собачьих немного иная. Песец и енотовидная собака не отмечены. Волк обитает постоянно, но редок. Лисица обычна. ПУ лисицы по данным ЗМУ в среднем за 18 лет — 1.03 следов/10 км (Lim. 0.0–2.8).

В заповеднике «Пасвик» волк чрезвычайно редок. При проведении ЗМУ изредка отмечаются одиночные следы в заповеднике, но чаще на прилегающей территории. Песец не был отмечен ни разу. Енотовидная собака редка, отмечалась на прилегающей территории, и один раз в заповеднике (06.06.2012 г. на о. Варлама нашли двух щенков, на 2-й день они исчезли). Лисица обычна. В среднем за 15-летний период ЗМУ с 2003 по 2017 гг. ПУ равен 2.38 пересечений/10 км (Lim. 0.14-5.61).

Таким образом, из представителей семейства Собачьих в заповедниках Мурманской области постоянно обитает только лисица. Учитывая, что лисица представляет угрозу, как переносчик опасных заболеваний, ее можно использовать как объект для общего мониторинга по специальной программе.

## **АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ, ПРОИЗОШЕДШИХ В ОРНИТОФАУНЕ КОСТОМУКШСКОГО ЗАПОВЕДНИКА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ**

### **AN ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE AVIFAUNA OF THE KOSTOMUKSHA RESERVE OVER THE PAST DECADES**

Матанцева М. В., Симонов С. А.

Matantseva M. V., Simonov S. A.

*Институт биологии — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: Maria.Matantseva@bio.krc.karelia.ru*

To analyze the changes in the avifauna of the Kostomuksha State Nature Reserve (KR), Karelia, Russia, over the past decades, we used the data of several published surveys conducted there in 1987-2013 and our own observations in 2015-2018. About 150 bird species were observed in KR, including 110 breeding species. Our new data supported the preliminary conclusions suggesting that over the past decades, the species composition of KR has not changed significantly. The preservation of the bird species composition seems to result from the preservation of habitats in the reserve. Most of these were mid-successional or late successional already decades ago and have not changed significantly since then. However, we registered some shifts in the quantitative ratio of different species present in KR. The share of typical taiga species has declined, whereas the share of widespread species and species of the southern origin has slightly increased. The reasons for these changes are discussed.

Последнее комплексное исследование орнитофауны Костомукшского заповедника было реализовано в 1987-1995 гг. [Сазонов, 1997]. После этого были организованы специальные орнитологические обследования этой территории в 2000 и 2009 гг. [Сазонов, 2015]. В последующие годы знания о птицах заповедника пополнялись лишь благодаря отдельным наблюдениям его



сотрудников, мониторингу численности тетеревиных в ходе зимних маршрутных учетов и специальных учетов волонтеров в зимний период под руководством Е.С. Преображенской [Преображенская, 2015]. В 2015 г. мы начали ежегодные исследования на территории заповедника в летние месяцы. Результаты исследований 2015 и 2016 гг. представлены в нашей недавней публикации [Симонов, Матанцева, 2017]. С тех пор мы продолжили обследование разных участков Костомукшского заповедника, а также прилегающих к нему зон, включая вырубки. Полученные материалы дополнили объем данных, которые могут быть использованы для анализа динамики орнитофауны заповедника за последние десятилетия с учетом природных и антропогенных изменений на его территории и на смежных участках.

В ходе наших исследований были применены следующие методы:

- маршрутные учеты, частично повторяющие трансекты прежних лет [Сазонов, 1997] — для возможности прямого сопоставления новых данных и данных, полученных ранее;
- точечные учеты — для дополнительного анализа пространственных зависимостей распределения птиц, включая анализ возможного влияния на орнитофауну заповедника вырубок на прилегающих территориях;
- обследование контрольных участков, представляющих основные типы местных биотопов.

Всего в Костомукшском заповеднике отмечено около 150 видов птиц, из них 110 гнездящихся [Сазонов, 2015; наши данные]. Новые данные подтвердили предварительные заключения о том, что за последние десятилетия видовой состав орнитофауны заповедника в целом сохранился, тогда как количественное соотношение птиц разных видов несколько изменилось [Симонов, Матанцева, 2017]. Сохранение видового состава орнитофауны мы связываем с сохранением биотопического состава Костомукшского заповедника практически неизменным за рассматриваемый период. Большая часть растительных сообществ заповедника уже 20–30 лет назад находилась в зрелом или климаксном состоянии. В свою очередь, смещение в количественном соотношении представителей разных видов выражалось в сокращении доли типично таежных видов и увеличении доли широко распространенных видов и видов южного происхождения. Подобное смещение в соотношении видов в настоящее время не носит критического характера, существенно определяющего изменение облика орнитофауны заповедника, который в целом остается типично таежным. Тем не менее, ввиду того, что отмеченные нами тренды были зарегистрированы и в других таежных экосистемах [Хохлова, Артемьев, 2011], эти изменения заслуживают особого внимания и тщательного изучения. Снижение доли типично таежных видов и увеличение доли видов более южного происхождения, не имеющих специальных адаптаций к таежным условиям обитания, могут обуславливать неустойчивость формирующихся орнитокомплексов. Среди причин, вызывающих подобное смещение видового соотношения в таежных орнитофаунах, называют усиление антропогенной нагрузки на экосистемы, включающую растущую долю вырубок, уменьшение площади старовозрастных лесов, нарушение естественных местообитаний [Хохлова, Артемьев, 2011.]. Однако окончательно причины таких изменений не доказаны. Ввиду довольно обширного характера подобных смещений в соотношении птиц разных видов

в таежных орнитокомплексах можно предположить, что это в определенной степени результат естественной динамики численности видов.

*Работа выполнена по договору с ГПЗ «Костомукшский», в рамках темы № 0221-2017-0046, при частичной поддержке РФФИ (грант № 18-44-100008 р\_а).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Преображенская Е. С.* Зимнее население птиц заповедника «Костомукшский» и его окрестностей в период 2001-2013 гг. // Труды Государственного природного заповедника «Костомукшский». 2015. № 1. С. 153–160.

*Сазонов С. В.* Орнитофауна заповедников и национальных парков северной тайги Восточной Фенноскандии и ее зоогеографический анализ. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 1997. 116 с.

*Сазонов С. В.* Птицы заповедника «Костомукшский» и сопредельных территорий // Труды Государственного природного заповедника «Костомукшский». 2015. № 1. С. 135–152.

*Симонов С. А., Матанцева М. В.* Обследование состояния орнитофауны Костомукшского заповедника в 2015 и 2016 гг. // Труды Карельского НЦ РАН. 2017. № 4. С. 26–40.

*Хохлова Т. Ю., Артемьев А. В.* Значение Зеленого пояса Фенноскандии для сохранения таежного орнитокомплекса Европы // Труды Карельского НЦ РАН. 2011. № 2. С. 127–132.

### **МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ К ВЛИЯНИЮ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ**

### **MECHANISMS OF ADAPTATION OF THE DIGESTIVE SYSTEM IN MAMMALS TO THE PHOTOPERIODIC CONDITIONS OF NORTH-WEST OF RUSSIA**

Морозов А. В.<sup>1</sup>, Антонова Е. П.<sup>1</sup>, Астафьева П. А.<sup>2</sup>, Брулер Е. С.<sup>2</sup>,

Володина А. Д.<sup>2</sup>, Обухова Е. С.<sup>2</sup>, Илюха В. А.<sup>1</sup>

Morozov A. V.<sup>1</sup>, Antonova E. P.<sup>1</sup>, Astafieva P. A.<sup>2</sup>, Bruler E. S.<sup>2</sup>, Volodina A. D.<sup>2</sup>,

Obukhova E. S.<sup>2</sup>, Ilyukha V. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук;

e-mail: artem.morozov@yandex.ru

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет

A complex study of biochemical mechanisms of the adaptive responses of the digestive system in Syrian hamsters to the specific influence of the photoperiodic conditions of North-West of Russia (NL) and melatonin was conducted. Animals of both sexes were exposed to a 12:12 light/dark cycle (LD) or NL for 3 months (25.06-25.09). Hamsters were divided into groups: LD, NL (control); LD-mel, NL-mel (received melatonin). Sexual dimorphism of the photoperiodic reaction of several parameters was revealed. Females and males kept in the NL conditions had the decreased amylase activity in the pancreas and small intestine. Activities of both liver superoxide dismutase and catalase and small intestinal catalase in NL-females were lower than in LD-ones. Melatonin treatment caused the increase in amylase activity in both

pancreas and small intestine to the level of control values (LD), as well as to the decrease in MDA level in both liver and small intestine in hamsters of both sexes kept in the NL.

Север — особая климатогеографическая зона, где организм испытывает неблагоприятное воздействие совокупности факторов. Животные северных регионов подвергаются смене длительных периодов постоянного света в летний сезон и постоянной темноты зимой, тогда как LD цикл освещения (12 ч свет:12 ч темнота) наблюдается только в течение нескольких недель во время весеннего и осеннего равноденствия. Реакция организма на изменение световых условий окружающей среды обусловлена функцией нейроэндокринного органа — пинеальной железы, которая осуществляет многочисленные модулирующие влияния на физиологические системы организма в основном посредством своих гормонов, одним из которых является мелатонин. В желудочно-кишечном тракте вырабатывается в 400 раз больше мелатонина, чем в пинеальной железе, однако его вклад в объем циркулирующего в крови мелатонина невелик. Независимо от места синтеза, влияние мелатонина на пищеварительную функцию связано с угнетением перистальтических движений кишечника, а также с регуляцией активности пищеварительных ферментов. На данный момент существуют лишь фрагментарные сведения о механизмах адаптаций пищеварительной системы млекопитающих к условиям, учитывающим особенности годовой фотопериодичности районов Севера, что создаёт предпосылки для комплексного исследования в данной области.

В связи с этим, целью исследования было изучение влияния фотопериодических условий Северо-Запада России (Петрозаводск) в сочетании с экзогенным мелатонином (100 мкг/день/животное) на пищеварительную систему сирийского хомячка. Животные были разделены на 2 группы: контроль (LD: 12 часов свет / 12 часов темнота) и опыт (смоделированное освещение Республики Карелия (NL)). Каждая группа была разделена на 2 подгруппы: хомяки 1-й подгруппы получали мелатонин (LD+mel, NL+mel), 2-й - питьевую воду без мелатонина (LD, NL). Исследование проводили с периода летнего солнцестояния — 25 июня (NL – 19:36/4:24) до периода осеннего равноденствия — 25 сентября (NL — 12/12). Исследовали биохимические показатели крови, ферментативный статус поджелудочной железы и тонкого кишечника, антиоксидантную защиту печени и тонкого кишечника и изменение веса тела, кормо- и водопотребления у самок и самцов сирийского хомячка.

В результате проведенного исследования был выявлен половой диморфизм фотопериодической реакции некоторых физиологических систем. В отличие от самок, у самцов, содержащихся в NL условиях, наблюдалось увеличение веса тела, кормопотребления и уровня общего холестерина в крови по сравнению с LD-самцами. Показано, что содержание самок и самцов в NL приводило к снижению активности амилазы в поджелудочной железе и в тонком кишечнике. Активность антиоксидантных ферментов в печени и тонком кишечнике NL-самок на начальном этапе эксперимента была ниже, чем у LD-самок.

В целях коррекции физиологического состояния в период смещения сезонных биологических ритмов и для раскрытия механизмов участия мелатонина в физиологических адаптациях, животным в ночное время добавляли мелатонин. Показано, что экзогенный мелатонин способствовал увеличению веса тела, кормо- и водопотребления только у самок в NL+mel, противоположный эффект гормона на данные показатели наблюдался в LD+mel как у самок, так и у самцов.

Применение мелатонина в NL+mel приводило к увеличению амилазы в поджелудочной железе и в тонком кишечнике до уровня контрольных значений (LD), а также к снижению уровня перекисного окисления липидов в органах самок и самцов сирийского хомячка.

Полученные результаты свидетельствуют о чувствительности пищеварительной системы к фотопериоду и экзогенному мелатонину у сирийских хомячков. По нашему мнению, выявленные различия между световыми режимами связаны прежде всего с изменением синтеза мелатонина пинеальной железой при смене световых условий.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (0221-2017-0052), а также при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 18-34-00035 мол\_а).*

## **ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЛЕУТСКИХ ОСТРОВОВ**

### **DIATOMS OF THE PEAT-BOG DEPOSITS ON THE ALEUTIAN ISLANDS**

Неплюхина А. А., Чудаев Д. А., Гололобова М. А.

Neplyukhina A. A., Chudaev D. A., Gololobova M. A.

*Биологический факультет Московского государственного университета  
им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: gololobovata@mail.ru*

The diatoms of the peat-bog deposits of the Carlisle and Shemya Islands (Aleutian Islands, USA) were studied. In general, 137 species of 56 genera, 29 families, 17 orders, and 3 classes were identified; 62 species were observed for the first time in Alaska and the Aleutian Islands. Development histories of the water bodies based on an analysis of the distribution of diatoms in the sediments were proposed.

Диатомовые водоросли являются хорошими биомаркерами при изучении донных отложений как морских, так и континентальных водоемов [Прошкина-Лавренко, 1974].

Для проведения палеорекоkonструкций особый интерес представляет так называемый берингийский регион. В течение нескольких эпизодов геологической истории там располагалась Берингия – широкий «мост» (в англ. «land bridge»), который связывал северо-восточную часть Азии (Чукотку и Камчатку) и северо-западную часть Северной Америки (Аляску) [Hoffecker, Elias, 2007].

Стоит отметить, что исследований современных и ископаемых диатомовых водорослей Берингии крайне мало. Несмотря на то, что в настоящее время современные диатомовые водоросли северо-запада Северной Америки активно изучаются [Bahls, 2009, 2013 и др.], диатомовые п-ова Аляски и гряды Алеутских островов очень слабо изучены. Работ по изучению диатомовых водорослей таких островов Алеутской гряды, как Карлайл и Симия, до настоящего времени не проводилось.

В связи с этим, целью нашей работы было исследование диатомовых водорослей торфяных отложений Алеутских островов (о-ва Карлайл и о-ва Симия).

Колонка с о-ва Симия, общей мощностью 385 см, отобранная из точки McDonald Point (восточная часть о-ва), была разделена на слои по 5 см; всего было получено 76 образцов. Колонка с о-ва Карлайл, отобранная из точки CR-03, общей мощностью 340 см, была разделена на слои мощностью 1 см, взятые через разные интервалы, от 1 до 5 см. Всего было получено 70 образцов.

Очистку образцов от органического содержимого проводили по методике, изложенной в руководстве М. Келли с соавт. [Kelly et al., 2001]. Исследование препаратов проводили методами световой (СМ Leica 2500, СМ Leica DM500) и электронной (СЭМ Jeol JSM-6380) микроскопии.

В результате исследований торфяных отложений с островов Симия и Карлайл было выявлено 137 таксонов диатомовых водорослей видового и внутривидового рангов, относящихся к 3 классам, 17 порядкам, 29 семействам и 56 родам. Среди всех отмеченных видов, разновидностей и форм диатомовых водорослей, 62 таксона отмечено впервые для Аляски и Алеутских островов. По данным изучения диатомовых водорослей при помощи СЭМ можно сказать, что створки диатомовых в изученных отложениях имеют разную сохранность, что, вероятно, связано с комплексным воздействием физико-химических факторов. Большинство отмеченных таксонов являются космополитами по своему распространению и являются широко распространенными в субарктике. Большинство отмеченных видов являются бентосными организмами; в отложении о-ва Симия преобладают ацидофилы и ацидобионты, в отложении о-ва Карлайл — алкалофилы, что говорит о том, что локальные условия, в которых шло формирование водоемов, были различными. Анализ послыного распределения видов диатомовых водорослей в колонке о-ва Симия показал, что, по-видимому, на месте отложения в прошлом существовал неглубокий олиготрофный водоем с относительно низким значением рН, причем, уровень воды колебался в разные периоды времени; при этом, уровень трофности не менялся на всем протяжении существования водоема. Анализ послыного распределения видов диатомовых водорослей в колонке о-ва Карлайл показал, что, по-видимому, на месте отложения в прошлом существовал неглубокий эвтрофный водоем с высоким значением рН, причем, уровень воды практически не изменялся на всем протяжении существования водоема (водоем постоянно был мелководным). Предполагаемые закономерности развития водоемов, существовавших на месте исследованных торфяников, обусловлены не столько глобальными климатическими изменениями в течение голоцена, сколько локальными факторами среды, при которых формировались соответствующие диатомовые сообщества.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Прошкина-Лавренко А. И.* (ред.). Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. Т. 1. Л.: Наука. 1974. 403 с.
- Bahls L. L.* A checklist of diatoms from inland waters of the northwestern United States. // Proc. Acad. Nat. Sci. Philad. 2009. Vol. 158. № 1. P. 1–35.
- Bahls L. L.* New diatoms (Bacillariophyta) from western North America. // Phytotaxa. 2013. Vol. 82. № 1. P. 7–28.
- Hoffecker J. F., Elias S. A.* Human ecology of Beringia. Columbia University Press. 2007. 304 p.
- Kelly M. G., Adams C., Graves A. C.* The Trophic Diatom Index: A User's Manual. Bristol: Environmental Agency. 2001. 135 p.

## ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОСЯ И ДИКОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ В КАРЕЛИИ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

### DYNAMICS OF THE POPULATION SIZE AND DISTRIBUTION OF MOOSE AND WILD REINDEER IN REPUBLIC OF KARELIA AND MURMANSK REGION

Панченко Д. В., Данилов П. И., Тирронен К. Ф., Кузнецова А.С.

Panchenko D. V., Danilov P. I., Tirronen K. F., Kuznetcova A. S.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: danja@inbox.ru*

There has been an increase in the moose population in the study area according to the Winter Track Count data since the beginning of the new millennium. The starting moment of this process and its rate differ in Murmansk Region and the Republic of Karelia. The study area is inhabited by two subspecies of wild reindeer: forest (*Rangifer tarandus fennicus* Lonnb.) and tundra (*Rangifer tarandus tarandus* L.). The western population of wild reindeer on the Kola Peninsula mainly inhabits the territory of the Lapland Reserve and red-listed in Murmansk Region. The eastern population of wild reindeer on the peninsula is limited by the area occupied by domestic reindeer husbandry. The studies in 2014-2018 showed that wild reindeer are rare in this part of the study area. The number of forest reindeer in Karelia is also low and is estimated at 2.400 individuals.

Изучение динамики численности и распространения – одна из основных задач фундаментальных исследований, необходимых для понимания внутривидовых процессов, обеспечивающие пластичность и устойчивое развитие популяций, прогноза их изменений в будущем. В прикладном аспекте такие данные являются научной основой решения вопросов управления популяциями, а именно использования и сохранения ресурсов.

По данным Зимнего маршрутного учета (ЗМУ) отмечается повсеместный рост численности лося на исследуемой территории с начала нового тысячелетия, однако, начало этого процесса и его темпы отличаются в разных частях региона. В Мурманской области увеличение численности началось в конце 2000-х гг., и к 2018 г. она составила около 8 тыс. особей. Анализ официальных данных о динамике численности лося в административных районах Мурманской области выявил высокие показатели роста поголовья даже на севере этого региона. Следует провести оценку численности вида в регионе не только с помощью ЗМУ, но и методом авиаучета. В Мурманской области распространение имеет пульсирующий характер и зимой связано с лесными территориями. В летний период наблюдаются перемещения лосей в тундровую зону [Семенов-Тянь-Шанский, 1948; Русаков, 1979, Макарова, 2011]. В Республике Карелия рост численности начался уже в начале 2000-х гг. Так, в среднем по Карелии показатель учета возрос с 1.7 в 2001 г. до 2.9 следа на 10 км в 2018 г., а общая численность вида в республике составило 21000 особей.

Наибольшие показатели учета, как и ранее, регистрируются в южных районах, особенно в Приладожье, несколько меньше относительная численность вида в центральной части и на севере республики.

На исследуемой территории обитают два подвида дикого северного оленя:

лесной (*Rangifer tarandus fennicus* Lonnb.) и тундровый (*Rangifer tarandus tarandus* L.). Вид находится под сильным негативным прессом антропогенного воздействия. Западная популяция дикого северного оленя Кольского полуострова населяет, главным образом, территорию Лапландского заповедника и внесена в Красную книгу Мурманской области [2014]. Исследования, выполненные в 2016–2018 гг. на территории Кандалакшского района Мурманской области, граничащей с Республикой Карелия, показали, что численность зверей низка и в этой части. Восточная популяция дикого северного оленя на Кольском полуострове ограничена с севера зоной домашнего оленеводства. Работы 2014–2018 гг. показали, что в Терском районе олени встречаются редко. Авиачет 2017 г. в Ловозерском районе также показал низкую численность животных, встречи стад отмечены на ограниченной территории. В Республике Карелия численность лесного северного оленя низка и оценивается в 2400 особей. Большая доля населения подвида сосредоточена в северных районах республики: Лоухский, Калевальский, Кемский. Южная граница распространения подвида проходит по центральным районам Карелии.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 0221-2017-0046) и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-54-00018).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Данилов П. И. Охотничьи звери Карелии: экология, ресурсы, управление, охрана. М.: Наука. 2005. 340 с.

Красная книга Мурманской области. Кемерово: Азия-принт. 2014. 584 с.

Макарова О. А. Размещение копытных зверей в Мурманской области в начале XXI века // Поведение, экология и эволюция животных. Т. 2. Рязань: НП «Голос губернии». 2011. С. 185–195.

Семенов-Тянь-Шанский. Лось на Кольском полуострове // Труды Лапландского заповедника. 1948. Вып. 2. С. 91–162.

Русаков О. С. Современное состояние природных ресурсов, экология и вопросы хозяйственного использования копытных Северо-Запада СССР // Копытные Северо-Запада СССР. Л.: Наука. 1979. С. 63–293.

#### **АНТИОКСИДАНТНЫЙ И ВИТАМИННЫЙ СТАТУСЫ КАБАНА (*SUS SCROFA* L., *ARTIODACTYLA*) НА ПЕРИФЕРИИ АРЕАЛА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)**

#### **ANTIOXIDANT AND VITAMIN STATUS OF THE WILD BOAR (*SUS SCROFA* L., *ARTIODACTYLA*) IN ITS RANGE PERIPHERY (REPUBLIC OF KARELIA)**

Сергина С. Н., Панченко Д. В., Баишникова И. В., Антонова Е. П., Илюха В. А.  
Sergina S. N., Panchenko D. V., Baishnikova I. V., Antonova E. P., Ilyukha V. A.  
Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: cvetnick@yandex.ru

Tissue antioxidants and vitamins were studied in wild boars (*Sus scrofa* L., *Artiodactyla*) of different ages in the periphery of its range (Lahdenpohja District, Republic of Karelia). The

results indicate that the functioning of the antioxidant system in the wild boar is stable throughout life. The age-related accumulation of vitamin A in the liver of wild boars appears to be a compensatory mechanism that balances age-related oxidative stress and represents a self-regulating protective adaptation.

Антиоксидантная защита тканей рассматривается как система неспецифической резистентности организма к действию факторов среды, тогда как витаминный статус является одним из критериев интегральной оценки адаптационных резервов организма в экстремальных природно-климатических условиях Севера. Исследовали антиоксидантный статус и содержание витаминов А и Е в органах кабанов (*Sus scrofa* L., Artiodactyla) разного пола и возраста (0.5–5.5 лет) (n=21), обитающих на периферии ареала (Лахденпохский район, Карелия). Отбор биологического материала произведён в период охоты (август–ноябрь) по разрешениям Управления охотничьего хозяйства Министерства сельского, рыбного и охотничьего хозяйства Республики Карелия. В образцах печени, почек, сердца и скелетной мышцы были проанализированы: активности антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы и каталазы, уровень восстановленного глутатиона, а также содержание  $\alpha$ -токоферола и ретинола. Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами статистики, используя пакеты программ MS Excel и Statgraphics Plus 5.0. Для оценки влияния факторов применяли одно- и многофакторный анализ (ANOVA/ MANOVA). Статистически значимыми считали различия при  $p < 0.05$ .

Результаты указывают на относительную стабильность антиоксидантного статуса организма кабана, поддерживаемую в течение жизни, что согласуется с данными исследований, выполненных на других видах млекопитающих [Matsuo et al., 1992; van der Loo et al., 2004]. Не выявлено влияния возраста и пола животных на активность антиоксидантных ферментов, содержание глутатиона и витамина Е в органах. В печени отмечено достоверное влияние возраста на уровень витамина А, который необходим для разнообразных физиологических функций, включая зрение, иммунный ответ, минерализацию костей, репродуктивную функцию, дифференцировку клеток и рост. Ретинол является относительно неактивной формой витамина А и депонируется в печени. Его возрастное накопление в печени кабанов, по-видимому, является компенсационным механизмом, уравнивающим связанный с возрастом окислительный стресс и представляющим собой саморегулируемую защитную адаптацию. Наши результаты согласуются с данными, полученными на других млекопитающих и свидетельствующими о возрастном увеличении уровня ретинола в печени, которая является органом, наиболее быстро реагирующим на изменение уровня витамина А в организме и выполняющим гомеостатическую функцию, позволяя организму адаптироваться к изменениям условий внешней среды [van der Loo et al., 2004].

*Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ тем 0221-2017-0046 и 0221-2017-0052), а также за счёт гранта РФФИ № 18-54-00018.*



## ЛИТЕРАТУРА

Matsuo M., Gomi F., Dooley M. M. Age-related alterations in antioxidant capacity and lipid peroxidation in brain, liver, and lung homogenates of normal and vitamin E-deficient rats // *Mech. Ageing Dev.* 1992. Vol. 64. P. 273–292.

Van der Loo B., Labugger R., Aebischer C. P., Bachschmid M., Spitzer V., Kilo J., Lüscher T. F. Age-related changes of vitamin A status // *J. Cardiovascular Pharmacol.* 2004. Vol. 43(1). P. 26–30.

## БИОРАЗНООБРАЗИЕ АБОРИГЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ШУНГИТОВЫХ ПОРОДАХ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ

## BIODIVERSITY OF ABORIGENTAL BACTERIAL COMMUNITIES IN THE SHUNGITES OF THE ONEGA STRUCTURE

Сидорова Н. А.<sup>1</sup>, Савушкин А. И.<sup>2</sup>, Трофимова С. А.<sup>1</sup>, Ковалевский В. В.<sup>3</sup>

Sidorova N. A.<sup>1</sup>, Savushkin A. I.<sup>2</sup>, Trofimova S. A.<sup>1</sup>, Kovalevsky V. V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Петрозаводский государственный университет, Институт биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводск, Республика Карелия; e. mail: fagafon@yandex.ru

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, МИП «МИКРОБИОМ», Петрозаводск, Республика Карелия; e. mail: sidkitts@gmail.com

<sup>3</sup>Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Республика Карелия; e.mail: kovalevs@krc.karelia.ru

Primary data on the diversity of selected bacterial communities in the microflora of the shungite rocks of the Onega structure of the Zazhogino, Nigozero, Zalebyazhye, and Maksovo deposits was collected. Using the standard methods of microbiological analysis and genetic typing, dominant representatives of Proteobacteria, Actinobacteria, and Firmicutes were identified, DNA fragments of bacteria of the genus *Bacillus*, *Cupriavidus*, *Methylobacterium*, *Micrococcus*, *Sphingomonas* were cloned. Morphological, physiological, and biochemical properties were studied in the selected cultures, the role of shungite rocks in the bioleaching of mineral components was assessed.

Шунгитовые породы являются углеродсодержащим нерудным полезным ископаемым Карелии, уникальным по условиям образования, гигантским прогнозным запасам и структурному состоянию углеродистого вещества и пород. Показана перспективность использования шунгитовых пород в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве, в получении новых материалов, решении экологических проблем [Калинин, Ковалевский, 2013]. Несмотря на значимость микробиологических процессов во многих направлениях практического использования, микробиота шунгитовых пород остается плохо изученной, поскольку условия образования и залегания исследуемых пород сложны и отличаются по физико-химическим, геохимическим и геологическим особенностям. Все эти факторы взаимосвязаны и суммарно действуют на жизнедеятельность и разнообразие микроорганизмов, распространение и активность которых определяется параметрами биотопа. Исследование посвящено доминантным видам бактерий, выделенным из природных биотопов шунгитовых пород с месторождений «Захогино», «Нигозеро», «Залебяжье» и «Максово» и является продолжением комплексных исследований по изучению

микрофлоры исследуемых пород и её роли в сложных процессах биовыщелачивания [Савушкин и др., 2018]. Таксономическая принадлежность видов устанавливалась с помощью микробиологического анализа и генетического типирования, выполненного на базе Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» в Лаборатории молекулярной диагностики ЦКП «Биоинженерия» (Москва). Установлено, что микробное разнообразие в составе исследованных биотопов представлено аэробными, анаэробными и факультативно анаэробными видами. Выделенные группы микроорганизмов отнесены к факультативным метилотрофам; хемоорганотрофам, участвующим в окислении сероводорода, молекулярной серы и тиосульфата; хемолитотрофам с миксотрофным типом питания. К доминирующим филотипам отнесены филы Proteobacteria, Actinobacteria и Firmicutes, наибольшая доля от совокупного микробиома шунгитовых пород принадлежит Proteobacteria (от 76.4 до 81.2 %). Клонированы ДНК фрагменты, включающие нуклеотидную последовательность гена 16S рРНК штаммов рода *Cupriavidus* ранее *Ralstonia*, *Bacillus subtilis*, *Methylobacterium podarium*, *Micrococcus luteus*, *Sphingomonas yabuuchiae*. Выделенные культуры апробированы в опыте по биовыщелачиванию минеральных компонент шунгитовых пород. Установлен эффект выщелачивания сульфидных минералов, удаление некоторых кристаллов пирита и почти полное исчезновение на энергодисперсионных спектрах серы при снижении концентрации железа. В отличие от полученных ранее результатов с использованием монокультур *Bac.subtilis* [Савушкин и др., 2018], не обнаружено присутствие микробных клеток, но доказана метаболическая активность бактерий, обусловленная контактным, бесконтактным и совместным выщелачиванием, в том числе с помощью органических кислот, генерируемых микроорганизмами [Fathollahzadeh et al., 2018].

#### ЛИТЕРАТУРА

Калинин Ю. К., Ковалевский В. В. Шунгитовые породы: горизонты научного поиска // Наука в России. 2013. № 6. С. 66–72.

Савушкин А. И., Сидорова Н.А., Трофимова С. А., Ковалевский В. В. Изучение бактерий рода *Bacillus* — потенциальных участников обогащения (микробной трансформации) шунгита // Материалы Российского совещания с международным участием «Роль технологической минералогии в рациональном недропользовании». М.: ВИМС. 2018. С. 177–180.

Fathollahzadeh H., Becker T., Eksteen J.J., Kaksonen A.H., Watkin E.L.J. Microbial contact enhances bioleaching of rare earth elements // Bioresource Technology Reports. 2018. Vol. 3. P. 102–108.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СВЕЖИХ ВЫРУБОК НА ОРНИТОФАУНУ ПРИЛЕГАЮЩИХ УЧАСТКОВ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

### AN ASSESSMENT OF THE IMPACT OF LOGGING ON THE AVIFAUNA OF PROTECTED AREAS

Симонов С. А., Матанцева М. В.

Simonov S. A., Matantseva M. V.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: Sergey.Simonov@bio.krc.karelia.ru*

We analyzed potential remote effects of logged areas (5 years old and more recent) in the surroundings of the Kostomuksha State Nature Reserve (KR) on the avifauna of the reserve. The habitat composition of KR is relatively homogeneous throughout the whole territory and includes taiga forests, swamps, lakes, and rivers. We conducted our surveys in 2018 using the point count method with a mean duration of 5 minutes at each point. The analysis included data from 147 points at different distances from logged areas. Data analysis was performed in R 3.5.2. We have not found any relationship between the number of ‘typical taiga species’ or ‘common species’ and the distance from the edge of the nearest logged area. At the same time, we confirmed the expected increase in the number of birds in the open areas and ecotones in the immediate vicinity of the logged areas (Spearman rank correlation:  $r=-0.325$ ,  $p<0.05$ ). The share of these birds in the avifauna of whole KR is insignificant.

Лесозаготовительные работы сопряжены с неизбежной трансформацией фитоценозов, приводящей к изменению фауны, в т.ч. орнитофауны. Характер подобных изменений в составе орнитофауны нарушенных территорий изучен достаточно хорошо [Керзина, 1956; Гынгазов и др., 1967; Marzluff et al., 2000; Мельников, Гриднева, 2011 и др.]. Однако при высокой степени пространственной активности, характерной птицам, наряду с прямым воздействием на орнитофауну нарушенных территорий ожидаемо дистанционное влияние лесозаготовительных работ на орнитофауну прилегающих территорий, не затронутых рубкой леса. С целью анализа возможного дистанционного влияния трансформации фитоценозов на орнитофауну ненарушенных территорий проведен поиск подходящих модельных площадок для исследований, сочетающих близость свежих вырубок (не старше 5 лет) и относительную однородность растительно-ландшафтных комплексов. Предъявленным требованиям удовлетворяет территория государственного природного заповедника «Костомукшский», характеризующаяся относительной однородностью и включающая комбинацию таежных старовозрастных лесов, таежных болот и озерно-речных комплексов.

В 2018 г. на территории государственного природного заповедника «Костомукшский» проведена серия учетных работ. Для характеристики населения птиц данной ООПТ выбран метод точечных учетов с продолжительностью учета 5 минут в каждой точке. В анализ вошли данные по 147 точкам, расположенных на разном удалении от границы нарушенных территорий. Расстояние между отдельными точками составляло 250–300 м, что, при должном внимании, позволило практически исключить возможность одновременного учета одной особи с двух точек наблюдения. Анализ данных

осуществлен с применением программного обеспечения R версии 3.5.2 (The R Foundation for Statistical Computing, 2018).

Рабочая гипотеза исследования предполагала наличие комплексного дистанционного отрицательного влияния вырубок на численность представителей таежной орнитофауны, нейтрального влияния на численность представителей фоновых видов и положительного влияния на численность птиц открытых стадий и экотонов непосредственно вблизи вырубок. Попытка построения GLMM модели на имеющемся материале не позволила однозначно подтвердить или опровергнуть рабочую гипотезу. На данный момент не выявлено достоверной зависимости численности видов категорий «типично таежных» и «фоновых» от удаленности от края ближайшей вырубки. Предположительно, потенциальное негативное влияние вырубок на смежных с заповедником территориях на численность типичных для заповедника видов компенсируется довольно большой площадью ненарушенных местообитаний данного природного резервата.

Вместе с тем, было отмечено ожидаемое увеличение численности птиц открытых стадий и экотонов непосредственно вблизи вырубок (тест ранговой корреляции Спирмена:  $r = -0.325$ ,  $p < 0.05$ ). Однако на данный момент доля участия этих птиц в орнитофауне заповедника не значительна.

Запланированное продолжение учетных работ с увеличением числа точек наблюдения в пределах заповедника, а также включением в анализ Калевальского национального парка — ближайшей к заповеднику ООПТ (официально являющегося его частью) — позволит провести более детальный анализ дистанционного влияния преобразования фитоценозов на участках, смежных с ООПТ, на орнитофауну охраняемых территорий.

*Исследования проведены на основе договора с администрацией ГПЗ «Костомукшский» при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-44-100008 p\_a).*

## ЛИТЕРАТУРА

*Керзина М. Н.* Влияние вырубок и гарей на формирование лесной фауны // Роль животных в жизни леса. М.: Изд-во МГУ. 1956. С. 217–297.

*Гынгазов А. М., Елисеева В. М., Крыжановская В. В., Москвитин С. С.* Изменение животного населения тайги в связи с рубками // Проблемы экологии. Томск: Кн. изд-во. 1967. Т. 1. С. 72–81.

*Мельников В. Н., Гриднева В. В.* Посттехногенные сукцессии орнитокомплексов Восточного Верхневолжья. Ч. I. Динамика орнитофауны на начальных этапах сукцессии лесной растительности после сплошнолесосечных рубок // Поволжский экологический журнал. 2011. № 3. С. 361–369.

*Сазонов С. В.* Тенденции антропогенной динамики орнитофауны в таежных ландшафтах Северо-Запада России // Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты Материалы международной научно-практической конференции. 2004. С. 109–113.

*Marzluff J. N., Raphael M. G., Sallabanks R.* Understanding the effects of forest management on avian species // Wildlife Society Bulletin. 2000. Vol. 28. P. 1132–1143.

## ВТОРИЧНЫЕ БИОГЕННЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫЕ СЛАБЫМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ

### SECONDARY BIOGENIC RADIATION OF PLANTS INDUCED BY WEAK GAMMA RADIATION

Смирнова М. В.,<sup>1</sup> Смирнов А. А.,<sup>2</sup> Кашулин П. А.<sup>1</sup>  
Smirnova M. V.<sup>1</sup>, Smirnov A. A.<sup>2</sup>, Kashulin P. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: zbe3do4et@mail.ru

<sup>2</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального исследовательского  
центра «Кольский научный центр Российской академии наук»;  
e-mail: smirnov@chemy.kolasc.net.ru

The effects of the weak gamma-radiation emitted by <sup>152</sup>Eu sources on decorative indoor plants were studied by measuring ultraweak chemiluminescence and pulse amplitude modulated chlorophyll fluorescence. Irradiation of experimental plants induced an increase in luminescence in Hibiscus discs and a decrease in Fv/Fm in all plants. An increase in Fm in ficus foliage at day 3 was also found. These results suggest presence of secondary biogenic emission induced by low doses of gamma-radiation.

Одним из загрязнителей биосферы, влияющих на северные экосистемы, являются техногенные радионуклиды, а также высокий уровень естественного космического излучения. Оба эти фактора способны оказывать влияние на живые системы, как прямо [Гродзинский, 1989], так и косвенно путем так называемого вторичного биогенного излучения [Кузин, 2002]. Нами было исследовано влияние слабого гамма-излучения на некоторые виды оранжерейных растений, культивируемых в лабораторных условиях, а также существование вторичного биологического излучения, индуцированного источником гамма-радиации <sup>152</sup>Eu, и его возможную биологическую активность в отношении других растений. В качестве объектов излучения использовали фикус бенджамина (*Ficus benjamina* L.), гибискус китайский (*Hibiscus rosa-sinensis* L.), культивируемые в контрольных лабораторных условиях. Для анализа возможных эффектов измеряли собственную слабую хемилюминесценцию растительных образцов (ПХЛ-01) и импульсную амплитудно-модулированную флуоресценцию хлорофилла листьев с помощью флуориметра PAM-2100 и «WALZ, Effetrich». Измерение проводили, так как указано Genti et al. [1989]. Облучение растений дозами 0.5 до 2.37 мГр и продолжительность 90 минут вызывало увеличение интенсивности слабой светоиндуцированной люминесценции растительных образцов растения гибискуса, которая через 3 минуты после освещения было в 2 раза выше у облученных образцов по сравнению с контрольными. Облучение этими же дозами вызывало снижение параметра Fv/Fm у интактных листьев всех экспериментальных растений. Это указывает на снижение фотохимической ассимиляции и одновременную активацию фотозащитных механизмов. Для изучения вторичных эффектов осуществляли совместную экспозицию только что облученных и необлученных растений на расстоянии от 10 до 50 см. У необлученных растений фикуса, используемых в качестве детекторов, было обнаружено повышение максимальной флуоресценции Fm на третьи сутки после контакта с облученными.

Обнаруженное взаимовлияние растений, индуцированное физическими факторами, может играть роль синхронизирующего фактора фотосинтетической активности крон разных растений на популяционном уровне [Калачева и др., 2018].

#### ЛИТЕРАТУРА

*Гродзинский Д. М.* Радиобиология растений. Киев: Наукова думка. 1989. 384 с.

*Калачёва Н. В., Кашулин П. А., Журина Э. И.* // Синхронность фотосинтеза и устойчивость растений на севере // Вестник Кольского научного центра РАН. 2018. № 1. С. 107–117.

*Кузин А. М.* Роль природного радиоактивного фона и вторичного биогенного излучения в явлениях жизни. М.: Наука. 2002. 79 с.

*Genty B., Briantais J-M., Raker N. R.* The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence // Biochim. Biophys. Acta. 1989. Vol. 990. P. 87–92.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМ ОЗЕЛЕНЕНИЯ В ГОРОДАХ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И СЕВЕРНОГО УРАЛА**

### **RECOMMENDATIONS ON URBAN LANDSCAPING SYSTEMS FOR THE NORTH OF WESTERN SIBERIA AND THE NORTHERN URALS**

Сродных Т. Б.

Srodnykh T. B.

*Уральский государственный лесотехнический университет,*

*Екатеринбург, Свердловская область; e-mail: Tanya.Srodnykh@mail.ru*

Urban landscaping systems in the northern Urals and northern Western Siberia were studied. The area of public green spaces in the region's cities is shown. Insufficient number and area of plantings in the cities of northern Western Siberia, especially in Yamalo-Nenets Autonomous District, was found. The living conditions in these cities are considered unfavorable. Key elements of urban green spaces in the northern latitudes of the Urals and Western Siberia were identified. Recommendations and suggestions on some parameters of the planting structure, the optimal ratio of spatial structures, planting density, plant species selection are given. It is shown that in the northern cities of the Urals, these parameters are close to those in the temperate region, but the species selection requires a careful study.

Рассмотрены системы озеленения в северных городах Урала и Западной Сибири. Показана обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования в городах. Отмечено недостаточное количество и площадь насаждений в городах севера Западной Сибири, особенно в регионах ЯНАО. Условия проживания людей в этих городах классифицируются, как «не благоприятные». Определены основные позиции при формировании городских зеленых пространств в северных широтах Урала и Западной Сибири. Даны рекомендации и предложения по некоторым параметрам структуры насаждений, оптимальное соотношение типов пространственных структур, плотность посадки, позиции по подбору ассортимента видов растений. Указано, что в северных городах Урала данные параметры близки к зоне умеренных широт, но ассортимент видов также требует тщательной проработки.

Вопросы озеленения в северных городах стоят очень остро. Это связано с двумя важными моментами. С одной стороны, создание зеленых пространств в сложных природно-климатических условиях упирается в решение целого ряда задач, таких, как: подбор соответствующего ассортимента видов растений, создание оптимальных вариантов почвенно-грунтовых смесей, подбор оптимального соотношения типов пространственных структур (ТПС). С другой стороны, жители населенных мест, и особенно городов, в суровых северных условиях нуждаются в создании комфортной городской среды, позволяющей в благоприятных условиях осуществлять функции кратковременной и длительной рекреации, городского транзитного передвижения, осуществлять также и декоративное оформление.

Нами были обследованы зеленые насаждения семи городов Севера Западной Сибири ЯНАО и ХМАО, расположенные севернее  $61^{\circ}$  с. ш. с населением от 20 тыс. чел. — Губкинский, Тарко-Сале — ЯНАО и Белоярский — ХМАО; до 300 тыс. чел. — Сургут и Нижневартовск — ХМАО. На Северном Урале обследованы зеленые насаждения четырех городов, расположенных между  $59^{\circ}$  и  $60^{\circ}$  с. ш. Численность населения городов так же разнообразна: от 10 тыс. чел. — молодой город Волчанск и до 100 тыс. чел. — Серов.

Наиболее сложные природно-климатические условия наблюдаются в городах Западной Сибири, где средняя годовая температура колеблется от  $-1.4^{\circ}\text{C}$  (Ханты-Мансийск) до  $-6.7^{\circ}\text{C}$  (Тарко-Сале), а продолжительность безморозного периода от 122 до 87 соответственно. Условия проживания для человека в основном «малоблагоприятные», в самых северных городах ЯНАО «не благоприятные» [Назаревский, 1974]. Города Северного Урала находятся в более благоприятных природно-климатических условиях, где средняя годовая температура колеблется от 0 до  $-2^{\circ}\text{C}$ , а безморозный период до 100-110 дней. Неблагоприятные климатические условия в городах Сибири усугубляются еще и состоянием почв. Высокая заболоченность территории способствовала созданию новых городов на отсыпных песках. Естественные же почвы, дерново-подзолистые с разной степенью оглеения и торфяно-болотные, малоплодородные и в суровых климатических условиях медленно оттаивают летом и всегда холодные.

Обследование насаждений в городах Западной Сибири показало, что в городах очень мало объектов озеленения общего пользования (ОП), их площади показаны в табл. 1. Приведенные показатели значительно ниже, чем это рекомендовано СНиП (СНиП..., 1994). Относительно высокий показатель наблюдается в Сургуте —  $5.2 \text{ м}^2/\text{чел.}$ , но для городов категории «большие» он должен составлять  $21 \text{ м}^2/\text{чел.}$  [Сродных, 2006]. За последние 10-12 лет ситуация с насаждениями ОП особенно заметно изменилась в больших городах ХМАО и Ханты-Мансийске. Так, в Сургуте появляются целые зеленые зоны — в южной части города - парк «Нефтянник», соединенный зеленой эспланадой по ул. 60 лет Октября с крупным сквером на площади им. Нефтянников. В северной части — это городские леса, еще слабо благоустроенные, вокруг нового жилого района — Северный. В Нижневартовске растет количество небольших объектов ОП — это новые скверы — «Мужества», «Предпринимателей», новый бульвар — «Рябиновый», идет реконструкция старых скверов — «Покорителям Самотлора», «Строителей», бульвара «Комсомольского», но этих площадей недостаточно. Парк в городе всего один, небольшой. Только планируется создание зоны рекреации в городских лесах, и так и не появилось ни одного лесопарка. В Ханты-

Мансийске площадь озеленения ОП увеличилась за счет создания «Археопарка», появившегося в 2007 г. с могучими скульптурами мамонтов и других животных Древнего мира. Этнографический музей под открытым небом «Торун–Маа» тоже увеличивает площадь озеленения ОП.

Выше обеспеченность зелеными насаждениями ОП в северных городах Урала — табл. 2. Здесь она достигает норматива в Карпинске – 7.3 м<sup>2</sup>/чел. (норматив — 7 м<sup>2</sup>/чел. для категории городов «малые») и превышает его в 3.7 раза в Краснотурийнске — 25.9 м<sup>2</sup>/чел. [Бугина, Сродных, 2016].

Таблица 1

Обеспеченность зелеными насаждениями ОП  
в городах Севера Западной Сибири

Площади объектов ОП	Города						
	Тарко-Сале	Губкинский	Белоярский	Лангепас	Нижневартовск	Сургут	Ханты-Мансийск
га	2.0	2.0	6.5	7.5	20.9	148.1	10.5
м <sup>2</sup> /чел	1.0	1.0	3.3	1.8	0.8	5.2	2.7

Это связано, прежде всего, с более мягкими климатическими условиями и с более благоприятной градостроительной ситуацией в Краснотурийнске (удачная изначальная планировка города), а в маленьком Карпинске (население 28 тыс. чел.) есть даже 2 небольших парка и один сквер.

Таблица 2

Обеспеченность зелеными насаждениями ОП в городах Северного Урала

Площади объектов ОП	Города			
	Серов	Краснотурийнск	Карпинск	Волчанск
га	22.1	152.0	20.1	2.1
м <sup>2</sup> /чел	2.3	25.9	7.3	2.2

Таким образом, в более благоприятных природно-климатических условиях, в городах, где планировка изначально предполагает наличие объектов озеленения, формируется система озеленения более структурированная и отвечающая запросам населения.

Для северных городов с неблагоприятными природно-климатическими условиями, где условия проживания людей классифицируются, как «малоблагоприятные» (Нижневартовск, Сургут, Лангепас, Белоярский) и «неблагоприятные» (Губкинский, Тарко-Сале) требуется четкое соблюдение рекомендаций. Особенно важны в северных городах такие показатели, как оптимальное соотношение типов пространственных структур (ТПС), плотность или густота посадки и, конечно, специально подобранный ассортимент видов древесных, кустарниковых и травянистых растений.

На самых холодных территориях в Западной Сибири при проектировании малых объектов озеленения — скверы, бульвары должен преобладать открытый и полуоткрытый ТПС, в парках — закрытый и полуоткрытый. При этом плотность посадки в скверах и бульварах должна быть меньше, чем используется в северных городах обычно и составлять 50–150 шт./га деревьев, чтобы обеспечить наличие открытых пространств для более быстрого таяния снега и лучшего прогревания почвы в начале лета. На объектах ограниченного



пользования (территории школ, детских садов и др.) она должна быть выше — 200–400 шт/га деревьев, чтобы создать плотные защитные посадки, препятствующие влиянию преобладающих холодных ветров. В настоящее время эти рекомендации не всегда соблюдаются, плотность посадки на некоторых объектах составляет 500–700 шт/га деревьев. Такая плотность по мере роста деревьев не дает возможности для их нормального роста и развития. Ассортимент растений требует тщательной проработки и должен основываться на видах, естественно произрастающих в данной зоне – различные виды ив, как древесных, так и кустарниковых, ольха — разные виды, осина, хвойные растения.

В городах Северного Урала природно-климатические условия более благоприятные, условия проживания людей классифицируются, как «условно-благоприятные». Плотность посадки и соотношение ТПС близко к рекомендациям по Средней полосе России, но ассортимент растений должен быть подобран специально для данной конкретной зоны.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Бугина А. С., Сродных Т. Б.* Системы озеленения северных городов Урала. Научное творчество молодежи — лесному комплексу России: материалы XII всероссийской конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург: УГЛТУ. 2016. Ч. 2. С. 16–20.

*Назаревский О. Р.* Карта оценки природных условий жизни населения СССР // Ресурсы, среда, расселение: сб. науч. тр./М.: Наука. 1974. С. 191–197.

СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городов и сельских поселений. М., 1994. 47 с.

*Сродных Т. Б.* Озеленение городов Тюменского Севера. Урал. Гос. лесотехн. университет. Екатеринбург. 2006. 140 с.

### **ДИНАМИКА АРЕАЛОВ АРКТИЧЕСКИХ ВИДОВ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЦА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА: РЕАКЦИЯ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

#### **THE DYNAMICS OF ARCTIC SPECIES RANGES AS ILLUSTRATED BY THE ARCTIC FOX ON THE KOLA PENINSULA: RESPONSE TO CLIMATE CHANGE AND ANTHROPOGENIC IMPACT**

Тирронен К. Ф., Панченко Д. В., Данилов П. И.

Tirronen K. F., Panchenko D. V., Danilov P. I.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: konstantin.tirronen@gmail.com*

A review is presented of the literature, including archival reports of zoological expeditions of the 1930s to the Kola Peninsula to study the biology of the Arctic fox, as well as own field observations. The calamitous state of the modern population is shown. It is shown that a survey of the species on the peninsula is needed, as well as research into the ecology of the Arctic fox, assessment of the main threats to the population, development and implementation of urgent measures to restore the population.

Изменения фауны наземных позвоночных животных европейской Арктики прослеживаются на протяжении обозримого исторического периода. Суммарное давление естественных и антропогенных факторов на животное население Арктики неодинаково проявляется на разных видах млекопитающих, как в силу различий адаптивных стратегий, так и вследствие избирательности действия факторов. Глобально наблюдаемые в настоящее время процессы, выражаются в сокращении области распространения и численности популяций многих эндемиков Арктики и расширения ареалов бореальных видов [Arctic Biodiversity Assessment, 2013].

Область распространения песца (*Vulpes lagopus* L.) на северо-западе России ограничена пространством тундры Кольского п-ова. Ранее к местам постоянного обитания вида относили весь Мурманский берег Баренцева и Белого морей и внутренние материковые районы, в том числе и горные тундры [Плеске, 1887]. Позднее отмечали сокращение области распространения и численности вида, произошедшее в результате нерационального промысла [Дубровский, 1939]. Комплексные экспедиционные исследования вида на полуострове были сделаны в 1930-е годы. Были получены данные по биологии и экологии песца, лимитирующим факторам, рассмотрен вопрос конкурентных взаимоотношений с лисицей (*Vulpes vulpes* L.) и другими хищниками, представлены рекомендации по сохранению вида и увеличению его поголовья. На продолжающееся сокращение ареала песца на полуострове указывали и некоторые другие авторы [Данилов и др., 1979]. Хотя, в середине 1960-х гг. численность оценивалась приблизительно в 1-2 тысячи особей [Гептнер и др., 1967].

В 2017-2018 гг. в нескольких частях области распространения песца на Кольском полуострове были выполнены полевые исследования, целью которых были поиск и обследование нор песца. В 2017 г. работы проводились в северо-западной части ареала, в районе Серебрянского водохранилища. Здесь были обследованы 9, ранее уже известных, норовищ хищника, которые в 2002 г. осмотрела группа исследователей под руководством профессора Love Dalen. Экспедиционные работы 2018 г. были выполнены в восточной части Йоканьго-Понойской тундры. Протяженность маршрутных учетов здесь составила 140 км, были обнаружены 5 норовищ, 2 из которых вероятнее всего принадлежали лисе. Кроме того, были собраны опросные материалы, обработаны архивные данные зимних маршрутных учетов охотничьих животных. Стоит отметить, что в ходе полевых работ сами животные встречены не были.

Численность песца на Кольском п-ове в наши дни неизвестна. На сегодняшний день, опираясь на наши полевые наблюдения, опросные сведения и анализ материалов ЗМУ считаем возможным, сделать предположение — численность взрослых животных вряд ли превышает 100–150 особей. Также с уверенностью можно предположить, что современное население песца Кольского полуострова изолировано или почти изолировано. Очевидно, все более реальной становится угроза исчезновения вида при отсутствии конкретных материалов по Европейской части России даже для составления полноценной исторической справки об одном из ранее обычных элементов фауны Палеарктики. Необходимо проведение учетов песца для оценки состояния популяции и разработки стратегии отношения к виду.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 0218-2019-0080, при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 0221-2018-0002.*

## ЛИТЕРАТУРА

Arctic Biodiversity Assessment. Status and Trends in Arctic Biodiversity//ARCTIC COUNCIL. 2013. 557 p.

Гептнер В. Г., Наумов Н. П., Юргенсон П. Б., Слудский А. А., Чиркова А. Ф., Банников А. Г. Млекопитающие Советского Союза. М. 1967. Т. 2. Ч. 1. 1003 с.

Данилов П. И., Русаков О. С., Туманов И. Л. Хищные звери Северо-Запада СССР. Л.: «Наука». 1979. 164 с.

Дубровский А. Н. Песец Кольского полуострова // Труды Института полярного земледелия. 1939. Вып. 6. С. 43–52.

Плеске Ф. Д. Критический обзор млекопитающих и птиц Кольского полуострова. СПб. 536 с.

## ДЕРЕВЬЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКТОР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

### TREES AS A KEY BIOGEOGRAPHICAL FACTOR OF LICHEN DISTRIBUTION IN THE FAR NORTH

Урбанавичюс Г. П.  
Urbanavichus G. P.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр  
Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: g.urban@mail.ru*

Multiple biogeographic factors may influence the species richness and distribution of lichens – temperature, humidity, precipitation, substrate, etc. However, substrate plays the most important role in the high lichen species richness, and has a major effect on the distribution of lichen species and groups. Most epiphytic species common in the taiga cannot migrate further north to the tundra without trees. As a result, the Subarctic is the range limit for the species. In the Pasvik Nature Reserve near the tree line at the latitude 69°07'–69°25', the northern range boundary is found of multiple lichen species, and a few species are found (e.g., *Agonimia vouauxii*, *Bacidina chlorotricula*, *Candelariella efflorescens*, *Chaenothecopsis nigra*, *Ch. rubescens*, *Collema curtisporum*, *Micarea micrococca*, *Muxophora leptogiophila*, *Protoparmelia ochrococca*, *Rinodina colobina*, *R. conradii*), whose closest observations are located several hundred km to the south – in Southern Fennoscandia, Karelia, or Leningrad Region. At high latitudes, the tree line represents a significant biogeographic limit for most epiphytic lichen species.

Несмотря на то, что лишайники в целом являются космополитными организмами, на их глобальное распространение оказывают множество абиотических и биотических факторов, среди которых важнейшими являются субстрат, температура, влажность и осадки [Giordani, Incerti, 2008; Leavitt, Lumbsch, 2016]. В данном сообщении рассматривается такой основополагающий фактор, как субстрат, который играет важную роль при формировании высокого разнообразия лишайнофлоры, а также имеет огромное влияние на распространение тех или иных видов или групп лишайников. Так, очевидно, что наличие доступного для заселения лишайниками каменистого субстрата существенно повышает разнообразие локальной лишайнофлоры. Если сравнить расположенные в одной биоклиматической зоне районы с развитым горным рельефом

(изобилующим выходами горных пород) и равнинные (с практически полным отсутствием обнаженного каменистого субстрата), то, разнообразие лишенофлоры всегда будет намного выше в горах. Однако распределение на поверхности Земли районов с горным рельефом и, соответственно, участков с обилием каменистого субстрата, не имеет какого-либо зонального или секторального характера в глобальном масштабе. Поэтому каменистый тип субстрата редко может выступать в роли фактора, определяющего выраженные биогеографические рубежи.

Иной характер распределения и уровень влияния на распространение лишайников имеет древесный тип субстрата. Эпифитные и эпиксильные лишайники, заселяющие кору и обнаженную древесину деревьев, следуют в своем распространении за древесной растительностью. При этом, как более экологически пластичные организмы, некоторые виды таких лишайников могут продвигаться и за пределы распространения деревьев и кустарников. Например, в исследованной лишенофлоре арктических островов в Баренцевом море нами выявлены такие виды, как *Amandinea punctata*, *Bryoria simplicior*, *Buellia disciformis*, *Caloplaca cerina*, *Cetraria sepincola*, *Hypogymnia bitteri*, *H. physodes* и *H. tubulosa*, *Japewia tornöensis*, *Lecanora circumborealis*, *Lecidella elaeochroma*, *Melanelia olivacea*, *Parmelia sulcata*, виды родов *Parmeliopsis* и *Ramalina*, *Tuckermannopsis chlorophylla*, *Usnea lapponica*, *Vulpicida pinastri*, которые являются типичными эпифитами в таежных и более южных лесах, а здесь заселяют обработанную древесину старых заброшенных построек, баркасов, крестов и т.п. субстратов [Урбанавичюс и др., 2009]. Также и за южными пределами распространения лесов, в пустынно-степных сообществах нами наблюдались эпифитные виды лишайников, наиболее характерные для лесной зоны, обитающие здесь на стволах и ветвях деревьев в искусственных посадках, на всевозможном древесном субстрате, старой обработанной древесине заброшенных хозяйственных построек и т.п. Т.е. для таких видов лишайников климатический фактор (крайне низкие или высокие температуры, влажность воздуха) является менее значимым по сравнению с фактором наличия подходящего субстрата, в данном случае, древесного.

В Мурманской области на крайнем северном пределе распространения оказываются множество видов лишайников и систематически близких нелихенизированных грибов, основным субстратом для которых выступают древесные растения [Урбанавичюс, 2010]. Так, в изученной лишенофлоре заповедника «Пасвик», расположенном у северной границы лесов на широте 69°07'–69°25', было выявлено несколько десятков видов, ранее не известных на таких высоких широтах (Урбанавичюс, Фадеева, 2018). В их числе, например, отмечены виды *Agonimia vouauxii*, *Bacidina chlorotricula*, *Candelariella efflorescens*, *Chaenothecopsis nigra*, *Ch. rubescens*, *Collema curtisporum*, *Micarea micrococca*, *Muxophora leptogiophila*, *Protoparmelia ochrococca*, *Rinodina colobina*, *R. conradii* и др., ближайшие местонахождения которых известны в нескольких сотнях километрах южнее – на юге Скандинавии, Финляндии, Карелии или в Ленинградской области. Мы полагаем, что обитание таких южных видов в Субарктике лимитируется в значительной мере не температурой, а лишь наличием подходящего субстрата. Далее на Север эти виды не распространяются, как и множество других более обычных в таежных лесах эпифитных видов лишайников, не проникающих севернее границы распространения лесов. Таким образом, для лишайников древесный тип субстрата, по своей природе связанный

с древесной растительностью, обладающей, в свою очередь, зональным характером распространения, может выступать в качестве фактора, обуславливающего наличие биогеографических рубежей.

*Работа выполнена в рамках проекта «Динамика восстановления биоразнообразия и функций наземных экосистем Субарктики в условиях комбинированного воздействия природных и антропогенных факторов», государственное задание № АААА-А18-118021490070-5.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Урбанавичюс Г. П. Биогеографический обзор разнообразия лишайников Мурманской области // Вестник Кольского НЦ РАН. Апатиты. 2010. № 1. С. 16–18.

Урбанавичюс Г. П., Лавриненко О. В., Урбанавичене И. Н. Лишайники острова Долгий и близлежащих островов юго-востока Баренцева моря // Ботанический журнал. 2009. Т. 94. № 5. С. 656–677.

Урбанавичюс Г. П., Фадеева М. А. Лихенофлора заповедника «Пасвик»: разнообразие, распространение, экология, охрана. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 2018. 173 с.

Giordani P., Incerti G. The influence of climate on the distribution of lichens: a case study in a borderline area (Liguria, NW Italy) // Plant. Ecol. 2008. Vol. 195. № 2. P. 257–272.

Leavitt S. D., Lumbsch H. T. Ecological Biogeography of Lichen-Forming Fungi. - In: Druzhinina I. S., Kubicek C. P. (eds). Environmental and Microbial Relationships. Vol. VI. The Mycota. Cham: Springer. 2016. P. 15–37.

### **ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛИХЕНОБИОТЫ ПЛАНИРУЕМОГО ЗАКАЗНИКА «ПАЗОВСКИЙ» (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

### **PRELIMINARY RESULTS OF THE LICHEN BIOTA INVENTORY IN THE CONTEMPLATED PAZ RESERVE (MURMANSK REGION, NW RUSSIA)**

Фадеева М. А., Кравченко А. В.

Fadeeva M. A., Kravchenko A. V.

*Институт леса – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: lichenflora@mail.ru*

Preliminary results of the lichen inventory in the contemplated Paz regional nature reserve are reported. 106 species have been identified. Some indicator species, such as *Bryoria fremontii*, *Calicium denigratum*, *Cladonia parasitica*, *Hypogymnia bitteri*, *Ramboldia elabens* etc., were found in the reserve's old-growth forests. A large and thriving population of the nationally red-listed *Bryoria fremontii* was discovered in the middle course of the Nautsi River; this site deserves special protection. The area also harbors the regionally protected species *Ephebe perspinulosa*.

Первая в истории планируемого Пазовского заказника инвентаризация флоры лишайников проведена в 2016 г., выявлено 106 видов из 54 родов. Результаты носят предварительный характер, обработка материалов продолжается. В целом лишенофлора планируемого заказника обеднена в силу почти полного отсутствия

основных и ультраосновных пород и монотонности лесных сообществ, на суходолах почти повсеместно представленных сосняками бруснично-вороничными. Виды-индикаторы малонарушенности лесных местообитаний в заказнике встречаются в массе в основном на облесенных сосной болотах, как, например, *Calicium denigratum*, *Ramboldia elabens* и др., или же сосредоточены в старых сосновых лесах, сохранившихся в водоохраных зонах по берегам рек, на труднодоступных для лесозаготовительной техники крутых скальных склонах, склонах древних речных террас, например, *Bryoria fremontii*, *Cladonia parasitica* и, вероятно, также индикаторный вид *Hypogymnia bitteri*. Их присутствие говорит об относительно хорошей сохранности подобных биотопов и их ключевом значении для сохранения исходного биоразнообразия. Нарушенные участки вдоль линейных сооружений, карьеры разного размера и давности, места ведения боевых действий (окопы, траншеи) зарастают пионерными видами, например, *Cladonia cariosa*, *C. cornuta*, *C. subulata*, *Dibaeis baeomyces*, *Peltigera didactyla*, *Stereocaulon tomentosum* и др., в одном случае – *Solorina crocea*.

Из видов лишайников, охраняемых на федеральном уровне [Красная..., 2008], в заказнике встречается *Bryoria fremontii*. Этот крупный кустистый лишайник в основном произрастает на стволах и ветвях сосен в высоковозрастных сосновых лесах. В долине р. Паз и ее притоков обнаружено 9 новых местонахождений бриории [Кравченко и др., 2017]. Популяции лишайника насчитывают здесь от нескольких десятков до нескольких тысяч вполне жизнеспособных экземпляров. По свидетельству S. Ahlner [1937], в 1930-е годы XX в. посетившего, в том числе, современную территорию Пазовского заказника и лежащего в 30–40 км севернее заповедника «Пасвик»: «На большей части Инари (Финляндия) и в южной части Печенгской Лапландии данный вид часто оказывается господствующим среди «бородатых» лишайников. Очевидно, это было справедливо для высоковозрастных сосняков, доминировавших здесь в то время. Масштабные выборочные и сплошные рубки, проводившиеся в долине р. Паз во время войны и, особенно, в послевоенное время, лесные пожары привели к сокращению распространения и встречаемости *B. fremontii*. В заповеднике «Пасвик», в частности, *B. fremontii* сейчас встречается изредка и обычно в составе малочисленных популяций. Следует также отметить, что в районе планируемого памятника природы «Болота у озера Ала-Аккаярви» (40–50 км восточнее), *B. fremontii* не была нами обнаружена. Так как основные места обитания вида сосредоточены в южных районах области [Красная..., 2014], вероятно, самая многочисленная выявленная популяция *B. fremontii* в среднем течении р. Наутси заслуживает выделения в генетический резерват вида на северной границе его распространения.

Из регионально охраняемых видов в заказнике найден *Ephebe perspinulosa* [Красная..., 2014]. Этот мелкокустистый лишайник был собран единственный раз на скалах берега р. Наутси. Это вторая находка в Мурманской обл. и первая — в биогеографической провинции Печенгская Лапландия.

*Работа выполнена при финансовой поддержке заповедника «Пасвик» и Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Кравченко А. В., Боровичев Е. А., Химич Ю. Р., Фадеева М. А., Кутенков С. А., Костина В. А. Значимые находки растений, лишайников и грибов на территории Мурманской области // Труды Карельского НЦ РАН. 2017. № 7. С. 34–50.

Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. Кемерово: «Азия-принт». 2014. 584 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: КМК. 2008. 855 с.

*Ahlner S.* Flechten aus Nordfinnland // *Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn.* «Vanamo». 1937. Т. 9. № 1. Р. 1–48.

## ФУНГАРИЙ ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ

### THE PRESENT STATE OF THE YUGRA STATE UNIVERSITY FUNGARIUM

Филиппова Н. В.

Filipova N. V.

*Югорский государственный университет, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Ханты-Мансийск; e-mail: filipova.courlee.nina@gmail.com*

The Fungarium at Yugra State University is a systematic reference collection of fungi organized as a part of the Yugra State University Biological Collection (YSU BC). The main purpose of the Fungarium is to facilitate systematic studies of fungi in the region. It also serves teaching purposes and can be used by specialists in multiple applied disciplines. The taxonomical structure of the collection currently includes 1113 species in 442 genera and 197 families. The majority of the specimens in the YSU Fungarium belong to the Basidiomycota (about 82 %), fewer to Ascomycota (13%), fewer still to Zygomycota and Mухomycota. The majority of the specimens were collected in Khanty-Mansi Autonomous District (95 %), with 11 other regions of Russia represented by a small number of specimens. The collection is gradually growing and is open to specialists in systematics, ecology, and geography as well as applied mycology. An online database of the collection is available at <https://fungariumysu.org/fungarium-ysu-database>.

Коллекции грибов традиционно включают в разделы гербариев — коллекции растений. Однако особое филогенетическое положение грибов и их огромное видовое богатство постепенно ведут к обособлению их коллекций в отдельные подразделения. Для коллекций грибов был предложен отдельный термин — фунгарий (от лат. *Fungus* — гриб), по аналогии с гербарием [Hawksworth, 2010]. Настоящая публикация посвящена состоянию коллекции грибов, основанной на базе Югорского государственного университета.

Западная Сибирь — это обширный регион, в широтном протяжении охватывающий несколько ботанико-географических зон от степи до тундры. Несколько ведущих гербариев, аккумулирующих коллекции растений этого региона, расположены в Томске, Новосибирске, Екатеринбурге, Барнауле, и других городах. Грибы и грибоподобные организмы в этих коллекциях немногочисленны. Хорошо представлены группы агарикоидных и афиллофороидных грибов, имеются коллекции лишайников, фитопатогенных и энтомопатогенных грибов и коллекции миксомицетов. Культуры грибов содержатся всего в двух коллекциях микрокультур. Информация о фондах коллекций грибов на сайтах организаций или в печати довольно скудна.

В 2008 г. на базе Югорского государственного университета основан Научно-образовательный центр «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» (НОЦ ДОСигИК). В ходе его проектов по изучению биологического разнообразия в регионе с этого времени начала формироваться коллекция ваучерных образцов. В 2016 г. Биологическая коллекция ЮГУ была зарегистрирована в базе данных Index Herbariorum (акроним YSU). Одним из разделов коллекции является фунгарий ЮГУ (акроним YSU-F), другая часть представлена мохообразными (мхи, печеночники) и сосудистыми растениями (гербарий, YSU-H).

База данных коллекции ведется с использованием программного обеспечения Specify (<http://www.sustain.specifysoftware.org>) и доступна онлайн для введения данных и поиска по образцам (<https://fungariumysu.org/fungarium-ysu-database>). Формат базы данных соответствует международному формату биологических коллекций Darwin Core и позволяет совершать экспорт данных в Глобальную информационную систему по биоразнообразию – GBIF и другие порталы данных о биологическом разнообразии. Адрес аккаунта Биологической коллекции ЮГУ в GBIF: <https://www.gbif.org/publisher/fa46e267-4d25-41f5-bbbe-1cd75860b943>.

Для сбора и подготовки образцов в Фунгарии используется рекомендуемая методика сбора макромицетов и микромицетов на опаде растений [Wu et al., 2004]. Описания плодовых тел в живом виде, по возможности, описания микроструктур на живом материале, макро- и микрофотографии для каждого образца хранятся в базе данных.

Хранение осуществляется в сухом виде, высушенные образцы упаковываются в зип-пакеты, последние в конверты из крафт-бумаги. Каждый образец снабжен этикеткой, подготовленной в ПО Specify. Образцы хранятся в шкафах в вертикальном положении (в лотках), где расположены в систематическом порядке по порядкам, семействам и родам, а внутри этих таксонов — по алфавиту.

В фунгарии ЮГУ на октябрь 2018 г. хранится около 5.5 тыс. сухих образцов грибов. В основе коллекции лежали сборы грибов, выполненные в ходе подготовки диссертационной работы Н. В. Филипповой. С 2014 года на полевых стационарах ЮГУ ведется постоянный мониторинг сообществ макромицетов в разных типах экосистем, что составляет большую часть поступлений в Фунгарий за это время. Кроме того, коллекция пополняется в ходе непродолжительных экспедиционных работ, экскурсий или школ и поступления эксикатов из других коллекций. Динамика поступлений по годам шла неравномерно, за последние 5 лет в среднем 800 образцов в год.

Таксономическая структура Фунгария на сегодня представлена 1113 видами из 442 родов и 197 семейств. Около 17 % образцов коллекции, в настоящий момент, не определены до вида (представители сложных в систематическом плане групп, как *Russula*, *Cortinarius*, *Mycena*, *Entoloma*, *Inocybe*, *Clitocybe* и др.). Большинство образцов относится к порядку Basidiomycota (около 82%), меньше к Ascomycota (13 %), небольшим числом представлены Zygomycota и Mucoromycota.

Географический охват коллекции включает 12 регионов, однако 95 % образцов собраны в пределах Ханты-Мансийского Автономного Округа — Югры. В границах Югры сборы распределены неравномерно: абсолютное большинство в Ханты-Мансийском районе (99 %), единичные сборы из пяти других районов.

Общее число коллекторов в базе данных составляет 12 человек, однако 97% собрано двумя основными коллекторами. В определении, как непосредственно работая с образцами, так и дистанционно по фотографиям, принимали участие 30 человек.



Таким образом, на настоящее время Фунгарий ЮГУ можно считать развивающейся коллекцией регионального масштаба, аккумулирующей данные для фундаментальных исследований в области систематики, экологии и географии грибов и исследований в прикладных сферах микологии. Активное использование технологий информатики биоразнообразия для менеджмента базы данных Фунгария может способствовать ее развитию через открытость данных для других исследователей и включение в коллективные проекты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Филиппова Н. В., Лапишина Е. Д. Коллекция ваучерных образцов грибов ЮГУ: значение и основы функционирования. // Биологические коллекции Югры: сбор, фиксация, хранение, введение в научный оборот. Материалы научно-педогогического семинара в Музее Природы и Человека. Ханты-Мансийск. 27 марта 2015 г. (вып. 1) / под ред. Белогай О. И., Скучас Ю. В. Ханты-Мансийск. 2015. С. 73–85.
- Hawksworth D.L. Funga and fungarium. // IMA Fungus. 2010. Vol. 1. № 1. P. 9–10.
- Wu Q., Thiers B., Pfister D. Preparation, preservation, and use of fungal specimens in herbaria. // Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods / Mueller G.M. et al. (eds.). 2004. Amsterdam, Boston: Elsevier Academic Press. P. 23–36.

### ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР МЕСТ ЗИМОВКИ ЛЕТУЧИМИ МЫШАМИ В КАРЕЛИИ

#### ENVIRONMENTAL FACTORS DETERMINING THE CHOICE OF WINTERING SITES BY BATS IN KARELIA

Хижкин Е. А.<sup>1,2</sup>, Белкин В. В.<sup>1</sup>, Илюха В. А.<sup>1</sup>  
Khizhkin E. A.<sup>1,2</sup>, Belkin V. V.<sup>1</sup>, Ilyukha V. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: ilyukha.62@mail.ru

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: hizhkin84@mail.ru

The goals of this study were to assess the seasonal microclimate environment and to identify patterns in bat body temperature during hibernation in Karelia. The species studied were northern bat (*Eptesicus nilssonii*), brown long-eared bat (*Plecotus auritus*), whiskered bat (*Myotis mystacinus*), Brandt's bat (*M. brandtii*), and Daubenton's bat (*M. daubentonii*). The temperature radiated by the bat's body depends on the temperature of the air and the substrate, on which the animal is located. Strong positive correlation between air temperature and substrate temperature, on the one hand, and mean, minimum, and maximum temperature radiated by the body surface of bats, on the other hand, as well as negative correlations between humidity and mean, minimum, and maximum temperature radiated by the body surface were found.

Республика Карелия является одним из регионов Европейского Севера России, в котором гладконосые летучие мыши (Chiroptera: Vespertilionide) живут на северном пределе их ареалов. Основу хироптерофауны в Карелии составляют бореальные виды: северный кожанок (*Eptesicus nilssonii*), бурый ушан (*Plecotus auritus*), усатая ночница (*Myotis mystacinus*), ночница Брандта (*M. brandtii*), водяная ночница (*M. daubentonii*). За последние 10 лет активные исследования экологии и физиологии этих животных позволили выявить некоторые видоспецифичные адаптации к зимовке в условиях

Севера [Шуикха et al., 2015]. Кроме этого, были охарактеризованы микроклиматические условия, в которых проходит гибернация у разных видов летучих мышей.

Целью нашей работы была оценка сезонных особенностей микроклиматических условий на зимовках в Карелии и температурных характеристик летучих мышей при гибернации.

Исследования выполнены на научном оборудовании ЦКП ФИЦ КарНЦ РАН с соблюдением этических правил проведения работ. В осенний, зимний и весенний периоды с 2015 по 2018 гг. были исследованы 9 искусственных убежищ (7 пещер и 2 подземных оборонительных укрепления) в широтном направлении от 61° до 63° с.ш. С использованием тепловизора Testo 875-1i оценивали минимальную ( $T_{min}$ ), максимальную ( $T_{max}$ ), среднюю ( $T_{mean}$ ) температуры, излучаемые поверхностью тела летучих мышей, и условий микроокружения: температуру мест непосредственного расположения животных (субстрата;  $T_{sub}$ ), температуру ( $T_{air}$ ), влажность (H) и скорость движения воздуха. Параметры влажность и скорость движения воздуха измеряли с помощью анемометра Testo 410-2.

Учеты показали наличие пяти видов летучих мышей, впадающих в зимнюю спячку. Наиболее многочисленным был северный кожанок — за четырехлетний период исследований было подвергнуто термографированию 48 особей этого вида. Количество особей других видов (ночница Брандта, водяная ночница, бурый ушан, усатая ночница) варьировало от 9 до 12 экземпляров в зависимости от вида. В течение периода гибернации с конца сентября до конца апреля абсолютная численность последних видов уменьшалась параллельно со снижением температуры воздуха в пещерах. В отличие от ночниц и бурого ушана, северный кожанок чаще регистрировался зимой и весной при низких значениях  $T_{air}$  (средняя температура по всем пещерам 2.86 и 1.23°C, соответственно). Не менее важными, чем температура воздуха, для выбора мест зимовки являются такие физические факторы, как скорость движения (ветер) и влажность воздуха. Практически все летучие мыши (кроме двух усатых ночниц и одного северного кожанка) располагались в пещерах в безветренных местах. Сведения о влиянии влажности воздуха на выбор мест обитания зимующих летучих мышей ограничены. Нами показано, что большинство животных предпочитают уровень влажности от 61.8 до 98.3 % при температурах от -8.4 до 13.6 °C. Однако в конце сентября, когда еще сохранялась высокая  $T_{air}$  (13.8–21.7°C), при влажности 43–57.9 % были встречены по две особи водяной и усатой ночниц и одна ночница Брандта. Выбор летучими мышами оптимальных микроукрытий для проведения зимней спячки минимизирует энергетические и водные потери и, в конечном счете, определяет жизнеспособность животных в условиях низких температур. Наши наблюдения показали, что ночницы и бурый ушан предпочитают располагаться в шпурах (углублениях) и в щелях горных пород на потолке (своде) и стыке потолка и стен, тогда как северный кожанок — преимущественно, открыто на всех частях внутренней поверхности убежищ.

Многофакторный регрессионный анализ показал, что температура, излучаемая поверхностью тела летучих мышей, определялась в большей степени температурой воздуха и субстрата, на котором располагались животные. Температурные характеристики летучих мышей ( $T_{mean}$ ,  $T_{min}$  и  $T_{max}$ ) имели сильные положительные корреляции с  $T_{air}$  и  $T_{sub}$  и отрицательные корреляции с влажностью воздуха. Были выявлены видоспецифичные реакции летучих мышей на факторы среды обитания. Так северные кожанки, в отличие от других видов, в зимний и весенний периоды способны гибернировать вне зависимости от влажности воздуха в широких температурных границах  $T_{air}$  (от -8.4 до 11.5°C) и  $T_{sub}$  (от -6.45 до 0.45 °C). При этом все виды ночниц

и бурый ушан выбирают для зимовки места с температурами субстрата близкими к 0 °С и выше. Ночницы Брандта осенью предпочитают места с пониженной, а зимой и весной с повышенной влажностью воздуха.

Таким образом, нами охарактеризованы сезонные особенности микроклиматических условий гибернации летучих мышей в подземных убежищах Карелии и их влияние на температурные характеристики животных. Полученные на Европейском Севере результаты будут полезны для детализации общей стратегии адаптации летучих мышей в период гибернации к внешним условиям [Boyles et al., 2017; Humphries et al., 2003; Luis, Hudson, 2006].

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (тема № 0221-2017-0046 и № 0221-2017-0052).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Boyles J. G., Boyles E., Dunlap R. K., Johnson S. A., Brack Jr. V. Long-term microclimate measurements add further evidence that there is no “optimal” temperature for bat hibernation // *Mammalian Biology*. 2017. Vol. 86. P. 9–16.

Humphries M. M., Thomas D. W., Kramer D. L. The role of energy availability in mammalian hibernation: a cost-benefit approach // *Physiol. Biochem. Zool.* 2003. Vol. 76. P. 165–179.

Ilyukha V. A., Antonova E. P., Belkin V. V., Uzenbaeva L. B., Khizhkin E. A., Sergina S. S., Ilyina T. N., Baishnikova I. V., Kizhina A. G., Yakimova A. E. The eco-physiological status of hibernating bats (Chiroptera) in the north of the European distribution range // *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. 2015. Vol. 15. № 1. P. 75–94.

Luis A. D., Hudson P. J. Hibernation patterns in mammals: a role for bacterial growth? // *Funct. Ecol.* 2006. Vol. 20. P. 471–477.

### АФИЛЛОФРОИДНЫЕ ГРИБЫ – ИНДИКАТОРЫ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В СУБАРКТИКЕ

#### APHYLLOPHOROID FUNGI AS INDICATOR SPECIES OF OLD-GROWN SPRUCE FORESTS IN THE SUBARCTIC

Химич Ю. Р.<sup>1</sup>, Ширяев А. Г.<sup>2</sup>, Котиранта Х.<sup>3</sup>  
Khimich Yu. R.<sup>1</sup>, Shiryaev A. G.<sup>2</sup>, Kotiranta H.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: khimich@inper.ksc.ru

<sup>2</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Свердловская область; e-mail: anton.g.shiryaev@gmail.com

<sup>3</sup>Финский институт окружающей среды, Хельсинки, Финляндия

This study discusses the use of indicator fungal species in the assessment of forest condition in Russia. The well-known Finnish classification of indicator species needs modifications to be applied in northern boreal forests. This was examined using northern boreal spruce forests in Finland, in Murmansk Region, and in the Polar Urals as examples.

Выявление биологически ценных лесов на основе изучения полного биоразнообразия – на практике задача трудновыполнимая, которая требует много

времени, больших трудозатрат и финансовых вложений. Для этого разрабатываются списки видов из одной таксономической группы, которые позволяют оценить ту или иную территорию и дать основания для охраны ценных лесов. В некоторых европейских странах для различных групп организмов рассмотрены ключевые, флаговые виды, индикаторы, виды-«зонтики» [Halme et al., 2017].

В конце XX в. финские микологи провели оценку приуроченности и встречаемости афиллофоровых грибов в различных типах лесов Финляндии. В результате было предложено 33 вида-индикатора отдельно для еловых и сосновых ценных ненарушенных лесов (20 для старовозрастных и 13 для нетронутых (девственных) лесов) [Kotiranta, Niemelä, 1996]. Благодаря предложенной методологии можно количественно (в баллах) оценить природоохранную ценность лесных массивов по числу видов-индикаторов (1 балл – индикатор старовозрастных лесов, 2 балла – девственных лесов). Согласно количеству баллов, выделено 3 категории лесов: ценный, очень ценный и наиболее ценный, (уникальный) лесной массив. Со временем список индикаторных видов был немного изменен, в частности, после таксономических работ по отдельным родам грибов, но общее их число и система балльной оценки не изменились [Niemelä, 2016].

На европейском севере России, в таежных лесах, финская методология получила широкое распространение. Однако ее применение в России поставило перед исследователями вопрос о возможности повсеместного ее использования и особенностях отдельных регионов. Было разработано пособие по выявлению и обследованию биологически ценных лесов на Северо-западе Европейской части России [Выявление..., 2009], с основным вниманием к южной тайге, но без детальных исследований в средней и северной тайге. При движении на север встречаемость некоторых бореальных видов грибов значительно снижается или они практически исчезают в северной тайге. Очевидно, что при продвижении на восток России, с ростом континентальности и суровости климата, закономерно меняются не только климатические и почвенные условия, но и структура древесной растительности таежных лесов. Несомненно, на это изменение будет реагировать и микобиота.

Мы рассмотрели по финской методике индикаторные виды для еловых лесов на примере северотаежных сообществ в направлении от северной Финляндии через Мурманскую область и до Полярного Урала. Так, из 33 видов-индикаторов в еловых лесах северотаежной подзоны, в Финляндии, выявлено 25, в Мурманской области — 24, а на Полярном Урале — 20 видов. Стоит указать, что в восточном направлении число видов-индикаторов снижается в связи с общим обеднением видового состава микобиоты, что обусловлено ростом континентальности климата. При этом снижается и число видов в отдельных лесных массивах. Так, в заповеднике Писаваара (Финляндия) выявлено 19 видов, в Лапландском заповеднике (Мурманская область) — 18, в природном парке «Полярноуральский» (Урал) — всего 10 видов. Более того, некоторые виды на Полярном Урале не могут быть отнесены к «финским» индикаторам. Так, *Fomitopsis rosea* на Полярном Урале встречается на антропогенных территориях и стройматериалах; *Rusnoporellus fulgens* — на обгоревшей древесине возле поселков. С другой стороны, индикаторы старовозрастных лесов на Полярном Урале, виды *Osteina obducta* и *Fomitopsis cajanderi*, пока не найдены в Финляндии.

В восточном направлении, с появлением вечной мерзлоты существенно меняется список индикаторов, относящихся к напочвенным и подстилочным видам или развивающихся на древесных остатках небольшого размера, например, исчезают *Asterodon ferruginosus*, *Gloiodon strigosus*, *Phaeolus schweinitzii*. В настоящее время, при потеплении климата граница леса движется на север, и возможно, в скором будущем некоторые из указанных видов появятся на Полярном Урале. В работе обсуждены списки видов-индикаторов для Полярного Урала и Мурманской области. Рассмотрены виды, которые не подходят на роль индикаторных в данных условиях.

*Исследование выполнено в рамках темы НИР АААА-А18-118021490070-5 и при частичной поддержке РФФИ (проект № 18-05-00398).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России: Учеб. пособие. СПб. 2009. Т. 2: Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. 258 с.

*Halme P., Holec J., Heilmann-Clausen J.* The history and future of fungi as biodiversity surrogates in forests // *Fungal Ecology*. 2017. Vol. 27. Part B. P. 193–201.

*Kotiranta H., Niemelä T.* Uhanalaiset käävät Suomessa (Threatened polypores in Finland. Second revised edition). *Ympäristöopas*. 10. 1996. P. 1–184.

*Niemelä T.* Suomen käävät. *Norrlinia*. 2006. Vol. 31. 430 p.

### ВЫЯВЛЕНИЕ КАРАНТИННЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ НА ООПТ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

### IDENTIFICATION OF PEST INSECTS IN PROTECTED AREAS IN THE REPUBLIC OF KARELIA

Чалкин А. А.<sup>1</sup>, Синкевич О. В.<sup>1</sup>, Зинников Д. Ф.<sup>1</sup>, Лябзина С. Н.<sup>1,2</sup>

Chalkin A. A.<sup>1</sup>, Sinkevich O. V.<sup>1</sup>, Zinnikov D. F.<sup>1</sup>, Liabzina S. N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Карельский филиал ФГБУ «ВНИИКР», Петрозаводск, Республика Карелия;  
e-mail: chalkin10@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия;  
e-mail: slyabzina@petrsu.ru*

This article describes the distribution of the dangerous species coleoptera and lepidoptera in the protected areas of the Republic of Karelia. The detection of these pests was carried out mainly with the use of pheromone traps. Two beetle species – *Monochamus sutor* and *M. urusovi* – were caught in the pheromone traps. The two are vector species carrying the nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) causing the pine wilt disease. In this study, the infestation of coniferous forest stands by nematodes was also measured. Nematodes were identified using polymerase chain reactions in PCR-FLASH. No pest nematodes were found in the protected areas.

Изучение видового состава и состояние популяции карантинных объектов на территории Республики Карелия и Архангельской области входит в область ответственности Карельского филиала ФГБУ «ВНИИКР». Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются уязвимыми местами, где могут локализоваться вредители, в том числе и карантинные виды. Как правило, инвазивные

объекты, проявляют агрессию по отношению к местным видам, и анализ экологического давления приводит к необходимости в постоянном контроле их численности. В целях выявления очагов и контроля карантинных видов сотрудниками филиала проводятся плановые обследования для установления границ карантинной фитосанитарной зоны [Зинникова и др., 2017; Амахина и др., 2018].

В работе оценивалось состояние популяции некоторых карантинных видов насекомых: жесткокрылых усачей рода *Monochamus* и чешуекрылых — непарный (*Lymantria dispar*) и сибирский (*Dendrolimus sibiricus*) шелкопряды. Выявление этих вредителей на изучаемых территориях проводилось в основном с помощью феромонных ловушек. По мнению исследователей, применение феромонов более эффективно в отличие от ручного сбора [Камаев, Тодоров, 2014].

На всех исследуемых территориях ООПТ Карелии (Ботанические сады: ПетрГУ и Соловецкого архипелага, национальные парки: Костомукшский, Паанаярви и Водлозерский) с помощью барьерно-ворончатых ловушек отловлено два вида усачей – черный еловый малый (*M. sutor*) и черный еловый большой (*M. urusovi*). Эти жуки опасны тем, что являются переносчиками карантинных гельминтов: *Bursaphelenchus xylophilus* – сосновой стволовой нематоды и *B. mucronatus* древесной сосновой нематоды, которые могут привести к массовым поражениям лесных угодий. Вид *B. xylophilus* входит в список ЕОЗР (Европейско-средиземноморская организация по защите растений) особо опасных карантинных организмов. Попадая внутрь дерева, нематоды переходят в проводящие ткани и закупоривают их, а также мигрируя внутри, нарушают целостность самой древесины. На территории Республики Карелия не зарегистрирована нематода *Bursaphelenchus xylophilus*, но уже отмечен близкородственный вид *B. mucronatus* [Зинников и др., 2010]. Не своевременное обнаружение карантинных видов нематод может привести к латентному распространению ряда заболеваний древесины, например, такого, как вилт хвойных пород.

В исследованиях дополнительно для определения зараженности лесонасаждений хвойных пород нематодами рода *Bursaphelenchus* исследовали погибшие деревья на всех стадиях усыхания. Отбор образцов осуществляли согласно методическим рекомендациям [СТО ВНИИКР 6.003-2010]. Для выделения древесных нематод использовали метод Бермана. Диагностика нематод рода *Bursaphelenchus* выполнялась с помощью полимеразной цепной реакции в формате ПЦР-FLASH.

Отсутствие нематод рода *Bursaphelenchus* группы видов *xylophilus* и *B. mucronatus* на исследуемых территориях может быть связано с отсутствием их в организме основного переносчика (жуков-усачей), а также абиотическими факторами региона. Известно, что в условиях Северо-Запада РФ нематоды могут выживать при благоприятных сочетаниях температуры и влажности, но имеют очень низкую степень размножения [Ахматович, Котляровская, 2007].

В ловушках карантинных объектов шелкопрядов зарегистрировано не было, все они были заполнены ручейниками, злаковыми мухами, комарами. Личинки непарного шелкопряда являются полифагами, повреждая большое число видов растений. В некоторых регионах средней полосы зарегистрирован серьезный урон, наносимый этим видом не только лесным деревьям, но и плодовым культурам. Сибирский шелкопряд не менее опасен для лесного хозяйства. Личинки этого вида предпочитают хвойные деревья (ель, сосна), а также лиственницу, уничтожая хвою и обгрызая молодые веточки.

## ЛИТЕРАТУРА

Амахина О. Б., Чалкин А. А., Синкевич О. В. Результаты карантинного и фитосанитарного обследования территории Соловецкого государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника // Карантин растений. Наука и практика. 2018. № 2. С. 55–57.

Ахматович Н. А., Котлярская О. Б. Черные хвойные усачи – потенциальные переносчики патогенных древесных нематод // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009. № 187. С. 26–32.

Зинников Д. Ф., Морозов Д. Н., Кухарева А. В. Экспертиза на выявление древесных нематод в Республике Карелия // Защита и карантин растений. 2010. № 6. С. 46–47.

Зинникова Н. С., Куваева И. В., Синкевич О. В. Результаты фитосанитарного карантинного обследования сельскохозяйственных и лесных угодий Спасо-Преображенского Валаамского ставропигиального мужского монастыря // Карантин растений. Наука и практика. 2017. № 1(19). С. 61–63.

Камаев И. О., Тодоров Н. Г. Исследование эффективности синтетического феромона и феромонных ловушек для каштановой моли (*Cameraria Ohridella* Deschka et Dimic, 1986) в Московской области // Защита и карантин растений. 2014. № 1(7). С. 52–55.

СТО ВНИИКР 6.003-2010 Сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle. Методы выявления и идентификации.

## ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД КАК ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ БРИОФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЗНОБРАЗИЯ

### TERRITORIAL ENVIRONMENTAL APPROACH AS A TOOL OF STUDYING BRYOFLORESTIC DIVERSITY

Шабета М. С.<sup>1</sup>, Рыковский Г. Ф.<sup>2</sup>, Сакович А. А.<sup>3</sup>  
Shabeta M. S.<sup>1</sup>, Rykovsky G. F.<sup>2</sup>, Sakovich A. A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Научно-практический центр Национальной академии наук по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь; e-mail: Zentsova2009@gmail.com

<sup>2</sup>Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно, Республика Беларусь

Belarus is located at the interface of the taiga and deciduous forests. In the taiga forest zone, the dominant forest tree species is *Picea abies*. Norway spruce creates favorable conditions for the growth of bryophytes, requiring stable humidity of the microclimate. The microclimate shows similarities with the microclimate of the Carpathian spruce forests. In the spruce forests of Belarus, 208 bryophytes species were identified.

Беларусь находится в месте соприкосновения темнохвойных (таёжных) и широколиственных лесов. Для зоны таёжных лесов на территории Беларуси зональной лесообразующей породой является ель европейская. Для еловой формации характерна в ареале полесская дизъюнкция между равнинно-таёжной и горно-карпатской областями. Одним из свидетельств горного происхождения ели обыкновенной является тип строения у нее корневой системы. Такая корневая

система могла сформироваться по всей вероятности в орогенных (горных) условиях на скально-каменистом субстрате. Строение надземной части характеризуется густой кроной, в значительной степени, предохраняющей субстрат от потери влаги. Возникающий, при этом под кронами влажный микроклимат довольно устойчив. Это создает благоприятные условия для произрастания многих мохообразных и, прежде всего такой их группы, как печеночники, более требовательных, чем мхи к устойчивой влажности микроклимата. Они поселяются как на лесной подстилке, так и на гниющей древесине и выступающих корнях ели.

Складывающийся под пологом ели микроклимат в некоторой мере проявляет сходство с микроклиматом карпатских еловых лесов, что обуславливает благоприятные условия для произрастания ряда видов мохообразных горной экологии, то есть своим происхождением связанных с горными условиями.

Всего для еловых лесов Беларуси нами выявлено 208 видов мохообразных из 117 родов, 61 семейства, 20 порядков, 4 классов и 2 отделов (81.6 % от числа видов в составе хвойных лесов Беларуси). Из них печёночники — 50 видов из 31 рода, 23 семейств, 7 порядков, 2 классов (в классе югерманниевых — 47 видов из 28 родов, 20 семейств, 6 порядков, в классе маршанциевых — 3 вида из 3 родов, 3 семейств, 1 порядка); мхи — 158 видов из 86 родов, 38 семейств, 13 порядков, 2 классов (в классе сфагновых — 17 видов из 1 рода, в классе бриевых — 141 вид из 85 родов и 37 семейств, 12 порядков).

Из порядков мохообразных в еловых лесах по видовой насыщенности выделяются: у печёночников — Jugermanniales (33 вида), у мхов — Hypnales (73), Dicranales (27), Bryales (23), Sphagnales (17).

#### Видовая насыщенность лесов сосновой и еловой формаций по типам леса

Отделы	Количество видов по сериям типов леса, шт.											
	брусничная	мшистая	орляковая	кисличная	снъгевая	крапивная	папоротниковая	черничная	приручейно-травяная	долгомошная	осоковая	осоково-сфагновая
Печеночники	-	10	5	24	20	17	37	39	36	22	23	21
Мхи	11	53	37	113	68	51	82	95	98	53	43	48
Всего	11	63	42	137	88	68	19	134	134	75	66	69

Во всем спектре типов ельников отмечены только бриевые мхи — 9 видов (таблица). Интегральными для почти всех типов леса (кроме брусничного) являются 23 вида (*Chiloscyphus pallescens*, *Lepidozia reptans*, *Plagiochila porelloides*, *Ptilidium pulcherrimum* и др.). Отсутствуют только в крайних типах (брусничном и осоково-сфагновом) — 6 (*Nowellia curvifolia*, *Polytrichastrum formosum*, *Ulota crispa* и др.). От мшистого и далее в сторону увеличения увлажнения до черничного или реже долгомошного типа распространено 17 видов (*Trichocolea tomentella*, *Brachythecium rutabulum* и др.), от кисличного — 10 (*Blepharostoma trichophyllum*, *Cephalozia lunulifolia* и др.). В более коротких экологических рядах типов леса по степени увлажнения, начиная от кисличного



типа по черничный, долгомошный или осоковый, отмечено 34 вида, со снытевого — 7, с крапивного — 3, с папоротникового — 9. Только в приручейно-травяном типе отмечено 10 видов, лишь в осоковом и осоково-сфагновом: *Breidleria pratensis*, *Tomenthypnum nitens*.

Наряду с обычными бриофитами в данных лесах нами отмечен и ряд редких и очень редких видов, в том числе подлежащих строгой или профилактической охране. К числу охраняемых относятся 8 видов [Красная книга..., 2015], из них 1 вид — I-й категории охраны (CR — *Moerckia hibernica*), 3 вида — II-й (EN — *Lophozia ascendens*, *Pelekium minutulum*, *Tortella tortuosa*), и 4 вида — III-й (VU — *Cephalozia catenulata*, *Dicranum viride*, *Neckera pennata*, *Pseudobryum cinclidioides*). Профилактической охране подлежат 3 вида (DD — *Geocalyx graveolens*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Orthocaulis attenuatus*). *Hamatocaulis vernicosus* и *Neckera pennata* не являются редкими на территории Беларуси, но подлежат охране, поскольку включены в охранные документы общеевропейского значения. Редкими на территории Беларуси видами являются *Geocalyx graveolens* и *Orthocaulis attenuatus*. Очень редкими в Беларуси (известны в одном-двух местообитаниях) являются *Atrichum angustatum*, *Mnium hornum*, *Sciuro-hypnum reflexum*.

Из числа редких (или слабо изученных хорологически) здесь представлены *Crossocalyx hellerianus*, *Lophozia longiflora*, *Ptilidium ciliare*, *Riccardia multifida*, *Bryum dichotomum*, *B. pallens*, *Campyliadelphus chrysophyllus*, *Campylium protensum*, *Dicranella crispa*, *Encalypta streptocarpa*, *Hygroamblystegium tenax*, *Kindbergia praelonga*, *Pleuridium subulatum*, *Pogonatum nanum*, *Sphagnum riparium*, *Sphagnum wulfianum*, *Stereodon fertilis*, *Weissia controversa*.

Такие виды, как *Crossocalyx hellerianus*, *Lophozia ascendens*, *L. longiflora*, *Orthocaulis attenuatus*, *Campylium protensum*, *Dicranum majus*, *Encalypta streptocarpa*, *Pelekium minutulum*, *Sciuro-hypnum reflexum*, *Tortella tortuosa* известны в еловых лесах Беларуси только в Поозерье, а *Cephaloziella hampeana*, *Moerckia hibernica*, *Tortula lanceola* отмечены только для Полесья. Впервые для хвойных сообществ подзоны дубово-темнохвойных лесов указан *Stereodon fertilis*.

*Liochlaena lanceolata*, *Cratoneuron filicinum*, *Dicranodontium denudatum*, *Fissidens bryoides* и др. не заходят южнее границы сплошного распространения ели, а *Ptilidium ciliare*, *Tortula acaulon*, *Weissia controversa* — севернее данной границы.

#### ЛИТЕРАТУРА

Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений гл. редкол.: И. М. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. 4-е изд. Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі. 2015. С. 448 с.

**ВЛИЯНИЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
НА НАСЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ  
ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ**

**THE IMPACT OF THE OIL AND GAS INDUSTRY ON THE POPULATION  
OF SMALL MAMMALS IN THE TAIGA ZONE OF WESTERN YAKUTIA**

Шадрина Е. Г.  
Shadrina E. G.

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,  
Якутск, Республика Саха (Якутия); e-mail: e-shadrina@yandex.ru*

The impact of the oil and gas industry on the small mammal communities was studied. 470 cone-day units and 720 break-back trap-day units were analyzed, 360 specimens of 12 species were collected. The oil and gas industry currently affects a relatively small areas of the taiga landscape. The current anthropogenic transformation level does not have a serious effect on the total abundance of small mammals in neighboring natural habitats. However, in transformed habitats, a decrease in species abundance and diversity and community structure modifications were found, and these changes were the result of the transformed vegetation cover. Decline in species diversity, tendency to monodominance in the communities, and the predominance of typical floodplain inhabitants were found in the disturbed areas in the northern taiga zone.

Эксплуатация месторождений природного сырья — один из наиболее значимых техногенных факторов, влияющих на экосистемы Севера Российской Федерации. Западная Якутия — один из активно развивающихся регионов Республики Саха (Якутия), его развитие в настоящее время связано с предприятиями нефтегазодобывающего комплекса.

Материал для представленного сообщения собран в таежной зоне Западной Якутии на территории лицензионных участков, находящихся на разных стадиях освоения, от геологоразведочных работ до промышленной эксплуатации. Отработано 470 конусо-суток, 720 давилко-суток, отловлено 360 экземпляров мелких млекопитающих, относящихся к 12 видам. Обследованы площадки геологоразведочных скважин (на стадиях поисково-оценочных работ, пробной эксплуатации и консервации) и территория месторождения на стадии промышленной эксплуатации в двух регионах — Юго-Западная Якутия (64° с. ш.) и нижнее течение р. Виллой (61° с. ш.). Для сравнения привлечены данные по природным биотопам региона.

В нижнем течении р. Виллой на участках, не затронутых промышленным освоением, суммарная численность мелких млекопитающих в природных биотопах составила 77.8 экз./100 конусо-суток, что свидетельствует о благополучном состоянии ценозов. На территории промышленной эксплуатации на площадках законсервированных скважин с кустарниковым и травянистым покровом показатели численности снижены — соответственно 60.9 и 50.0, а площадки эксплуатационных скважин, подвергавшиеся регулярной расчистке от зарастания, характеризуются еще более низкой численностью — 33.3 экз./100 конусо-суток. На площадках буровых скважин в период активного освоения месторождений мелкие млекопитающие отсутствуют.

Кроме того, на антропогенно нарушенных участках отмечено снижение показателей видового разнообразия и изменение структуры сообществ мелких млекопитающих. Наиболее значительные различия отмечены на стадии активного освоения территории: в юго-западной Якутии показатель видового разнообразия Л. А. Животовского [1980] природных биотопов составил 11.57, тогда как антропогенно нарушенных – 5.18, тогда в нижнем течении р. Вилюй эти показатели составили 5.61 и 3.01 соответственно. Сообщества мелких млекопитающих природных биотопов Якутии характеризуются доминированием типичных для Восточной Сибири видов: в лесных стациях это *Clethrionomys rutilus*, *Sorex caecutiens*, в луговых — *Microtus oeconomus*, *Sorex tundrensis* [Млекопитающие Якутии, 1971; Вольперт, Шадрина, 2002]. На площадках буровых скважин на стадии зарастания травянистой растительностью наблюдается преобладание зеленоядов, обитателей открытых пространств — *Microtus oeconomus* и *Microtus gregalis*; численность насекомоядных невысока. Сообщество носит ярко выраженные черты монодоминантности, и в крайнем выражении (на площадках эксплуатационных скважин) население становится моновидовым. По мере развития древесной и кустарниковой растительности показатели численности и видового разнообразия мелких млекопитающих возрастают, что объясняется улучшением кормовых и гнездозащитных условий.

В целом на настоящий момент в Западной Якутии техногенная трансформация в зоне деятельности нефтегазодобывающей промышленности затрагивает небольшие площади, и не оказывает влияния на численность и видовое разнообразие мелких млекопитающих окружающих природных биотопов. Непосредственно на трансформированных участках отмечено снижение численности и обеднение состава сообществ мелких млекопитающих, ярко выраженное при сведении растительного покрова. В ходе сукцессии происходит восстановление видового разнообразия, состава и структуры сообществ. Обеднение состава сообществ, склонность к монодоминантности и преобладание типичных пойменных обитателей на нарушенных участках усиливаются при продвижении на север таежной зоны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Млекопитающие Якутии / Под ред В. А. Тавровского. М.: Наука. 1971. 660 с.  
Животовский Л. А. Показатель внутривидового разнообразия // Журнал общей биологии. 1980. Т. 41. № 6. С. 828–836.  
Вольперт Я. Л., Шадрина Е. Г. Мелкие млекопитающие северо-востока Сибири. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 2002. 246 с.

## ЦИАНОБАКТЕРИИ В КОЛЛЕКЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ ИППЭС КНЦ РАН

## CYANOBACTERIA IN THE MICROORGANISM COLLECTION AT INEP KSC RAS

Шалыгина Р. Р., Редькина В. В.

Shalygina R. R., Redkina V. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: regina\_rinat@mail.ru*

The collection of algae and cyanobacteria the Laboratory of Microorganism Ecology is part of Herbarium of Institute of the Industrial Ecology Problems of the North contains 250 strains, most of which are green algae. Cyanobacteria are represented by 40 strains, including 35 taxonomic units. Cultures from the collection are used in molecular genetic studies. Molecular methods confirmed the taxonomic affiliation of several strains of the genus *Nostoc*, as well as of *Microcoleus vaginatus*. Using the polyphase approach, a new cryptic cyanobacteria genus *Cyanomargarita* was described. A new species of the genus *Stenomitos* was also identified.

Музей бактерий, микроскопических грибов, водорослей и цианобактерий Кольского полуострова входит в гербарий Института проблем промышленной экологии Севера в 2012 г. [Боровичев и др., 2018]. В коллекции водорослей и цианобактерий насчитывается около 250 штаммов, из них большая часть — зеленые водоросли. Цианобактерии представлены 40 штаммами, включающими 35 таксономических единиц. Альгологически чистые культуры получены преимущественно из образцов почв, отобранных в заповеднике «Пасвик», на полуострове Рыбачий (подбуры, криогенные, примитивные, подзолистые, торфяные и болотные почвы), а также в зонах антропогенного влияния, где основными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы (комбинат «Печенганикель»), соединения фтора (Кандалакшский алюминиевый завод) и нефтепродукты (гора Каскама).

Культуры из коллекции микроорганизмов активно вовлекаются в молекулярно-генетические исследования. Были получены сиквенсы участков генов 16S рРНК и 16S-23S ITS для 15 штаммов, выделенных из различных местообитаний Мурманской области. Полученные предварительные результаты (филогенетические деревья по участку гена 16S рРНК и построение вторичной структуры 16S-23S ITS), а также данные по морфологии и экологии позволяют предположить наличие новых видов. Так, в почве загрязненной тяжелыми металлами, в 5 км от комбината Печенганикель, обнаружен новый вид рода *Stenomitos* Misoe & Johansen. В последующем этот вид был обнаружен и в почвах, загрязненных соединениями фтора. Использование полифазного подхода позволило выявить устойчивый к загрязнению соединениями фтора новый вид *Nostoc* sp. Vauch. ex Born. & Flah [Шалыгина и др., 2016] из почвы вблизи Кандалакшского алюминиевого завода. Кроме того, молекулярно-генетическими методами подтвердили таксономическую принадлежность нескольких штаммов рода *Nostoc*, а также штамма *Microcoleus vaginatus* (Vaucher) Gomont, выделенного из почвы заповедника «Пасвик». На основе полифазного подхода, включающего в себя изучение экологии, морфологии, жизненного

цикла, филогении участков генов 16S и протеинкодирующего rbcLX, вторичной структуры 16S-23S ITS описан новый криптический род цианобактерий *Cyanomargarita* с типовым видом *C. melechinii* Shalygin, Shalygina et Johansen, и дополнительно *C. calcarea* Shalygin, Shalygina et Bohunicka. Типовой вид *Cyanomargarita melechinii* был найден в роднике близ г. Апатиты Мурманской области. Род *Cyanomargarita* является криптическим, поскольку природные популяции типового вида идентичны по морфологии роду *Rivularia* C. Agardh ex Bornet & Flahault [Shalygin et al., 2017].

#### 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. Прикладная экология Севера. 2018. Вып. 6. С. 179–186.

Шалыгина Р. Р., Шалыгин С. С., Редькина В. В. Морфологическая и молекулярная характеристика цианобактерии *Nostoc* sp., изолированной из почвы Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология Севера. 2016. Вып. 4. С. 78–89.

Shalygin S., Shalygina R., Johansen J. R., Pietrasiak N., Berrendero E., Bohunická M., Mareš J., Sheil C. A. *Cyanomargarita* gen. nov. (Nostocales, Cyanobacteria): convergent evolution resulting in a cryptic genus // Journal of Phycology. 2017. Vol. 53. P. 762–777.

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ДВУХ ВИДОВ РОДА *TARAXACUM* НА ЗАПАДНОМ ШПИЦБЕРГЕНЕ

### A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHOTOSYNTHETIC FUNCTION OF TWO SPECIES OF THE GENUS *TARAXACUM* ON WEST SVALBARD

Шмакова Н. Ю.<sup>1</sup>, Марковская Е. Ф.<sup>2</sup>

Shmakova N. Ju.<sup>1</sup>, Markovskaja E. F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина, Апатиты, Мурманская область; e-mail: shmanatalya@yandex.ru

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: volev10@mail.ru

On the island of Svalbard in the communities of Arctic tundra in the vicinity of the town of Barentsburg, native (*Taraxacum arcticum* (Trautv.) Dahlst.) and adventitious (*Taraxacum officinale* Wigg.) species were studied. It is shown that the Arctic type has low biometric parameters and low biomass (the leaf mass is 30 times lower). The total content of pigments in *T. arcticum* is 20% less than that in *T. officinale*. The collected data on pigment content and chlorophyll fluorescence showed that they can potentially absorb large quantities of light energy. However, the different biomass and different distribution of the two *Taraxacum* species on Svalbard indicate different adaptations, associated with the absorption and use of energy and differences in the metabolic processes in the ontogenesis.

Во флоре архипелага Шпицберген произрастает 3 вида рода *Taraxacum*, но только *Taraxacum arcticum* (Trautv.) Dahlst. относится к широко распространенным видам. Заносные виды редки в условиях Арктики и механизмы

их адаптации и функциональной активности представляют большой интерес. На о. Западный Шпицберген в сообществах арктических тундр в окрестностях пос. Баранцбург были исследованы аборигенный (*Taraxacum arcticum*) и заносный (*Taraxacum officinale* Wigg.) виды одуванчиков. Задача исследования: сравнительное исследование функциональной активности в период вегетации. Были исследованы биометрические показатели, содержание пигментов пластид (спектрофотометрический метод), флуоресценция хлорофиллов.

*T. arcticum* — почти арктический вид, высотой 5-8 см, в розетке по 5 листьев, произрастает на приморской тундре небольшими популяциями. *T. officinale* — бореальный вид, произрастает на территории поселка внутри домовых территорий, рядом с тепловой сетью. Популяция представлена более 30 особями крупных растений с розеткой из 5–8 листьев, высотой цветоноса до 20–30 см. Сравнение биометрических данных показало, что по площади листа эти виды различаются в 23 раза, по сухому весу одного листа в среднем в 34 раза, по биомассе почти 10 раз. Однако, по содержанию суммы хлорофиллов виды различаются не столь значительно. Так, у арктического вида содержание зеленых пигментов составило 1.1 мг/г сырой массы, что совпадает со средним значением этого показателя для сосудистых растений Западного Шпицбергена и только на 20% ниже, чем у бореального вида. Содержание каротиноидов у обоих видов вообще не отличается (0.3 мг/г сырой массы). Заслуживают внимания соотношения между компонентами пигментной системы: соотношение хлорофиллов *a/b* у *T. arcticum* равно 3.0-3.2 и соответственно, светособирающий комплекс (ССК) 55 %, тогда как у *T. officinale* – *a/b* – 2.5-2.6 и 63 %; соотношение хлорофиллы/каротиноиды у арктического вида 3.8-4.0, у бореального — 4.3–5.0. Полученные результаты свидетельствуют о разных путях защиты фотосинтетического аппарата. Заносный вид нуждается в защите ассимиляционного аппарата от избытка солнечного света, что обеспечивает большая доля хлорофилла *b* и большой объем ССК, доля каротиноидов ниже. Арктический вид, напротив, проявляет хорошую степень адаптации фотосинтетического аппарата к экстремальным условиям существования. Изучение фотохимической составляющей (по флуоресценции хлорофилла) показало удивительное сходство фотохимических реакций и означает, что потенциальная фотохимическая активность единицы фотосинтетического аппарата обоих видов высокая и сходная. Два вида одного рода в условиях Арктики одинаково поглощают и утилизируют световую энергию, а различия связаны только с ее последующей тратой, что свидетельствует о разных путях адаптации, о различиях в метаболических процессах в онтогенезе. Таким образом, для заносных видов условия Арктики при наличии локальных и благоприятных экотопов могут быть пригодными для длительного произрастания.

## МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В БИОТОПАХ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ

### SMALL MAMMALS AND TEMPERATURE CONDITIONS IN BIOTOPES AT DIFFERENT STAGES OF ANTHROPOGENIC SUCCESSION

Якимова А.Е.

Yakimova A.E.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: angelina73@mail.ru*

The influence of microclimate on the population dynamics of small mammals was studied in the late autumn and spring in Russian Karelia. Data on surface air temperature was collected in different habitats (old-growth true moss spruce forest and young deciduous stand). Significant differences in temperature in the studied biotopes were found in autumn (day and night mean temperature) and in May and June (day mean temperature). Data on the number of small mammals was collected in the same biotopes. The most stable conditions and smallest changes in the population density and species composition were recorded in the old-growth true moss spruce forest.

Для мелких млекопитающих, обитающих в Карелии на пределе своих ареалов, крайне важны погодные условия в период подготовки к зиме, и особенно в весенний период. Микроклиматические условия в различных биотопах могут значительно отличаться, наряду с другими факторами влияя на состав и численность обитающих в них зверьков. Исследования проводились в окрестностях стационара ИБ КарНЦ РАН, расположенного Пряжинском р-не РК в наиболее значимые для мелких млекопитающих периоды года: позднелетние (октябрь-ноябрь) месяцы, а также в конце весны — начале лета (май-июнь). Для оценки микроклиматических условий, создающихся в коренных и антропогенно трансформированных биотопах, было проведено сравнение средних дневных и ночных температур припочвенного воздуха в ельнике чернично-кисличном и на зарастающей вырубке по тому же типу леса (возраст рубки 15–20 лет). Для измерения использовали датчики температуры и влажности ТРВ-2, установленные на высоте 5–10 см от поверхности почвы в защищенном от солнца, дождя и ветра месте. Полученные данные были обработаны в программах Excel и MaxStat 3.06 Lite.

Результаты анализа свидетельствуют о достоверных отличиях температурного режима в ельнике и на зарастающей вырубке осенью (как днем, так и ночью) и в дневные часы мая и июня. Различия температуры воздуха, отмеченной в ночные часы в мае и июне, недостоверны. Данное явление возможно связано с тем, что в мае и июне 2016 года отмечалась преимущественно пасмурная погода. Известно, что остывание почвы в пасмурную погоду происходит медленнее, чем в ясную, поэтому ожидаемого значительного снижения ночных температур на вырубке не происходило. В осенние месяцы величины стандартного отклонения для ночных температур в обоих биотопах различались незначительно. Аналогичные данные получены и при сравнении изменчивости дневных температур этих станций. Однако в мае и июне на вырубке

изменчивость температуры была выше и днем и ночью. Это свидетельствует о большей стабильности температурного режима в ельнике.

Исследования, проведенные в Висимском заповеднике [Давыдова, Бердюгин, 2011] показывают, что наиболее стабильный микроклимат в ходах и норах мелких млекопитающих и на поверхности почвы отмечается в зимний период, под снежным покровом, тогда как весной его изменения сильно зависят от погодных условий.

Оценка численности мелких млекопитающих проводилась согласно стандартным методикам. Материал собран в осенние (сентябрь, октябрь и ноябрь) и весенние (март, апрель) месяцы 2015 и 2016 гг. Использовали линии давилок по 25 штук в каждой, которые в снежный период ставились в вырытые до подстилки ниши. Отловы проводились в тех же биотопах, являющихся основными этапами антропогенной сукцессии биотопов – старовозрастном ельнике чернично-кисличном, зарастающей вырубке по тому же типу леса и в лиственном лесу.

При рассмотрении динамики населения мелких млекопитающих в разных биотопах в зимний период можно отметить, что наиболее стабильно оно в старовозрастном ельнике чернично-кисличном. В нем неизменно отлавливались 2 вида: рыжая полевка и обыкновенная бурозубка. Видовой состав мелких млекопитающих сильно менялся по месяцам отловов в лиственном лесу (от 1 до 4 видов) и на зарастающей вырубке (от 1 до 3). Также в них значительно варьировала доля этих видов в уловах.

Общая численность мелких млекопитающих также претерпевала меньшие колебания в ельнике, при этом здесь отмечался значительный ее подъем в начале весны, в отличие от других биотопов, что также говорит о стабильности популяции в данном местообитании в силу его хороших защитных и кормовых условий. Э. В. Ивантер [1975] отмечал, что данный биотоп является «станцией переживания», в то время как лиственные леса характеризуются резким ухудшением условий в зимний период года, а вырубки отличаются крайне нестабильным характером кормовых и защитных условий.

*Работа выполнена в рамках государственного задания 0221-2017-0046, при частичной финансовой поддержке Программы Президиума РАН (№ 0221-2018-0002) и гранта РФФИ 18-05-00646.*

## ЛИТЕРАТУРА

Давыдова Ю. А., Бердюгин К. И. Микроклиматические условия зимовки мелких млекопитающих в Висимском заповеднике // Современное состояние и перспективы развития ООПТ Урала. Екатеринбург: ООО «УИПЦ». 2011. С. 86–91.

Ивантер Э.В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л.: Наука. 1975. 246 с.



**СЕКЦИЯ 5. Рациональное использование и охрана природных ресурсов. Развитие сети ООПТ на Северо-Западе России**

**SESSION 5. Sustainable management and protection of natural resources. Current developments in the protected areas system in the North-West of Russia**

## ТРЕНДЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ УРОЖАЙНОСТИ ЯГОД КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ В КАРЕЛИИ

### THE LONG-TERM DYNAMICS OF CRANBERRY YIELDS IN KARELIA

Антипин В. К.

Antipin V. K.

*Институт биологии — обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: avk-krc@yandex.ru*

Trends in the ripening of berries in a perennial (30 years) series of observations have shown that currently there is a wave-like decline in the yield of cranberry berries even on the most productive bog berry sites in southern Karelia. Reduced yields are likely due to the global climate change. The extremely unstable weather of the autumn-winter period can negatively affect the formation and wintering of cranberry flower buds. In the existing conditions, the identification and protection of the berry-shrubs mires of Karelia need to be improved. Cranberry mires have an exceptional environmental value.

Одним из важных направлений развития фундаментальных исследований в области ресурсоведения является оценка современного состояния ресурсов ягодных растений. Клюква — важнейший биологический ресурс России, многолетний мониторинг динамики урожайности ее ягод является актуальной научной задачей. Репрезентативные данные об урожайности ягод можно получить только на основе многолетних наблюдений за ее динамикой [Черкасов и др., 1981].

Исследование выполнено на основе многолетнего мониторинга урожайности клюквы болотной, организованного в 1975 и 2009 гг. на ключевых участках болота «Неназванное» (южная Карелия, региональный болотный заказник «Чувной суо») с постоянными пробными площадями (пр. пл.) [Юдина, Максимова, 2005; Антипин, Токарев, 2016]. Болотные участки с постоянными пробными площадями (ППП): I — олиготрофный пушицево-сфагновый, II — мезотрофный кустарничково-травяно-сфагновый, III — , IV — сосново-кустарничково-пушицево-сфагновый, VI — мезотрофный травяно-сфагновый, VII — мезотрофный осоково-тростниково-сфагновый.

Цель работы — изучение динамики урожайности ягод клюквы болотной в Карелии на основе многолетних наблюдений.

Основные задачи исследования — учет цветения и плодоношения клюквы, определение урожайности ягод и тренда ее многолетней динамики.

Полевые и камеральные работы проведены по общепринятой методике [Черкасов и др., 1981; Юдина и др., 1986]. На всех пробных площадях в период массового цветения (май, начало июня) и созревания плодов (вторая половина сентября, начало октября) подсчитывали количество цветков и плодов, собирали ягоды и определяли их массу. Результаты учетов вносили в базу данных и обрабатывали в MS Excel. Полученные данные использованы при составлении диаграмм многолетней динамики урожайности ягод клюквы на каждой пробной площади. При этом из базы данных взяты непрерывные ряды наблюдений — для ППП I–III с 1986 по 2018 гг., а ППП IV, VI, VII, 6, 7 с 2009 по 2018 гг. Для

отображения тенденций динамики на диаграмму добавлялись линии тренда. Тип линии выбран полиномиальный, который используется для описания попеременно возрастающих и убывающих величин [Розенберг и др., 1994].

Известно, что на плодоношение клюквы влияют погодные условия [Юдина, Максимова, 2005]. При анализе многолетних метеорологических данных в качестве исходной информации использованы ряды среднемесячных температур воздуха и суммы осадков района исследований за вегетационные периоды с мая по сентябрь, полученные по наиболее близко расположенной к району исследований метеостанции «Петрозаводск».

За годы наблюдений чередовались сухие и обильно увлажненные вегетационные периоды с температурой воздуха выше средних многолетних значений.

По многолетним данным (1986–2018 гг.) наблюдается тенденция снижения урожайности высоко продуктивных (451–670 кг/га) мезотрофных участков: ППП II с 2012 г, а ППП III с 2004 г. В 2017 г урожайность ППП II составила всего 161 кг/га – низкий урожай, ППП III — 398 — средний. В тоже время отмечается рост продуктивности олиготрофной ППП I — от 30 кг/га в 2015 г до 241 кг/га в 2017 г. Самыми урожайными в 2017 г. были ППП IV и VI — 461 и 556 кг/га. Стабильные, но не высокие урожаи на ППП VII, в 2017 г. урожай ягод составил 187 кг/га.

В 2018 г. неурожайными оказались все площадки (порог рентабельности сбора ягод при урожайности составляет 150 кг/га).

Тренды динамики урожайности ягод в многолетнем (30 лет) ряду наблюдений показали, что в настоящее время наблюдается волнообразное снижение урожайности ягод клюквы даже на самых ягодоносных болотных участках (ППП II, III) ценного болотного ягодника южной Карелии. Снижение урожайности, вероятно, связано с глобальным изменением климата. Наблюдаемая ныне крайне неустойчивая погода осенне-зимнего периода, может негативно влиять на формирование и зимовку цветочных почек клюквы.

В современных условиях необходимо усилить выявление и охрану ягодных болот Карелии. Болота-ягодники представляют собой исключительную хозяйственную и природоохранную ценность.

#### ЛИТЕРАТУРА

Антипин В. К., Токарев Н. П. Многолетняя динамика урожайности ягод клюквы болотной (*Oxycoccus palustris*, Ericaceae) в южной Карелии // Растительный мир Азиатской России. 2016. № 4(24). С. 83–87.

Юдина В. Ф., Вахрамеева З. М., Токарев П. Н., Максимова Т. А. Клюква в Карелии. Петрозаводск: Карелия. 1986. 204 с.

Розенберг Г. С., Шитиков В. К., Брусиловский П. М. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). Тольятти: ИЭВБ РАН. 1994. 182 с.

Черкасов А. Ф., Буткус В. Ф., Горбунов А. Б. Клюква. М: Лесная промышленность. 1981. 214 с.

Юдина В. Ф., Максимова Т. А. Динамика урожайности клюквы болотной в южной Карелии // Экология. 2005. № 4. С. 264–268.

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МАЛОНАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА

### ECOLOGICAL IMPORTANCE OF INTACT FOREST AREAS ON THE ONEGA PENINSULA

Браславская Т. Ю.<sup>1</sup>, Алейников А. А.<sup>1</sup>, Чуракова Е. Ю.<sup>2</sup>, Колбовский Е. Ю.<sup>3</sup>,  
Козыкин А. В.<sup>4</sup>, Кулясова А. А.<sup>3</sup>, Немчинова А. В.<sup>4</sup>  
Braslavskaya T. Yu.<sup>1</sup>, Aleynikov A. A.<sup>1</sup>, Churakova E. Yu.<sup>2</sup>, Kolbovskiy E. Yu.<sup>3</sup>,  
Kozykin A. V.<sup>4</sup>, Kulyasova A. A.<sup>3</sup>, Nemchinova A. V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва;  
e-mail: t-braslavskaya@yandex.ru, aaacastor@gmail.com

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. Н. П. Лаверова РАН, Архангельск, Архангельская область;  
e-mail: alex0000001@yandex.ru

<sup>3</sup>Географический факультет Московского государственного университета  
им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: kolbowski@mail.ru

<sup>4</sup>Национальный парк «Кенозерский», Архангельск, Архангельская область;  
e-mail: gryllus2007@gmail.com

<sup>3</sup>Центр независимых социологических исследований, Санкт-Петербург,  
e-mail: antonina-kulyasova@yandex.ru

<sup>4</sup>Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва, e-mail: nemanvic@rambler.ru

On the Onega Peninsula, two intact forest areas of more than 200 thousand hectares are found. These support high faunistic diversity and multiple species red-listed in the Russian Federation and / or Arkhangelsk Region and adjacent regions of the European North, namely 9 species of mosses, lichens and fungi, 26 of vascular plants, 3 of freshwater fishes, 30 of birds and 10 of mammals. Recently, intensive logging has started in the area leading to degradation of the intact areas and rivers. To prevent the destruction of numerous protected sites, it is advisable that the intact areas on the Onega Peninsula are protected as national forest heritage sites (specially protected forest areas), which is possible under the existing Russian laws.

По физико-географическим и историческим причинам природные территории во внутренней части Онежского полуострова практически до конца XX в. не были фрагментированы хозяйственной инфраструктурой. На полуострове выделены две – к северу и к югу от Унско-Ухтинского перешейка – малонарушенные лесные территории (МЛТ) площадью каждая более 200 тыс. га, включающие леса, болота и водоемы [Атлас..., 2003] и верховья 27 малых рек, впадающих в Белое море. Леса занимают около 60 % территории полуострова (преобладают 200–300-летние ельники и сосняки), болота – около 30 %, озера — около 6 % [Эколого-экономическое..., 1999]. Большая природоохранная значимость МЛТ Онежского полуострова определяется высоким разнообразием обитающих здесь видов высших трофических уровней, в том числе хищных птиц и млекопитающих с большими территориальными потребностями. В лесах, на болотах и в пресных водоемах обитает, в общей сложности, около 30 видов рыб, 5 видов земноводных и пресмыкающихся, более 100 видов гнездовых птиц, 37 видов млекопитающих (включая 8 массовых охотничье-промысловых); из них 3 вида рыб, около 30 видов птиц и 10 видов млекопитающих внесены в Красные книги Российской Федерации и/или Архангельской области и сопредельных регионов Европейского

Севера. На федеральном и региональном уровне охраняются 26 видов сосудистых растений [Эколого-экономическое..., 1999]. Обследование, проведенное нами в 2017-2018 гг., выявило многочисленные местонахождения видов грибов, лишайников и моховидных – индикаторов малонарушенной лесной среды, благополучного состояния популяций млекопитающих и отсутствия антропогенной эвтрофикации вод; из них 9 видов внесены в Красную книгу Российской Федерации и/или региональные Красные книги Европейского Севера.

При этом с начала XXI в. на Онежском полуострове развивается интенсивное лесопользование — ведутся сплошные рубки с площадью лесосек 50 га. Такая технология не просто широкомасштабно разрушает среду обитания многих охраняемых видов, но и создает серьезные препятствия для восстановления лесов из-за массового заболачивания ландшафтов. Сеть лесовозных дорог резко повышает бесконтрольную доступность территории и пожароопасность на ней; смытый с обезлесенных моренных возвышенностей грунт течет по дорожным кюветам, в результате чего не задерживается водоохранными зонами, а попадает непосредственно в водотоки в местах их пересечения с дорогами.

Организация в 2013 г. национального парка «Онежское Поморье» улучшила перспективы сохранения фауны и флоры побережья в северной части полуострова. Но, к сожалению, это не поможет сохранить экосистемы внутри полуострова. Если лесозаготовки не будут прекращены, то в результате деградации МЛТ ухудшится качество пресных вод на территории парка и в населенных пунктах, расположенных в устьях рек, сократятся рыбные ресурсы и популяции крупных хищных птиц и млекопитающих, потребности которых больше, чем может обеспечить территория парка.

Для максимального сохранения ценных и функционально значимых природных объектов, разнообразных и пространственно-рассредоточенных, целесообразно отнесение МЛТ Онежского полуострова к объектам национального лесного наследия (разновидность особо защитных участков), что допускает действующее российское законодательство.

#### ЛИТЕРАТУРА

Атлас малонарушенных лесных территорий России / Д. Е. Аксенов и др. М.: МСоЭС. 2003. 186 с.

Эколого-экономическое обоснование и основные положения Схемы организации и развития Национального парка «Онежское Поморье» / Архангельская лесоустроительная экспедиция, Национальный парк «Водлозерский»; С. В. Торхов, О. В. Червяков. Петрозаводск. 1999. Т. 1. 149 с.

**ОХРАНЯЕМЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ В КОЛЛЕКЦИОННОМ  
ФОНДЕ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО  
САДА-ИНСТИТУТА**

**PROTECTED WOODY PLANTS IN THE COLLECTION OF THE POLAR  
ALPINE BOTANICAL GARDEN**

Гончарова О. А.  
Goncharova O. A.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина Кольского  
научного центра РАН, г. Апатиты, Мурманская область; e-mail: goncharovaoa@mail.ru*

The collection of the Polar-Alpine Botanical-Garden includes 797 samples of 308 species and 44 intraspecific taxa (3 variants, 17 forms, 24 grades), 22 hybrids, in total 372 taxa. According to the IUCN rare species list, 298 samples of 106 taxa of woody plants belong to some international conservation category. 78 taxa are protected in regions of Russia, in total 232 samples. 2 taxa (4 samples) are on the Russian rare plants list (classified as rare species): *Cotoneaster alaunicus* Golits. and *Cotoneaster cinnabarinus* Juz. About 50 % of the rare species in the collection are recommended for landscaping in northern cities.

Охрана редких растений является одним из направлений работы ботанических садов. Во многих ботанических садах созданы экспозиции редких растений с целью их сохранения и размножения. Целью настоящей работы стала инвентаризация охраняемых древесных растений, занесенных в Красные книги различного ранга и произрастающих в коллекциях Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН (ПАБСИ КНЦ РАН).

Категория статуса определена по Красной книге Российской Федерации, Красным книгам различных регионов России [Красная книга Российской Федерации, 2008; Красная книга Мурманской обл., 2014 и др.] и списку редких видов МСОП [<https://www.iucnredlist.org>].

Коллекции древесных интродуцентов ПАБСИ КНЦ РАН располагаются на 2 площадках — на основной территории в г. Кировск и на экспериментальном участке в окрестностях г. Апатиты. По итогам инвентаризации 2018 г. на питомнике древесных растений в г. Кировске содержится 215 образцов 154 таксонов 39 родов, 20 семейств. В коллекционном фонде древесных интродуцентов г. Апатиты содержатся растения 23 семейств, 52 родов, 216 таксонов. Всего 369 образцов. В дендрарии северных и высокогорных видов в г. Апатиты содержатся растения 18 семейств, 43 родов, 185 таксонов, всего 280 образцов. Всего в составе коллекционных фондов древесных интродуцентов представители 27 семейств, 61 рода, 308 видов и 44 внутривидовых таксонов (3 разновидности, 17 форм, 24 сорта), 22 гибрида, всего 372 таксона, 797 образцов.

Согласно перечню редких видов МСОП, 298 образцов 106 таксонов древесных растений имеют ту или иную международную охранную категорию. Два таксона входят в список редких растений России: *Cotoneaster alaunicus* Golits. и *Cotoneaster cinnabarinus* Juz (3 — редкий вид). *C. alaunicus* является узкоареальным эндемиком, *C. cinnabarinus* встречается в Мурманской области, Республике Карелия [Красная книга Российской Федерации, 2008]

В региональных Красных книгах России находятся 78 таксонов (232 образца) древесных растений, интродуцированных в ПАБСИ КНЦ РАН, что составляет и

21 % (29 %) соответственно от общего количества таксонов (образцов) в коллекционном фонде древесных растений. 37 из 78 таксонов входят в краснокнижный перечень только в каком-то одном регионе. Наиболее часто в списках редких растений состоят *Daphne mezereum* L., *Salix lapponum* L., *Cotoneaster alauicus* Golits. и *Juniperus communis* L. Данные таксоны входят в перечень краснокнижных видов в 17, 16, 11 и 11 регионах соответственно. *Daphne mezereum* в различных регионах имеет категорию статуса редкости от 1 до 3, в 11 из 17 регионов является редким видом. *Salix lapponum* имеет категорию статуса редкости от 1 до 4. *Cotoneaster alauicus* в разных регионах имеет категорию статуса редкости от 1 до 3. *Juniperus communis* имеет категорию статуса редкости от 1 до 3.

6 видов (*Lonicera altaica* Pall., *Frangula alnus* Mill., *Cotoneaster cinnabarinus* Juz., *Rosa acicularis* Lindl., *Salix dasyclados* Wimm., *Salix pyrolifolia* Ledeb.) входят в список охраняемых растений Мурманской области. 36 охраняемых видов рекомендуются для использования в озеленении населенных пунктов [Гонтарь и др., 2010].

#### ЛИТЕРАТУРА

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

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

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2008. 855 с.

## ОПЫТ НОМИНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРКОВ В ГЛОБАЛЬНУЮ СЕТЬ ЮНЕСКО

### EXPERIENCE WITH NOMINATING GEOPARKS TO THE UNESCO GLOBAL NETWORK

Дронин Н. М.<sup>1</sup>, Калущкова Н. Н.<sup>1</sup>, Синьовски Д.<sup>2</sup>, Тельнова Н. О.<sup>3</sup>,  
Медведев А. А.<sup>3</sup>

Dronin N. M.<sup>1</sup>, Kalutskova N. N.<sup>1</sup>, Sinnyovsky D.<sup>2</sup>, Telnova N. O.<sup>3</sup>,  
Medvedev A. A.<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Географический факультет Московского государственного университета, Москва; e-mail: ndronin@gmail.com

<sup>2</sup>Горно-геологический университет им. Св. Ивана Рильского, София, Болгария

<sup>3</sup>Институт Географии Российской академии наук, Москва

The new concept of UNESCO geoparks emphasizes the importance of geotourism and other alternative forms of sustainable tourism. Tourism activities can actively promote the region's geologic and landscape features. We examine our experience with nominating the site Belogradchik Rocks in Northern-Western Bulgaria. After 10 years of efforts to nominate this unique geological site as a UNESCO geopark, we only succeeded in securing its classification as an aspiring geopark. The major obstacle is the requirement that the nominated site has been operating for one year as a true geopark, including infrastructure, information support, staff, and

active involvement of local businesses. This requirement is especially difficult to fulfill in transitional economies because of the marginalization of many regions and scarce funding from local budgets.

Рельеф и геологические формации являются главными свидетельствами эволюции планеты, а их охрана может быть важным элементом стратегии устойчивого развития территорий. Соответственно, геопарки можно определить как территории, представляющие большой научно-образовательный интерес благодаря наличию выдающихся геологических объектов и имеющие необходимые социально-экономические условия для развития природного и культурного туризма.

Программа геопарков была впервые предложена в 1998 г. как совместная инициатива ЮНЕСКО и Международного союза геологических наук (МСГН; IUGS). К 2017 г. в мире насчитывалось 120 геопарков ЮНЕСКО в 30 странах. Они отличаются большим разнообразием в отношении объектов геологического наследия, ландшафтов, современных геологических процессов, экологических функций, исторических артефактов, культурной аутентичности, образовательных возможностей и туристической инфраструктуры. Геопарки могут быть различны по размерам – от десятков квадратных километров и населением несколько тысяч человек до несколько тысяч квадратных километров и городским населением в сотни тысяч человек.

При таком разнообразии геопарков номинирование в глобальную сеть ЮНЕСКО оказывается неожиданно непростой процедурой, которая не гарантирует желаемого результата [Калуцкова и др., 2012]. В нашем случае история номинирования болгарской природной достопримечательности «Белоградчишские Скалы» длилась 10 лет и завершилась пока присвоением полуофициального статуса «геопарка- претендента» [Sinnyovsky et al. 2016; ManzhetoVA et al., 2015]. В данной работе мы анализируем типичные проблемы номинирования в систему геопарков на примере Белоградчишских Скал.

Номинационная форма представляет собой сводную таблицу, которая состоит из пяти разделов (А, В, С, D, E). Каждый раздел имеет балльную характеристику, которая складывается из определенных критериев раздела. Номинационная форма должна точно следовать установленному формату, подчеркивая как сильные, так и слабые стороны планируемого геопарка. После регистрации заявки номинационная форма рассматривается независимой группой экспертов ЮНЕСКО. При положительном решении экспертов следует второй этап номинирования, а именно, оценка территории экспертами ЮНЕСКО непосредственно на местности. Кроме того, чтобы было принято окончательно положительное решение необходимо, чтобы планируемый геопарк функционировал де-факто как международный геопарк как минимум один год.

К сильным сторонам проекта относятся наличие большого количества геологических объектов и их разнообразие. По обеим позициям проект получил высшие оценки, как самими претендентами, так и внешними экспертами ЮНЕСКО. Оценка геологического наследия проводится по выявленным «геотопам» — отдельным примечательным геологическим объектам [Sinnyovsky et al., 2016].

К сожалению, все остальные позиции, связанные с управлением исследуемой территории, были проиграны. Они же вызвали наибольшие разногласия в оценках



разработчиков проекта и внешних экспертов. В позиции «Структура управления» эксперты ЮНЕСКО не подтвердили наличие мастер-плана управления геопарком, который должен был бы включать в себя 13 компонентов, относящихся ко всем геологическим и культурным объектам, развитию геотуризма и агротуризма, местному развитию, образованию, стратегии маркетинга, аудиту геологического наследия, стратегии финансирования, продвижению местного продукта и др. В позиции «Информация и экологическое образование» проблемы были связаны с отсутствием специализированных, т.е. рассчитанных на разные возрастные группы посетителей геопарка, образовательных программ.

Таким образом, основным барьером для номинации любой территории в систему геопарков является требование, чтобы планируемый геопарк функционировал де-факто как международный геопарк как минимум один год. Такое условие является, особенно, затруднительным для стран с транзитной экономикой, в которых произошла маргинализация и депопуляция многих внутренних районов, тогда как местное самоуправление пока не способно выполнять свои функции в полном объеме в виду крайне незначительных местных бюджетов.

*Исследование проводится при поддержке РФФИ, болгарско-российский проект DNTS/Russia 02/14.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Калуцкова Н. Н., Синьовски Д., Дронин Н. М.* Опыт номинирования территории «Белоградчишские скалы» (Болгария) на статус Геопарка Юнеско//Материалы международной научно-практической конференции „Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь”. Беларусь. 2012. С. 353–356.

*Manzhetova A. A., Sinnyovsky D., Kalutskova N. N.* Long Experience of Nomination of the Area „Belogradchik Rocks” (Bulgaria) for European Geoparks Network. Book of Abstracts, International Geographical Union Regional Conference “Geography, Culture and Society for our Future Earth”, 17–21 August. Moscow. 2015. 457 p.

*Sinnyovsky D., Kalutskova N. N., Dronin N. M., Nikolova V.* International prospects of the Aspiring Geopark Belogradchik Rocks. // Ann. Univ. Mining and Geology „St. Ivan Rilski”. 2016. Т. 59. С. 71–77.

## НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЛАПЛАНДСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

### MODERN RESEARCH IN THE LAPLAND STATE NATURE RESERVE

Каримова М. Е., Зануздаева Н. В., Баркан В. Ш.

Karimova M. E., Zanuzdaeva N. V., Barkan V. Sh.

*Лапландский государственный природный биосферный заповедник,  
Мончегорск, Мурманская область; e-mail: karimova@laplandzap.ru*

The results of long-term observation series and biota inventories in the Lapland Reserve are presented. The research in the reserve is based on long-term observation programs and collecting new data on the condition of flora and fauna and populations.

Лапландский заповедник расположен в западной части Мурманской области в северной таежной зоне. Созданный 17 января 1930 г., в 2020 г. заповедник будет отмечать 90-летний юбилей. С момента создания в заповеднике ведется экологический мониторинг, включающий фиксацию природных процессов и явлений. За 90 лет работы в заповеднике сформирован богатейший архив научных материалов. Продолжительность регистрации большинства фенологических явлений, которые ежегодно фиксируются в «Календаре природы», превышает 70 лет, при этом некоторые фенологические наблюдения ведутся с 1930 г. С 1994 г. на трех фенологических маршрутах дополнительно ведутся наблюдения за растительными сообществами, при этом учитываются 16 фаз сезонного развития у 29 видов растений. С 1963 г. ведутся работы по оценке урожайности ягодных кустарничков, с 1967 г. — урожайности ели. Для мониторинга урожайности основных видов макромицетов в 1986 г. были заложены 5 стационаров, которые были изменены в 2010 и 2014 гг. Количественный учет западной популяции дикого северного оленя ведется с 1929 г., мелких млекопитающих и выводков тетеревиных видов птиц — с 1936 г., выводков водоплавающих птиц — с 1966 г. С 1977 г. ведутся работы на стационарах по мониторингу гнездящихся видов птиц. Зимний маршрутный учет по следам зверей ведет свое начало с 1960 г.

На современном этапе в Лапландском заповеднике работы по экологическому мониторингу продолжаются. Кроме того, есть постоянные научные темы заповедника, по которым ежегодно собирается материал: экология мелких млекопитающих, хищных, биоразнообразие и динамика численности сообществ птиц, флора сосудистых растений, состояние популяции дикого северного оленя, изучение состояния популяций видов, занесенных в Красные книги и другие. Последние 17 лет проводится планомерная инвентаризация биоты заповедника. Для этой цели к работе на заповедной территории привлекаются внештатные специалисты — научные сотрудники ВУЗов, институтов РАН и другие. Результатом работы привлеченных специалистов, а также штатных сотрудников научного отдела заповедника является высокая степень изученности флоры и фауны Лапландского заповедника. В настоящий момент в заповеднике известны 461 вид мхов и мохообразных, 628 видов лишайников, 344 — грибов, 92 — миксомицетов, 140 — цианопрокариот, 625 — высших сосудистых растений (432

вида аборигенных и 189 адвентивных), 20 — пресноводных моллюсков, 340 — пауков и паукообразных, 1449 — насекомых, 14 — рыб, 1 — амфибии, 2 — рептилий, 206 — птиц и 31 вид млекопитающих.

Первостепенными задачами являются обеспечение сохранности и обработки накопленных знаний за 90-летний период работы заповедника. Сейчас рукописный фонд библиотеки Лапландского заповедника включает 970 научных отчетов. Сотрудниками научного отдела ведутся метеорологические и фенологические базы данных, базы данных по результатам учетных работ по орнитологии и териологии, урожайности хвойных пород деревьев, ягодных кустарничков и макромицетов и т.д. До 2014 г. все наблюдения записывались на бумажные карточки и сдавались на хранение в картотеку. С 2014 г. началась большая работа по переводу наблюдений с бумажных носителей в электронный вид. Уже переведено около 30 000 карточек, что составляет лишь 25 % всего объема. Весь массив данных, который находится в распоряжении заповедника, требует обработки в геоинформационных системах.

В условиях реорганизации заповедной системы и структуры курирующего Министерства природных ресурсов и экологии РФ в последние годы, а также недостаточности финансирования заповедников необходимо сохранить непрерывность многолетних рядов наблюдений, ведь они представляют собой главную научную ценность. Важно продолжать ведение «Летописей природы» как основного ежегодного научного отчета для получения долговременных и объективных характеристик процессов, происходящих в природе особо охраняемых природных территорий.

## **БОЛОТА ЗАКАЗНИКА «ПОНОЙСКИЙ» (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

### **MIRES OF THE PONOY RESERVE (MURMANSK REGION)**

Кузнецов О. Л., Кутенков С. А., Игнашов П. А.

Kuznetsov O. L., Kutenkov S. A., Ignashov P. A.

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: kuznetsov@krc.karelia.ru*

Ponoy Regional Zoological Nature Reserve is located in the east of Murmansk Region, in the northernmost taiga zone. The reserve lies in the heavily paludified (over 70% mire coverage) Ponoy depression, where composite mire systems have developed, encompassing wetlands of the aapa and mesoeutrophic sedge types. The flora of the surveyed mires comprises 116 species of vascular plants and 70 moss species, some of them at the limit of their distribution ranges, contributing to the specific appearance of the plant cover. Regionally red-listed species are *Carex laxa*, *Eriophorum gracile*, *Hammarbya paludosa*, *Pinguicula villosa*. Topology-ecological classification yielded 40 associations belonging to 6 groups. The most widespread and varied are sedge and sedge-brown moss mesotrophic (M) and mesoeutrophic, grass-Sphagnum mesooligotrophic communities, and those of M associations. The leading role in the vegetation cover of the mires belongs to sedge and sedge-brown moss communities dominated by *Carex chordorrhiza*, *Menyanthes trifoliata*, and *Warnstorfia exannulata*.

Зоологический региональный заказник «Понойский» расположен в восточной части Мурманской области в среднем течении р. Поной в северотаежной подзоне. Большая часть его территории приходится на сильно заболоченную (более 70 %) депрессию. Во время паводков часть прилегающих к реке болот заливается. Обширные болотные системы разделены сопками и реками, выделение болотных массивов в связи с высокой слитностью затруднительно.

Исследования болот заказника выполнены в августе 2018 г. Преобладают болота лапландского аапа, осокового и осоково-гипнового мезоевтрофного типов [Кузнецов и др., 2019]. Имеются небольшие олиготрофные и мезотрофные сфагновые участки. Во флоре болот выявлено 116 видов сосудистых растений и 70 видов мхов. Она включает группу гипоарктических и арктических видов (*Eriophorum russeolum*, *E. scheuchzeri*, *Carex rotundata*, *C. rariflora*, *C. adelostoma*, *Salix glauca*, *S. myrsinites*, *Bartsia alpina*, *Tofieldia pusilla*). Часть бореальных видов находятся здесь вблизи границ ареалов (*Molinia caerulea*, *Carex lasiocarpa*, *C. vesicaria*, *Juncus stygius*, *Eleocharis quinqueflora*, *Scheuchzeria palustris*, *Chamaedaphne calyculata*) [Флора..., 1953-1966]. Охраняемыми в области являются *Carex laxa*, *Eriophorum gracile*, *Hammarbya paludosa*, *Pinguicula villosa* [Красная..., 2014].

В растительном покрове болот сочетаются участки простого и комплексного строения, аапа комплексы включают до 6 сообществ разной трофности. На основе эколого-топологической классификации (Кузнецов, 2005) выделено более 40 ассоциаций, относящихся к 6 группам. Наиболее распространены и разнообразны сообщества травяных и травяно-гипновых мезотрофных (**М**) и мезоевтрофных (**МЕ**), травяно-сфагновых мезоолиготрофных (**МО**) и **М** ассоциаций. Ведущая роль принадлежит травяным и травяно-гипновым сообществам с доминированием *Carex chordorrhiza*, *Menyanthes trifoliata* *Warnstorfia exannulata*, обычным и для болот финской Лапландии [Ruuhijärvi, 1960]. Почти постоянно, иногда с высоким покрытием (до 15 %) в них присутствует *Eriophorum gracile*, что обусловило выделение новой ассоциации *Eriophorum gracile*-*Menyanthes trifoliata*-*Warnstorfia exannulata*.

Травяно-сфагновые **МО** и **М** сообщества не занимают обширных площадей. Их моховой покров сложен *Sphagnum compactum*, *S. fallax*, *S. jenseni*, *S. lindbergii*, *S. papillosum*, *S. riparium*, по сочетаниям доминирующих трав и сфагнов выделены соответствующие ассоциации. В травяных и травяно-моховых сообществах встречается, иногда с высоким обилием, *Eriophorum russeolum*, описаны ее субассоциации со *Sphagnum lindbergii* и *S. riparium*. Ассоциация *Carex rotundata*-*Sphagnum lindbergii* приурочена к бедным сфагновым мочажинам. Кочки и гряды верховых участков и аапа комплексов заняты кустарничково-сфагновыми и кустарничково-зеленомошно-сфагновыми **О** и **М** сообществами. На наиболее высоких из них доминируют ерник и багульник, обильны вороника и морошка, в моховом покрове преобладают *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*, при невысокой роли *Sphagnum fuscum*, *S. russowii* и кустистых лишайников. Кустарничково-травяные **МЕ** сообщества с ивами (*Salix glauca*, *S. phylicifolia*, *S. lapponum*, *S. myrtilloides*) развиты на пойменных участках, в их составе несколько видов осок (*Carex aquatilis*, *C. rostrata*, *C. chordorrhiza*, *C. vesicaria*) и прибрежных трав, моховой покров не развит.

Работа выполнена в рамках работ по реорганизации Понойских заказников по соглашению между WWF России и МПП Мурманской области.

## ЛИТЕРАТУРА

- Красная книга Мурманской области. Кемерово: Азия-Принт. 2014. 578 с.
- Кузнецов О. Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 8. 2005. С. 15–46.
- Кузнецов О. Л., Кутенков С. А., Игнашов П. А. Разнообразие болот заказника «Понойский» (Мурманская область) // Материалы конференции «X Галкинские чтения». СПб. 2019. С. 105–107.
- Флора Мурманской области. Т. I-V. Изд-во АН СССР. М. –Л. 1953–1966.
- Ruuhijärvi, R. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore. // Annales Botanici Societatis Vanamo. 1960. Vol. 31(1). P. 1–360.

## ДИКИЙ СЕВЕРНЫЙ ОЛЕНЬ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА В XXI ВЕКЕ

### THE WILD REINDEER OF THE NORTHERN KOLA PENINSULA IN THE 21 CENTURY

Макарова О. А.

Makarova O. A.

Государственный природный заповедник «Пасвик», Никель, Мурманская область;  
e-mail: murmansk37@mail.ru

Wild reindeer is an indigenous species of the Kola Peninsula forming two populations in the west and the east. Both populations are exposed to strong anthropogenic pressures and need protection. The population size has not been growing in the recent years, despite the fact that the western population is red-listed in Murmansk Region and hunting is banned. We recommend red-listing the wild reindeer (both west and east populations) of the Kola Peninsula both regionally and nationally and developing a special program for the monitoring and preservation of this native species.

В Мурманской области дикий северный олень *Rangifer tarandus* L. (ДСО) существует в двух популяциях. Западная популяция (горно-тундровая форма) [Макарова, 1989] сосредоточена в Лапландском заповеднике и его окрестностях. Восточная — занимает Терский и частично Ловозерский районы. В настоящее время состояние стада ДСО напоминает таковое в начале XX века. Единственной мерой для спасения ДСО тогда было создание Лапландского заповедника в 1930 г. Это стадо послужило основой для восстановления местной популяции вида в нашем регионе. Судьба ДСО была достаточно сложной в связи с периодом Великой Отечественной войны, временным закрытием Лапландского заповедника, промысловой охотой в 1970-е гг. После этого восстановление стада началось только с 1980-е гг., а в конце XX в. насчитывалось уже около 1 тыс. оленей, в основном на территории Лапландского заповедника. К тому времени территория ООПТ увеличилась почти в 2 раза, что способствовало восстановлению численности. Длительное пребывание на одном месте для ДСО невозможно, животные начинают уходить на богатые ягелем соседние территории, где они не защищены от браконьеров. В связи с этим численность ДСО практически не растет и находится по самым последним данным в пределах 700-800 особей. В целом по западной части Мурманской области встречаются

небольшие группы ДСО, поэтому можно допустить, что общее поголовье здесь несколько выше. Введение этой группы диких оленей в Красную книгу Мурманской области [2014] со статусом 3] «редкий, находящийся в состоянии, близком к угрожаемому» не улучшило ситуацию.

Восточная популяция ДСО в конце XX – начале XXI вв. была относительно благополучной и насчитывала до 8 тыс. особей, что позволяло разрешать охоту. Начиная с 2010 г., численность этого стада стабильно уменьшается. Введение временных запретов на охоту, различные вариации со сроками, не привели к положительным результатам. По результатам выборочного авиаучета 2017 г. было обнаружено 16 групп (около 1.5 тыс. голов), находящихся далеко друг от друга. Средний размер стада — 130 особей (Lim. 10–600). Обнаружено одно крупное стадо (600 голов) в излучине реки Поной. Таким образом, общее поголовье ДСО Мурманской области колеблется в пределах максимум 3–4 тыс. особей. Реальная численность и размещение дикого оленя не известна, так как не проводятся регулярные авиаучеты, без которых установить состояние стада невозможно. Негативным фактором служит браконьерство и наличие большого количества снегоходной техники. Количество госинспекторов и их техническое оснащение оставляет желать лучшего. Мы находимся на пороге полного исчезновения ДСО в Мурманской области. Западное стадо наиболее близко к исходной форме и нуждается в серьезном контроле и абсолютной защите. Контакт с домашними оленями здесь всегда было мало, а с 1980-х гг. по окончании промысловой охоты и закрытию госпромхоза «Мурманский» их вообще нет. Это способствовало сохранению «генетической чистоты» группы. Восточная популяция ДСО разбита на отдельные стада, может иметь некоторый контакт с домашними оленями. Но последние исследования генетических особенностей говорят о наличии специфической группы ДСО, близкой к исходной, которая также нуждается в полном сохранении [Баранова и др., 2016]. Необходимо провести глубокое изучение генетических особенностей дикого северного оленя Мурманской области в целом, в том числе в сравнении с одомашненной формой. Считаем необходимым ввести дикого северного оленя Мурманской области (обе популяции, как единую) в региональную Красную книгу и Красную книгу Российской Федерации, а также разработать специальную программу по спасению вида, включив в нее проведение регулярных авиаучетов, усиление контроля, проведение широкой разъяснительной работы среди населения и поддержку научных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

Баранова А. И., Панченко Д. В., Холодова М. В., Турронен К. Ф., Данилов П. И. Генетическое разнообразие дикого северного оленя *Rangifer tarandus* L. восточной части Кольского полуострова:

полиморфизм контрольного региона мт ДНК. // Известия РАН. Серия биологическая. 2016. № 6. С. 651–657.

Красная книга Мурманской области. Кемерово: Азия-принт. 2014. 584 с.

Макарова О. А. К систематическому положению дикого северного оленя Кольского полуострова // Матер. I совет.-финл. симп. «Лесной северный олень Фенноскандии». Петрозаводск. 1989. С. 19–26.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

### IMPROVING THE ASSESSMENT SYSTEM FOR THE PEATLAND RESOURCES IN ARCHANGELSK REGION

Пономарева Т. И., Ярыгина О. Н., Орлов А. С.

Ponomareva T. I., Yarygina O. N., Orlov A. S.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика В. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: gumin@fciarctic.ru*

Peat is an important renewable organic resource. At the present development stage of science and technology, the use of peat is not limited to the energy industry, where it has historically been considered a fuel. The wide range of organic substances that determine peat composition, as well as the global nature of the biospheric and ecospheric functions of peatland ecosystems require a scientifically based approach to the use of peat for human needs. The study focuses on eliminating the shortcomings of the methods used to assess peat composition and properties. We propose a comprehensive methodology for assessing the group chemical composition of the organic matter in peat, which takes into account the shortcomings of the existing methods. The developed method can serve as a starting point for developing a strategy for integrated, deep, and highly efficient peat processing and for assessing the sustainability of peatland ecosystems given external impacts of various origin.

Торф — важнейший компонент торфяно-болотных экосистем является медленно возобновляемым органическим ископаемым. Россия располагает почти половиной (47 % или 185 млрд. т) мировых запасов торфа [Вомперский и др., 2011]. Однако, изученность их невелика в целом по стране и неравномерна по регионам. Например, на территории Архангельской области учтено 1917 месторождений торфа, из них разведано 652, а пользование предоставлено только на трех.

При обследовании промышленных запасов торфяных залежей в процессе проведения маркшейдерских работ прогноз наиболее эффективного направления использования строится исключительно на основе данных о степени разложения и зольности торфа, поскольку последний показатель ограничивает его пригодность как сырья для энергетики.

Учитывая широкий спектр входящих в состав торфа органических веществ различной природы, именно химическая переработка наиболее перспективна, поскольку обеспечивает возможность получения множества ценных продуктов и новых материалов [Томсон, Наумова, 2009]. В настоящее время разработаны технологии комплексной переработки торфа. Однако торф месторождений Архангельской области имеет ряд существенных отличий. В частности, низкие степень разложения и зольность, преобладание водорастворимой части в составе гуминовых соединений, специфический набор индивидуальных соединений в липидной части торфа [Селянина и др., 2016]. Это не только позволяет ожидать от продуктов его переработки уникальных свойств (например, биологической или сорбционной активности), но и ограничивает возможность внедрения технологий, разработанных для других регионов. Следует особо отметить уязвимость природы Севера. Это требует при освоении торфяных ресурсов высококвалифицированного и комплексного подхода, поскольку торфяно-болотные экосистемы выполняют важные регуляторные и средообразующие функции.

Организация комплексной экологически безопасной торфопереработки с получением биотоплива и биологически активных продуктов в условиях приарктических территорий, как и оценка экологических сервисов, выполняемых торфяно-болотными экосистемами невозможна без детального рассмотрения группового химического состава торфа. От этого напрямую зависит выбор вида пользования. Однако, закрепленные нормативными документами методики не дают возможности комплексно и глубоко оценить качество торфяной залежи.

Авторами разработана комплексная методика оценки группового химического состава торфа гравиметрическим методом, аттестована центром метрологии и сертификации «СЕРТИМЕТ» № 88-16365-009-RA.RU.310657-2017 и включена в Федеральный реестр за номером ФР.1.31.2018.29621. Методика учитывает, в дополнение к общепринятым параметрам, вклад отдельных групп веществ в состав органического вещества торфа. Эти данные служат научной основой выбора оптимального вида использования торфяных ресурсов при промышленном освоении арктических территорий с максимальным сохранением биосферных и экосферных функций болот. Апробация методики проведена на образцах торфа разного типа, отобранных в Архангельской области, Томской области и республике Беларусь и выявила высокую чувствительность методики к региональным особенностям состава торфов.

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ гранты № 17-45-290682-р\_а «Изменение структуры и свойств торфяных залежей при освоении северных территорий России» и № 18-05-70087-Ресурсы Арктики «Разработка инновационных основ использования торфяных ресурсов Арктической зоны РФ».*

#### ЛИТЕРАТУРА

Вомперский С. Э., Сирин А. А., Сальников А. А., Цыганова О. П., Валяева Н. А. Оценка площади болотных и заболоченных лесов России // Лесоведение. 2011. № 4. С. 3–11.

Томсон А. Э., Наумова Г. В. Торф и продукты его переработки. Минск. 2009. 328 с.

Селянина С. Б., Кокрятская Н. М., Пономарева Т. И., Ярыгина О. Н., Труфанова М. В. К вопросу о влиянии геоклиматических условий на состав и перенос органического вещества водно-болотных экосистем // Успехи современного естествознания. 2016. № 11-2. С. 396–400.

### **РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ, ГРИБОВ И ЛИШАЙНИКОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

#### **RARE AND THREATENED PLANT, FUNGI, AND LICHEN SPECIES OF THE RUSSIA ARCTIC**

Присяжная А. А.<sup>1</sup>, Снакин В. В.<sup>1,2</sup>, Круглова С. А.<sup>1</sup>, Хрисанов В. Р.<sup>1</sup>

Prisyazhnaya A. A.<sup>1</sup>, Snakin V. V.<sup>1,2</sup>, Kruglova S. A.<sup>1</sup>, Khrisanov V. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пуцино, Московская область; e-mail: alla\_pris@rambler.ru, snakin@mail.ru, krugsa@rambler.ru, hvr14@yandex.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Музей землеведения, Москва; e-mail: snakin@mail.ru

The geographical features of the distribution, quantitative composition, and ecological characteristics of rare and threatened vascular plants, bryophytes, algae, lichens, and fungi of the Russian Arctic were examined. 76 species on the Russian Federation Red List and 960 species on the regional



red lists are found in the Russian Arctic. The percentage of protected species in the total species diversity of the Russian Arctic was estimated for different taxonomic groups. Areas of high concentration of protected species were identified: Wrangel Island, Chukotka Peninsula, Murmansk Region, and the northern part of the Republic of Karelia. Distinct differences were found in the Russian Arctic in terms of territorial distribution of plant species protected nationally and regionally, with a high species diversity observed in the western and eastern parts of the Russian Arctic.

В настоящей работе по материалам Красных книг РФ (федеральный уровень охраны) и субъектов РФ (региональный уровень охраны) проанализированы географические особенности распространения, количественный состав и экологические характеристики редких и находящихся под угрозой исчезновения видов сосудистых растений, мохообразных, водорослей, лишайников и грибов, обитающих на территории Арктической зоны РФ (АЗРФ), сухопутные границы которой определены в соответствии с указами Президента России от 2 мая 2014 г. и 27 июня 2017 г.

На территории АЗРФ произрастает 76 видов растений, занесённых в Красную книгу РФ. Из них 47 % составляют сосудистые растения, 32 % — мохообразные, 13 % — лишайники и 8 % — водоросли; охраняемые на федеральном уровне грибы здесь не встречаются. К категории редкости 1 «находящиеся под угрозой исчезновения», отнесены 9 % видов, 21 % видов составляют категорию редкости 2 — «сокращающиеся в численности» и большинство видов (68 %) — категорию 3 — «редкие»; 6 видов (8 %) внесены в Красный список МСОП. На основе проведённого анализа выявлено, что 31 вид растений встречается только на территории АЗРФ, 23 вида произрастают локально на весьма небольшой площади, местонахождения 14 видов найдены только в России, 21 вид (подвид) признан эндемиком.

В российском секторе Арктики, занимающем третью часть территории Арктики, обитает около 80 % всех видов живых организмов, свойственных арктическим экосистемам [Стишов, 2013]. Видовое богатство основных таксономических групп растений представлено 1691 видом сосудистых растений [Секретарева, 2004], 794 видами мхов [Федосов и др., 2014], 1460 видами лишайников [Урбанавичюс, 2014], 2000 видов водорослей [Тишков, 2012]. На основании этих данных оценена доля охраняемых на федеральном уровне видов в общем видовом разнообразии Арктики для различных таксономических групп, которая составляет: 2 % — для сосудистых растений, 3% — для мохообразных, 0.7 % — для лишайников и 0.3 % — для водорослей. В целом по России эти показатели почти вдвое больше (соответственно, 4, 5, 1.2 и 0.4 %).

На основе анализа картографического материала выделены районы высокой видовой концентрации охраняемых на федеральном уровне растений: 143 вида обитают на острове Врангеля, 45 видов на Чукотском полуострове, 39 видов на территории северной части Республики Карелия и 22 вида в Мурманской области (в расчёте на 100 000 км<sup>2</sup>).

Анализ региональных Красных книг показал, что на территории АЗРФ обитают 960 охраняемых на региональном уровне вида. Из них 57 % представляют сосудистые растения, 22 % — мохообразные, 15 % — лишайники, 1% — водоросли и 5 % — грибы. Доля охраняемых на региональном уровне видов в общем видовом разнообразии Арктики для различных таксономических групп составляет: 32 % — для сосудистых растений, 26 % — для мохообразных, 10 % — для лишайников и 0.6% — для водорослей. В Мурманской области произрастают 414 видов, охраняемых на региональном уровне, в Ненецком АО — 159, в Ямало-

Ненецком АО — 83, в Чукотском АО — 166; на части АЗРФ территорий: Республики Карелия — 52, Архангельской области — 87, Республики Коми — 108, Красноярского края — 122 и Республики Саха (Якутия) — 68 видов. Выделены регионы с высокой видовой концентрацией: 456 видов, охраняемых на региональном уровне, обитают на острове Врангеля, 443 вида — на территории муниципального образования «Воркута» (Республики Карелия), 286 видов — на территории Мурманской области, 169 видов — на территории Чукотского полуострова и 120 видов — на территории северной части Республики Карелия (в расчёте на 100 000 км<sup>2</sup>).

На основе проведённого анализа выявлена отчётливая дифференциация АЗРФ по территориальному распределению самых уязвимых редких видов растений, охраняемых на федеральном и региональном уровнях, высокое видовое разнообразие которых отмечено в западных и восточных пределах АЗРФ — Мурманская область и Чукотский автономный округ.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Секретарева Н. А.* Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М.: Товарищество науч. изд-во КМК. 2004. 131 с.

*Стишов М. С.* Особо охраняемые природные территории Российской Арктики: современное состояние и перспективы развития. М.: WWF. 2013. 427 с.

*Тишков А. А.* «Арктический вектор» в сохранении наземных экосистем и биоразнообразия // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2(6). С. 28–43.

*Урбанавичюс Г. П.* Разнообразие и распространение лишайников // Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М.; СПб.: Товарищество науч. изд-во КМК. 2014. С. 209–241.

*Федосов В. Э., Игнатова Е. А., Игнатов М. С.* Мхи Севера России // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 1. С. 22–25.

### ГЕОПАРКИ ЮНЕСКО КАК МОДЕЛЬ СОХРАНЕНИЯ МИРОВОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ

#### UNESCO GEOPARKS AS A MODEL FOR THE CONSERVATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE

Синьовски Д.<sup>1</sup>, Калуцкова Н. Н.<sup>2</sup>, Дронин Н. М.<sup>2</sup>, Тельнова Н. О.<sup>3</sup>,  
Медведев А. А.<sup>3</sup>, Синьовска Д.<sup>1</sup>  
Sinnyovsky D.<sup>1</sup>, Kalutskova N. N.<sup>2</sup>, Dronin N. M.<sup>2</sup>, Telnova N. O.<sup>3</sup>,  
Medvedev A. A.<sup>3</sup>, Sinnyovska D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Горно-геологический университет им. Св. Ивана Рильского, София, Болгария,  
e-mail: [sinsky@mgu.bg](mailto:sinsky@mgu.bg)

<sup>2</sup>Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва;  
e-mail: [ndronin@gmail.com](mailto:ndronin@gmail.com)

<sup>3</sup>Институт географии Российской академии наук, Москва;  
e-mail: [a.a.medvedeff@gmail.com](mailto:a.a.medvedeff@gmail.com)

Geoparks are areas featuring geological heritage sites and sustainable development practices where geological sites of international significance are managed using the holistic concept of sustainable development. Geoparks are of interest for research and education purposes, but also aim to create the conditions for the development of nature and cultural tourism. Although initially

the idea was not supported by the UNESCO Executive Board, it was well accepted in many countries. As a result the European (EGN) and the Global Geoparks Network (GGN) were established, which now comprise more than 120 geoparks around the world. In 2015, as a result of a long term international effort, UNESCO's General Conference approved the International Geoscience and Geoparks Programme (IGGP) in order to grant an international status to the former Global network. Thus the Geopark concept underwent further development and the existing geoparks were designated as UNESCO Global Geoparks.

Идея создания геопарков ЮНЕСКО была впервые упомянута в 1997 г. в «Проекте программы и бюджета на 1998-1999 гг.» (29 С/5, 02036) ЮНЕСКО в качестве инициативы «по продвижению глобальной сети геозон, имеющих специфические геологические особенности». Впервые принципы новой программы были опубликованы в 1998 г. на встрече Европейской ассоциации по охране геологического наследия (ProGEO) в городе Белоградчик, Болгария «в ответ на многочисленные просьбы государств-членов, выражающих их заинтересованность в улучшении международного признания их национального геологического наследия» [Patzak, Eder, 1998]. Оригинальная версия была разработана для создания всемирной сети природных парков, где признаются «важные геологические особенности». Геопарки, предназначенные для интеграции геоконсервации с биологическим сохранением, таким как «природные парки», находятся в исключительной власти правительства страны, в которой они расположены.

В апреле 1999 г. Исполнительный совет (ИС) ЮНЕСКО взял на себя инициативу по координации международных усилий по подготовке рамок будущей деятельности и запуска новой специальной программы, одобренной на 156-й сессии совета. Позже в этом году совет предложил Генеральному директору осуществить соответствующий план действий путем подготовки технико-экономического обоснования разработки программы.

В 2000 г. в соответствии с этой программой совет выступил с инициативой включить геопарков в Мировую сеть биосферных заповедников в рамках программы „Человек и биосфера” (МАВ). Этот документ учитывает что охрана геологического наследия является важной признанной потребностью и что для ее признания требуется альтернатива Списку всемирного наследия для объектов национального, регионального и международного значения, которые могут не относиться к категории всемирного наследия. Другими словами, геопарки предлагаются в качестве альтернативного обозначения ЮНЕСКО, поскольку не все важные в мире геологические объекты с научной или исторической точки зрения могут соответствовать критерию «выдающейся универсальной ценности», требуемому Конвенцией ЮНЕСКО о всемирном наследии 1972 г. [Hose, 2012].

К сожалению Международный координационный совет МАВ высказался против включения программы геопарков в состав Всемирной сети биосферных заповедников и в 2001 г. ИС ЮНЕСКО предложил Генеральному директору не заниматься разработкой программы по геопаркам, но вместо этого поддержать „ad hoc” усилия с отдельными государствами-членами, в зависимости от обстоятельств.

Однако идея оказалась привлекательной и была хорошо принята во многих европейских странах. Между тем, в июне 2000 г. была создана Европейская сеть геопарков (EGN) когда четыре региона разных европейских стран — Франция,

Германия, Испания и Греция собрались на о. Лезвос, чтобы обсудить их общие социально-экономические проблемы (застойное экономическое развитие, высокий уровень безработицы, депопуляция в сельской местности и старение оставшегося населения) и как решить эти проблемы путем защиты геологического наследия и развития геотуризма [McKeever, Zouros, 2005]. В июне 2004 г. представители 17 европейских геопарков членами EGN, и 8 китайских национальных геопарков собрались в Пекине на «Первой международной конференции по геопаркам» и подписали «Пекинскую декларацию», которая официально объявила об основании Глобальной сети геопарков (GGN).

Несмотря на центральную роль ЮНЕСКО в создании GGN, ее связь с геопарками определялась как „ad hoc” на протяжении более десяти лет до 17 ноября 2015 г. когда в результате многолетних международных усилий Генеральная конференция ЮНЕСКО утвердила Международную программу по геонаукам и геопаркам (IGGP), чтобы предоставить международный статус бывшей Глобальной сети. Таким образом, концепция геопарка претерпела новое развитие, и существующие члены Глобальной сети геопарков получили ярлык «Глобальный геопарк ЮНЕСКО».

*Исследование проводится при поддержке РФФИ, болгарско-российский проект DNTS/Russia 02/14/*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Hose T. 3 G's for Modern Geotourism. // Geoheritage. 2012. Vol. 4. 1-2. P. 7–24.*

*McKeever P. J. Zouros N. Geoparks: Celebrating Earth heritage, sustaining local communities. // Episodes. 2005. Vol. 2. 4. P. 274–278.*

*Patzak M. Eder W. “UNESCO GEOPARK” A new Programme – A new UNESCO label. // Geologica Balcanica. 1998. Vol. 28. 3-4. P. 33–35.*

### **РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ АРКТИЧЕСКИХ ООПТ В ОТНОШЕНИИ РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВ, ЛАНДШАФТОВ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ**

#### **THE REPRESENTATIVENESS OF ARCTIC PROTECTED AREAS IN TERMS OF SOIL AND LANDSCAPE DIVERSITY AND PROTECTED PLANT SPECIES**

Снакин В. В.<sup>1,2</sup>, Присяжная А. А.<sup>1</sup>, Митенко Г. В.<sup>1,3</sup>

Snakin V. V.<sup>1,2</sup>, Prisyazhnaya A. A.<sup>1</sup>, Mitenko G. V.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>*Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, Московская область;  
e-mail: snakin@mail.ru,*

<sup>2</sup>*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Музей землеведения),  
Москва; e-mail: alla\_pris@rambler.ru,*

<sup>3</sup>*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино,  
Московская область; e-mail: gen.mitenko@yandex.ru*

The system of protected natural areas should adequately represent the region's soil and landscape diversity and biodiversity. An analysis of the existing system of protected natural areas was undertaken. 5.3 % of the Russian Arctic is federal protected areas. The representativeness index of the nature reserves and national parks in term of soil diversity is 53 %. In Russia, the

natural index is 56 %. The respective figures for landscape diversity are 55 % and 50 %. Protection of the plant species on the Russian Red List was estimated in terms of protected areas. 17 % of the species are in need of territorial protection (9 % require primary measure and 8 % require targeted habitat identification). 22 % of the species need additional protection measures. The share of red-listed plant species in the protected areas is 61 %. It is recommended to add 5 areas to the system of Arctic protected areas.

Согласно Закону об особо охраняемых природных территориях (ООПТ), важнейшей задачей заповедников и национальных парков является сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов, редких и исчезающих биологических видов. Для обеспечения их территориальной охраны система ООПТ должна стать по отношению к ним максимально репрезентативной.

В настоящее время площадь ООПТ федерального значения составляет (без учёта морских акваторий) 5.3% площади Арктической зоны РФ (АЗРФ). Для России в целом этот показатель несколько ниже — 3.4 %. Почти 55 % площади всех ООПТ АЗРФ федерального значения приходится на заповедники — территории высшего уровня охраны, в границах которых природные комплексы полностью изымаются из хозяйственного использования и сохраняются все компоненты природной среды; 23 % — национальные парки, в пределах которых выделяются особо охраняемые зоны; 22 % — государственные природные заказники; менее 0.01 % — дендрологические парки и ботанические сады.

На основе почвенной карты [1988] — самой крупномасштабной из ныне существующих почвенных карт для территории России — в системе ArcView GIS была оценена репрезентативность заповедников и национальных парков федерального значения в отношении почвенного разнообразия. В целом на территории России выделено 250 различных вариантов почв и почвенных комплексов, из них 56.4 % представлены в системе ООПТ высшего уровня. Показатель репрезентативности ООПТ АЗРФ федерального значения в отношении почвенного разнообразия составляет 53.3 %, что ниже, чем в целом по России, хотя относительная площадь ООПТ в АЗРФ больше. Это может быть объяснено тем, что 93 % площади безводной территории АЗРФ занимает собственно почвенный покров и 7% — непочвенные образования, для территории ООПТ АЗРФ соотношение другое: 81 и 19 %. Почвенный покров АЗРФ на 54 % состоит из комплексов почв Арктики, тундры и тайги; 20 % составляют почвы тайги и хвойно-широколиственных лесов; 12 % — почвы тундр и 14 % — гидроморфные, пойменные, маршевые почвы и почвы горных территорий. Для почвенного покрова ООПТ АЗРФ эти показатели сходны, соответственно: 60, 26 и 12 %.

Результаты нашего анализа ландшафтного разнообразия показали, что из 364 вариантов ландшафтов [по: Исаченко, 1996], выделенных на территории России, в заповедниках и национальных парках представлены 183 вида (т.е. 50.3 %). По данным [Стишов, 2013], репрезентативность ООПТ в отношении ландшафтов в АЗРФ составляет 55 %.

Оптимальным способом сохранения разнообразия редких и исчезающих биологических видов является включение их местообитаний в состав ООПТ. Была проведена работа по оценке степени территориальной охраны всех 76 занесённых в Красную книгу РФ видов растений, обитающих в АЗРФ. В результате проведённого анализа было определено, что 17 % «краснокнижных»

видов растений остро нуждаются в территориальной охране, из них для 9 % требуются первостепенные меры охраны, а для 8 % необходимы целенаправленные поиски точных мест обитания. Для 22 % «краснокнижных» видов растений нужны дополнительные меры охраны на территории АЗРФ. В целом, репрезентативность системы ООПТ АЗРФ в отношении занесённых в Красную книгу РФ видов растений составляет 61 %. По итогам нашей работы для обеспечения более полного сохранения занесённых в Красную книгу РФ видов растений рекомендовано включение в систему современных арктических ООПТ как минимум 5 дополнительных территориальных объектов. Три из них расположены в Чукотском АО и по одному в Республике Саха (Якутия), Красноярском крае и Ямало-Ненецком АО. Реализация этих предложений будет способствовать сохранению природного разнообразия страны и планеты в целом, поскольку в ряде случаев речь идёт о сохранении видов, встречающихся только в России.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Стишов М. С.* Особо охраняемые природные территории Российской Арктики: современное состояние и перспективы развития. М.:WWF. 2013. 427 с.

Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2 500 000 / Гл. ред. *В. М. Фридланд*. М.: ГУГК. 1988.

*Исаченко А. Г.* Ландшафтная карта России. Масштаб 1:10 000 000. Объяснительная записка // Геологический атлас России. Раздел 4. М.-СПб. 1996.

### **СОСТОЯНИЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ ВЕЛИКОГО ЕВРАЗИЙСКОГО ПРИРОДНОГО МАССИВА**

#### **PRESENT CONDITION OF THE EUROPEAN PART OF THE GREAT EURASIAN NATURAL BACKBONE**

Соболев Н. А., Кобяков К. Н., Кренке А. Н., Титова С. В., Тишков А. А.

Sobolev N. A., Kobayakov K. N., Krenke A. N., Titova S. V., Tishkov A. A.

*Институт географии РАН, Москва; e-mail: sobolev\_nikolas@igras.ru*

The Great Eurasian Natural Backbone (GEANB) was first mentioned in the 1990s. Its European part has undergone the greatest changes. In 2000-2015, the share of degrading, stable, and recovering ecosystems in Arkhangelsk Region was 2, 96, 2 %, respectively, in the Republic of Karelia 18, 68, 14 %, in Kirov Region 20, 69, 11 %, in Komi Republic 16, 70, 14%, in Leningrad Region 16, 72, 12%, in Murmansk Region 37, 60, 3%, in Nenets Autonomous District 7, 92, 1%, in Vologda Region 26, 65, 9%. Deciduous and mixed forests are replacing coniferous ones. The northern tree line has shifted to the north. Oil fields have reduced the size of natural areas. Parallel road and railroad corridors impede animal migration. Nevertheless, GEANB provides ecosystem services, including protected areas near its boundaries. It should be managed as a World Heritage Site to maintain its function.

Великий Евразийский (Евро-Азиатский) природный массив (ВЕПМ) как функционально целостный ряд природных территорий от Тихого океана до Фенноскандии впервые упомянут в конце прошлого века [Sobolev, Rousseau, 1998]. Больше всего изменений за последние 20 лет произошло в его европейской части [Соболев и др., 2018].

Путём интерпретации существующих тематических карт на основе данных дистанционного зондирования показано, что в 2000–2015 гг. доля деградирующих, стабильных и восстанавливающихся экосистем примерно составила, соответственно, в Архангельской области — 2, 96 и 2 %, в Вологодской области — 26, 65 и 9 %, в Республике Карелии — 18, 68 и 14 %, в Кировской области — 20, 69 и 11 %, в Республике Коми — 16, 70 и 14 %, в Ленинградской области — 16, 72 и 12 %, в Мурманской области 37, 60 и 3 %, в Ненецком автономном округе — 7, 92 и 1 %. При этом в Вологодской, Кировской, Ленинградской, Мурманской областях и на западе Архангельской области абсолютно преобладают вторичные мелколиственные и смешанные леса вместо зональных хвойных лесов. В районах рубок старовозрастных лесов на севере европейской России сократилась площадь экосистем с зональными параметрами биологической продуктивности. В Двинско-Пинежском лесном массиве в Архангельской области наблюдается усыхание ельников в результате наложения эффекта рубок по периферии массива на потепление климата.

В период с 2000 г. в тундровой и лесотундровой зонах отмечено значительное увеличение площади экосистем с ростом биологической продуктивности. В Большеземельской тундре заметно появление многочисленных участков древесно-кустарниковой растительности к северу от ранее известной границы леса. Видовой состав такой растительности подлежит дополнительному изучению.

Автотрасса «Кола», параллельная ей железная дорога и расположенные вдоль них населённые пункты, объекты инфраструктуры и горной промышленности составляют трудную для преодоления животными полосу в Мурманской области и Республике Карелии.

Крупные реки становятся фактором фрагментации ВЕПМ при наличии серии населённых пунктов на берегах.

Значительные по площади участки выбыли из числа природных территорий в результате разработки месторождений углеводородного сырья в Республике Коми и Ненецком автономном округе.

В целом интенсивность выявленных изменений возрастает по направлению с востока на запад и с севера на юг. В результате оказанного воздействия пространственная структура экосистемного покрова ВЕПМ у его южной границы превращается из ячеистой в сеточную, возрастает доля экотонных участков. При этом, как показано на примере национального парка «Валдайский», через крупные природные территории, расположенные вдоль южной границы ВЕПМ, происходит трансляция экосистемных услуг ВЕПМ населению прилежащих староосвоенных регионов. Поэтому особенно важно поддержание экологические связей ВЕПМ с природоохранными и другими природными территориями вдоль его границы.

В основе сохранения ВЕПМ должно быть управление им как единым комплексным природным объектом, а также признание его объектом всемирного природного наследия.

*Исследование выполнено в рамках проекта 17-05-41204 «Оценка и картографирование изменений состояния Великого Евразийского природного массива как фактора глобальной экологической стабильности и источника экосистемных услуг», поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований и Русским географическим обществом.*

## ЛИТЕРАТУРА

Соболев Н. А., Тишков А. А., Белоновская Е. А., Вайсфельд М. А., Глазов П. М., Кренке А. Н. - мл., Кобяков К. Н., Кольцов Д. Б., Лаппо Е. Г., Морозова О. В., Тертицкий Г. М., Титова С. В., Царевская Н. Г. Биogeография Великого Евразийского природного массива: современная трансформация, фрагментация, тренды биоты // Актуальные вопросы биогеографии. СПб. 2018. С. 384–386.

Sobolev N. A., Rousseau B. Yu. Start position of the ECONET in Northern Eurasia // Ecological Network in Northern Eurasia. Moscow, Biodiversity Conservation Center of the Socio-Ecological Union: 1998. P. 17–28.

### ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ МЕСТ МАССОВЫХ ЗИМОВОК РУКОКРЫЛЫХ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЕВРОПЕЙСКИХ ТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

### PROTECTING BAT WINTERING GROUNDS IN THE SOUTHERN TAIGA FORESTS (TVER REGION, RUSSIA)

Христенко Е. А.<sup>1</sup>, Емельянова А. А.<sup>2</sup>, Колотей А. В.<sup>2</sup>

Khristenko E. A.<sup>1</sup>, Emelyanova A. A.<sup>2</sup>, Kolotey A. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Муниципальное образовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 46, Тверь, Тверская область; e-mail: allicescullen2222@yandex.ru

<sup>2</sup>Тверской государственный университет, Тверь, Тверская область; e-mail: Emelyanova.AA@tversu.ru

We have summarized the results of six years of monitoring of bats in the Ledyanaya gallery. A total of 2020 individuals of 7 bat species were recorded: *Myotis brandtii*, *M. mystacinus*, *M. dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. nattereri*, *Plecotus auritus*, and *Eptesicus nilssonii*. The average shares of *M. dasycneme*, *M. nattereri*, and *E. nilssonii* in the bat population of the gallery were calculated. We propose listing the Ledyanaya gallery as a Specially Protected Area of regional significance for the protection of the rare and endangered bat species in Tver Region.

Изучение биологии и экологии рукокрылых представляет собой трудоёмкий процесс, ввиду их ночного образа жизни и сложности методик. Однако известно, что оседлые виды летучих мышей предпочитают зимовать скоплениями, достигающими иногда нескольких сотен и даже тысяч особей, в подземных полостях искусственного или естественного происхождения. Именно на местах массовых зимовок зачастую изучаются многие аспекты биологии рукокрылых. В условиях южноевропейских таёжных лесов наиболее известными местами зимовок рукокрылых считаются искусственные подземные штольни в Старицком районе Тверской области. Однако, ввиду наплыва туристов, антропогенная нагрузка на данные подземелья с каждым годом возрастает. Беспокойство зверьков посторонними звуками, светом и запахами, нехватка кислорода из-за разведения костров в пещерах, изменение микроклимата убежища и т.п. приводят к тому, что многие, наиболее комфортные для зимовок рукокрылых убежища, становятся непригодными. Нами проведен мониторинг рукокрылых на местах массовых зимовок в Старицком районе в период с февраля 2013 г. по декабрь 2018 г. Всего исследовано 11 подземных полостей, общее количество выездов — 53. Проведена оценка значимости этих убежищ для обитания летучих мышей по



методу Мазинга. Установлено, что наиболее используемой рукокрылыми в качестве зимнего места обитания является каменоломня «Ледяная». Количество повторных выездов в данную подземную полость — 10 (учитываются только выезды в период гибернации рукокрылых — с октября по апрель). В целом, за шестилетний период мониторинговых исследований было зарегистрировано 2020 особей летучих мышей, что составило 63.2 % от всех учтенных рукокрылых в Старицком районе. В данной штольне отмечены особи всех семи оседлых видов рукокрылых рассматриваемого региона — *Myotis brandtii*, *M. mystacinus*, *M. dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. nattereri*, *Plecotus auritus* и *Eptesicus nilssonii*. Абсолютная численность летучих мышей, использовавших данное убежище в период гибернации, регистрировалась в пределах от 94 (февраль 2013 г.) до 372 особей (октябрь 2018 г.). Индекс Мазинга составил 2604 балла, что является весьма высоким показателем. Примечательно, что данное убежище в качестве мест зимовок выбирали такие виды рукокрылых, как *M. dasycneme*, *M. nattereri* и *Eptesicus nilssonii*. Прудовая ночница (*M. dasycneme*) включена в Красный список МСОП (статус: «уязвимый вид с прогнозируемым уменьшением численности в результате сокращения области обитания»). При этом среднее значение доли вида в составе населения рукокрылых за весь период исследования штольни «Ледяная» составило 17.85 % (среднее отклонение  $\pm 8.55$  %) — значение показателя довольно велико, что свидетельствует о значимости убежища для зимовки *M. dasycneme*. Ночница Наттерера (*M. nattereri*) — немногочисленный малоизученный вид, включенный в региональные Красные книги Московской и Смоленской областей, сопредельных с Тверской областью. Нами вид отмечен на зимовках в 6 подземных полостях, однако именно в штольне «Ледяная» его средняя доля в составе населения рукокрылых была наиболее значительна —  $3.68 \pm 1.67$  %. Северный кожанок (*E. nilssonii*) — вид, также включенный в Красные книги Московской и Смоленской областей. Средняя доля *E. nilssonii* в составе населения рукокрылых в штольне «Ледяная» составила  $1.2 \pm 0.6$  %. Северный кожанок предпочитает зимовать при довольно низких температурах (иногда ниже нуля), поэтому встречается чаще в привходовых залах каменоломни, где средняя температура колеблется в пределах  $4 \pm 1$  °С. Следует отметить, что *M. dasycneme*, *M. mystacinus*, *M. nattereri* и *Pl. auritus* предложены к внесению в Красную книгу Тверской области со статусом 3 (редкие, малоизученные виды) [Емельянова и др., 2016]. Ввиду вышеизложенного, мы считаем целесообразным внесение штольни «Ледяная» в список ООПТ регионального значения Тверской области, как ценного убежища для рукокрылых в период гибернации. Рекомендуется ограничить антропогенную нагрузку в данной подземной полости с целью охраны редких видов летучих мышей.

#### ЛИТЕРАТУРА

Емельянова А. А., Христенко Е. А., Медведев А. Г. Современное состояние изученности рукокрылых в Тверской области. Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2016. № 3. С. 34–76.

**СЕКЦИЯ 6. Геохимия природных сред,  
технологические аспекты охраны окружающей  
среды и новые технологии**

**SESSION 6. Geochemistry of the natural  
environment, technology aspects of nature  
protection, and new technology**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНАХ

### USING ASH-CONTAINING MATERIALS IN HEAT-RESISTANT CONCRETE

Бастрыгина С. В.

Bastrigina S. V.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: bastr\_sv@chemy.kolasc.net.ru*

Aluminosilicate microspheres (ASM) from Novosibirsk CHP and ash and slag waste (ASW) from Apatity CHP were studied as a microfiller in heat-resistant vermiculite concrete. Key qualitative indicators thereof were studied and compared. Heat-resistant structural heat-insulating vermiculite concretes with a different content of ASW and ASM were developed. It was found that replacing the ash and slag waste with microspheres reduces the density and thermal conductivity of concrete by 15 % on average, shrinkage by 45 %, which makes advisable adding aluminosilicate microspheres to heat-resistant vermiculite concrete.

Ежегодно российская энергетика производит не только электроэнергию и тепло, но и около 27 млн. тонн золошлаковых отходов. Лишь незначительная их часть (менее 15 %) затем перерабатывается, основная же масса годами хранится в золоотвалах, занимая ценные земли и ухудшая экологическое состояние территории. Объем отходов теплоэнергетики в России достигает порядка 1.5 млрд т, а площадь золоотвалов превышает 20 тыс. гектаров [Смординов, 2012].

В то же время золы и шлаки – ценное сырье, которое можно эффективно использовать в самых разных сферах. Золошлаковые отходы относятся к отходам пятого класса опасности (практически безопасные), и находят широкое применение в производстве стройматериалов, в дорожном строительстве, рекультивации отходов недропользования, удобрений для сельского хозяйства, для засыпки оврагов, карьеров и т.п.

Одним из путей рационального использования золошлаковых смесей (ЗШС) являются бетоны различного функционального назначения (тяжелые, ячеистые и др.), в том числе жаростойкие. ЗШС выполняет в них роль микронаполнителя, связывая  $\text{CaO}_{\text{св.}}$ , образующийся при дегидратации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  во время нагревания.

Другим видом техногенных отходов ТЭС являются микросферы — легкая фракция золы уноса, представляющая собой мелкодисперсный сыпучий порошок, состоящий из полых тонкостенных частиц сферической формы алюмосиликатного состава диаметром в среднем от 20–50 до 400–500 мкм. На электростанциях, где золыные отходы удаляются в виде водной пульпы, микросферы, имея плотность менее 1 г/см<sup>3</sup>, в результате естественной флотации всплывают на поверхность водных бассейнов золоотвалов и находятся там длительное время в виде «пенных слоев» различной толщины. Микросферы имеют низкую плотность, высокую прочность, химическую стойкость, невысокую стоимость, что позволяет их использовать в качестве наполнителей

композиционных материалов, таких как бетоны, цементы, огнеупоры, керамика и др. [Саградян, Зимакова, 2012, Исмагилов и др., 2015, Данилин, 2012].

Цель исследования заключалась в улучшении теплофизических свойств жаростойкого вермикулитобетона за счет использования в качестве микронаполнителя алюмосиликатных микросфер (АСМ), применение которых в данном виде бетона до настоящего времени не рассматривалось. Параллельно с микросферами в качестве микронаполнителя использовали золошлаковую смесь (ЗШС) Апатитской ТЭЦ – традиционную добавку в бетоны. Были изучены их основные качественные показатели и проведена сравнительная оценка. В результате установлено, что АСМ имеют насыпную плотность в 2 раза ниже плотности ЗШС. Удельная поверхность ЗШС составляет 270 м<sup>2</sup>/кг, АСМ — 406 м<sup>2</sup>/кг. Химический состав ЗШС и микросфер по набору основных компонентов практически совпадает, но количественное содержание их различно. Для микросфер характерно повышенное содержание оксидов алюминия, калия и кремния и пониженное — железа и кальция, по сравнению с ЗШС. По модулю основности и ЗШС, и АСМ относятся к кислым золам. Т.к. исследуемые золоотходы являются продуктом сгорания каменных углей, то в их составе преобладают глинистые и обломочные минералы, в первую очередь кварц. Рентгенографические исследования полностью согласуются с минералогическим и химическим анализами золоотходов.

Изучение свойств жаростойкого вермикулитобетона с добавкой золоотходов от 20 до 40 % от массы цемента показало, что замена золошлаковой смеси микросферами позволяет снизить плотность и коэффициент теплопроводности бетона на 10–20 %, усадочные деформации — на 40–47 %. Наибольшие прочностные характеристики в проектном возрасте и после нагревания при 800 °С имеет бетон с введением 30 % ЗШС и 35 % АСМ.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о целесообразности введения алюмосиликатных микросфер в состав жаростойкого вермикулитобетона.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Данилин Д. Д.* Полые микросферы из зол-уноса — многофункциональный наполнитель композиционных материалов / Цемент и его применение. 2012. № 4. С. 100–105.

*Исмагилов З. Р., Шикина Н. В., Журавлева Н. В. и др.* Исследование алюмосиликатных микросфер из золы-уноса электростанций, использующих угли Кузбасса // Химия твердого топлива. 2015. № 4. С. 49–57.

*Саградян А. А., Зимакова Г. А.* Исследование пуццоланической активности зольных микросфер // Известия вузов. Строительство. 2012. № 2. С.43–47.

*Смородинов В. В.* Куда девать золу? – проблема переработки золошлаковых отходов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prostroymat.ru> Cryptogamic Russian Information System (CRIS) (дата обращения 14.03.2019).

## РЕАГЕНТНЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

### REAGENT-BASED METHODS OF WATER TREATMENT TO REMOVE FLUORINE INORGANIC IMPURITIES

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 – обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: belikov@chemy.kolasc.net.ru*

Reagent-based methods are presented of water treatment to remove fluorine-containing inorganic impurities. Treatment processes were examined to remove secondary water pollution and meet the permissible concentrations in potable and fisheries water. To achieve sufficiently high removal of F<sup>-</sup> iron and aluminum were used; for the removal of F<sup>-</sup>, SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup> titanium sulfate was used, and cerium sulfate for the removal of F<sup>-</sup>, SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, FeF<sub>6</sub><sup>3-</sup>, TiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, and AlF<sub>6</sub><sup>3-</sup>. All the proposed methods support the production of a final fluorinated product and regeneration of the reagents for reuse.

На многих горных, химических и металлургических производствах образуются стоки с повышенным содержанием фтора, нередко сбрасываемые в водоёмы питьевого и рыбохозяйственного назначения без очистки или после недостаточной очистки. Среди примеров таких производств: добыча полезных ископаемых в Хибинском и Ловозёрском горных массивах, горные породы которых содержат минерал виллиомит (NaF); производство металлического алюминия; переработка апатитового и фосфоритового концентратов на минеральные удобрения.

По существующим нормам при сливе в водоёмы питьевого назначения (ПДК<sub>п</sub>) концентрация фтора в воде не должна превышать 1.5 мг·л<sup>-1</sup>, а при сливе в водоёмы рыбохозяйственного назначения (ПДК<sub>р</sub>) 0.75 мг·л<sup>-1</sup>.

Помимо фтора, присутствующего в природных водах и стоках промышленных предприятий в виде F<sup>-</sup>, могут присутствовать различные катионные примеси (Si<sup>4+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Ti<sup>4+</sup>), образующие с ним комплексные анионы: SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, AlF<sub>6</sub><sup>3-</sup>, FeF<sub>6</sub><sup>3-</sup>, TiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, существенно осложняющие процессы очистки воды от фтора.

Отличающиеся по катионному составу фторсодержащие воды для достижения требуемой степени очистки от фтора требуют применения различных подходов.

Ранее было предложено проводить очистку сточных вод, содержащих фтор в виде F<sup>-</sup> (10 мг·л<sup>-1</sup>), соединениями титана [Локшин, Беликов, 2003], при этом достигается высокая степень очистки воды от фтора (до 0.5 мг·л<sup>-1</sup>), а вторичное загрязнение сульфат-ионами не превышает норм ПДК<sub>п</sub>. Оптимальный pH процесса 4–4.5.

При исследовании гидролитической устойчивости различных фторсодержащих комплексных анионов (SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, FeF<sub>6</sub><sup>3-</sup>, TiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, ZrF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, AlF<sub>6</sub><sup>3-</sup>) найдено [Локшин, Беликов, 2008], что их гидролиз при концентрации, эквивалентной 10 мг·л<sup>-1</sup> фтора, заканчивается при pH соответственно, 4.35; 5.02;

5.25; 7.20; 7.70. Это позволило предположить, что соединения титана могут быть использованы для глубокой очистки воды не только от фтора в виде  $F^-$ , но и в виде  $SiF_6^{2-}$ . При очистке воды от фтора в виде  $SiF_6^{2-}$  сульфатными соединениями титана достигается высокая степень очистки от фтора (до  $0.75 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ ) при увеличении расхода реагента на 25 %. Вторичное загрязнение сульфат-ионами не превышает норм ПДК<sub>п</sub>.

Очистку сточных или природных вод от фтора, присутствующего в виде  $FeF_6^{3-}$ ,  $TiF_6^{2-}$ ,  $AlF_6^{3-}$ , предложено проводить соединениями лантана и/или церия [Беликов, Локшин, 2008; Локшин, Беликов, 2010], так как эти элементы характеризуются наибольшей основностью по сравнению с другими лантаноидами. Это позволило предположить, что при гидролизе их солей гидроксиды способны более прочно удерживать сорбируемый фтор, что было подтверждено экспериментально. Найдено, что при использовании соединений лантаноидов  $pH=5.5-6.0$  оптимально [Беликов, Локшин, 2008]. Выявлено [Локшин, Беликов, 2010], что сульфаты лантаноидов эффективнее хлоридов, а соединения церия эффективнее соединений лантана. Сульфаты Ce (III) и Ce (IV) пригодны для очистки воды от фтора присутствующего в виде  $FeF_6^{3-}$ ,  $TiF_6^{2-}$ , а также наиболее гидролитически устойчивого комплекса  $AlF_6^{3-}$  ( $10 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$  по  $F^-$ ), до нормы ПДК<sub>п</sub>. Так, при атомном отношении  $Ce:F=3.76$ , остаточное содержание фтора в очищенном растворе составило  $1.3 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ , вторичное загрязнение сульфат-ионами не превышает норм ПДК<sub>п</sub>. Содержание фтора в воде может быть снижено до норм ПДК<sub>р</sub> ( $\leq 0.75 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ ), однако при этом возрастает расход реагента, что приводит к недопустимому вторичному загрязнению сульфат-ионом, превышающему нормы ПДК<sub>п</sub> и ПДК<sub>р</sub>.

Для очистки воды от фтора ( $10 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ ) в виде  $F^-$  изучали возможность использования более дешевых реагентов, таких как соединения железа и алюминия [Беликов, Локшин, 2018]. Показано, что соединения алюминия эффективнее соединений железа. Максимальная степень очистки (до  $0.5-0.7 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ ) достигнута при использовании в качестве реагента-осадителя хлорида алюминия, при этом вторичное загрязнение хлорид-ионами и алюминием не превышает норм ПДК<sub>п</sub> и ПДК<sub>р</sub>.

Все предложенные подходы очистки вод от фторсодержащих неорганических примесей позволяют достичь степени очистки от фтора до норм ПДК<sub>п</sub> и ПДК<sub>р</sub>, исключая загрязнение компонентами используемых реагентов превышающее эти нормы. Также, при необходимости, предусмотрена регенерация используемых реагентов с утилизацией фтора и возможностью использования реагентов в обороте. Разработанные подходы успешно применены при очистке от фтора реальных стоков производств: ООО «Ловозерский ГОК» и ОАО «Апатит».

## ЛИТЕРАТУРА

Беликов М. Л., Локшин Э. П. Очистка стоков от неорганических соединений фтора // Химия в интересах устойчивого развития. 2008. Т. 16. С. 581–588.

Локшин Э. П., Беликов М. Л. Очистка воды от фтора соединениями титана // Журнал прикладной химии. 2003. Т. 76. № 9. С. 1505–1510.

Локшин Э. П., Беликов М. Л. Об очистке от фтора сточных вод, содержащих комплексные фториды алюминия и кремния // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81. № 2. С. 177–181.

Локишин Э. П., Беликов М. Л. Очистка стоков от фтора // Цветные металлы. 2010. № 11. С. 18-21.

Беликов М. Л., Локишин Э. П. Очистка сточных вод от фтора соединениями железа и алюминия // Цветные металлы. 2018. № 1. С. 39–43.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ УРТИТОВ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ БЕТОНОВ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

### STABILITY OF URTITES AS A CONCRETE AGGREGATE IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

Белогурова Т. П.

Belogurova T. P.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: belong\_tp@chemy.kolasc.net.ru*

The properties of urtites from the Vostochny mine (Apatit Site, Murmansk Region) were studied as a source of aggregates for heavy concrete. It was found that the rock is solid and strong, has low water absorption and abrasion values. Crushed urtite rock has high physicommechanical properties — a strength rating of M1000, an abrasion rating of I-2, and a frost resistance rating of F200 — and can be used as an aggregate in concrete. Tests of urtite and crushed urtite in the corrosive liquid environments with a high content of Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ions indicate adequate resistance of these materials. Microscopic examination of the urtite structure after testing showed no signs of corrosion.

Горнопромышленные предприятия Мурманской области являются основными источниками отходов. В 2017 г. образовалось почти 211 млн. т отходов горнодобывающей промышленности, что составляет 99.9 % от всех видов отходов производства в регионе [Доклад о состоянии..., 2017]. Примером нерационального природопользования являются практически не используемые вскрышные породы рудников АО «Апатит», в которых содержится до 70 % нефелина, относящегося к вредным примесям. Ранее проведенные исследования вскрышных и вмещающих пород позволили рекомендовать их для получения бетонных изделий, эксплуатирующихся в неагрессивных условиях [Белогурова, Крашенинников, 2004]. В настоящее время проводятся исследования поведения нефелинсодержащих пород в различных агрессивных средах с целью обоснования возможности их использования в бетонах.

Для исследований использовались вскрышные породы рудника «Восточный» — уртиты, представляющие собой плотные (2.75–2.79 г/см<sup>3</sup>) и прочные (160–230 МПа) породы с низкими значениями пористости (0.40–2.20%) и водопоглощения (0.10–0.15 %). Щебень из уртитов характеризуется как плотный (1480–1530 кг/м<sup>3</sup>) с марками по прочности M1000, по истираемости И-II, по морозостойкости F200. Качественные характеристики щебня соответствуют требованиям, предъявляемым к щебню высшей категории качества.

Исследования коррозионной стойкости уртитов и заполнителей на их основе проводили в средах, имитирующих рудничные воды с увеличенным в 100 раз

содержанием агрессивных компонентов: сульфатной ( $\text{SO}_4^{2-}=1500$  мг/л), азотнокислой ( $\text{NO}_3=3500$  мг/л) и хлористой ( $\text{Cl}=150$  мг/л). В качестве неагрессивной среды применяли дистиллированную воду.

Результаты испытаний пород показали, что уже через 3 месяца наблюдается тенденция небольшого снижения массы во всех жидких средах, в том числе и в дистиллированной воде. Максимальные потери массы образцов-кубиков из уртитов за 3 месяца составили 0.05 % в азотнокислой среде и не превысили допустимые 0.15 %. Прочностными испытаниями образцов уртитов установлено, что в течение первых трех месяцев испытаний во всех жидких средах у пород наблюдалось незначительное снижение показателей прочности. Снижение прочности уртитов также наиболее выражено у образцов, хранившихся азотнокислой среде (6.7 %), меньше — в дистиллированной воде (3.3 %). Максимальное снижение прочности обеспечивает коэффициент размягчения пород  $K_{\text{разм.}}=0.93$  при допустимом  $K_{\text{разм.}}=0.8$ , что позволяет судить о стойкости уртитов в агрессивных средах. Визуальных признаков разрушения образцов ни в одной из сред не наблюдалось. На шлифах, изготовленных из образцов уртитов после хранения в агрессивных средах, признаков коррозии не обнаружено. Таким образом, испытания образцов из уррита показали, что данные породы являются достаточно стойкими во всех жидких средах.

Исследование коррозионной стойкости заполнителей из уртитов проводилось в условиях воздействия тех же сред на щебне фракции 10–20 мм. Результаты испытаний показали, что через 3 месяца хранения во всех жидких средах у проб щебня имеются потери массы. Наиболее агрессивной средой для заполнителей является раствор с повышенным содержанием ионов  $\text{NO}_3^-$  –  $\Delta m=1.26$  % при допустимых 5 %. По сравнению с показателями, полученными на параллельных образцах в дистиллированной воде, потери массы в агрессивных средах различаются не более, чем на 1%. На этом основании можно сделать вывод о достаточной стойкости щебня из уррита в жидких средах.

Показатели дробимости щебня во всех средах увеличились, достигнув в азотнокислой среде максимального значения в 3.1 %. Дробимость проб щебня, помещенных в дистиллированную воду, не отличалась от дробимости проб щебня из других агрессивных сред более чем на 2 %. Несмотря на потери, щебень во всех средах через 3 месяца испытаний показал ту же марку по прочности, что и до испытаний (M1000). Таким образом, щебня из уррита является стойким во всех жидких средах. Дальнейшие коррозионные испытания уртитов, заполнителей и бетонов на их основе позволят научно обосновать вовлечение в производство техногенных месторождений апатито-нефелинового сырья и расширить ресурсный потенциал Арктической зоны России.

## ЛИТЕРАТУРА

*Белогурова Т. П., Крашенинников О. Н.* Утилизация вскрышных пород Хибинских апатитонефелиновых месторождений в строительстве // Строительные материалы. 2004. № 6. С. 32–35.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 году. Мурманск: Правительство Мурманской области. 2017. 165 с. [Электронный ресурс]. URL: //gov-murman.ru /region/ environmentstate (дата обращения 14.03.2019).



## ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ СОРБЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

### ADVANTAGES OF ADSORPTIVE BIOREMEDIATION IN SOILS CONTAMINATED WITH OIL AND OIL PRODUCTS

Васильева Г. К.<sup>1</sup>, Стрижакова Е. Р.<sup>1</sup>, Кондрашина В. С.<sup>1</sup>, Мязин В. А.<sup>2</sup>,  
Корнейкова М. В.<sup>2</sup>

Vasilyeva G. K.<sup>1</sup>, Strijakova E. R.<sup>1</sup>, Kondrashina V. S.<sup>1</sup>, Myazin V. A.<sup>2</sup>,  
Korneykova M. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пуцино, Московская область; e-mail: gkvasilyeva@rambler.ru

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера — обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр  
Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область;  
e-mail: korneykova.maria@mail.ru; myazin@mail.ru

We present the results of 10 years of experiments with various types of soils contaminated with crude oil, waste motor oil, and diesel fuel (5-15%). An adsorptive bioremediation method was developed for petroleum-contaminated soils, based on the use of adsorbents of various classes. Optimal quantities of the adsorbents provide more favorable conditions for the activation of native or inoculated petroleum degraders, as well as for the growth of phytomeliors. Thus, no polycyclic aromatic hydrocarbons are accumulated in the soils or phytomeliors. The positive action of the adsorbents is associated with a decrease in phyto- and microbotoxicity of the contaminated soils due to predominantly reversible adsorption of hydrocarbons and toxic metabolites thereof, as well as with a reduced soil hydrophobicity. Tests of adsorptive bioremediation in the contaminated soils from Kaskama Mt (Murmansk Region) confirmed its effectiveness.

Одной из основных экологических проблем северных регионов России является необходимость разработки эффективных и экономичных методов очистки нефтезагрязненных земель. Несмотря на все преимущества, использование метода биоремедиации весьма ограничено, особенно в условиях короткого северного лета. В ИФХиБПП РАН разработана технология сорбционной биоремедиации различных загрязненных почв [Vasilyeva et al., 2006]. Целью данного доклада является обобщение 10-летнего опыта исследований, посвященных разработке и описанию преимуществ метода *in situ* сорбционной биоремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Технология основана на использовании сорбентов разных классов (минеральные, органические и углеродистые), которые существенно расширяют возможности биологической очистки нефтезагрязненных почв. Показано, что внесение в почву оптимальных доз сорбентов обеспечивает более благоприятные условия для активации аборигенных или специально вносимых микроорганизмов-деструкторов углеводов, а также для роста растений-фитомелиорантов. Основные механизмы положительного действия сорбентов связаны со снижением фито- и микроботоксичности загрязненных почв за счет преимущественно обратимой сорбции углеводов и их токсичных метаболитов, а также за счет снижения гидрофобности почв, повышения их влагоемкости и пористости. Кроме того, ряд сорбентов, в частности активированный уголь, препятствует вымыванию углеводов и еще более токсичных и подвижных продуктов их микробного окисления в грунтовые и

поверхностные воды, что создает условия для проведения очистки *in situ* [Зиннатшина и др., 2018; Kondrashina et al., 2018]. Доказано, что в ходе сорбционной биоремедиации нефтезагрязненных почв не происходит консервации опасных компонентов в виде полициклических ароматических углеводородов или их накопления в зеленой массе растений-фитомелиорантов. Дано эколого-экономическое обоснование метода сорбционной биоремедиации, которое показало его преимущество по сравнению с часто используемым методом механической очистки [Слюсаревский и др., 2018]. Апробирование метода на почве с горы Каскама (Мурманская область), исторически загрязненной горюче-смазочными материалами, в условиях лабораторного эксперимента подтвердили его эффективность.

## ЛИТЕРАТУРА

Зиннатшина Л. В., Стрижакова Е. Р., Васильева Г. К. Влияние сорбентов на скорость биоремедиации и свойства почвы. Загрязненной смесью нефтепродуктов // Естественные и технические науки. 2018. № 9. С. 24–30.

Слюсаревский А. В., Зиннатшина Л. В., Васильева Г. К. Сравнительный эколого-экономический анализ методов рекультивации нефтезагрязненных почв путем биорекультивации *in situ* и механической замены грунта // Промышленная экология. 1918. Т. 22. № 11. С. 40–45.

Kondrashina V., Strijakova E., Zinnatshina L., Bocharnikova E., Vasilyeva G. Influence of activated carbon and other additives on bioremediation rate and characteristics of petroleum-contaminated soils // Soil Science. 2018. Vol. 138. № 4. P. 150–159.

Vasilyeva G. K., Strijakova E. R., Shea P. J. Use of activated carbon for soil bioremediation // Viable methods of soil and water pollution monitoring, protection and remediation. Netherlands: Springer. 2006. P. 309–322.

## УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТИТАНИТА С ПОЛУЧЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### A UNIVERSAL PROCESS FOR HYDROCHLORIC ACID PROCESSING OF TITANITE INTO FUNCTIONAL MATERIALS

Герасимова Л. Г.<sup>1</sup>, Киселев Ю. Г.<sup>1</sup>, Щукина Е. С.<sup>1</sup>, Самбуров Г. О.<sup>2</sup>  
Gerasimova L. G.<sup>1</sup>, Kiselev Yu. G.<sup>1</sup>, Shchukina E. S.<sup>1</sup>, Samburov G. O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: gerasimova@chemy.kolasc.net.ru

<sup>2</sup>Центр наноматериаловедения — филиал Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: gerasimova@chemy.kolasc.net.ru

The geological setting and mineral composition of the apatite-nepheline-titanium ore from the Khibiny Mountains enable selective mining of titanite ore and its processing by acid methods, in particular hydrochloric acid decomposition. The interaction of titanite with concentrated hydrochloric acid results in the formation of composite hydrated titanosilicate sediment (TSO), which, in turn, is the precursor for the synthesis of a variety of functional dual-purpose materials:

alkaline titanosilicates, mineral-like zorite, sitinakite, ivanyukite, etc., composite fillers for high-temperature glues and sealants and specialty ceramics. Prerequisites exist for the development of a universal nearly zero-waste process and theoretical substantiation of the new processing methods used by the authors.

Минерал титанит входит в состав хибинских апатит-нефелиновых руд, в частности, апатит-титанитовой и нефелин-титанитовой руд месторождения Коашва. Встречаются титанитовые слои мощностью в несколько десятков метров с содержанием минерала до 80 %. Средний химический состав такого титанита соответствует формуле:  $(\text{Ca}_{0.95}\text{Na}_{0.04}\text{Sr}_{0.01})_{\Sigma 1.00}(\text{Ti}_{0.96}\text{Fe}^{3+}_{0.02}\text{Nb}_{0.01})_{\Sigma 0.99}(\text{Si}_{0.99}\text{Al}_{0.01})_{\Sigma 1.00}\text{O}_5$  [Gerasimova et al., 2018]. Обогащенная титанитом руда являлась предметом наших исследований. Для получения титаносиликатного осадка в гидратированной форме использовали измельченный титанитовый концентрат ( $\text{TiO}_2$  — 31.1 мас%), выделенный из руды посредством её обработки раствором соляной кислоты (50 г/л HCl). Концентрат загружали в 30–32 %-ю соляную кислоту до соотношения массы концентрата (Т) к объему кислоты (Vж) равном 1:3 и выдерживали при перемешивании в режиме кипения в течение 10–12 ч. В указанных условиях титан и кремний формируются в виде осадка ТСО, а кальций остается в солянокислотной жидкой фазе, которую упаривали с улавливанием паров HCl, кристаллизацией выделяли хлорид кальция (антиобледенитель). Осадок ТСО отмывали водой от маточного раствора, порошок сушили в течение 24 ч на воздухе. Общие потери массы по данным ТГА не превышали 8–10 мас%. Из них половина приходится на свободную воду. Изучен фазовый состав ТСО. Осадок представляет собой композицию состава- $\text{TiO}_2 \cdot 1.07\text{SiO}_2 \cdot 0.82\text{H}_2\text{O}$ . При прокаливании ТСО (800–850 °С) происходит его дегидратация и формирование двух фаз – кристаллического рутила и аморфного кремнезема. Показано, что присутствие кремнезема препятствует достижению высокой степени кристалличности диоксида титана. Введение в состав осадка перед прокаливанием щелочного компонента, в частности 2 %  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , способствует нарушению порядка построения аморфной фазы, что нивелирует его отрицательное влияние на структурирование рутила. Частицы композиции представляют собой агломераты, состоящие из фрагментов с размером 0.4–1 мкм. Морфологические свойства частиц титаносиликатной композиции, а также его технические характеристики, включая способность к матированию прозрачных органических дисперсий, позволяют сделать вывод о перспективах её использования в качестве эффективного наполнителя при изготовлении клеев и герметиков с диэлектрическими свойствами и повышенной термостойкостью. Проведены поисковые исследования по использованию ТСО как прекурсора в гидротермальном синтезе щелочных титаносиликатов – эффективных сорбентов радионуклидов и катионов токсичных металлов (кобальт, никель, и др.)

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Мурманской области в рамках научного проекта № 17-43-510977.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Gerasimova L. G., Nikolaev A. I., Maslova M. V., Shchukina E. S., Samburov G. O., Yakovenchuk V. N., Ivanyuk G. Yu. Titanite Ores of the Khibiny Apatite-Nepheline-Deposits: Selective Mining, Processing and Application for Titanosilicate Synthesis. // Minerals. 2018. Vol. 8. № 10. С. 44

**СОРБЦИЯ КАТИОНОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ИЗ РАСТВОРОВ ИОНИТАМИ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ ТИТАНА(IV)**

**SORPTION FROM SOLUTIONS OF RARE-EARTH CATIONS BY IONITES  
BASED ON TITANIUM(IV) PHOSPHATES**

Корнейков Р. И., Иваненко В. И.

Korneykov R. I., Ivanenko V. I.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: korneikov@chemy.kolasc.net.ru*

It was shown that ionites based on oxotitanium-titanium (IV) hydrophosphates are efficient in the recovery of rare-earth elements from process solutions containing complex salts. Modification by doping components, differing in electronegativity from titanium, leads to a higher mobility of the hydrogen ion in the sorbent functional group and makes it possible to use sorbents from more acidic media.

В результате эксплуатации реакторов атомных электростанций образуются многокомпонентные жидкие радиоактивные отходы, основная активность которых определяется присутствием радионуклидов цезия, стронция и кобальта [Рябчиков, 2008]. Кроме этих радионуклидов в технологических растворах присутствуют радиоизотопы редкоземельных элементов (РЗЭ), приносящие вклад в общую активность таких отходов [Кулюхин и др., 2014; Чувелева и др., 1994]. Для извлечения катионов РЗЭ предложены мембранные, осадительные методы. Однако их применение ограничено относительно невысокой степенью очистки и образованием больших количеств вторичных отходов [Милютин, 2008]. Наибольший интерес представляют сорбционные методы, а среди сорбентов перспективны ионообменные материалы на основе фосфатов титана(IV) с мольным отношением фосфора к титану  $\leq 1$  [Иваненко и др., 2008]. Такие ионообменники способны эффективно извлекать радионуклиды на фоне существенно превышающих концентраций близких по химическим свойствам к радионуклидам катионов металлов и обеспечивать надежную иммобилизацию высокотоксичного сорбата.

Цель работы заключалась в изучении ионообменных характеристик сорбентов на основе гидрофосфатов титана(IV) различного состава по отношению к катионам РЗЭ.

Синтез сорбентов проводили в соответствии с разработанными авторами методиками. Синтезированные образцы имели состав  $TiO_{(2-x-y)}(OH)_{2y}(HPO_4)_x \cdot nH_2O$  (где  $x=0.3-1.0$ ,  $y=0-0.5$ ,  $n=1.3-6.3$ ). Ранее было показано, что введение в состав сорбентов катионов металлов, отличающихся от титана(IV) по кислотно-основным свойствам (Fe(III), Zr(IV), Nb(V)), способствует повышению сорбционных характеристик таких модифицированных образцов.

Исследовались свойства немодифицированных и модифицированных цирконием составов сорбентов. В работе экспериментально определены значения константы гетерогенного катионного замещения ( $lgK_{обм}$ ) протонов функциональных групп сорбентов на катионы некоторых РЗЭ. Для исключения

гидролиза катионов редкоземельных металлов, изучение процессов сорбции проводили в диапазоне значений  $pH=2\div 5$ . Установлено, что в нитратных средах значение  $lgK_{обм}$  зависит от размера ионного радиуса катиона металла и убывает в ряду  $Y(III) > Gd(III) > Eu(III) > Sm(III) > Nd(III) > Ce(III)$ . Повышение температуры процесса катионного обмена с 20 до 50 °С способствует усилению сродства ионита к сорбируемым катионам металлов.

В работе изучено влияние степени «обводненности» сорбента на величину константы обмена. На примере катионов  $Ce(III)$  установлено, что частичная дегидратация сорбционного материала способствует повышению значений  $lgK_{обм}$ , причем значение больше увеличивается в случае модифицированных составов сорбентов. Так как в технологических растворах из-за их агрессивности присутствуют высокие содержания продуктов коррозии конструкционных материалов, которые могут конкурировать при сорбционном извлечении радионуклидов РЗЭ, изучено сродство сорбционной матрицы по отношению к катионам РЗЭ на примере церия в присутствии железа в высших степенях окисления. Установлено, что существенное различие в значениях ионных радиусов катионов металлов делает предпочтительным сорбцию более крупного катиона церия. Показано, что модифицированные составы сорбентов, являются перспективными ионитами для извлечения из растворов высоко зарядных сильно гидролизующихся катионов металлов. Термическая обработка при 600 °С насыщенного катионами металлов сорбента обеспечивает надежную иммобилизацию токсичных металлов в течение длительного времени.

На растворах, моделирующих отходы, которые образуются при переработке ядерного горючего топлива [Чувелева и др., 1994], и содержащих катионы РЗЭ и высокие концентрации азотной кислоты, проведена апробация немодифицированных и модифицированных составов сорбентов. Показано, что модифицированный цирконием образец перспективен для коллективного извлечения катионов РЗЭ, а немодифицированный – для сорбции иттрия и тяжелых редкоземельных элементов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-19-01522).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Иваненко В. И., Локшин Э. П., Аксенова С. В., Корнейков Р. И., Калинин В. Т. Термодинамика гетерогенного катионного замещения на гидрофосфате титанила // Журнал неорганической химии. 2008. Т. 53. № 4. С. 557–563.

Кулюхин С. А., Красавина Е. П., Румер И. А., Климович И. В. Сорбция радионуклидов стронция и иттрия из водных растворов на слоистых двойных гидроксидах различного состава // Радиохимия. 2014. Т. 56. № 6. С. 506–517.

Милютин В. В. Физико-химические методы извлечения радионуклидов из жидких радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности. Автореф. дис... докт. хим. наук. Москва. 2008. 49 с.

Рябчиков Б. Е. Очистка жидких радиоактивных отходов. М.: ДеЛи принт. 2008. 516 с.

Чувелева Э. А., Харитонов О. В., Фирсова Л. А. Сорбция РЗЭ и ТПЭ на сильнокислотном сульфокатионите КУ-2 из азотнокислых сред // Радиохимия. 1994. Т. 36. № 5. С. 410–413.

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ РЕДКО  
МЕТАЛЬНЫХ РУД КАРНАСУРТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE RARE-METAL ORE  
CONCENTRATION WASTE OF THE KARNASURT DEPOSIT**

Лащук В. В.<sup>1</sup>, Горячев А. А.<sup>2</sup>  
Lashchuk V. V.<sup>1</sup>, Goryachev A. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: lashchuk@chemy.kolasc.net.ru*

<sup>2</sup>*Институт проблем промышленной экологии Севера — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: andrej.goria4ev@yandex.ru*

The results of a comprehensive laboratory study of the rare-metal ore concentration waste of the Karnasurt Mine (Lovozero Mining and Mineral Processing Operation) are presented. The mineral composition and structure of the waste, which affect the geotechnical, geochemical, and radiation properties of the tailings dump surface, were identified. The main rock-forming minerals are K-Na feldspar, nepheline, amphibole (arfvedsonite), to a lesser degree pyroxene (aegirine). Pyroxene and rare ore minerals – loparite, eudialyte – are characterized by a high heterogeneity of the average grade. The tailings dump is composed of silty sand with an average density of 1.93 g/cm<sup>3</sup>. The total effective activity of natural radionuclides averages 842 Bq/kg. The fine-grained material is proposed for use in heavy concrete and building ceramics.

Месторождения редких элементов Кольского региона приурочены преимущественно к массивам щелочных и ультращелочных горных пород [Пожиленко и др., 2002]. Хранилища хвостов обогащения руд (ХХОП) редких металлов представляют из себя источник загрязнения окружающей природной среды как вследствие ветрового воздействия и переноса пылеватых частиц, так и химического выветривания и миграции загрязняющих веществ с водными потоками. В методическом плане ХХОП мы рассматриваем как инженерно-геологическое тело несвязных грунтов, как потенциальный и дополнительный источник полезных минеральных компонентов. Использование их, например для производства строительной керамики, позволит снизить отрицательное воздействия хранилищ на окружающую среду [Лащук и др., 2011]. В настоящей работе представлены результаты комплексных исследований отходов обогащения, которые отобраны в мае 2018 г. по профилю поверхности хранилища редкометалльных руд Карнасуртского рудника. Анализ показателей плотности, гранулометрического состава, физико-химических и радиационных свойств показал, что отходы обогащения руд в приповерхностной части хранилища — это продукты переработки мезократовых горных пород. Средние значения средней и истинной плотности составляют соответственно 1.93 и 2.78 г/см<sup>3</sup>. По гранулометрическому составу – это однородный, пылеватый песок [Ломтадзе, 1984]. Он включает преимущественно фракции 0.5–0.25 и 0.25–0.10 мм (32.8 и 47.8 мас. %), коэффициенты вариации этих значений 0.34 и 0.16. Менее представительная фракция 0.1–0.05 мм, составляющая 10.6 мас. % — не

выдержанная, коэффициент вариации составляет 0.71. Средняя влажность песчаной толщи 22 мас. %, коэффициент вариации 0.59. Это свидетельствует о высокой неоднородности водных потоков. Поровые растворы слабощелочные — среднее значение рН составляет 9.4. Общая эффективная активность естественных радионуклидов в среднем составляет 842 Бк/кг, что соответствует 3-му классу радиоактивности строительных материалов, которые можно использовать в дорожном строительстве вне населенных пунктов (ГОСТ 30108-94). Корреляционным анализом установлено, что в этой многопараметрической системе общие показатели: водопоглощение, содержания радионуклидов тория, радия и общая эффективная радиоактивность распределяется в следующей последовательности:  $W > Th_{232} > Ra > A_{эфф}$ .

По минеральному составу изучаемые отходы обогащения редкометалльных руд, близки к вмещающим луювритам имеют мезократовый облик. Главными породообразующими минералами являются кали-натровые полевые шпаты, нефелин, амфибол (арфведсонит), меньше — пироксен (эгирин). Средние содержания этих минералов соответственно составляют 40.7, 21.7, 21.5, 13.5 мас. %. Пироксен и редкие рудные минералы — лопарит, эвдиалит характеризуются высокой невыдержанностью среднего содержания, о чем свидетельствуют коэффициенты вариации значений в диапазоне 0.50–1.25. Как показал корреляционный анализ, общими параметрами для данной многопараметрической системы являются рудные минералы — лопарит и эвдиалит. Породообразующие минералы взаимосвязаны со средней плотностью отходов обогащения. Таким образом, проведенные исследования показали, что отходы обогащения редкометалльных руд, складированные в ревинском хранилище — это мелкозернистый пылеватый песок, со средней плотностью 1.93 г/см<sup>3</sup>. Это ниже нормируемых значений 2-3 см<sup>3</sup> для заполнителей тяжелых бетонов (ГОСТ 8267-93). Потому необходимо добавление более крупной фракции. Состав материала — нефелин-эгирин-амфибол-полевошпатовый, включающий 1.7 и 0.6 мас. % рудных минералов — лопарита и эвдиалита. Характер радиоактивности — радий-ториевый, 3-й класс радиоактивности (общая эффективная активность 842 Бк/кг). Это согласуется с детальными минералогическими исследованиями на Ловозерском массиве нефелиновых сиенитов [Ермолаева и др., 2007]. Такие отходы возможно использовать в дорожном строительстве вне населенных пунктов. В дальнейшем предполагается дополнительно провести исследования химического состава, осуществить обработку полученных данных при помощи факторного анализа методом главных компонент.

*Работа выполнена в рамках темы НИР № 0226-2018-0001.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Ермолаева В. Н., Пеков И. В., Чуканов И. В., Задов А. Е.* Ториевая минералогия в высокощелочных пегматитах и гидротермалитах Ловозерского массива (Кольский полуостров) // ЗРМО. 2007. Ч. 136. № 1. С. 3–25.

*Лащук В. В., Суворова О. В., Макаров Д. В., Бокарева В. А.* Исследование отходов обогащения руд горно-промышленного комплекса Мурманской области в качестве термохимического сырья для производства стекла и керамики // Труды VIII Ферсмановской научной сессии. Апатиты: Изд-во К & М. 2011. С. 259–269.

Ломтадзе В. Д. Инженерная геология: инженерная петрология. Л.: Недра. 1984. 511 с.

Пожиленко В. И., Б. В. Гавриленко, Д. В. Жиров, С. В. Жабин Геология рудных районов Мурманской области // Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2002. 359 с.

**НЕТРАДИЦИОННОЕ ТИТАНСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЁ —  
ОСНОВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ  
ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ ОТ КАТИОНОВ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**NONCONVENTIONAL TITANIUM-CONTAINING MATERIALS IN THE  
PRODUCTION OF HIGH-PERFORMANCE SORBENTS FOR THE  
REMOVAL OF HEAVY METAL CATIONS FROM CONTAMINATED  
WASTEWATER**

Маслова М. В., Иваненко В. И., Герасимова Л. Г.

Maslova M. V., Ivanenko V. I., Gerasimova L. G.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: maslova@chemy.kolasc.net.ru*

New methods for the recovery of titanium phosphates from solid titanium salts were developed. Titanium salts  $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  and  $\text{TiOSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  are the byproducts of titanite concentrate processing. The recovery process is based on the reaction of heterogeneous interaction between phosphoric acid and solid precursor. Optimal conditions for obtaining pure  $\text{TiO}(\text{OH})(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Ti}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  phases were found. A correlation between the process conditions and the sorption properties of the resulting materials was found. The sorption behavior and equilibrium of heavy metal ions were studied. The sorption capacity of the studied metal ions in respect of titanium phosphates was measured and the selectivity order was established. Titanium phosphates were also shown to be a high-performance cation-exchanger for the removal of toxic metal cations in the presence of macroamounts of calcium cations from mine wastewater after liming.

Вопросы утилизации минеральных и техногенных отходов являются актуальными во всем мире. Растущий объем добычи и переработки минерального сырья приводит к увеличению отходов, порождает экологические проблемы, особенно серьезные для северных регионов.

Мурманская область — один из регионов России, где интенсивно функционируют несколько горнопромышленных предприятий, производя минеральную и синтетическую продукцию и сбрасывая в отвалы огромное количество отходов. Так, техногенным отходом переработки апатито-нефелиновых руд является минерал сфен ( $\text{CaTiSiO}_5$ ). Многолетние исследования, проводимые в Институте химии ФИЦ КНЦ РАН, позволили разработать несколько технологических вариантов переработки сфена с получением целого ряда востребованных на современном рынке титансодержащих материалов. Одним из основных методов переработки нетрадиционного титансодержащего Кольского сырья является сернокислотный метод. При реализации сернокислотной технологии титан(IV) отделяется от сопутствующих



компонентов в виде двойной соли —  $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или  $\text{TiOSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Эти титановые соли были использованы в качестве прекурсоров при синтезе сорбентов.

При разработке подходов к синтезу фосфатов титана из кристаллических прекурсоров отмечено, что решающую роль в гетерогенном процессе играет правильный подбор концентрационных параметров твердого и жидкого реагентов. Использование кристаллических солей в качестве источника титана позволяет значительно сократить многостадийность синтеза и использовать разбавленную фосфорную кислоту при стехиометрическом ее расходе, что позволяет получать фосфат титана при экологически привлекательном методе синтеза. В зависимости от выбранного прекурсора можно получать фосфаты титана следующего состава  $\text{TiO}(\text{OH})\text{H}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Ti}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Первый представляет собой аморфную фазу, второй — кристаллическую. Проверена сорбционная способность полученных фосфатов по отношению к катионам тяжелых металлов, а именно Pb, Zn, Co, Cd. Выбор катионов обусловлен как их токсичностью, так и широким распространением в сточных водах различных производств. Экспериментальные данные показывают, что возможно полное удаление катионов из растворов при исходной концентрации свинца и кобальта до 5 ммоль/л, а цинка и кадмия до 3 ммоль/л. Далее количество поглощенных катионов закономерно увеличивается по мере возрастания их содержания в исходном растворе до 10–12 ммоль/л, а затем остается неизменным. Статическая ионообменная емкость составляет ммоль/г:  $\text{Co}^{2+}$ -1.11,  $\text{Zn}^{2+}$ - 1.15,  $\text{Cd}$ -1.38,  $\text{Pb}$ -2.07. Полученные данные сопоставимы с рассчитанными значениями коэффициентов селективности, соответствующих ряду  $\text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Co}^{2+}$ .

Исследованы закономерности сорбционного извлечения катионов тяжелых металлов на фосфате титана в зависимости от исходной концентрации, температуры и pH среды, концентрации макрокомпонента. Сорбция микроколичеств (1 ммоль) катионов тяжелых металлов не зависит от pH среды и составляет 99.9 % при значении pH от 4 до 8.5 за 1 ч контакта фаз. В этих же условиях степень поглощения макрокомпонента- кальция изменяется от 2.3 % при pH=4 до 4.2 % при pH=8.5. При этом коэффициент распределения,  $K_d$  (мл/г) для выбранных ионов составляет больше  $10^5$  мл/г при содержании кальция в растворе в количестве 480 г/л. Полученные результаты показывают принципиальную возможность очистки сточных вод после известкования от катионов токсичных металлов с использованием фосфата титана.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-19-01522).*

## СИНТЕЗ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ ТИТАНА, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ

### SYNTHESIS OF SORPTION MATERIALS BASED ON Ti-Ca-Mg PHOSPHATES

Маслова М. В.<sup>1</sup>, Мудрук Н. В.<sup>1</sup>, Иванец А. И.<sup>2</sup>, Шашкова И. Л.<sup>2</sup>, Китикова Н. В.<sup>2</sup>

Maslova M. V.<sup>1</sup>, Mudruk N. V.<sup>1</sup>, Ivanets A.I.<sup>2</sup>, Shashkova I. L.<sup>2</sup>, Kitikova N. V.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: maslova@chemy.kolasc.net.ru

<sup>2</sup>Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь; e-mail: Andreiivanets@yandex.ru

A process for synthesizing novel composite sorbents based on Ti-Ca-Mg phosphates from titanium salt  $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  and thermo-activated dolomite  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$  was developed. The effect of the process conditions on the phase composition and sorption properties of the final product was described. It was found that the high affinity of the sorbent for the radionuclides  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , and  $^{90}\text{Sr}$  from the multicomponent liquid radioactive waste is due to the synergism of the individual phases, including the ion exchange mechanism with titanium phosphate and the precipitation mechanism with calcium and magnesium phosphates. The study findings indicate the possibility of directly controlling the sorption and selective properties of Ti-Ca-Mg phosphates by changing their chemical composition for the removal of various radionuclides from multicomponent liquid wastes.

Природные и синтетические фосфаты металлов относятся к перспективным материалам и используются в самых различных областях промышленности, медицины, и сельского хозяйства. Известно, что соединения на основе фосфатов титана, кальция, магния являются перспективными сорбционными материалами, обладающими высокой емкостью и селективностью по отношению к извлекаемым радионуклидам Cs, Sr и Co. Одним из источников Ca и Mg может служить доломит —  $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$ . Природный доломит характеризуется низкой пористостью и невысокими сорбционными свойствами по отношению к ионам многовалентных металлов. Получение эффективных сорбентов на его основе может быть осуществлено термической и/или кислотной активацией, при этом наиболее перспективным является получение Ca-Mg фосфатных сорбентов неапатитовой структуры. Согласно литературным данным такие фосфаты существенно превосходят гидроксипатит по сорбционной емкости. Известны варианты получения сорбентов термообработкой и последующим фосфатированием природного доломита, что значительно удешевляет обычно дорогостоящее производство синтетических фосфатов. Добавление аммония к фосфатирующему агенту ведет к образованию дополнительных фаз, в частности — струвита, который в свою очередь проявляет сорбционные свойства по отношению к тяжелым металлам и рассматривается в качестве эффективного мелиоранта. Разнообразие фазового состава сорбционных материалов на основе фосфатов Ca-Mg обусловлено условиями их получения. Процесс сорбции на таких сорбентах протекает по механизму конверсии (растворение-осаждение) за счет разницы в произведении растворимости фосфатов Ca-Mg и фосфатов

удаляемых катионов. Наибольшая сорбционная активность материалов наблюдается в области  $\text{pH}=2-5$ . При этом при удалении микроконцентраций токсичных элементов процесс растворения сорбента преобладает над процессом осаждения, что ведет к загрязнению очищаемых вод катионами жесткости. Эти недостатки могут быть устранены в случае получения композиционного материала на основе фосфатов Ti, Ca и Mg.

Данные по получению такого композиционного фосфата отсутствуют в литературе. Настоящая работа посвящена разработке метода синтеза композиционных фосфатов с использованием в качестве исходных материалов титансодержащей соли  $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и природного доломита, а также изучению сорбционных свойств полученных композиций по отношению к радионуклидам, входящим в состав жидких радиоактивных отходов атомных станций.

Для полноты осаждения фосфатов кальция и магния предложено двухстадийное введение минеральных прекурсоров, что способствует снижению кислотности среды до  $\text{pH}=2$  и обеспечивает максимальное связывание кальция и магния в нерастворимые фосфаты. Конечный продукт представляет собой композицию, в состав которой входят кристаллические фосфат кальция, фосфат магния в виде струвита и аморфный фосфат титана. В зависимости от условий синтеза и соотношения исходных прекурсоров фосфат титана присутствует в виде  $\text{TiO}(\text{OH})(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$  и/или  $\text{Ti}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Сорбционная способность конечного продукта определяется составом фаз и обусловлена синергетическим эффектом действий индивидуальных соединений, входящих в состав композиции. С увеличением содержания Ti в сорбентах наблюдается существенное увеличение сорбционной способности для радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Для композиций, в составе которых преобладают фосфаты кальция и магния, получены высокие значения сорбционной емкости по  $^{60}\text{Co}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Представленные результаты свидетельствуют о возможности направленного регулирования сорбционно-селективных свойств фосфатов Ti-Ca-Mg путем изменения их химического состава, а также перспективность их практического применения для извлечения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из многокомпонентных жидких радиоактивных отходов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-53-00003 Бел\_а.*

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ВЕРМИКУЛИТ-СУНГУЛИТОВОГО  
СОСТАВА В КАЧЕСТВЕ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ  
ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД**

**APPLICATIONS OF VERMICULITE-LIZARDITE PRODUCTS AS  
REAGENTS IN THE TREATMENT  
OF CONTAMINATED WATER**

Мосендз И. А., Кременецкая И. П., Лащук В. В., Дрогобужская С. В.

Mosendz I. A., Kremenetskaya I. P., Lashchuk V. V., Drogobuzhskaya S. V.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: mosendz@chemy.kolasc.net.ru*

A treatment process to remove heavy metal ions from contaminated water using sorbents obtained by concentrating vermiculite-lizardite waste was examined. It was demonstrated that vermiculite-lizardite waste-based reagents are effective in the treatment of surface water with various contamination levels.

Рассмотрен процесс очистки техногенно загрязненной воды от ионов тяжелых металлов с использованием сорбентов, полученных путем обогащения вермикулит-сунгулитовых отходов. Установлено, что применение сорбентов на основе вермикулит-сунгулитовых отходов эффективно для очистки поверхностных вод с разной степенью загрязнения.

Выполнены эксперименты по очистке воды из природных водных объектов с разной степенью загрязнения. Для изучения свойств реагентов при очистке водных источников были выбраны озера Травяное, «Ботаническое», «Путейское» и «Бирюзовое», расположенные вблизи АО «Кольская ГМК». В качестве реагентов для очистки воды использовали термоактивированный сунгулит Ковдорского месторождения, вспученный вермикулит, термоактивированный зернистый сунгулитовый продукт и шламовый продукт. Продолжительность экспериментов составила 60 суток. По окончании эксперимента суспензию перемешивали на магнитной мешалке, определяли её pH, а затем фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0.45 мкм, полученные фильтраты анализировали.

Показатель pH проб воды из оз. Травяное имел значения близкие к нейтральным и находился в диапазоне от 7.0 до 7.4. Для остальных озер показатели pH находились в кислом диапазоне — 4.2–4.9. Наибольшие концентрации меди и никеля наблюдались в оз. «Бирюзовое» и достигали значений до 9.3 и 11.6 мг/л соответственно, более низкие концентрации — в оз. Травяное и «Путейское». Самые низкие концентрации меди и никеля присутствовали в оз. Травяное и составляли 0.068 и 0.17 мг/л соответственно. Во всех исследуемых озерах обнаружено низкое содержание таких элементов как магний и кальций, однако стоит отметить, что в оз. Травяное наблюдается скачок содержания данных элементов до значений достигающих 41.7 мг/л для кальция и 19 мг/л для магния. Массовые концентрации марганца и железа в озерах «Ботаническое», «Путейское» и «Бирюзовое» находились примерно на одном

уровне и не превышали 0.15 мг/л для марганца и 0.5 мг/л для железа. Пробы воды из оз. Травяное отличалось низким содержанием марганца — до 0.07 мг/л.

При взаимодействии проб загрязненной воды с исследуемыми реагентами рН повышается до щелочных значений, причем наибольший сдвиг рН, по сравнению с остальными продуктами, вызывает термоактивированный сунгулит Ковдорского месторождения. Степень очистки растворов по основным компонентам — меди и никелю — составила величину более 90 %, т.е. процесс очистки является достаточно эффективным.

По результатам работы можно сделать вывод о том, что управляющим фактором процесса очистки загрязненной воды от приоритетных экотоксикантов — никеля и меди — является величина актуальной кислотности (рН), которая достигается в процессе взаимодействия воды с реагентом. Следовательно, эффективность реагентов целесообразно оценивать по их способности снижать кислотность растворов.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНАХ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

#### **USE OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL RAW MATERIALS OF THE MURMANSK REGION IN CELLULAR CONCRETES AND QUALITY CONTROL OF MATERIALS, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS**

Пак А. А., Сухорукова Р. Н.

Pak A. A., Sukhorukova R. N.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И. В. Тананаева — обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область;  
e-mail: pak@chemy.kolasc.net.ru, suhorukova@chemy.kolasc.net.ru*

The conducted study demonstrated that the ash and slag waste of the Apatity CHP and the quartz waste of the Olkon Mining Plant causing major detrimental effects on the environment and human health can be used in the production of cellular concrete meeting the requirements of applicable standards and allowing to substitute natural quartz sands. To ensure the reliability and durability of construction projects, systematic quality control is required of the source materials, fabricated structures, and surveys of the buildings and structures in operation. The Kola Test Center for Building Materials, was founded 20 years ago and conducts certification and final tests of building materials for compliance with applicable standards and offers inspection of concrete and reinforced concrete structures by non-destructive testing methods.

Мурманская область располагает колоссальными запасами природного минерального сырья, на основе которых предприятия Кольского горнопромышленного комплекса выпускают различные продукты, необходимые народному хозяйству: апатитовые, нефелиновые, железорудные и редкоземельные концентраты, цветные металлы, нерудные материалы [Калинников. 1997]. В процессе переработки и обогащения природного сырья образуются огромное количество побочных продуктов и промышленных отходов,

наносящих большой экологический ущерб. В связи с введением в действие СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и ужесточением требований по снижению тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений повысилась значимость изделий из ячеистого бетона — экологически чистого продукта, обладающего наиболее высоким коэффициентом конструктивного качества, самой малой плотностью и теплопроводностью из всех известных видов бетонов на минеральном вяжущем [Бондаренко и др., 2001; Ухова, 2005]. В двух золоотвалах Апатитской ТЭЦ (АТЭЦ), занимающих площадь более 65 гектаров, накопилось более 9 млн т золошлаковой смеси (ЗШС), никак и нигде не используемых, загрязняющих окружающую среду и наносящих вред здоровью людей, так как оба золоотвала находятся в черте г. Апатиты. ЗШС АТЭЦ, благодаря длительному хранению (около 60 лет), постоянству используемого топлива, технологии углеподготовки и сжигания, отличается стабильностью химического, минерального и гранулометрического составов. В хвостохранилище ОАО «ОЛКОН» заложено более 2 млрд т кварцевых отходов, представляющих собой очень мелкий кварцсодержащий песок с модулем крупности 1.1–1.4. Основным потребителем этих отходов был Оленегорский завод силикатного кирпича, который в течение 40 лет использовал около 5 % текущего выхода этих отходов в производстве кирпича. Однако в годы перестройки завод пришел в упадок и в настоящее время не действует. Выполненными экспериментами установлено, что ЗШС Апатитской ТЭЦ и кварцевые отходы ОАО «ОЛКОН» могут быть использованы в качестве кремнеземистого компонента взамен природного кварцевого песка для получения ячеистых бетонов и изготовления эффективных ограждающих и теплоизоляционных конструкций, полностью удовлетворяющих требованиям действующих стандартов [Пак и др., 2000].

Освоение Арктической зоны Российской Федерации, куда входит и Мурманская область, неразрывно связано с крупномасштабными строительными работами и использованием местного природного и техногенного сырья, так как завозить сырьевые материалы и готовую продукцию экономически и технически невыгодно. Принимая во внимание суровые климатические условия северных регионов, обеспечение надежности и долговечности строящихся объектов, особую значимость приобретают систематический контроль качества и технико-эксплуатационных характеристик используемых сырьевых материалов, производимых конструкций, состояния строительных объектов. Оценку качества строительных материалов и конструкций, зданий и сооружений должны производить специализированные испытательные лаборатории и центры, имеющие все необходимые условия, оборудование и квалифицированные кадры, аккредитованные и аттестованные на право выполнения таких работ. Одним из таковых является КИЦСМИ, созданный в 1997 г. В октябре 2018 г. он был в очередной раз переаттестован и имеет заключение государственного регионального центра стандартизации, метрологии и испытаний в Мурманской области Росстандарта сроком действия до 2021 г. За 20 лет существования КИЦСМИ выполнены сотни сертификационных и определительных испытаний строительных материалов и изделий на соответствие действующим стандартам. Наибольшее количество лабораторных испытаний связано с определением класса бетона и марки строительного кирпича по прочности на сжатие, морозостойкости, теплопроводности, а также со стандартными испытаниями щебня, песка, песчано-гравийной смеси, отходов обогащения руд как строительных материалов.

В последние годы увеличилось количество запросов по определению фактического состояния конструкций построенных, реконструируемых и аварийных зданий и сооружений. При этом большинство работ связано с определением прочности бетона различными методами неразрушающего контроля: склерометром методом упругого отскока и устройством для определения прочности бетона методом отрыва со скалыванием. Последний отличается наибольшей достоверностью и сопоставим с основным методом определения прочности бетона по раздавливанию стандартных образцов. В 2012 г. в Апатитах после обрушения железобетонного козырька (ул. Дзержинского, д. 1), приведшего к гибели одного ребенка, администрация города обязала все управляющие компании жилищно-коммунального хозяйства обследовать состояние козырьков над входами всех домов города. По заявкам управляющих компаний КИЦСМИ провел обследование состояния козырьков над входами всех домов города и балконных плит жилых домов. Как показали исследования, многие козырьки и балконные плиты находились в аварийном и разрушенном состояниях и были непригодны для эксплуатации. По результатам исследований и выданных заключений многие козырьки и плиты были приведены в порядок: демонтированы или заменены на новые железобетонные или металлические, а также поставлены опоры под козырьки над входами в подъезды. В 2014 г. были выполнены натурные испытания прочностных свойств бетона водосброса Нижне-Тулумской ГЭС Мурманской области и фундаментов опор кресельно-гондольного подъёмника горнолыжного комплекса «Большой Вудъявр» (г. Кировск). Испытания подтвердили удовлетворительное состояние данных сооружений. Большой объем работ был выполнен в 2012-2018 гг. по обследованию опор линий электропередач городских сетей (более 600 шт.). По муниципальному контракту с администрацией г. Заполярный Печенгского района Мурманской области в 2015 г. были обследованы стеновые блоки многоквартирного жилого дома (ул. Космонавтов, д. 18). В наружных стенах этого дома возникли трещины раскрытием до 1–2 мм. Также в 2015 г. по договору с Северо-западным центром «СевРАО» — филиала ФГУП «РосРАО» было проведено обследование физического состояния бетона стальных плит и плит передвижения пункта долговременного хранения радиоактивных отходов в отделении Сайда-Губа. Обследование производили путем осмотра поверхности плит, оценки вида и степени разрушения бетона, отбора и анализа проб с дефектных мест. В 2018 г. были обследованы аэродромные плиты взлетных полос аэропорта «Хибины» (г. Апатиты). Прочность бетона железобетонных плит, определенная методом отрыва со скалыванием, в основном соответствовала проекту, но на некоторых плитах отмечено нарушение поверхностного слоя бетона в виде шелушения и сколов, что недопустимо по ГОСТ 25912-2015 «Плиты железобетонные предварительно напряженные для аэродромных покрытий. Технические условия» (п. 5.9.2). Нарушение поверхностного слоя на некоторых плитах достигало 80 %. Мониторинг состояния плит продолжается.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Калинников В. Т.* Комплексное освоение месторождений Кольского полуострова // Журнал прикладной химии. 1997. Т. 70. Вып. 5. С. 705–712.
- Бондаренко В. М., Ляхович Л. С., Хлевчук В. Р., Матросов Ю. А., Бутовский И. Н., Мозутов В. А., Беляев В. С., Лаковский Д. М., Волинский Б. Н., Шпетер А. К.,*

Семенюк П. Н. О нормативных требованиях к тепловой защите зданий / // Строительные материалы. 2001. №12. С.2–8.

Ухова Т. А. Перспективы развития производства и применения ячеистых бетонов // Строительные материалы. 2005. №1. С.18–20.

Пак А. А., Крашенинников О. Н., Сухорукова Р. Н. Газобетон на основе техногенного сырья Кольского горно-промышленного комплекса. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН. 2000. 84 с.

## **БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АЛМАЗА (В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ АНАБАР, РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ))**

### **BIOLOGICAL RECLAMATION OF PLACER DIAMOND DEPOSITS IN THE MIDDLE REACHES OF THE ANABAR RIVER, THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

Сивцева Н. Е.<sup>1</sup>, Легостаева Я. Б.<sup>2</sup>

Sivtceva N. E.<sup>1</sup>, Legostaeva J. B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Арктический научно-исследовательский центр Академии наук Республики Саха (Якутия); e-mail: sivnatalia81@mail.ru

<sup>2</sup>Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН

This paper presents the results of a study conducted to improve the efficiency of the biological reclamation stage of placer diamond deposits in the Anabar forest tundra. Taking into account the natural and climatic conditions and soil properties, the main goal of biological reclamation of overburden dumps is to restore soil fertility and sustainable vegetation. To do this, methods based on the use of perennial grasses with high shading properties and the application of mineral fertilizers were developed. Early studies of the successional processes found that in the disturbed areas of the Anabar tundra and forest tundra, natural regrowth is extremely slow. As a result of the application of the formulated research-based recommendations on biological remediation of disturbed industrial sites in the Far North, it was demonstrated that the establishment process of stable biocenoses can be accelerated.

В статье приведены результаты научных исследований, проводимых для повышения эффективности биологического этапа рекультивации месторождений россыпных алмазов, в условиях Анабарской лесотундры. Учитывая природно-климатические условия и физические характеристики грунтов основной целью биологического этапа рекультивации на отвалах вскрышных пород, является восстановление плодородия почвы и растительного покрова. Для этого применяется комплекс мер, с использованием многолетних трав с высокой задерживающей способностью и внесением минеральных удобрений. Ранними исследованиями сукцессионных процессов установлено, что на нарушенных землях Анабарской тундры и лесотундры естественное зарастание идет крайне медленно. В результате применения разработанных научно-обоснованных рекомендаций по проведению мероприятий биологического этапа рекультивации техногенно нарушенных земель в условиях крайнего Севера, установлено, что процесс формирования достаточно устойчивых биocenозов происходит быстрее.



Разработка россыпных месторождений алмазов открытым способом приводит к образованию больших площадей нарушенных земель. В крайне суровых климатических условиях Арктики, естественное зарастание нарушенных земель происходит крайне медленно. Одним из способов восстановления техногенно нарушенных земель и сохранения уникальной природы Анабарской тундры является биологическая рекультивация с посевом многолетних злаковых трав в сочетании с внесением минеральных удобрений.

Наряду с комплексной экологической оценкой состояния окружающей среды и мониторинга промышленных участков прииска «Маят» (среднее течение р. Анабар), в 2006 г. были начаты опытные работы по биологической рекультивации отвалов вскрыши и пустых пород. В устье р. Кула были заложены опытные участки, на которых в течение десяти лет проводились исследования, ставшие основой для разработки научно-обоснованных рекомендаций по проведению мероприятий биологического этапа рекультивации. Опытные участки были разделены на двадцать пять делян (всего 50 делян) площадью по 6 м<sup>2</sup>, с внесением в них разных сортов семян и норм органических и минеральных удобрений. Уже по результатам первого и второго года исследований были даны рекомендации агротехнических приемов, которые успешно применяются на практике.

В районе исследования, преобладающими типами почв являются криоземы, а так же мерзлотные тундровые и мерзлотные органические переувлажненные почвы. Это гидроморфные почвы с маломощным почвенным профилем, тяжелым гранулометрическим составом, слабокислой или нейтральной реакцией среды и высоким содержанием грубоперегнойной органики. Грунты на отвалах пустых пород, сформированные на отработанных промышленных полигонах, имеют тяжелосуглинистый и суглинистый гранулометрический состав, мелкозем — плотный, имеются включения щебня до 10 %. Местами наблюдаются линзы крупнозернистого речного песка, остатки древесины и торфа. Для уменьшения основных лимитирующих факторов на отвалах — плотных солевых и глиняных корочек, а так же сформированных моховых подушек не позволяющих задержаться посевному материалу, был использован мотоблок. По физико-химическим свойствам характеризуются щелочной и нейтральной реакцией среды (рН=7.8-9.0), низким содержанием гумуса (1-2 %), неравномерным развитием процессов сульфатного и хлоридно-сульфатного засоления. Содержание общего азота — 0.3 %, калия — 14–23 мг/кг и подвижного фосфора — 3–5 мг/кг. Для уменьшения воздействия основных лимитирующих факторов на отвалах — плотных солевых и глиняных с высоким содержанием окисного железа корочек, а также формирования моховых подушек, не позволяющих закрепиться посевному материалу, был использован мотоблок с глубиной распашки 5–7 см. Недостаточное количество основных элементов питания в грунтах обусловило внесение минеральных удобрений, наиболее часто применялись — аммиачная селитра, двойной суперфосфат, калийная соль. Органическое удобрение «Гумат» применялся только в начале исследований.

В варианте опыта, с внесением гуматов и минеральных удобрений, наблюдалось значительное увеличение содержания гумуса (до 5 %), слабое подкисление среды (рН=7.2) и увеличение содержания азота и фосфора в период 2006-2011 гг. Что тесно связано с привнесением удобрений. В последующие годы (2012-2016 гг.) наблюдался спад содержания всех вышеперечисленных элементов, за исключением реакции почвенной среды, который оставался на

примерно тех же уровнях. Пределы содержаний варьируют в оптимальных для этой зоны соотношениях с ярко выраженной зависимостью от норм внесения минеральных удобрений.

В качестве посевного материала использовалась смесь семян местных многолетних растений, адаптированных к условиям крайнего Севера. По биомассе растительного покрова, наблюдается стойкая тенденция набора растительной массы в период внесения удобрений. Далее идет процесс стабилизации роста, и растительная масса в последующие годы держится практически на одном уровне. По состоянию на 2018 г., биологический этап рекультивации прииска «Маят» охватывает порядка 190 га площади отвалов с низким и средним рекультивационным потенциалом.

Наблюдения 2018 г. показали, что на отвалах, прошедших биологический этап рекультивации в ранние годы, активно идут процессы восстановления. На рекультивированных и зарастающих разнотравьем участках идет активное закрепление и зарастание местными видами трав. В верхней части отвалов в основном, произрастает крестовник скученный (пепельник болотный). Ниже, на понижениях рельефа преобладает хвощ полевой, к нему примешиваются пепельник болотный, а также вейники, овсяница красная, пырейник, мятлик арктический, кипрей болотный, звездчатки и др. На участках, где проросли семена злаков, хвощ теряет доминирующую роль. Встречаются разные виды осок, пушицы - влагилищная и Шейхцера, ожика и др.

Проведение биологического этапа рекультивации весьма положительно сказывается на состоянии отработанных отвалов. По мере роста и развития многолетних злаковых трав идет активное задержание поверхностного слоя нарушенных земель, прекращается развитие эрозионных процессов. Особо прочное оструктуривание почвы происходит в результате посева злаковых травосмесей. Они способствуют созданию оптимального водно-воздушного режима в почве и преобладанию макроагрегатов размерами от 1 до 3 мм. Многолетние травосмеси оставляют больше органических остатков, чем одновидовые посевы трав, что повышает плодородие почвы.

Необработанные, нерекультивированные участки на 2-3-й год полностью зарастают крестовником скученным, выступающего в роли агрессора. Степень зарастания которого разная, но отмирая, он оставляет засохшие побеги, а под этими побегами поверхность отвалов покрыта плотным ковром летучек крестовника. Старика и семена крестовника скученного мешают прорасти семенам других видов, и очень сильно затягивают процесс восстановления растительного покрова на отвалах.

Таким образом, проведение биологического этапа рекультивации положительно сказывается на состоянии отработанных отвалов – процесс восстановления растительного покрова идет быстрее.

## ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И ПЕНОМАТЕРИАЛОВ

### INDUSTRIAL WASTE IN MURMANSK REGION AS A POTENTIAL SOURCE MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF INSULATING CERAMIC AND FOAM MATERIALS

Суворова О. В.<sup>1</sup>, Манакова Н. К.<sup>1</sup>, Макаров Д. В.<sup>2</sup>

Suvorova O. V.<sup>1</sup>, Manakova N. K.<sup>1</sup>, Makarov D. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: suvorova@chemy.kolasc.net.ru, manakova@chemy.kolasc.net.ru*

<sup>2</sup>*Институт проблем промышленной экологии Севера — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: makarov@inep.ksc.ru*

The possibility of recycling silica-containing wastes and by-products of ore processing on the Kola Peninsula was examined. Compositions and methods were formulated for the production of granular and block foam glass and ceramic materials for thermal insulation. The resulting materials can be recommended as thermal insulation and structural thermal insulation materials in the construction and reconstruction of industrial and non-industrial projects.

Обширные объемы горных пород и хвостов обогащения, помещенные в отвалы, создают серьезные экологические и экономические трудности в горнопромышленных районах и на прилегающих к ним территориях. В наибольшей степени неблагоприятные последствия складирования техногенных отходов ощущаются в регионах с экстремальными климатическими условиями. Разработка технологий переработки отходов в эффективные строительные материалы позволит облегчить нагрузку на окружающую среду, а также снизить себестоимость готовых строительных изделий.

В современном промышленном и гражданском строительстве все большую значимость приобретают материалы, обладающие теплоизолирующими свойствами и способные эффективно выполнять свои функции по сбережению энергетических ресурсов. Всей совокупности предъявляемых требований по эксплуатационным показателям удовлетворяют вспененные стекловидные материалы (пеностекло, пеносиликаты) [Кутугин и др., 2016; Мелконян и др., 2018].

Ранее в ИХТРЭМС КНЦ РАН на основе отходов обогащения апатито-нефелиновых руд и стеклоотходов по одностадийной технологии был разработан теплоизоляционный пеностеклокристаллический материал. Технические характеристики пеноматериала: объемная плотность 200–410 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность 0.08–0.13 Вт/м·К, прочность при сжатии 1.3–1.9 МПа, водопоглощение 1.75–2.95 %. Низкое водопоглощение обеспечивает стабильность коэффициента теплопроводности, а также высокую морозостойкость.

Изучена возможность утилизации кремнеземсодержащих отходов и побочных продуктов переработки апатито-нефелиновых и эвдиалитовых руд Мурманской области с получением эффективных гранулированных и блочных пеноматериалов.

Основываясь на предложенных технологических подходах в рамках научных изысканий по пеностеклу, на основе продукта кислотной переработки нефелина получен пористый зернистый материал, удовлетворяющий нормативным требованиям на материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Коэффициент теплопроводности полученного материала 0.075–0.08 Вт/м·К, объемная плотность 0.15–0.24 г/см<sup>3</sup>, прочность при сдавливании в цилиндре 0.8–1.3 МПа [Manakova, Suvorova, 2012].

Установлена целесообразность использования продукта кислотной переработки эвдиалитовых руд

для производства теплоизоляционных блочных пеностекольных материалов по низкотемпературной технологии. Установлены условия улучшения свойств пеноматериалов: выбор эффективных модифицирующих добавок, оптимальных составов и технологических параметров их получения. Техническая характеристика пеносиликатов, полученных при оптимальных условиях: плотность 0.36–0.45 г/см<sup>3</sup>, прочность 2.8–5.2 МПа, теплопроводность 0.09–0.107 Вт/м·К.

Несмотря на разработку широкой номенклатуры новых стеновых материалов, керамический кирпич по праву занимает ведущее место в жилищном строительстве, поскольку обладает ценными качествами, от высокой прочности и морозостойкости до экологичности и архитектурной выразительности. Максимально используя потенциал имеющегося местного техногенного сырья (отходы обогащения различных руд), изучена возможность переработки его в строительные керамические материалы с повышенными физико-механическими показателями, низкой теплопроводностью, высокой морозостойкостью и улучшенными декоративными характеристиками [Suvorova et al., 2017].

*Работа выполнена в рамках темы НИР № 0226-2019-0068 и частично поддержана грантом РФФИ (17-43-510364).*

## ЛИТЕРАТУРА

Кутугин В. А., Лотов В. А., Ревенко В. В. Пеностекло на основе природного и техногенного аморфного кремнезема // Техника и технология силикатов. 2016. № 3. С. 24–28.

Мелконян Р. Г., Суворова О. В., Макаров Д. В., Манакова Н. К. Использование горных пород и промышленных отходов для производства стеклообразных пеноматериалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 1. С. 350–368.

Manakova N. K., Suvorova O. V. Thermal insulation material on the basis of silica-containing wastes formed in crude ore recovery in Kola Peninsula // Russian Journal of Applied Chemistry. 2012. Vol. 85. №.11. P. 1654–1657.

Suvorova O., Kumarova V., Nekipelov D., Selivanova E., Makarov D., Masloboev V. Construction ceramics from ore dressing waste in Murmansk region, Russia // Construction and Building Materials. 2017. Vol.153. P. 783–789.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВЕРХОВОГО ТОРФА

### OPTIMIZING THE EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM BOG PEAT

Татаринцева В. Г.<sup>1</sup>, Zubov И. Н.,<sup>1</sup> Селянина С. В.<sup>1</sup>,  
Кутакова Н. А.<sup>2</sup>, Серебренникова О. В.<sup>3</sup>

Tatarintseva V. G.<sup>1</sup>, Zubov I. N.<sup>1</sup>, Selyanina S. V.<sup>1</sup>,  
Kutakova N. A.<sup>2</sup>, Serebrennikova O. V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: leratatarintseva@gmail.com

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Архангельская область

<sup>3</sup>Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, Томск, Томская область

Peat is a renewable natural resource containing a wide range of biologically active substances. Extraction using solvents is one of the main methods of peat processing. Choice of extraction method has a significant effect on the recovery and component composition of extracts. Intensification of extraction aimed at increasing yields and reducing costs is an important and relevant problem. Therefore, ultrasound and microwave-assisted extraction methods are widely used. The research goal was to compare extracts produced using the conventional infusion methods and those produced using ultrasound and microwave-assisted extraction methods for the intensification of the process. Yields of extractives, group and component composition of the extracts were established. It was found that ultrasound and microwave impacts accelerate the process. In addition, a redistribution of components in the group composition of extracts takes place.

Торф — возобновляемое природное сырье, содержащее широкий спектр биологически активных соединений [Селянина и др., 2016]. Учитывая это и тот факт, что торф широко распространен на территории России, актуальна его промышленная переработка с выделением ценных биологически активных веществ. Один из основных способов переработки природного сырья с получением широкого спектра ценных биологически активных веществ, таких, как воски, витамины, углеводы и т.д., — экстракция растворителями различной природы. Это сложный многостадийный процесс, связанный с процессами растворения, диффузии, массопереноса. Поэтому выбор растворителя и метода экстракции существенно влияет на компонентный состав экстракта и степень извлечения отдельных соединений. В технологии биологически активных веществ наиболее широко применяется этиловый спирт ввиду его нетоксичности, возможности регенерации и высокой извлекающей способности в отношении как водо-, так и жирорастворимых веществ [Нарчуганов и др., 2010]. Наиболее простым в исполнении и распространенным методом экстракции является настаивание. Несмотря на это, он имеет существенный недостаток — длительное экстрагирование (может достигать нескольких суток) не всегда обеспечивающее достаточно полное извлечение экстрактивных веществ. В настоящее время

актуальной задачей является интенсификация процесса экстракции с целью получения наибольшего выхода активных компонентов с наименьшими затратами. Поэтому все более широкое применение находят методы экстракции с применением УЗ- и СВЧ-полей [Жматова и др., 2005].

Таким образом, цель представляемого исследования заключается в сравнении эффективности УЗ- и СВЧ-экстракции с традиционным методом экстрагирования — настаиванием. Объект исследования – интегральный образец верхового торфа со степенью разложения 20–25 %. Экстракция методом настаивания проводилась в течение суток при температуре 30 °С с перемешиванием на лабораторном шейкере. При УЗ-экстракции колбы с сырьем и растворителем помещались в УЗ-установку, заполненной водой. Экстракция проводилась в течение 2 часов при периодическом воздействии ультразвука (4 раза по 15 минут с перерывами в 15 минут). Для экстракции в СВЧ-поле использовалась СВЧ-установка мощностью 110 Вт, оборудованная перемешивающим устройством и обратным холодильником. Продолжительность экстракции составляла 10 минут. В полученных экстрактах определены выход экстрактивных веществ, групповой и компонентный состав. Выход экстрактивных веществ составил 5.3–5.8 % в пересчете на абсолютно сухую массу торфа. Установлено, что при равноценном выходе экстрактивных веществ УЗ-обработка снижает продолжительность экстракции в 12 раз, а СВЧ-обработка — на 2 порядка. Наряду с интенсификацией процесса происходит перераспределение в групповом составе получаемых экстрактов, что наиболее заметно проявляется в снижении массовой доли пентациклических тритерпеноидов и повышении содержания n-алканов.

*Исследование выполнено при поддержке проекта РФФИ 18-05-70087 «Разработка инновационных основ использования торфяных ресурсов Арктической зоны РФ».*

#### ЛИТЕРАТУРА

Селянина С. Б., Труфанова М. В., Забелина С. А., Богданов М. В., Боголицын К. Г., Соколова Т. В., Стригуцкий В. П., Пономарева Т. И., Ярыгина О. Н., Орлов А. С. Биологически активные экстракты верхового торфа Европейского Севера России // Вестник РФФИ. 2016. № 1. С. 33–39.

Нарчуганов А. Н., Ефремов А. А., Оффан К. Б. Экстрактивные вещества лапки хвойных эвенкии, извлекаемые при спиртовой обработке с использованием ультразвука // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 105–108.

Жматова Г. В., Нефедов А. Н., Гордеев А. С., Килимник А. Б. Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья // Вестник ТГТУ. 2005. Т. 11. № 3. С. 701–707.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИТАНОСИЛИКАТНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ В СОСТАВЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

### USING INDUSTRIAL TITANOSILICATE PRODUCTS IN CEMENT BLENDS

Тюкавкина В. В., Цырятьева А. В.  
Tyukavkina V. V., Tsyryatyeva A. V.

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: tukav\_vv@chemy.kolasc.net.ru*

The effect of synthetic titanosilicate products, which are a waste product of sorbent production, on the properties of cement blends was studied. It was found that these additives act as modifiers in cement blends, accelerating the process of cement hydration, strengthening the set cement, and giving it photocatalytic properties. To evenly distribute the titanosilicate additive throughout the material and maintain the desired workability, ultrasonic dispersion is advisable in the presence of a surface-active substance or adding a superplasticizer simultaneously with the additive. The optimal quantity of the additive in the blend giving maximum set cement strength is 1% wt.

В современном мире всё более актуальной становится проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах, вместе с тем, основная часть загрязнителей может быть нейтрализована при помощи фотокаталитических реакций окисления и разложения. Создание строительных материалов, в частности, фотокаталитических бетонов, может обеспечить не только снижение концентрации загрязняющих веществ в воздухе, но и также способствовать самоочищению поверхностей. Такие материалы уже используются при строительстве в США, Японии, Франции, Италии, Бельгии. Одним из наиболее популярных фотокаталитических материалов используемых в составе строительных материалов является анатаз — полиморфная разновидность диоксида титана. Основным недостатком  $TiO_2$  является его активность под действием только ближнего ультрафиолетового света. Существуют различные методы повышения фотоактивности диоксида титана. В частности, допирование  $TiO_2$  примесями металлов и неметаллов приводит к появлению спектра поглощения и фотокаталитической активности в видимом диапазоне спектра [Глазкова и др., 2013]. Поиск недорогих фотокаталитических добавок, способствующих получению цементных композиций с улучшенными строительно-техническими свойствами и самоочищающейся поверхностью, является актуальным не только с практической, но и научной точки зрения.

В данной работе изучено влияние синтетических техногенных продуктов производства титаносиликатного сорбента на основные технические свойства и фотокаталитическую активность цементного камня.

Титаносиликатные продукты, взятые для проведения исследований, являются отходами технологической схемы получения щелочного титаносиликатного сорбента со структурой подобной минералу иванюкит [Герасимова и др., 2015; Gerasimova и др., 2013]. Они отличаются по фазовому составу, удельной поверхности, объему и диаметру пор, содержанию  $TiO_2$  в титаносиликатных

порошках изменялось от 26 до 40 мас.%, SiO<sub>2</sub> — от 21 до 38 мас.%, при этом с увеличением концентрации TiO<sub>2</sub> и уменьшения SiO<sub>2</sub> удельная поверхность порошков повышается с 14 до 50 м<sup>2</sup>/г.

Проведенные исследования показали, что титаносиликатные порошки играют в составе цементной композиции роль модификатора, ускоряющего процесс гидратации и твердения цемента, повышают прочность цементного камня, при этом эффективность действия таких добавок зависит от их удельной поверхности, фазового состава и способа введения. Влияние титаносиликатной добавки на свойства цементного камня с увеличением удельной поверхности усиливается, титаносиликатный продукт с удельной поверхностью 50 м<sup>2</sup>/г отличается высокой химической активностью. Для получения быстротвердеющих композиций целесообразно использовать титаносиликатную добавку с более развитой удельной поверхностью, а также совместно с суперпластификатором при одновременном снижении водоцементного отношения. Максимальная прочность цементного камня достигается при содержании добавки в композиции 1 мас. % независимо от состава и удельной поверхности титаносиликатного продукта.

Цементный камень, модифицированный добавкой синтетического титаносиликатного продукта, приобретает способность к самоочищению за счет её фотохимической активности. Фотокаталитический эффект, выраженный в обесцвечивании первоначальной окраски, зависит от вида, дисперсности добавки и плотности цементного камня.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Глазкова Н. И., Никитин К. В., Катаева Г. В., Рудакова А. В., Рябчук В. К.* Сенсibilизация диоксида титана к видимому свету. Допирование и со- допирование металлами и неметаллами. // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10-9. С. 1955–1958.

*Герасимова Л. Г., Николаев А. И., Щукина Е. С. и др.* Пат. 2568699 РФ, МПК В01J 20/02, С01В 33/20 (2006.01). Способ получения натрийсодержащего титаносиликата / Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья Кольского НЦ РАН. № 2014126038/05; заявл. 26.06.2014; опублик. 20.11.2015. Бюл. № 32.

*Gerasimova L. G., Maslova M. V., Nikolaev A. I.* Synthesis of the new nano-porous titanosilicates using ammonium oxysulphotitanite. // *J. Glass Physics and Chemistry*. 2013. Vol. 39. N. 5. P. 846–855.



**ПРИМЕНЕНИЕ АЦИДОФИЛЬНЫХ ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ  
МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ БЕДНЫХ  
СУЛЬФИДНЫХ РУД И ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ  
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**APPLICATIONS OF ACIDOPHILIC CHEMOLITOTROPHIC  
MICROORGANISMS IN THE LEACHING OF LOW-GRADE SULFIDE  
ORES AND CONCENTRATION WASTE IN  
MURMANSK REGION**

Янишевская Е. С., Фокина Н. В., Горячев А. А., Светлов А. В.  
Yanishevskaya E. S., Fokina N. V., Goryachev A. A., Svetlov A. V.

*Институт проблем промышленной экологии Севера — обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр  
Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: drygina\_es@mail.ru*

Acidophilic chemolitotrophic microorganisms were isolated from the tailings dumps at the Allarechensk deposit. As shown by heap leaching experiments, bacterial leaching allows to achieve a high content of nickel and copper in the filtrates. The use of a recycled solution contributed to a high rate of nickel recovery. To intensify the leaching process, electropulse ore crushing was applied. Two deposits were chosen as study sites – the Nud Terrace and the Allarechensk anthropogenic deposit. Advantages of bioleaching in terms of copper recovery in the leaching of the low-grade ore from the Nud Terrace deposit were observed. The nickel grade of the filtrates for bacterial leaching was 275 mg/l, for sulfuric acid leaching 310 mg/l. The average copper grade of the filtrates was 19 and 15 mg/l, respectively. Only 2 % of the nickel was recovered from the Allarechensk ore using bacteria.

Извлечение металлов из некондиционного сырья Мурманской области, в частности из отходов обогащения, представляется необходимым процессом, позволяющим снизить опасность естественной миграции тяжелых металлов в окружающую среду.

Для проведения исследований биовыщелачивания сульфидных руд были выделены микроорганизмы, способные осуществлять процессы окисления сульфидных минералов. Выделение микроорганизмов осуществляли с использованием широкого набора питательных сред для культивирования железо- и сероокисляющих ацидофильных микроорганизмов.

Были поставлены опыты по моделированию кучного выщелачивания руды Аллареченского техногенного месторождения (ТМ), прошедшей магнитную сепарацию, а также бедной руды месторождения Нюд Терраса без предварительной обработки и предварительно обработанной методом электроимпульсного дробления. Особое внимание в исследовании уделялось руде месторождения Нюд Терраса, вследствие необходимости поиска оптимальных параметров технологического процесса для наиболее эффективного вскрытия рудных минералов, содержащих незначительное с экономической точки зрения количество целевых металлов. Поэтому руду месторождения Терраса предварительно подвергали электроимпульсному дроблению, которое обеспечивает лучшее вскрытие сульфидных зерен, способствуя тем самым улучшению их контакта с выщелачивающим раствором.

Руду Аллареченского ТМ измельчали до крупности -5+2 мм и помещали в стеклянные перколяторы. Содержание никеля в исходной руде составляло 5.8 %, меди — 2.9 %. Масса загрузки перколятора — 2 кг. Выщелачивание вели в трех колонках при температуре ~19 °С. В отдельном перколяторе проводилось накопление бактериальной биомассы. В одной из колонок проводили кучное выщелачивание бактериальным раствором, в другой – 2 % раствором серной кислоты. Длительность эксперимента составила 51 сутки.

Руду месторождения Нюд Терраса измельчали до крупности -3+1 мм. В лабораторные колонки помещалась руда, содержащая 0.42 % Ni и 0.15 % Cu, масса загрузки составила 220 г. В первой колонке проводили кучное выщелачивание бактериальным раствором, во второй — 2 % раствором серной кислоты. Длительность эксперимента составила 76 суток.

Руду, предварительно прошедшую электроимпульсное дробление, так же обрабатывали бактериальным раствором и раствором серной кислоты. Длительность эксперимента составила 134 дня. Кроме того, отличие от вышеописанных опытов заключалось в применении оборотного раствора, что позволило снизить расход реагента.

Перед началом всех вышеописанных экспериментов было проведено влагонасыщение руды. У отобранных проб растворов вели замеры pH, Eh, содержание  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , определяли количество целевых металлов – меди и никеля.

Экспериментальные исследования по выщелачиванию руды Аллареченского месторождения показали высокую эффективность бактериального выщелачивания по отношению к выщелачиванию 2 % раствором серной кислоты. Так, за 51 сутки в варианте с использованием бактерий перешло в раствор 2.0 % никеля и 0.2 % меди, в то время как в варианте с серной кислотой — 0.6 и 0.04 %, соответственно. Данные, полученные при выщелачивании бедной руды месторождения Нюд Терраса, показали, что извлечение меди происходит интенсивнее в варианте с бактериальным выщелачиванием. Всего в раствор перешло 24.4 % Ni и 4.8 % Cu в варианте с бактериальным выщелачиванием, в варианте с 2% раствором серной кислоты – 25.8 % Ni и 3.5 % Cu.

Эксперименты по кучному выщелачиванию с предварительной подготовкой руды методом электроимпульсного дробления показали следующие результаты: в варианте с оборотом раствора серной кислоты концентрации металлов в растворах характеризовались высокими и стабильными показателями, тогда как в варианте с оборотом бактериального раствора во второй половине эксперимента отмечается ухудшение фильтрации раствора и снижение концентрации металлов. Максимальный результат получен с серной кислотой, всего в раствор перешло 15.6 % Ni, 1.8 % Cu за 134 дня. С помощью бактериального выщелачивания удалось извлечь 11.4 % Ni, 0.6 % Cu.

## AN ASSESSMENT OF AMDES INTENSITY IN THE RUSSIAN ARCTIC

Pankratov F.<sup>1</sup>, Mahura A.<sup>2</sup>, Petäjä T.<sup>2</sup>, Popov V.<sup>3</sup>, Masloboev V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Northern Environmental Problems, Kola Science Center,  
Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia; e-mail: fidel\_ru@mail.ru, masloboev@ksc.ru*

<sup>2</sup>*Institute for Atmospheric and Earth System Research (INAR)/ Physics, Faculty of Science,  
University of Helsinki (UHES), Finland;  
e-mail: alexander.mahura@helsinki.fi & tuukka.petaja@helsinki.fi*

<sup>3</sup>*Research and Production Association "Typhoon" of Roshydromet, Obninsk, Russia;  
e-mail: popov@rpatyphhon.ru*

Global studies have shown the existence of an Atmospheric Mercury Depletion Event (AMDE) phenomenon in different areas of both the Arctic and Antarctic regions [Ebinghaus et al., 2002, Dommergue et al., 2010]. In 2001, the mercury analyzer Tekran 2527A was installed at Amderma station (69.45 °N, 61.39°E, 49 m asl, Nenets Autonomous District of Russia), located on the Yugor Peninsula. The analyzer registered numerous cases of AMDEs. During the entire period of operation at this station, the location of the analyzer was changed three times, approaching the coastline of the Kara Sea starting at 9 km to 200 m. The frequency of AMDEs was shown to depend on the distance to the coastline [Pankratov, 2015].

**Proximity to seashore experiment.** For the first time in the Russian Arctic, an experiment was conducted to assess the intensity of AMDEs as a function of the distance to the coastline. From 2001 to 2004, the analyzer was located at a distance of about 9 km from the coast. The number of AMDEs in this period was 10 % of the total number (6765) of measurements. During 2005-2010, the analyzer was placed at 2.5 km from the coast. As a result, the depletion events were registered more frequently, especially during the spring-summer period. Such behavior is typical for polar stations, such as Ny-Alesund and Andoya (Norway), Alert (Canada), and Pallas (Finland). In 2006 and 2007, such depletion events were recorded in winter with a frequency of 20 % of the total number (1898) of measurements. Starting from 2010, the analyzer was set up at a distance of 200 m from the coast. As a result of this relocation, more events were recorded (30 % of 67986 measurements).

**Eruption of the Icelandic volcanoes.** A detailed analysis of long-term measurement data containing high concentrations of atmospheric mercury in the surface layer linked with the eruption periods of two volcanoes – Eyjafjallajökull and Grímsvötn (Iceland) – was performed. It was found that in 2010, the dynamics of mercury behavior in the ambient air at Amderma was not typical compared to the earlier years. Elevated mercury levels were recorded in the spring and summer, and one of the reasons for such behavior can be linked to long-range atmospheric transport from Iceland during the eruption of the Eyjafjallajökull volcano. In addition, similar behavior was also observed in 2011 during the eruption of the other volcano – Grímsvötn. Concerning seasonal variability, in 2001-2009, a negative trend (-0.66 ng per month) also was observed. In 2009-2010, the highest positive trend (+0.81 ng per month) was registered. However, an analysis of the 2010-2012 period showed the largest positive trend (+0.97 ng per month) [Pankratov et al., 2015].

**Mercury analyzer experiment.** In 2015, the mercury analyzer Lumex RA-915AM was installed at Amderma in parallel with Tekran 2527A to measure background concentrations of mercury. The Lumex analyzer is a candidate considering the good correlation ( $R^2=0.95$ ) between parallel measurements by both analyzers of low mercury concentrations at mid-latitudes [Sholupov et al., 2005; Fu et al., 2011]. During the winter and spring of 2015-2016,

the Tekran analyzer registered the expected number of AMDEs (about 30 % of measurements), while Lumex analyzer registered only 5 % of such events of the total number of measurements. The results obtained have several possible explanations.

- Firstly, the smaller number of registered AMDEs using Tekran 2527A may have been caused by the competitive sorption of high concentrations of bromides and sulfates associated with the increased content of marine aerosol with GEM on the surface of the gold sorbent.

- Secondly, competition between GEM and the products of catalytic conversion of organic substances on the surface of the gold sorbent. AMDEs registered by Lumex RA-915AM were probably due to the direct GEM registration system of the ambient air, while Tekran 2527A uses an additional sorption step. These results raise a question concerning AMDEs registered in the Arctic. Such differences are observed for the first time and require confirmation in other polar regions.

## REFERENCES

*Dommergue A., Sprovieri F., Pirrone N., Ebinghaus R., Brooks S., Courteau J., Ferrari C. P.* Overview of mercury measurements in the Antarctic troposphere. // *Atmos. Chem. Phys.* 2010. Vol. 10. P. 3309–3319.

*Pankratov F., Mahura A., Katz O., Konoplev A.* Long-term Continuous Monitoring of Mercury in the Russian Arctic: Evaluation of Impact from Icelandic Volcanic Eruptions. // *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly. 2012. Vol. 14. EGU2012–10377.

*Pankratov F.* Dynamics of Atmospheric Mercury in the Russian Arctic. Thesis, November. 2015. DOI:10.13140/RG.2.1.4255.1767.

*Sholupov S., Pogarev S., Ryzhov V., Mashyanov N., Stroganov A.* Zeeman atomic absorption spectrometer RA-915 for direct determination of mercury in air and complex matrix samples. // *Fuel Processing Technology.* 2004. Vol. 85. P. 473–485.

*Fu X. W., Feng X. B., Zhang, H.* Atmospheric total gaseous mercury concentration in Guiyang: measurements intercomparison with Lumex Ra-915AM and Tekran 2537A. // *Chinese J. Ecol.* 2011. Vol. 30 P. 939–943.

## EFFECT OF AMENDMENTS ON METAL SOLUBILITY AND PLANT GROWTH IN SOILS AFFECTED BY A CU/NI SMELTER

Tarasova E.<sup>1</sup>, Slukovskaya M.<sup>2</sup>, Tapia F.<sup>3</sup>, Morev D.<sup>4</sup>, Brykov V.<sup>5</sup>, Neaman A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, RUDN University, Moscow, Russia; e-mail: mail\_box\_ekaterina@mail.ru*

<sup>2</sup>*I.V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia; e-mail: slukovskaya.mv@gmail.com*

<sup>3</sup>*Escuela de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile; e-mail: felipe.tapia.pizarro@gmail.com*

<sup>4</sup>*Department of Ecology, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; e-mail: dmorev@rgau-msha.ru*

<sup>5</sup>*Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine; e-mail: brykov\_vo@nas.gov.ua*

Environmental problems associated with non-ferrous smelters are a global concern. In particular, a Cu/Ni smelter is located near the town of Monchegorsk on the Kola

Peninsula (Murmansk Region, Russia) and is a major source of industrial pollution in Europe. Nowadays, soils in the surrounding areas are sparsely-vegetated, acidic, and metal-contaminated, and need remediation to reduce environmental risks. In this study, we assessed the effectiveness of dolomitic lime, compost, and an industrial by-product of local origin (vermiculite-lizardite waste) as soil amendments to immobilize Cu in soils and promote plant growth. Application of the waste of local origin (a mining by-product) would also solve the problem of waste storage and makes soil remediation cost-effective and feasible.

Two Podzolic soils were sampled for the study in the proximity of the smelter. The first soil sample exhibited total Cu and Ni concentrations of 210 and 340 mg/kg, respectively, and pH (salt extract) of 4.2. The second soil sample exhibited total Cu and Ni concentrations of 345 and 360 mg/kg, respectively, and pH (salt extract) of 4.4. Amendments considerably increased soil pH up to circumneutral values, and increased Ca and Mg availability.

The ammonium-acetate-soluble (pH 4.8) fractions of Cu represented 65-70 % of the total Cu in the studied soils. Amendments considerably decreased ammonium-acetate-soluble fractions of Cu. However, the ammonium-acetate-soluble fractions of Ni represented only 2-6% of the total Ni in the studied soils and the amendment had a minor effect on Ni solubility.

Currently, the amended soils are cultivated with *Lolium perenne* under controlled conditions. We expect that the amendments will promote plant growth in the studied soils, allowing restoration of the vegetation cover on the industrial barrens in the vicinity of the Cu/Ni smelter. However, the results are not yet available.

*This study was supported by the RUDN University, Russia "5-100" project.*

**СЕКЦИЯ 7. Человек в условиях Крайнего  
Севера: социально-экономические и  
социокультурные аспекты**

**SESSION 7. Human survival in the Far North:  
social and economic issues**

## СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

### SOCIAL PROBLEMS OF THE CITIES OF THE FAR NORTH

Вершинина И. А., Мартыненко Т. С.

Vershinina I. A., Martynenko T. S.

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва;*

*e-mail: inna\_ver@rambler.ru, ts.martynenko@gmail.com*

The Far North is a strategically important territory for Russia. The number of residents of this region is small and the living conditions are hard. There is an active discussion of the pathologies observed in the Far North residents. The cardiovascular and endocrine system are most affected by the environment; reproductive function disorders and other pathologies are also observed. There are a number of diseases caused by socio-economic factors. Residents of cities in the Far North face the social consequences of climate change. Thawing of permafrost is a threat, in particular, to many buildings, since during their design and construction in the Soviet period, climate change was not taken into consideration, which can lead to changes in soil properties. Presently, the population is significantly reduced, which leads to negative social and economic consequences.

Более 50 % территории России находится за 60-й северной параллелью, то есть либо в непосредственной близости от Северного полярного круга (32.2 %), либо за ним (22.3 %), но при этом доля населения страны, проживающая на этой территории, чрезвычайно мала – около 5 % [Доршакова, Карапетян, 2004, с. 110]. Крайний Север предлагает своим жителям весьма суровые условия, с которыми готовы мириться далеко не все.

В научных исследованиях широко обсуждаются особенности патологий жителей Севера [Пивоваров, 2001]. Эти особенности зависят от группы населения и возможностей ее адаптации. Лишь незначительное количество населения Крайнего Севера является коренным (по происхождению, либо проживающими на территории региона на протяжении нескольких поколений). Большая часть жителей – мигранты, либо временные работники (приезжающие вахтовым методом). Наибольшему влиянию среды на Крайнем Севере подвергаются сердечно-сосудистая и эндокринная система, происходят нарушения репродуктивной функции и др. [Пивоваров, 2001, с. 50]. Кроме того, еще одной из проблем со здоровьем, характерной для жителей Крайнего Севера, является нарушение циркадных ритмов. Несмотря на то, что современный человек, в жизнь которого вторглись искусственное освещение и информационные технологии, повсеместно сталкивается с этой проблемой, в условиях Крайнего Севера люди имеют ограниченные возможности предотвращать негативные последствия этого процесса для здоровья. Между тем, исследования демонстрируют тесную связь нарушения циркадных ритмов и депрессии и других заболеваний. Этому также способствует недостаток витамина D, существующий у населения северных регионов.

Тем не менее, существует ряд заболеваний, причиной которых является не столько среда, сколько социально-экономические факторы. Например, высокая стоимость продуктов не позволяет жителям территорий Крайнего Севера в достаточном количестве потреблять фрукты и овощи, что ведет к развитию авитаминоза.

Долгое проживание в подобных регионах способствует формированию синдрома эгоизации личности, что часто приводит к разрыву социальных связей и отношений. Нерешенность социальных проблем коренных народов Крайнего Севера (в частности, связанных с традиционными видами деятельности) приводит к межличностным и межгрупповым конфликтам.

Жители городов Крайнего Севера также одними из первых сталкиваются с социальными последствиями климатических изменений, поскольку изменения, связанные с потеплением климата, наиболее очевидны вблизи полюсов планеты. Таяние вечной мерзлоты представляет опасность, в частности, для многих строений (жилых домов и учреждений, в которых люди работают), так как при их проектировании и строительстве в советское время не учитывали возможного изменения климата, которое может привести к изменению характеристик почвы. «Вечность» мерзлоты не ставилась под сомнение, однако, сегодня становится очевидным, что существует необходимость пересмотра стандартов строительства в городах Крайнего Севера и оценки безопасности продолжения использования существующих объектов. Это влечет за собой дополнительные расходы, которые осложняют социально-экономическое положение данных территорий и их жителей.

Неудивительно, что в постсоветское время, когда экономика перестала быть плановой и административно-командной, а у людей появилось больше возможностей для выбора места своего проживания, численность населения многих городов Крайнего Севера начала сокращаться, так как жизнь вблизи Полярного круга требует больше экономических, физических, психологических и прочих затрат, нежели в других районах страны.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Новые формы социального неравенства и особенности их проявления в современной России», № 18-011-01106.*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Доршакова Н. В., Карапетян Т. А.* Особенности патологии жителей Севера // Экология человека. 2004. № 6. С. 48–52.

*Пивоваров Ю. Л.* Урбанизация России в XX веке: представления и реальность // Общественные науки и современность. 2001. № 6. С. 101–113.



**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ФАКТОРОВ НА МИГРАЦИОННЫЙ ОТТОК НАСЕЛЕНИЯ В  
АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ**

**THE EFFECT OF CLIMATIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS  
ON THE NET MIGRATION IN THE RUSSIAN ARCTIC**

Воронина Л. В.<sup>1</sup>, Якушева У. Е.<sup>2</sup>  
Voronina L. V.<sup>1</sup>, Yakusheva U. E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук, Архангельск,  
Архангельская область; e-mail: voronina\_ljudmila@rambler.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
Архангельск, Архангельская область; e-mail: ylich.zz@rambler.ru

The research goal was to study the effect of climatic and environmental factors on the migration flows from the Russian Arctic as the considerable migration outflow has become an issue recently. The relationship between migration flows and morbidity in each of the Arctic regions between 2000 and 2017 was examined based on data from the Federal State Statistics Service. The analysis method applied is pair correlation. We found that a correlation exists and varies depending on the disease group specific to the living conditions in the Arctic.

Вопросы воздействия экологии и природно-климатических условий на здоровье человека давно стали объектом исследования ученых различных направлений, интересно также влияние данных факторов на решение населения проживания на определенной территории. Особое внимание в последнее время органов государственной власти к развитию и освоению арктической зоны страны и наличие высокого миграционного оттока населения на протяжении долгого времени поспособствовало изучению данного вопроса именно на этой территории. Таким образом, предполагается гипотеза о влиянии суровости природно-климатических и экологических факторов на отъезд населения из арктических регионов. В качестве объекта исследования были выбраны регионы, входящие в Арктическую Зону Российской Федерации в соответствии с Указом Президента № 296 от 02.05.2014 г. (с изм. от 27.06.2017 г.). В качестве показателя, характеризующего отъезд населения из региона, авторами выбран показатель «численность выбывших», а косвенно отражающего в совокупности влияние природно-климатических и экологических факторов – «численность больных».

Как отмечают исследователи, Арктика характеризуется суровыми природно-климатическими условиями, серьезной экологической нагрузкой на окружающую среду и ее медленной восстанавливаемостью, что, в свою очередь, повышает уровень заболеваемости по таким классам заболеваний как болезни органов дыхания [Лобанов, 2015], иммунной и эндокринной системы [Андронов и др., 2015], а также болезни нервной системы, что подтверждается официальными статистическими данными. В связи с этим, численность больных по определенному классу болезни.

Таким образом, на основе данных Федеральной службы государственной статистики авторами в программе SPSS. с помощью метода парной корреляции была проанализирована взаимосвязь между показателями миграционного

движения и заболеваемости населения по каждому арктическому субъекту с 2000 по 2017 г. по следующим этапам:

1. проверка на нормальность 6 выборок (использовался критерий Шапиро-Уилк);

2. проверка наличия статистической значимой линейной связи между зависимыми и независимыми переменными при помощи корреляционного анализ (использовались критерии Спирмена и Пирсона для нормального распределения).

Согласно полученным результатам, наблюдается высокая зависимость между числом выбывших и численностью больных:

– страдающих заболеваниями органов дыхания — в Ямало-Ненецком автономном округе, Республике Саха (Якутия), Архангельской области и Республике Карелия;

– с диагнозом по классу «болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» – в арктических республиках, Ямало-Ненецком автономном округе и Красноярском крае;

– страдающих болезнями крови, кроветворных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм – в Республиках Карелия и Саха (Якутия), Мурманской и Архангельской областях, а также Ямало-Ненецком автономном округе;

– с заболеваниями нервной системы – в Чукотском автономном округе и Архангельской области.

Такие взаимосвязи могут быть объяснены тем, что регионы покидает здоровое население при наличии прямой зависимости, или же регион тяготит покинуть больное население при наличии обратной зависимости. Наличие большого числа заболевших в регионе или же наличие фактора, который приводит к специфическим заболеваниям, делает регион непривлекательным для работы и жизни.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-010-00509 А «Факторы и механизмы взаимовлияния миграционных процессов и динамики социально-экономического развития арктических регионов России».*

## ЛИТЕРАТУРА

Лобанов А. А. Медицинские, биологические и экологические исследования ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» в 2015 году // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2015. Т. 89. № 4. С. 3–13.

Андронов С. В., Лобанов А. А., Попов А. И. Прогнозирование развития артериальной гипертензии у переселенцев в Ямало-Ненецкий автономный округ // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2015. Т. 89. № 4. С. 14–19.

## ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

### THE IMPACT OF ECONOMIC GROWTH IN THE EUROPEAN NORTH ON THE ENVIRONMENT

Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т.  
Druzhinin P. V., Shkipirova G. T.

*Институт экономики — обособленное подразделение Федерального  
исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Республика Карелия; e-mail: pdruzhinin@mail.ru*

The impact of economic growth on the environment in the northern regions of the Russian Federation and Finland was studied with a focus on the emissions of CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, particulate matter, and nitrogen. Models were built to explain the improvement of the environmental situation with economic growth. It was shown that the dynamics of the environmental indicators in the northern regions of the Russian Federation and Finland are similar, although the level of pollution per unit of gross regional product varies greatly. The factors controlling the pollution dynamics are nearly the same, but the extent of their effect is markedly different. The improvement of environmental indicators with economic growth can be explained and factors contributing to the improvement of the environmental situation can be identified. Growth of investment into machines and equipment was the most important factor. Models were built for individual municipalities.

При рассмотрении влияния развития экономики на окружающую среду в северных регионах Российской Федерации и Финляндии основное внимание уделено выбросам CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, твердых веществ и сбросам азота. Построены модели, и оценено влияние структурных сдвигов, модернизации экономики и природоохранной деятельности. Проведено сравнение результатов расчетов для выбросов загрязняющих веществ предприятиями и для концентрации загрязняющих веществ в атмосфере. Выявлено влияние внешних шоков. Проанализирована динамика основных экологических показателей северных регионов и показано, что воздействие на окружающую среду постепенно уменьшается, выявлены отличия регионов и особенности протекания эколого-экономических процессов. Проведен анализ влияния развития экономики Европейского Севера в целом и отдельных регионов на экологические показатели.

Динамика экологических показателей в регионах РФ и Финляндии близка, хотя уровень загрязнений на единицу ВРП сильно различается. Проведенное исследование позволило объяснить улучшение экологических показателей при росте экономики, выявить факторы, ведущие к улучшению состояния окружающей среды. Показано, что в 90-х годах воздействие на окружающую среду уменьшалось в основном за счет спада экономики, а с начала XXI века — за счет структурных сдвигов и модернизации экономики.

Ситуация в российских регионах заметно различается, экологические показатели сильно колеблются. Например, тенденции сокращения сбросов азота в большинстве российских регионов и Финляндии близки. Но в Карелии сбросы были стабильны долгое время, а в последние годы выросли.

Если рассматривать отношение динамики выбросов SO<sub>2</sub> к ВВП, то тенденции в регионах РФ и Финляндии очень близки, за 16 лет данный показатель снизился на 60 % – более, чем в два раза. Несколько хуже ситуация в Карелии после кризиса 2008-2009 гг., и рост ВВП небольшой, и выбросы перестали снижаться.

Анализ динамики использования воды, выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод в таком случае лучше рассмотреть по Европейскому Северу в целом, можно будет увидеть существующие тенденции, как они меняются. При падении ВВП с 1991 г. до 1998 г. убывают и все три показателя. С 1999 г. начался экономический рост, но, несмотря на это, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу продолжили снижаться. Потребление свежей воды выросло в 1999 г., но со следующего года также стало уменьшаться. Сброс загрязненных сточных вод начал падать еще через год. Фактически рост экономики происходил при уменьшении нагрузки на окружающую среду. В значительной степени это связано с ростом инвестиций в экономику макрорегиона – осуществлялась модернизация предприятий и менялась структура экономики, строительство новых производств происходило при более жестких экологических требованиях.

Проведенные расчеты показали, что можно построить зависимости за весь исследуемый период, воспользовавшись введенным ранее понятием нейтрального экологического прогресса, связанного со структурными сдвигами. В результате расчетов было выделено влияние роста экономики, структурных сдвигов и модернизации экономики по регионам и по отдельным муниципалитетам.

*Исследования выполняются при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-05-60296 «Фундаментальные проблемы природной и социальной среды Белого моря и водосбора: Состояние и возможные изменения при разных сценариях изменений климата и экономики».*

## **ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ, НАХОДЯЩИХСЯ В СОСТАВЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ**

### **THE PROBLEMS OF PRESERVING THE HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE IN THE NORTH OF THE REPUBLIC OF KARELIA IN THE RUSSIAN ARCTIC**

Дьяконова М. В.  
Dyakonova M. V.

*Институт экономики – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Республика Карелия;; e-mail: mvd@krc.karelia.ru*

Rural areas are presently a major resource for regional development, but at the same time the progress is very slow. This is especially true for the northern part of the Republic of Karelia. 'Pomors' (Russian inhabitants of the White and Barents Sea coast), living in the Arctic territories in the Republic of Karelia, have a unique culture and nature management practices. In the Republic of Karelia, ethno-cultural development is a part of the regional government policy. The rich historical and cultural heritage of 'Pomors' is one of the policy's components. It can form a basis for economic growth through tourism, considering the experience of traditional culture conservation. Tourism is one of the perspective areas of regional development able to mitigate social problems, preserve traditional cultures and practices, and improve the natural, cultural, and historical potential of the territory.

Согласно государственной Программе РФ Беломорский, Кемский и Лоухский районы Республики Карелия вошли в состав Арктической зоны РФ [Об утверждении..., 2017].

За последние годы в данных районах произошло значительное сокращение численности населения, что обусловлено естественными причинами, но влияет и миграция. С оттоком населения, а особенно молодежи, ведь именно она является основным носителем человеческого капитала, происходит ухудшение его характеристик на территориях [Becker, 1964].

Все три района имеют во многом общие проблемы – качество и плотность автомобильных дорог, ветхость и аварийность жилья, происходящий процесс оптимизации и реформирования на промышленных предприятиях, и в учреждениях социальной сферы. Острой проблемой является безработица.

Рассматриваемые нами районы принято называть Карельским Поморьем. Начало формирования русскоязычной группы поморов на территории Поморья относят к XVI–XVII вв. Поморы, являются субэтносом русских [Конкка, 2011]. Основными занятиями поморов издревле были морское рыболовство, промысел морского зверя, солеварение, добыча слюды и жемчуга. Богато Карельское Поморье и фольклорными традициями, издревле проживали известные сказочники, сказочная традиция представлена всеми жанровыми разновидностями [Лызлова, 2011]. Сложилась и уникальная бытовая, обрядовая культура, что, наряду с системой хозяйствования поморов, представлено в экспозициях музеев и этнокультурных центров. На их базе проводятся различные выставки, учебная работа, научно-популярные беседы, сельские посиделки, организуются гулянья, праздники, ведется и экскурсионная работа.

Одной из альтернативных сфер занятости на данных территориях может стать туризм, основанный на поморских традициях и культуре [Даниленко, Рубцова, 2013]. В районах сохранилось значительное количество культурно-исторических объектов и древних поселений, с традиционными чертами культуры. Так, например, в Кемском районе находится уникальная старинная рунопевческая деревня Панозеро, где в первозданном виде сохранилась древняя историческая планировка и застройка, идет работа по включению объекта в список ЮНЕСКО. В селе Нюхча начинается знаменитая «Осударева дорога», где уже более 20 лет проводятся поисковые и научно-исследовательские экспедиции [Данков, 2003]. Также Поморье славится Беломорско-Балтийским каналом уникальной гидротехнической системой, соединяющей Онежское озеро и Белое море.

Одним из брендов Кемского района в перспективе может стать старинный промысел — солеварение, возрождаемый близ села Поньгома, который предполагается включить в федеральную программу по развитию внутреннего и въездного туризма [Соляная артель, 2018]. В настоящее время разработан и реализуется тур на стыке экологического, этно- и гастрономического туризма.

В районах, помимо культурно-исторического и этнографического, развивается событийный туризм, проводится множество различных фестивалей и праздников. Рассматриваемые нами территории обладают возможностями для развития и других видов туризма.

Особо охраняемые природные территории, находящиеся в каждом районе, а особенно национальный парк «Паанаярви» (Лоухский район), привлекают любителей экологического туризма. Древнейшие стоянки первобытного человека, сейды интересны для любителей археологического туризма, но особое внимание туристов привлечено к археологическому комплексу «Беломорские петроглифы»

(Беломорский район), в настоящее время ведется работа по включению петроглифов в список Всемирного наследия ЮНЕСКО [Савватеев, 1990]. Для любителей паломнического туризма в первую очередь представляет интерес Соловецкий монастырь, посещение которого возможно из портов Беломорского и Кемского районов, а также одна из самых труднодоступных достопримечательностей Карелии — старинный Муезерский скит, расположенный в Беломорском районе. Многочисленные озера, порожистые реки и выход в Белое море создают прекрасные возможности для любителей активного отдыха и организации рыболовных туров.

В заключение необходимо отметить, что рассматриваемые нами территории обладают богатым потенциалом для развития, где туризм может стать одним из ключевых факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Becker G. S.* Human Capital. New-York: Columbia University Press. 1964. 187 p.

*Даниленко Н. Н., Рубцова Н. В.* Туризм и устойчивое развитие региона: социальный и институциональный аспекты. Иркутск: Изд-во БГУЭП. 2013. 158 с.

*Данков М. Ю.* Адриан Щхонебек и Осударева дорога. // Север. 2003. № 5-6. С. 158–168.

*Конкка А. П.* К вопросу об этническом составе западного Поморья. // Беломорье: нить времен: материалы Форума. Беломорск, 25–26 сентября 2010 г. Петрозаводск: Verso. 2011. С. 38–43.

*Лызлова А. С.* Сказки и сказочники Карельского Поморья. // Беломорье: нить времен: материалы Форума, Беломорск. 25-26 сентября 2010 г. Петрозаводск: Verso. 2011. С. 22-29.

Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации" (с изменениями на 31 августа 2017 г.). Постановление Правительства от 21 апреля 2014 года N 366. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499091750> (дата обращения 9.06.2018 г.)

*Савватеев Ю. А.* Каменная летопись Карелии: Петроглифы Онежского озера и Белого моря. Петрозаводск: Карелия. 1990. 118 с.

Соляная артель [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://rk.karelia.ru/pasport-rajona/solyanaya-artel/> (дата обращения 3.07.2018).

### **ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРЯ ПЛАСТИКОМ: МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ**

#### **MARINE PLASTIC POLLUTION AND THE INTERNATIONAL EFFORTS TO SOLVE THE PROBLEM**

Иванова Л. В.

Ivanova L. V.

*Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина — обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: ivanova@iep.kolasc.net.ru*

Plastic waste is of particular concern due to its widespread occurrence, long breakdown time, negative impact on the wildlife and, consequently, on humans. In the Barents Sea, the fishing industry is one of the main sources of pollution. At the same time, in Norway and Russia — the two countries managing the fish resources of the Barents Sea – laws, policies, management,

culture, behavior, as well as specific factors, such as fleet structure, fishing equipment and others, differ significantly. In order to identify the level of awareness of the problem, fishermen from Norway and North-West Russia were interviewed.

Пластиковый мусор вызывает особую тревогу вследствие его широкой распространенности, длительного срока хранения, негативного воздействия на живую природу и, соответственно, на человека. Наиболее эффективной мерой борьбы с мусором выступает предотвращение загрязнения, где ключевым вопросом является совершенствование системы управления отходами. В мировом океане наблюдается высокий уровень загрязнения пластиком, как на дне моря, так и в толще воды, желудках животных и на берегу. В настоящее время количество мусора в море рассматривается как превышающее «допустимый уровень», а содержание пластика в пище, потребляемой животными, превышает значения экологического качества, определенные Конвенцией по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (OSPAR).

В связи с этим требуется четкое понимание человеческого измерения этой проблемы, с учетом влияния морского мусора на благосостояние человека и того, какие меры нужно принимать, чтобы контролировать потоки отходов. Для обеспечения устойчивого социально-экономического развития региона необходимы эффективные инструменты управления с тем, чтобы способствовать достижению к 2020 г. поставленной OSPAR цели: «существенно сократить количество морского мусора (...) до уровней, при которых его свойства и количество не наносят ущерба прибрежной и морской среде» [Convention..., 1992].

В Баренцевом море рыбодобывающая промышленность является одним из основных источников загрязнения. При этом в Норвегии и России – двух странах, эксплуатирующих рыбные ресурсы Баренцева моря, сильно различаются законодательство, политика, управление, культура, поведение, а также специфические факторы, такие как структура флота, рыболовное оборудование и т.п.

Для определения уровня осведомленности представителей отрасли о существующей проблеме междисциплинарной исследовательской группой в рамках финансируемого Норвежским исследовательским советом международного проекта «Загрязнение моря пластиком в Арктике: затраты и стимулы для предотвращения (MARP)» был разработан опросный лист для рыбаков из Норвегии и Северо-запада России. В подготовке и проведении опроса также участвовали союзы и ассоциации рыбаков Норвегии и Мурманской области.

К моменту начала проведения опроса (январь 2018 г.) в Норвегии было зарегистрировано 9.200 рыбопромышленников, имеющих полную занятость и 1.621 рыбопромышленник, имеющий частичную занятость в отрасли, из которых около 6.400 являлись членами трех организаций [Норвежский директорат..., 2019]. В России опрос проводился при содействии Союза рыбопромышленников Севера (г. Мурманск), объединяющего 62 компании [Союз рыбопромышленников..., 2018].

Чтобы охватить как можно больше потенциальных респондентов и получить репрезентативную выборку, в качестве основного метода был предложен онлайн-опрос. Этот метод имеет ряд преимуществ: он может упростить работу для интервьюеров, обеспечивает довольно быструю обработку данных, при относительно низких затратах.

В Норвегии при проведении опроса преимущественно использовался именно этот метод с применением программного обеспечения Survey Hact. Ссылка на

опросный лист рассылалась по электронной почте, размещалась на веб-страницах рыбодобывающих компаний, а также в социальных сетях. На российской стороне в качестве методов использовались рассылка по электронной почте и телефонные звонки.

Основной целью опроса было собрать знания и мнения людей, чья деятельность непосредственно подвергается сильному влиянию морского загрязнения, выяснить, насколько морской мусор влияет на их работу, и узнать о том, какие у них есть предложения по решению этой проблемы. Проведенный опрос позволил получить общее представление о ситуации в рыбной промышленности в отношении проблемы загрязнения моря пластиком.

#### ЛИТЕРАТУРА

Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR) of September 22, 1992. [Электронный ресурс]. Available at: <https://www.ospar.org/convention/text> (accessed 24.01.2019).

Норвежский директорат статистики. Fiskeridirektoratets statistikk. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fiskeridir.no/yrkesfiske> (дата обращения 29.01.2019).

Союз рыбопромышленников Севера. [Электронный ресурс]. URL: <http://srps.ru/> (дата обращения 20.06.2018).

### **ВОЛНОВАЯ ГЕОДИНАМИКА — ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ И НЕДОРОГАЯ АЛЬТЕРНАТИВА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

#### **WAVE GEODYNAMICS AS AN ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY AND INEXPENSIVE ALTERNATIVE TO SEISMOLOGICAL METHODS OF EARTH RESEARCH**

Ильченко В. Л.

Il'chenko V. L.

*Геологический институт — обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: vadim@geoksc.apatity.ru*

The effects of lunar gravity on the rocks in the outer shell of the Earth are discussed based on the equivalence of gravitating masses (EGM principle). Lunar gravity transforms the outer Earth shell (and rocks within it) into oscillatory systems with dynamic conditions of a damped standing wave. This oscillatory mode (and the tectonic layering mechanism) causes the development of tectonic disturbances system (system of fractures) with a regular fractal character. The application of wave geodynamics offers low cost, simplicity of calculations, and high efficiency compared to the high costs of the labor-intensive deep seismological profiles using nuclear explosions (and the negative environmental impact thereof). The ideas underlying the study have innovative potential.

Строение внешней оболочки Земли (земной коры и верхней мантии, до глубин  $\approx 600$  км) изучают путём глубинного сейсмологического профилирования с применением мирных ядерных взрывов [Павленкова, Павленкова, 2014]. При этом определение «мирный» не следует трактовать как «безобидный», «безопасный» или



«безвредный» [Яблоков А. В., 2009]. Альтернативой современной глубинной сейсмологии представляется новое научное направление — волновая геодинамика.

Термин «волновая геодинамика» родился из представления о внешней корово-мантийной оболочке (КМО) Земли как регулярной колебательной системе с внешним источником энергии (гравитация Луны), вызывающим волну твёрдого прилива, под чей контроль попадают все геодинамические процессы. В первой же «рабочей» модели тектонического расслоения земной коры Печенгского блока результаты граничных расчётов (глубины тектонических границ) совпали с фактическими данными («динамический» разрез) по Кольской сверхглубокой скважине на  $\approx 74\%$ , подтвердив верность механизма тектонического расслоения:

$$M_n = \frac{M_0}{2^n}, \quad (1)$$

$M_n$  - мощность элемента расслоения,  $M_0$  - мощность земной коры,  $n$  – номер элемента расслоения. Эта формула работает и «в обратную сторону»:

$$M_0 = M_n \cdot 2^n, \quad (2)$$

т.е.,  $M_0$  вычисляется по длине «конечной моды» ( $M_k = M_n$ ), которую можно измерить как расстояние между двумя соседними экстремумами на каротажных кривых, отражающих динамическое состояние пород по скважине (трещиноватость, кавернозность, пористость и т.п.) [Ильченко, 2018].

Для определения «границ» гравитационного влияния лунной массы на КМО Земли постулирован принцип эквивалентности гравитирующих масс (ЭГМ): гравитационное взаимодействие планет создает в каждой из них возмущение – приливную волну, чья масса эквивалентна массе источника возмущений; т.е. размер (радиус) приливной области зависит только от средней плотности вещества в ее составе.

Волну твёрдого прилива в КМО Земли вызывает лунная гравитация, значит масса вещества в составе пары земных приливных волн-антиподов равна массе источника возмущений – Луны. Масса  $m = V\rho$  зависит от объема  $V$  и плотности  $\rho$ ;

объем планеты в форме шара: 
$$V = \frac{4\pi r^3}{3} \quad (r - \text{радиус}) \quad (3).$$

Тогда радиус волны лунного прилива на Земле: (3) подставим значение массы Луны  $M_{\text{л}}$ ,  $\pi=3.14$ , и среднюю плотность КМО Земли  $\rho_{\text{КМО}} \approx 4.5$  найдем радиус лунного прилива:  $R_{\text{лпв}} \approx 1.58 \cdot 10^3 \approx 1600$  км. Регулярное приливно-волновое воздействие привело к тектоническому расслоению КМО с обособлением здесь Главной колебательной системы (слоя ГКС) с фрактальным строением, ритмичным тектоническим расслоением (1) и непостоянной латеральной мощностью (из-за пространственных вариаций плотности вещества в её составе).

*Исследование выполнено в рамках Госзадания ГИ КНЦ РАН, тема НИР № 0226-2019-0052.*

## ЛИТЕРАТУРА

*Ильченко В. Л.* Тектоностратиграфическое моделирование земной коры по данным геофизического исследования скважин на шельфе Баренцева моря // Вестник Кольского научного центра РАН. 2018. № 2(10). С. 53–62.

*Павленкова Н. И., Павленкова Г. А.* Строение земной коры и верхней мантии Северной Евразии по данным сейсмического профилирования с ядерными взрывами. М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС. 2014. 192 с..

*Яблоков А. В.* «Чудище обло, озорно, огромно, стозёвно и лайя...» Рассказ эколога об атомной индустрии. Иркутск: «Байкальская экологическая волна». 2009. 128 с.

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В КАРЕЛЬСКОМ ПОМОРЬЕ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД (20-Е ГОДЫ XX СТОЛЕТИЯ)

### THE SOCIO-ECONOMIC SITUATION IN THE KARELIAN POMORIE DURING THE TRANSITION PERIOD OF THE 1920s

Капитонова С. А., Потахин С. Б.

Kapitonova S. A., Potakhin S. B.

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия;  
e-mail: kapitonovas@bk.ru, spotakhin@yandex.ru*

The socio-economic situation in the Karelian Pomorie during the transition period of the 1920s is discussed. Types of economic activity are examined: fishing and sea mammal hunting, shipbuilding, agriculture, animal husbandry, industrial sawmilling.

Карельским Поморьем называют историко-природно-хозяйственный район, прилегающий к Белому морю. Западное и южное побережья Белого моря исторические подразделяются на два подрайона: Карельский Берег и Беломорский Берег. Исторически эти территории были заселены этнолокальной группой русского этноса, называемой «поморами», а также в меньшей степени северными карелами

История освоения Карельского Поморья подразделяется на 7 этапов: древний (с разбитием на археологические периоды), саамский, крестьянско-монастырский, начального промышленного освоения, послереволюционный (переходный), советский, постсоветский (переходный), современный [Капитонова, 2018].

Самым коротким по продолжительности является послереволюционный (переходный) этап, охватывающий 20-е годы XX в. Однако, в это время, были значительно изменены система природопользования, форма собственности, структура населения.

В 20-е годы Карельское Поморье меняла свой административный статус. В 1920 г. волости Кемского уезда Архангельской губернии вошли в состав Карельской Коммуны. В 1923 г. Карельская Коммуна была преобразована в Карельскую автономную социалистическую Республику (КАССР). В 1927 г. в КАССР провели административную реформу. Вместо волостей и уездов было создано одно звено — район. Карельское Поморье включало в себя Кандалакшский, Лоухский, Кемирецкий, Кемский и Сорокский районы.

Численность поморского населения Карелии в середине 1920-х гг. составляла более 15 тыс. человек, из них более 5 тыс. занималось исключительно рыболовством [История..., 2005, с. 32]. Основная часть населения составляли русские, лишь 5 % приходилось на карелов. В пределах Карельского берега имелись поселения, в которых преобладало карельское население. В некоторых населенных пунктах процент карелов был более высок: Шуя — 10 %, Сорока — 20 %, Шижня — 30 %. В Гридино, Калгалакше, Поньгоме карельское население отсутствовало, а в Летней Реке проживало лишь две семьи. В Беломорье в 20-е гг. отмечался самый высокий прирост населения: за период между переписей 1920 и 1926 гг. он составил 146.9 %. В Кандалакшском районе население увеличилось в 3.4 раза, в Кемском — в 1.7, в Сорокском — в 1.4 [Покровская, 1978]. Это

объясняется появлением значительного количества неместного населения, работавших на промышленных предприятиях — леспромхозах лесозаводах, рыбозаводах, на Мурманской железной дороге.

Полово-возрастная структура населения по сравнению с дореволюционным временем была значительно изменена, что в первую очередь было связано с военными событиями первой мировой и гражданской войн. Так, по данным на 1921 г., в беломорских селениях отмечался большой показатель (10 %) хозяйств-одинок — хозяйств женщин-вдов [Никольский, 1927].

Основным направлением хозяйственной деятельности оставалось рыболовство. В процессе развития промысловой системы хозяйства определилась специализация различных частей Карельского Поморья. Так, во всей акватории Кандалакшского и в Сорокского заливов преобладал сельдяной промысел. Семужный комбинировался с ним в качестве подсобного. Территория от Гридино до Кеми характеризовалась значительным развитием семужного промысла в комбинации с сельдяным. Исключением были Калгалакша и Летняя Речка — здесь сельдяной промысел комбинировался с сеговым. В Шуе был представлен наважий промысел, в Сороке и Шижне — корюшковый, а в Калгалакше и Гридино специализировались на морском охотничьем промысле [Никольский, 1927].

С 1924 г. активно развивалась рыбацкая кооперация. К 1928 г. на Беломорском побережье процент охвата кооперацией был значительно выше, чем среднереспубликанский: 65 % рыбаков входили в товарищества [Никитина, 1997]. Первыми они возникли в селах Сумский Посад, Сухое, Нюхча, Колежма, Вирма. В Карельском Поморье со второй половины 1929 по 1935 гг. были организованы сельхозартели. Они образовались на базе рыбопромышленных кредитных товариществ и рыболовецких артелей. В 1930 г. в КАССР насчитывалось 43 рыболовецких колхозов, из них на Беломорском побережье — 36. Количество хозяйств в беломорских колхозах составляло 1225, или 28 % от общего количества хозяйств Карельского Поморья. Некоторые колхозы как, например, «Батрак» (1929 г.) в с. Сухое, имели рыболовно-земледельческую специализацию.

Сельскохозяйственная деятельность оставалась на довольно низком уровне. В Карельском Поморье 71 % хозяйств не имел посевов, 66 % — лошадей, примерно 42 % — коров. По данным на 1925 г. в КАССР Кемский уезд наряду с Ухтинским имел самые низкие показатели по площади посевов. На посевных площадях преобладал ячмень — 66 %, процент площади картофеля составлял 13,4 % [История..., 2005]. Показатель площади огородных культур в уезде был также самым низким по республике. По утверждению В. В. Никольского [1927], к началу двадцатых годов пришло в упадок оленеводство, что было связано в первую очередь с военными событиями.

20-е годы XX века — это время индустриализации Карельского Поморья. С 1921 г. под управлением общественного треста «Северолес», который находился в Архангельске, работал Кемский лесозавод. В 1925–1930 гг. количество рабочих мест составляло от 500 до 800 человек. В Сороке на бывших предприятиях промышленника М. П. Беляева начали работу лесозаводы «Революция», «Красная Звезда», «Пролетарий», «Большевик». Лесообрабатывающая промышленность Кемского уезда к 1927 г. уверенно занимала первое место в Карелии.

Сразу же после принятия плана ГОЭРЛО (декабрь 1921 г.) в 1922 г. началась разработка Чупинского месторождения слюды-мусковита. В 1925 г. в Кандалакше начал работу первый в крае рыбоконсервный завод. В этот же здесь

было пущено в эксплуатацию железнодорожное депо. С 1923 г. начал действовать Соловецкий лагерь особого назначения. В Кеми располагалась лагерная администрация и был создан пересыльный пункт. Прибывшие заключённые привлекались к работам по торфоразработкам, а также рыбному промыслу.

Характеристика социально-экономической ситуации переходного периода показала, что в это время сохранялись старые и появлялись новые черты хозяйственного освоения территории Карельского Поморья. Так, например, наряду с зарождающимися коллективными хозяйствами оставались единоличные, возрастала роль промышленного освоения, происходили изменения в национальном составе населения. Временные границы в периодизации процесса освоения территории не являются дискретными — они континуальны. Проводить их по конкретной дате, например по 1917 г., кажется необоснованным. Поэтому выделение переходных периодов в историко-географической периодизации кажется правомерным.

#### ЛИТЕРАТУРА

История экономики Карелии. Кн. 2. Экономика Карелии советского периода (1917-1991 гг.) / Л. И. Вавулинская, С. Г. Веригин, О. П. Илюха, С. Г. Филимончик. Петрозаводск: ПетроПресс. 2005. 243 с.

*Капитонова С. А.* Основные этапы хозяйственного освоения Западного (Карельского) Поморья // Общество. Среда. Развитие. 2018. № 4. С. 105–111.

*Никитина О. А.* Коллективизация и раскулачивание в Карелии (1929-1932 гг.). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. 1997. 131 с.

*Никольский В. В.* Быт и промыслы населения западного побережья Белого моря (Сорока – Кандалакши). По материалам исследования летом 1921 года // ВСХН СССР. № 174. Научно-техническое управление Ин-та по изучению Севера. М.: Издания Научно-техн. Управления ВСНХ. 1927. 236 с.

*Покровская И. П.* Население Карелия. Петрозаводск: Карелия. 1978. 192 с.

#### **РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И МЕДИЦИНСКИХ ПРОБЛЕМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА — НАУЧНЫЙ ПОИСК В ЖИЗНИ ХУДОЖНИКА А. А. БОРИСОВА**

#### **A SOLUTION TO THE SOCIO-ECONOMIC AND HEALTH PROBLEMS IN THE FAR NORTH — SCIENTIFIC INQUIRY IN THE WORK OF THE ARTIST A. A. BORISOV**

Максимов Ю. И.<sup>1</sup>, Кривичев А. И.<sup>2</sup>

Maximov Yu. I.<sup>1</sup>, Krivichev A. I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Музей землеведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: deforestation75@mail.ru*

<sup>2</sup>*Экономический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва; e-mail: krivichev@live.ru*

This paper discusses the life and work of the artist, Arctic explorer, and economist A. A. Borisov (1866–1934). Based on a study of his biography and research, we identified the following problems Borisov worked on: improving the living conditions of the local population

– the Samoyeds, the problem of Zyryans accustoming them to hard drinking during barter trades, the need to set up canning plants in the Arctic, problems and prospects of the development of northern reindeer herding, prospects of trade between Samoyeds and Russians, wooden shipbuilding in the Russian North, planning of railroads in the Far North of Russia with connections to river transportation routes, construction of a health resort in Solonikha. After taking part in seven polar expeditions as an artist, Borisov came to the conclusion that the problems faced by the communities of the Far North cannot be solved by art and that economic revival of the Far North, development of transportation infrastructure, and preservation of natural resources is needed.

Художник Александр Алексеевич Борисов (1866–1934) посвятил свою жизнь исследованию, изображению и экономическому развитию Крайнего Севера. Впервые он отправился в полярную экспедицию в июне 1894 г. в качестве рисовальщика и фотографа. Это была экспедиция министра финансов С. Ю. Витте к Мурманскому побережью с целью поиска там подходящей гавани для основания в ней военно-морской базы. В последующих экспедициях А. А. Борисов проявил себя не только как художник, но и как этнограф, с интересом открывающий жизнь, традиции и культуру местного населения — самоедов.

В путевых очерках «У самоедов. От Пинеги до Карского моря» он описал условия жизни, быт, традиции и промыслы местных жителей — самоедов, обосновал необходимость устройства в Заполярье консервных заводов, торговли самоедов с русскими, строительство деревянных судов на севере России, рассмотрел проблемы и перспективы развития северного оленеводства. Вот как описывает Борисов ситуацию с лесными ресурсами: «... лес-то везётся из России сырьём и в обработанном виде возвращается обратно в Россию» [Борисов, 1907].

Здесь же, говоря о важности создания судоверфей на севере России, он обращается к передовой части российской интеллигенции: «Наши братья, поморы (Белого моря), покупают себе деревянные суда в Норвегии, построенные из нашего же леса. Не на вас ли лежит благородная задача ратовать за то, чтобы были у нас соответственные школы, чтобы были у нас соответственные мастерские – верфи» [Борисов, 1907].

Общаясь с оленеводами-самоедами, Борисов узнавал об их социальных проблемах. Между самоедами и зырянами происходил товарообмен. Зыряне доставляли в тундру по реке Усе продукты питания, водку, спирт и обменивали их у местного населения на шкуры оленей, песцов, лисиц и росомех. Такой обмен приводил к спаиванию местного населения.

Побывав в семи полярных экспедициях (1894–1903 гг.), Борисов пришёл к выводу, что необходима борьба за экономическое возрождение Крайнего Севера, его транспортное освоение, сохранение природных богатств, оздоровление населения

В статье «Великий Северо-Восточный морской путь» [Борисов, 1910] Борисов доказывал, что путь по Северному Ледовитому океану от Мурмана до Камчатки экономически невыгоден, крайне медленен и очень опасен. В качестве альтернативы Борисовым предлагалось решение проблем развития железнодорожного сообщения на севере России. В 1915 г. была опубликована брошюра «Обь-Мурманская железная дорога» [Борисов, 1915], а в 1929 г. — «Великий северный путь» [Борисов, 1929]. В. последней предлагалась

железнодорожная магистраль Мурманск – Котлас – Обь – Сургут – Енисейск – северный берег Байкала – Татарский пролив.

Несмотря на ежегодное строительство железных дорог в Российской империи после отмены крепостного права, особенно интенсивное в 1868–1874, 1893–1901, 1911–1916 гг. [Хачатуров, 1996], огромные территории на севере страны не имели железных дорог.

Борисов занимался не только проблемами транспортного развития Крайнего Севера, но и строительством курорта «Солониха» на базе природных минеральных источников, расположенных поблизости от его дома-усадьбы. Это был первый на Европейском Севере курорт, открылся он в 1922 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Борисов А. А.* Великий Северо-Восточный морской путь. Великий речной путь из Сибири в Европу. СПб, 1910. 52 с.

*Борисов А. А.* Обь-Мурманская железная дорога. Пг, 1915. 24 с.

*Борисов А. А.* У самоедов. От Пинеги до Карского моря. СПб. 1907. VI. 104 с.

*Воблый ВМ., Борисов А. А.* Великий северный путь. Великий Устюг: Северо-Двинский губплан, 1929. X. 64 с.

*Хачатуров Т. С.* Избранные произведения в II томах / Вольное экономическое общество России. Том Экономика транспорта. Библиография. М.: Дедал Арт. 1996. 592 с.

### СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

#### THE HUMAN CAPITAL IN THE ARCTIC (AS ILLUSTRATED BY ARKHANGELSK REGION)

Малинина К. О., Блынская Т. А.

Malinina K. O., Blynskaya T. A.

*Институт комплексного исследования Арктики Федеральный исследовательский Центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: malinina.ciom@gmail.com, t\_blynskaya@mail.ru*

This paper discusses the human capital in the general context of the socio-economic situation in the Russian Arctic. Bridging and bonding capital in the Arctic areas of Arkhangelsk Region is examined. Sociocultural distinctions of the region's residents are discussed.

В качестве одной из опорных зон Арктики предполагается выделение Архангельской области. Стратегия развития области включает в себя ряд взаимосвязанных проектов, реализация которых скажется и на темпах экономического роста, и на качестве жизни населения Архангельской области и Арктической зоны РФ в целом [Архангельская..., 2011]. Очевидно, что основой реализации поставленных перед Россией в Арктике задач выступает формирование качественного человеческого и социального капитала, сохранение человеческих ресурсов.

Состояние социального капитала оказывает влияние на качество и эффективность социальных программ, институтов государственного управления, общественных услуг, социальное самочувствие, здоровье населения и качество жизни [Бокарева, 2014; Полищук, 2011]. Исходя из понимания социального капитала как способности общества к самоорганизации и коллективным действиям, т.е. способности действовать сообща, без принуждения извне, экономисты разработали концепцию социального капитала, основанную на трех измеряемых показателях: интенсивности общения, доверии и ценностях общественной жизни [Полищук, 2014]. Было выделено три разновидности социального капитала: открытая (bridging), закрытая (bonding) и гражданская культура. Открытый (бриджинговый) социальный капитал опирается на широкие общественные сети, большой «радиус доверия» и разделяемые в обществе нормы и ценности, способствует созданию широких общественных коалиций. Закрытый (бондинговый) социальный капитал опирается на «ограниченную мораль» и узкий «радиус доверия». Это подразумевает, что человек с разными мерками относится к своим близким и посторонним людям, способствует возникновению узких групп интересов. Гражданская культура подразумевает наличие у людей чувства сопричастности к общественным делам и личной ответственности за положение дел в обществе [Полищук, 2011].

Опираясь на данные проведенного нами исследования социально-психологической и социокультурной ситуации на арктических территориях Архангельской области, приведем цифровые показатели, демонстрирующие уровень открытого и закрытого социального капитала. Уровень бриджингового капитала в Арктической части Архангельской области составил 21 %, что соответствует средним показателям по РФ. Уровень бондингового капитала на исследуемых территориях составил 92 %. Данные показатели могут указывать на сравнительно низкую склонность к кооперации и высокую инертность населения, что подкрепляется выделенными в ходе проведения экспертного опроса социокультурными особенностями северян. Можно выделить два уровня ментальных различий: центр – провинция и север – юг. В сравнении с центром (Москва, Санкт-Петербург) жители северного региона отличаются большей консервативностью мышления в восприятии людей и событий. Население, в основном, занято выживанием и ценит то, что у них уже есть: семья, друзья, традиции. Среди различий в ментальности северных и южных регионов, эксперты отмечают определенную замкнутость северян, надежду, прежде всего, только на самого себя.

Бондинговые связи эффективны непосредственно для членов группы, однако, они могут создавать отрицательные эффекты для общества в целом, если подобные сообщества начинают преследовать собственные интересы в ущерб интересам тех, кто в эту группу не входит. Высокие показатели по уровню закрытого социального капитала могут неблагоприятным образом сказываться на социально-экономическом развитии общества. Для обеспечения экономического роста необходимо качественное изменение структуры социального капитала, что достижимо за счет повышения гражданской культуры и развития человеческого капитала.

#### ЛИТЕРАТУРА

Архангельская опорная зона в Арктике заслуживает статуса пилотной // [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <http://www.konkir.ru/news/arhangelskaya-opornaya-zona-v-arktike-zasluzhivaet-statusa-pilotnoy> (дата обращения 23.03.2019).

*Бокарева М. А.* Социальный капитал как фактор субъективного благополучия // Альманах современной науки и образования. 2012. № 2. С. 70–74.

*Полищук Л.* Порознь или сообща. Социальный капитал в развитии городов. М: Stelka Press. 2014. 35 с.

*Полищук Л.* Социальный капитал в России: измерение, анализ, оценка влияния. Доклад на семинаре «Экономическая политика в условиях переходного периода». ВШЭ. 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.hse.ru/news/science/27404804.html> (дата обращения 21.02.2019).

## **МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ**

### **MULTI-AGENT MODELING OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT PROCESSES ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE**

Маслобоев А. В.  
Masloboev A. V.

*Институт информатики и математического моделирования  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: masloboev@iimm.ru*

This study is focused on improving a decentralized environmental safety management system for the Arctic shipping routes exposed to heterogeneous factors, resulting in a high risk of natural, industrial, and socio-economic emergencies and crisis situations. The problem is especially relevant in the Russian Arctic because of the growing shipping volumes via the Northern Sea Route and other types of economic activity in the region. This study examines the information infrastructure of a multi-level distributed system for environmental safety management along the Northern Sea Route. New models and methods for a greater efficiency of the system based on sufficient information and analytical support and coordination of heterogeneous actors were proposed. The results are applicable to a new distributed safety management system for higher precision and shorter response time of the existing safety management systems at critical infrastructure sites. For data monitoring and complex environmental safety risk assessment, a multi-agent system composed of autonomous software components and an integrated simulation toolkit was developed.

Устойчивое развитие арктических регионов в значительной степени зависит от безопасности функционирования Северного морского пути (СМП), для которого характерны высокие риски возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при осуществлении транспортной и хозяйственной деятельности в Арктике. Для ряда арктических регионов СМП является единственным средством жизнеобеспечения и напрямую влияет на их продовольственную безопасность. В связи с этим, обеспечение экологической и транспортной безопасности арктических коммуникаций является актуальной задачей.

Решение данной задачи затрудняется необходимостью оперативной обработки и анализа больших объемов разноплановой информации о влиянии разнородных факторов на состояние СМП, а также координации деятельности



субъектов регионального управления и стейкхолдеров в этом районе для принятия стратегических решений. Информационный мониторинг гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки на акваториях СМП позволяет лишь частично решить эту проблему.

Для решения этой задачи на территории Арктической зоны РФ создана сеть комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России. Один из них введен в эксплуатацию в Мурманской области. Для информационно-аналитического обеспечения этих ситуационных центров в ходе исследований разработаны компьютерные модели и основанные на них программные средства поддержки принятия решений [Маслобоев, Путилов, 2016], обеспечивающие повышение эффективности оперативной управленческой деятельности субъектов региональной безопасности в Арктической зоне РФ.

В качестве тестовой задачи рассматривалась наиболее типичная для СМП ситуация, связанная с аварийными разливами нефтепродуктов на его акватории. На основе разработок [Маслобоев, Путилов, 2016] моделировался процесс координации принятия решений по ликвидации рассматриваемой чрезвычайной ситуации. Двухуровневая система управления экологической безопасностью СМП представлена сетью компьютеров, выполняющих функции управляющих центров. На каждом компьютере установлены компоненты распределенной агентной платформы и запущены программные агенты, имитирующие работу профильных ведомств, участвующих в процессах локализации чрезвычайных ситуаций рассматриваемого типа. Агенты используются для определения входных параметров моделирования и формирования оперативного контекста анализируемой ситуации. В качестве входных параметров рассматривались время суток, метеоданные (температура воздуха, давление, направление и скорость ветра), тип нефтепродуктов, координаты места разлива, масса разлива, тип судна, наличие возгорания и пострадавших.

Модель реализована с использованием агентной платформы JADE [Wooldridge, 2009] и программного имитатора Netlogo [Wilensky, Rand, 2015], образующих в совокупности среду распределенного агентного моделирования. Для тестовой задачи сгенерированы 15 программных агентов: 6 - управляющих агентов верхнего уровня (координаторы), остальные представлены подчиненными подразделениями на нижнем уровне. На основе применения модели сформировано четыре альтернативных варианта территориальных координационных комиссий ситуационного управления с учетом оперативного контекста ситуации. Для расчета оптимального количества сил и средств для ликвидации симулированной на модели чрезвычайной ситуации использованы динамические модели, предложенные в [Ямалов, 2007] и обеспечивающие учет времени реагирования, стратегии ликвидации, производительности сил, местоположения и затрат на проведение ликвидации последствий.

Эксперимент показал, что общее время на принятие решений в моделируемой ситуации, включая время на получение информации системой от диспетчера или ЛППР о типе ситуации, время на генерацию оперативного контекста ситуации, время на доопределение неизвестных параметров ситуации, а также время на согласование совместных действий и конфигурацию организационных структур управления безопасностью в рамках переговорного процесса между агентами, составило 17.6259 сек. Реальное время от поступления сигнала о возникновении чрезвычайной ситуации на акватории СМП до принятия решения для примера

с аварийным разливом нефтепродуктов занимает до 4 часов. Это время может быть в значительной мере уменьшено в режиме децентрализованного управления безопасностью СМП, который является естественным для функционирования данного объекта управления, Эффект достигается за счет использования разработанных моделей и методов координации локальных решений сетцентрического управления региональной безопасностью [Маслобоев и др., 2015].

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема НИР № 0235-2014-0008). Научное обоснование и программная реализация разработок поддержаны РФФИ (проект 18-07-00167-а).*

## ЛИТЕРАТУРА

Маслобоев А. В., Путилов В. А. Информационное измерение региональной безопасности в Арктике. Апатиты: КНЦ РАН, 2016. 222 с.

Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. Second Edition. John Wiley&Sons. 2009. 484 p.

Wilensky U., Rand W. An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo. Cambridge, MA: MIT Press. 2015. 504 p.

Ямалов И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007. 288 с.

Маслобоев А. В., Путилов В. А., Сютин А. В. Координация в многоуровневых сетцентрических системах управления региональной безопасностью: подход и формальная модель // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. № 1(95). С. 130-138.

## ЗНАЧЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН ДЛЯ МАЛОГО ГОРОДА ЗАПОЛЯРЬЯ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И СОЦИАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ

### THE IMPORTANCE OF GREEN SPACES IN SMALL ARCTIC COMMUNITIES: ENVIRONMENTAL AND SOCIAL ASPECTS

Мингалева Т. А.<sup>1</sup>, Горячев А. А.<sup>2</sup>, Мингалева Е. И.<sup>3</sup>

Mingaleva T. A.<sup>1</sup>, Goryachev A. A.<sup>2</sup>, Mingaleva E. I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт промышленных проблем экологии Севера — обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр  
Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область;

e-mail: mingalevat@mail.ru, andrej.goria4ev@yandex.ru

<sup>2</sup>МБОУ СОШ № 15, Апатиты, Мурманская область; e-mail: mingaleva2001@mail.ru

Urban green spaces represented by two urban parks in the town of the Apatity , Murmansk Region, were studied. Environmental services the town can offer its residents by supporting and developing the green infrastructure were identified. Needs of urban residents concerning the quantity and quality of urban green spaces, including park areas, were evaluated. An analysis of urban park uses, taking into account visitor age structure and activities, made it possible to describe the potential of these public spaces and to identify development areas in the nearest future. The value and high attendance of park recreation areas in all social groups were observed. Special importance of urban forest parks in the natural conditions of the Arctic was recognized. Preserving, developing, and using public green spaces were identified defined as important activities in the development of a favorable urban environment.

Исследование посещаемости парковых зон населением малого города было проведено в летне-осенний период 2018 г. Данные получены в результате натурных наблюдений на территории двух парков в городе Апатиты Мурманской области, в часы наиболее активного посещения — с 9.00 до 18.00. В выборку были включены все дни недели, для выявления различий посещаемости в будни и выходные. Инвентаризация парков позволила оценить их состояние и организацию территории.

Парковые территории невелики по площади. Центральный городской парк занимает 4 га, Пушкинский парк — 1 га. На инфраструктуру парков приходится 12–14 % всей площади, к ней относятся дорожки, площадки с лавочками, игровые детские зоны, сквер с памятником. Под пологом деревьев и кустарников расположено 70 % парковой зоны, остальные 30 % занимают световые окна над полянами. Отличия в качестве городской среды в пределах зеленых зон, делают их привлекательными для отдыха и досуга. Особенности их микроклимата заключаются в смягчении температурных перепадов, ветрового режима и инсоляции. Парковые территории наиболее предпочтительны для продолжительного отдыха, поскольку многоярусная растительность хорошо экранирует городской пейзаж, шум улиц и транспортных потоков, загрязнения воздушной среды. В парке повышается увлажненность и ионизация воздуха. Смешанный породный состав растительности обеспечивает оптимальный режим. В ряде исследований доказано положительное влияние зеленой инфраструктуры на улучшение качества городской жизни [Городские зеленые зоны..., 2017; Экология города, 2004]. Большое количество зрелых деревьев в экосистемах парков, с подростом рябины и кустарников, образующих куртины по опушкам полей, обеспечивает присутствие орнитофауны и других животных. Травяной покров с обилием цветущих растений привлекает различных насекомых. Это позволяет вести круглогодичные наблюдения за окружающим миром непосредственно в городской черте, во время ежедневных прогулок, способствует развитию познавательного процесса и общению с природой. Особенно ценны такие экологические услуги для групп городского населения с малой мобильностью. Несомненным достоинством городских парков являются их экосистемы, подобные лесным. Особую значимость они приобретают в районе, расположенном на северном пределе таежной зоны. Качество лесных массивов, окружающих город низкое, из-за высокой заболоченности территории.

Анализ данных мониторинга посещаемости парков показал, что ежедневно каждый парк принимает 600–800 человек, из них 40–50 % составляют транзитные посетители. Режим посещения зеленых зон имеет несколько суточных пиков. Общая посещаемость возрастает к середине недели. Возрастная структура посетителей представлена в широком диапазоне — от малышей до года до пожилых людей старше 80-ти лет. По характеру отдыха в парке посетители были разделены на две группы. Динамичные формы отдыха — движение различной активности от бега до прогулочного шага, использование спортивного инвентаря и приспособлений. Статичные формы отдыха — продолжительное пребывание на одном месте стоя или сидя (релаксация, размышление, наблюдение, чтение, беседа). Многие посетители парка приходят по 2–3 раза в день, чтобы получить оздоровительный эффект, в основном это пожилые люди, некоторые из них добираются из удаленных микрорайонов города и проводят в пределах лесопарковой экосистемы по несколько часов. В течение 1–2 часов гуляют в парке посетители с детьми, курсируя между игровыми площадками, полянами.

Лужайки в глубине парка предпочитают гуляющие с колясками, беседующие или читающие посетители. Транзитные посетители парка включают его территорию, как участок своего маршрута. Некоторые из них пересекают парк несколько раз в день, другие задерживаются в нем для беседы со знакомыми или для отдыха.

Текущий этап эксплуатации сложившейся зеленой инфраструктуры города, при крайне малом объеме профилактических и санитарных мероприятий в комплексных планах [Муниципальная..., 2018], требует грамотного и бережного подхода, принятия взвешенных и хорошо продуманных решений для дальнейшего успешного развития городской среды в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

Городские зеленые зоны: краткое руководство к действию. Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. Копенгаген. 2017. 24 с.

Муниципальная программа города Апатиты «Охрана окружающей среды» на 2018-2020 годы [https://apatity.gov-murman.ru/useful/strat\\_plan/programs/mun-prog-1719/](https://apatity.gov-murman.ru/useful/strat_plan/programs/mun-prog-1719/) дата обращения 21.09.2018

Экология города / под ред. А. С. Курбатовой, В. Н. Башкина, Н. С. Касимова. М.: Научный мир. 2004. 624 с.

## ЭКСПОРТ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

### EXPORTS OF FOREST PRODUCTS

Пирцхалава Н. Р., Дербин М. В.

Pirtskhalava N. R., Derbin M. V.

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Архангельская область; e-mail: nanahoroshaya@gmail.com*

In recent years, with the increase in ice melting in the Arctic, the importance of maritime logistics in the high latitudes, resource management, and research has increased. Sea ice retreat in the Arctic Ocean opens up new transportation routes. This development contributes to the growth of new trade routes, the expansion of tourism, and the optimization of the cargo logistics in the high latitudes. In this context, an experiment was carried out to describe the effects of the environmental factors on the quality of forest products during sea transportation the route Murmansk – Novaya Zemlya – North Pole – Franz Josef Land – Arkhangelsk. The cargo was carried on the atomic icebreaker 50 Let Pobedy and on the vessel Sea Spirit. Experimental samples of the forest products were collected and measured, then packed in different types of packaging materials. Upon arrival of the samples to the final destination, the Arkhangelsk Sea Port, mold was found on the samples of plywood of all grades that had developed during the week at sea, while the samples of different board types remained intact. This study found that forest product are exposed to environmental factors that affect quality. The experiment was carried out in the Arctic latitudes typical of shipping via the Northern Sea Route. Experiments on the other existing routes, including the Suez Canal, are planned.

За последние годы, с увеличением таяния льда в Арктике, повысилась важность морской логистики в высоких широтах, эксплуатации ресурсов и научных исследований. Сокращение морского льда в Северном Ледовитом океане открывает

новые маршруты транспортировки. Это развитие способствует росту новых торговых путей, расширению туризма и упрощению транспортировки грузов в высоких широтах. В качестве экспериментальной части был проведен опыт – влияние характеристик окружающей среды на качество лесной продукции при транспортировке морским транспортом по маршруту Мурманск – Новая Земля – Северный Полюс – Земля Франца-Иосифа – Архангельск. Транспортировка осуществлялась на атомном ледоколе «50 лет Победы» и на судне «Sea Spirit». С отобранными экспериментальными образцами лесной продукции были проведены тщательные замеры, после чего образцы были упакованы в разные виды пачек. В процессе морской логистической транспортировки на грузы оказывает воздействие окружающая среда – атмосферный воздух и забортная вода, которая омывает грузовые трюмы и танки судна. Влияние гидрометеорологических условий внешней среды может привести к изменению качественных показателей, в связи изменения физического и химического состава продукции. По результатам проведенных исследований можно сделать следующий вывод: лесная продукция подвержена изменениям воздействия окружающей среды при длительной транспортировке в высоких широтах, что в последующем оказывает влияние на качественные характеристики. Однако, следует учитывать расположение продукции на грузовом судне и тип пачки. С логистической точки зрения, Северный маршрут не выглядит высшей степени привлекательной экономической идеей. В ближайшее время транспортировками по нему будут пользоваться только отечественные компании, строительство ледоколов и судов вспомогательного флота, инфраструктура, обеспечение связи и навигационных систем, прокладка дорог, строительство железнодорожных дорог и портов, без которых невозможна полноценная эксплуатация северного морского пути, – очень дорогостоящий проект, на реализацию которого потребуется не одно десятилетие. Впрочем, СМП – это тот проект, развивать который нужно уже сейчас. Но основной целью должно быть не перетягивание грузов с южного маршрута и не завоевание рынков, а развитие самого пути. Именно это будет способствовать строительству инфраструктуры, организации системы связи, но самая ключевая цель – функционирование Северного морского пути станет локомотивом развития региона, потенциал которого огромен.

## **ПРАВИЛА ДЛЯ РАСЧЕТА УЩЕРБА РАСТИТЕЛЬНОМУ ПОКРОВУ ОТ ВЫПАСА ДОМАШНИХ ФОРМ ОЛЕНЕЙ НА ООПТ**

### **ESTIMATING VEGETATION DAMAGE FROM DOMESTIC REINDEER GRAZING IN PROTECTED AREAS**

Поликарпова Н. В.<sup>1</sup>, Чижов В. Е.<sup>1</sup>, Макарова О. А.<sup>1</sup>, Кравченко Н. С.<sup>2</sup>  
Polikarpova N. V.<sup>1</sup>, Chizhov V. E.<sup>1</sup>, Makarova O. A.<sup>1</sup>, Kravchenko N. S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный природный заповедник «Пасвик», Раякоски, Мурманская область;  
e-mail: polikarpova-pasvik@yandex.ru

<sup>2</sup>ООО «Мурманское землеустроительное проектно-изыскательское предприятие»,  
Мурманск, Мурманская область; e-mail: zemust@com.mels.ru

Over many years, domestic Norwegian reindeer have been migrating to the Russian side of the border in the Pasvik (Paz) River valley, including the Pasvik Nature Reserve. As a result,

damage is caused to the plants and animals on the Russian side of the border. The return of reindeer to Norway is governed by bilateral agreements, but the issue of compensation for grazing damage to the natural ecosystems on the Russian side of the border is unresolved. To solve the problem, we developed guidelines for estimating reindeer grazing damage as an attachment to the Agreement [1977]. We suggest that Russia and Norway formally sign and enact the document.

В долине трансграничной р. Паз много лет происходит переход норвежских домашних оленей на российскую территорию. В Норвегии развито оленеводство, а на прилегающей российской стороне оно отсутствует уже более 100 лет. Ситуация с оленьими пастбищами в Норвегии весьма напряженная. Не случайно домашние животные регулярно заходят на российскую сторону, где кормятся на хороших ягельниках, тем самым наносят ущерб растительности. В отношении российского заповедника «Пасвик» выпас оленей не санкционирован, поскольку согласно Федеральному закону № 33-ФЗ «Об ООПТ» [1995], выпас домашних животных в границах ООПТ запрещен. Это становится проблемой для сохранения ценных природных комплексов долины р. Паз, популяций редких видов растений и лишайников.

В течение ряда лет заповедник ведет переговоры по урегулированию вопроса. Процесс вялотекущий, поскольку норвежская сторона не мотивирована на его решение, скорее заинтересована в сохранении ситуации ввиду дефицита кормовой базы для оленей в губернии Финнмарк.

Дальнейший выпас оленей создает риск не только прямого ущерба заповеднику, но и закрепления в трансграничных природоохранных отношениях практики безнаказанности случаев пренебрежения одной из сторон интересами другой стороны. Одна из причин ситуации — устаревшая правовая база.

Согласно действующим межправительственным документам [Договор от 1949 г. о режиме советско-норвежской границы и о порядке урегулирования пограничных конфликтов и инцидентов на территории СССР и Королевства Норвегии; Соглашение от 1977 г. о взаимном возвращении переходящих государственную границу оленей], возврат оленей их владельцам возложен на Пограничные Комиссариаты России и Норвегии. Процедура длительная, и потому олени продолжают находиться на российской стороне до окончания согласования работ. После чего выгон оленей происходит с участием норвежских оленеводов, которые с помощью снегоходов и специально обученных собак собирают оленей в стада и перегоняют на норвежский берег реки. В результате, кроме повреждения деревьев и кустарников, уплотнения снега, шумового воздействия оказывается ещё и колоссальное беспокойство природным комплексам и животному населению заповедника и окрестностей. Действующие договоры предусматривают возврат домашних оленей норвежской стороне при условии возмещения ею материального ущерба от выпаса в России. Но механизм возмещения ущерба к данному Соглашению не разработан.

Подобный вопрос на границе России и Финляндии определен Соглашением об оленях [1965] и Правилами о порядке выполнения учреждениями и организациями СССР Соглашения между Правительством СССР и Правительством Финляндской Республики об оленях [1966]. Эти Правила разработаны для применения на внутри российском уровне. Правил же, регулирующих порядок компенсации выплат к российско-норвежскому

Соглашению 1977 г., до сих пор нет, даже на внутреннем уровне. Отсутствие четкой правовой базы приводит к нарушению соблюдения норм межправительственных документов, в первую очередь в ущерб экономике и национальному достоянию России — заповеднику «Пасвик» и всему Печенгскому району Мурманской области. Практика по данному вопросу между скандинавскими странами при этом имеется и действует безукоризненно.

Для решения проблемы нами впервые для российско-норвежских международных отношений разработаны Правила о порядке выполнения норм Соглашения 1977 г., в которых предложен механизм компенсации ущерба от выпаса домашних норвежских оленей, включая методику расчета размера ущерба, с учетом национальных интересов России. Документ нуждается в согласовании на международном уровне по линии межправительственных комиссий и в подписании уполномоченными официальными лицами Российской Федерации и Королевства Норвегия.

*Работа выполнена в целях реализации проекта программы Коларктик ЕС «Cross-border dialogue and Multi-use planning in the Pasvik and Grense Jakobselv river catchments» (MUP, КО1110, «Трансграничный диалог и многофункциональное планирование в бассейнах рек Паз и Воряема (Гренсе-Якобсэльв))»).*

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ НОРВЕЖСКОЙ ГЛУХОЙ ПЛОТИНЫ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ПАСВИК» — УГРОЗЫ И РИСКИ**

### **RECONSTRUCTION OF THE NORWEGIAN DAM LILLE MENIKKA IN THE PASVIK RESERVE: THREATS AND RISKS**

Поликарпова Н. В., Чижов В. Е., Трусова М. Г.  
Polikarpova N. V., Chizhov V. E., Trusova M. G.

*Государственный природный заповедник «Пасвик», Раякоски, Мурманская область;  
e-mail: polikarpova-pasvik@yandex.ru*

Five Russian hydroelectric dams and two Norwegian dams were built on the Pasvik River on the border between Russia and Norway. In 2019, the reconstruction of the Norwegian dam Lille Menikka (Glukhaya Dam) within the boundaries of the Pasvik State Nature Reserve will start. The project was approved by the two governments in 1957 and 1963, before the Pasvik Reserve was established in 1992. Reconstruction of the dam will affect the terrestrial and aquatic ecosystems of the reserve. Negotiations are underway between Norway and Russia. The reconstruction project is subject to state environmental impact assessment in Russia. The Bilateral Agreement on the State Border between Russia and Norway (1949) needs to be amended taking into account the existence of the Pasvik Reserve and Russian environmental standards.

В 1950-70-х гг. на пограничной реке Паз построено семь ГЭС, пять российских и две норвежских. Российская ГЭС «Хевоскоски» примыкает к югу заповедника «Пасвик», норвежские станции «Скугфосс» и «Мелькефосс» находятся в северной части заповедника. Регулирование уровня воды в р. Паз определяется межправительственным соглашением о регулировании оз. Инари посредством ГЭС и плотины Кайтакоски (1959). В 1992 г. здесь образован

заповедник «Пасвик». Этот факт за 25 лет существования заповедника не нашел отражения в международных соглашениях, определяющих порядок разрешения вопросов на границе между Россией и Норвегией. В последние годы происходят резкие колебания уровня воды в реке, негативно отражающиеся на нересте рыб, гнездовании птиц и повреждении инфраструктуры ООПТ.

На основании Протокола о взаимном предоставлении земельных участков [1963] и Соглашения между СССР и Норвегией об использовании гидроресурсов реки Паатсо-Йоки [1957], территории заградительной дамбы «Меникка» (Lille Menikka, Глухая плотина) и плотины «Скугфосс» (при ГЭС), отданы в безвозмездное пользование Норвегии. В настоящее время Глухая плотина находится внутри территории заповедника «Пасвик» и подъездные пути к ней идут от ГЭС «Скугфосс» через заповедник.

Плотина принадлежит компании «Пасвик Крафт», построена в 1963-64 гг., полностью перекрывает р. Мениккайоки (рукав р. Паз). В 1987 г. дренажные трубы в теле плотины заросли корнями ивы, тогда проведена последняя реконструкция. В 2007 г. дамба прошла технический осмотр. В 2015 г. «Пасвик-Крафт» получила указание Правительства Норвегии поднять уровень плотины на 1.5 м для повышения безопасности. Реконструкция Глухой плотины будет идти первым этапом с 2019 г., а плотины ГЭС «Скугфосс» вторым, при этом каждый этап требует отдельного согласования с Минприроды России.

В 2017 г. материалы «Скугфосс ГЭС. Реконструкция плотин Скугфосс и Меникка. Детальные планы по использованию окружающей среды и ландшафта» рассмотрены российской стороной, сделаны рекомендации для доработки проекта в соответствии с требованиями российского законодательства. Отмечено, что производство работ возможно только при прохождении процедуры государственной экологической экспертизы, поскольку Глухая плотина находится полностью на территории заповедника и следует соблюдать особую осторожность [№174-ФЗ от 23.11.1995 «Об экологической экспертизе», ст. 11, п. 7.1].

В ноябре 2018 г. в визит-центре заповедника в Никеле прошла двусторонняя встреча по обсуждению реконструкции Глухой плотины и плотины «Скугфосс». Российская сторона выразила беспокойство в связи с перевозкой и хранением строительных материалов, возможными разливами нефтепродуктов, шумом, колебаниями уровня воды в рр. Паз и Мениккайоки и др. Норвегия намерена использовать в России специальные площадки для складирования камня, парковки транспорта и технологического помещения для рабочих. Планируется снятие почвенно-растительного покрова толщиной 20 см (около 300 м<sup>3</sup>) с поверхности Глухой плотины и его перемещение в другое место. Максимальное понижение уровня воды в р. Паз на период реконструкции достигнет 0.8 м, работы начнутся после 10 июля и займут около восьми недель. Забор камня в карьере на норвежской стороне составит около 28 тыс. м<sup>3</sup>. Это соответствует примерно 2 тыс. въездов на грузовом автомобиле на российскую сторону по территории заповедника в зимний период.

Заповедник представил факты о колебаниях уровня воды в р. Паз и последствиях. Норвежская сторона согласилась, что негативные последствия влияния работы ГЭС имеют место. Протокол встречи направлен в Минприроды России для дальнейшего перенаправления в Директорат по водным ресурсам через Посольство Королевства Норвегии в РФ. Вопросы о реконструкции дамбы и внесении изменений в Договор о советско-норвежской границе [1949]



включены в повестку дня очередного заседания Российско-Норвежской межправительственной комиссии по охране окружающей среды, которое пройдет 18-19 февраля 2019 г. в Москве.

*Работа выполнена в целях реализации проекта программы Коларктик ЕС «Cross-border dialogue and Multi-use planning in the Pasvik and Grense Jakobselv river catchments» (MUP, КО1110, «Трансграничный диалог и многофункциональное планирование в бассейнах рек Паз и Воряема (Гренсе-Якобсэльв)»).*

## **ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ В РАЙОНАХ СЕВЕРА И АРКТИКИ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

### **STATE MANAGEMENT OF FORESTS IN THE NORTH AND THE ARCTIC: ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PERFORMANCE**

Харитонов Г. Н.

Kharitonova G. N.

*Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской  
академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: Kharitonova@iep.kolasc.net.ru*

We analyzed the performance of modern state forest management in the Arctic territories of Russia and the new forest management regulations. The target indicators in the national project Ecology – Forest Conservation and the targets of the State Policy Principles for the management, conservation, protection, and regeneration of forests in the Russian Federation until 2030 were used as environmental performance indicators. Measures are proposed to improve all levels of forest management in the Russian Arctic.

В соответствии с возросшими экологическими требованиями к управлению лесами в мире, в частности, по адаптации лесов к изменению климата, цель «сохранение и восстановление экологического потенциала лесов» установлена как одна из важнейших в Основах государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г. [Распоряжение..., 2013].

Для достижения соответствия прогрессивным тенденциям в управлении лесным сектором в мире, в том числе и по обеспечению экологически ориентированных управленческих решений по реализации планируемой хозяйственной деятельности, сегодня снова актуально внесение изменений в модель государственного управления лесами.

Современная модель государственного управления лесами отражает уровень развития рыночных и федеративных отношений в нашей стране. Она формировалась в ходе реформ государственного управления и государственного строительства в течение 27 лет новейшей истории страны. Ее основными чертами являются следующие: во-первых, совместное управление лесами, то есть их правовое регулирование входит в компетенцию органов государственной власти и федерации, и ее субъектов, что означает разделение между ними и доходов от использования лесов, и полномочий по их сохранению. Во-вторых, в связи

с делением земель России на категории по целевому назначению, все земли категории «лесной фонд» находятся в федеральной собственности, а в собственности субъектов федерации и муниципалитетов могут находиться только леса, расположенные на других категориях земель. Особенностью северных субъектов федерации и муниципалитетов является тот факт, что эта категория земель преобладает среди других. Отсюда следует, что в сложившейся двухуровневой системе государственного управления лесами основная роль и полномочия принадлежат федеральным органам власти [Лесной кодекс, 2006]. Начиная с 2006 г., федеральный регулятор делегирует часть полномочий по сохранению лесов органам власти субъектов федерации. В течение последних лет количество этих полномочий постоянно увеличивалось, и сегодня оно сравнимо с количеством полномочий федерального регулятора, которым является Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз) [Оценка..., 2019]. Контроль расходования федеральных средств ужесточился до такой степени, что высшее должностное лицо субъекта федерации не может без разрешения Рослесхоза назначить чиновника на должность соответствующего регионального органа исполнительной власти.

Несмотря на это, региональные органы исполнительной власти повсеместно не выполняют в полном объеме делегированные им полномочия [Харитонов, 2015]. По оценке эффективности осуществления переданных полномочий, проведенной Рослесхозом РФ в 2017 г., в регионах, расположенные в арктической зоне РФ, группы с ее «низким уровнем» преобладают, с «высоким уровнем» — отсутствуют. Наиболее низкая эффективность деятельности отмечается по лесовосстановлению и лесоразведению, которым принадлежит важнейшая роль в поддержании экологических функций лесов.

Одна из основных причин низкой эффективности выполнения переданных полномочий обусловлена отсутствием у регионов достаточного объема материальных ресурсов. Поэтому экологически ориентированным результатом реализации федерального проекта «Сохранение лесов» в 2024 г. должно стать «оснащение учреждений, выполняющих мероприятия по воспроизводству лесов, на 70 % от потребности в основной специализированной технике и оборудовании для проведения комплекса мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению и создание запаса лесных семян для лесовосстановления на всех участках вырубленных и погибших лесных насаждений до 360 тонн» [Паспорт..., 2018].

В настоящее время Рослесхоз также разработал законопроект о передаче полномочий по лесоустройству на федеральный уровень, скорее всего, их получит подведомственное ему федеральное бюджетное учреждение «Рослесинфорг», которое уже сегодня имеет 37 филиалов, но пока не охватывает ими все регионы страны, например, Мурманскую область.

По нашему мнению федерализация полномочий по лесоустройству будет способствовать повышению экологической эффективности сохранения северных и арктических лесов. Как известно, их особенностью является высокая доля защитных лесов, а среди них – расположенных на особо охраняемых природных территориях и ценных, например, старовозрастных северо-таежных и особо защитных участков лесов. Многие из этих лесов сегодня не имеют проектов, их границы не определены на местности, что может привести к негативным

последствиям в связи с активной реализацией транспортного и промышленного строительства на территории арктической зоны России.

В докладе будет дана оценка последствий других новел лесного законодательства для повышения экологической эффективности государственного и муниципального управления в лесорастительных зонах и в лесных районах Арктической зоны страны.

#### ЛИТЕРАТУРА

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 03.08.2018 г.) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019 г.). [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/). (дата обращения 20.06.2018).

Оценка эффективности переданных полномочий. Федеральное агентство лесного хозяйства Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: [http://rosleshoz.gov.ru/activity/monitoring/reference\\_and\\_analytical\\_information/evaluation](http://rosleshoz.gov.ru/activity/monitoring/reference_and_analytical_information/evaluation). (дата обращения 20.06.2018).

Паспорт национального проекта "Экология". Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/medialibrary/5e7/ecology.pdf>. (дата обращения 20.06.2018).

Распоряжение Правительства РФ от 26.09.2013 г. № 1724-р «Об утверждении Основ государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_152506/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152506/). (дата обращения 20.06.2018).

*Харитонов Г. Н.* Передача полномочий северным субъектам федерации в сфере природопользования: плюсы и минусы (на примере Мурманской области) // Актуальные проблемы экономики и управления: сборник статей Третьей заочной Всероссийской научно-практической конференции (г. Екатеринбург, 5-6 октября 2015 г.). Екатеринбург: УГТУ. 2015. С. 185–192.

**СЕКЦИЯ 8. Человек в условиях Крайнего  
Севера: медицинские и физиологические  
аспекты**

**SESSION 8. Human survival in the high latitudes:  
health and physiology**

**АДАПТАЦИОННЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ СОМАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ  
У ЮНОШЕЙ-АБОРИГЕНОВ И УКОРЕНЕННЫХ ЕВРОПЕОИДОВ —  
ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ**

**ADAPTATION CHANGES IN SOMATOPHYSIOLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF THE MORPHOFUNCTIONAL STATUS  
OBSERVED IN MALE ABORIGINALS AND NORTH-BORN CAUCASIANS  
RESIDING IN RUSSIA'S NORTHEAST**

Аверьянова И. В.

Averyanova I. V.

*НИЦ «Арктика» ДВО РАН, Магадан, Магаданская область; e-mail: Inessa1382@mail.ru*

Comparative studies of the indicators of physical development, cardiovascular system, and biochemical profile (carbohydrate and lipid metabolism) were carried out among aboriginal and Caucasian young males residing in Magadan Region. It was found that the main trends of physical development typical of young males in Magadan Region are growth acceleration, as well as asthenia and somatotype disharmony against the background of convergence in the main physical development indicators among representatives of the two ethnic groups (Caucasians and natives). Over the past 10 years, an increase in the systolic and diastolic blood pressure indices has been observed, with the formation of the prehypertensive tendency. Young males in the two examined ethnic groups have proved to develop their functional borders of adaptive metabolic rearrangements characterized by reduced lipid metabolism indicators against the background of elevated blood glucose (25-27 % higher than the normal range in the sample). This trend is mostly caused by irrational nutrition resulting in low proportion of proteins, fats, pronounced vitamin and microelement deficit, imbalance in fatty acids, inadequate fiber intake against the background of high mono- and di- carbohydrates in the diet with a reduced energy value of daily calory intake.

Проведены сравнительные исследования морфофункционального состояния юношей из числа аборигенов и европеоидов, проживающих на территории Магаданской области. Сравнительный анализ морфофункциональных показателей выявил наличие различий лишь по некоторым соматометрическим характеристикам (длина тела, общее содержание жира в организме, окружность грудной клетки), что в целом отдаляют их от классического соматотипа представителей «арктического адаптивного типа» и приближают по телосложению и морфофункциональному статусу к укорененным юношам–европеоидам северо-востока России. Функциональный статус сердечно-сосудистой системы имеет выраженную направленность к увеличению систолического и диастолического артериального давления, относительно юношей, проживающих в центральных регионах России, что позволяет говорить о раннем формировании предгипертензионного состояния [Аверьянова и др., 2017]. Установлено, что для современных юношей, как из числа аборигенов, так и европеоидов г. Магадана основными тенденциями физического развития является продолжающаяся акселерация ростовых процессов, астенизация и дисгармонизация соматотипа. Выявлено, что за последние 10 лет отмечается увеличение показателей систолического и диастолического артериального давления. Установленные нами изменения показателей кардиогемодинамики на фоне ухудшения физического развития и продолжающейся астенизацией соматотипа

оказались в большей степени выражены у юношей, родившихся в 90-х годах прошлого столетия, когда пресс экстремального влияния природно-климатических и социально-экономических факторов Севера был наиболее выраженным и оказывал негативное воздействие на функциональные системы, начиная с перинатального и последующих периодов онтогенеза организма уроженцев-европеоидов постоянных жителей Магаданской области [Аверьянова, Максимов, 2016].

Показано, что у обследуемых нами юношей, как из числа аборигенов, так и укорененных европеоидов, происходит формирование своих функциональных границ адаптивных перестроек метаболического профиля, характеризующихся сниженными показателями липидного обмена (общего холестерина, холестерина липопротеидов низкой и высокой плотности, триглицеридов) на фоне повышенного содержания глюкозы в крови (с превышением нормативного диапазона у 25–27 % в выборке), что противоречит представлениям о «полярном метаболическом типе». При этом низкие значения показателей липидограмм на фоне гипергликемических проявлений наблюдаются у юношей вне зависимости от их этнической принадлежности [Аверьянова, Максимов, 2018]. Выявлена сезонная динамика перестроек исследуемых величин метаболического профиля в группе юношей-аборигенов, тогда как в группе европеоидов аналогичной тенденции отмечено не было. Наличие сезонной биоритмики на Севере является адекватным адаптационным приспособлением организма, сформировавшимся и закрепленным в процессе эволюции у разных аборигенных популяций [Аверьянова, Максимов, 2017]. Установлено, что фактическое питание молодых жителей Магаданской области характеризуется низкой долей белков, жиров, выраженным дефицитом витаминов и микроэлементов, нарушением соотношения жирных кислот, недостаточным потреблением клетчатки на фоне высокой доли ди- и моноуглеводов в рационе питания при сниженной энергетической ценности суточного калоража. Анализ усредненного рациона питания студентов из группы европеоидов показал, что у них соотношение белков, жиров, углеводов составляло: 17:20:63 %, при среднем уровне калорий 2028.8 ккал/сутки. Из этого следует, что абсолютное покрытие энерготрат организма происходит за счет углеводов, при этом уровень простых углеводов на основе моно- и дисахаридов составлял в рационе 42 %. Еще больший сдвиг в сторону углеводного рациона отмечался у аборигенов; так, соотношение белков, жиров, углеводов у них составляло: 16:13:71 % при 2310.5 ккал/сутки. Такой тип питания является углеводным, что весьма сильно отличает его от белково-липидного, «полярного метаболического типа», что было ранее характерно для аборигенного населения Севера с традиционным жизненным укладом. Полученные результаты указывают на то, что в питании обследованных молодых людей нарушены такие основные принципы его рациональности как энергетическая обеспеченность рациона и сбалансированность по микро- и макронутриентам, что также может являться причиной гипергликемических проявления углеводного обмена [Аверьянова, 2018; Аверьянова, Максимов, 2017].

## ЛИТЕРАТУРА

*Аверьянова И. В.* Макронутриентный состав и энергетическая ценность рациона питания студентов Северо-Восточного государственного университета // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2018. Т. 8. №. 3. С. 198–210.

*Аверьянова И. В., Максимов А. Л.* Перестройки гемодинамики и морфофункциональных показателей на протяжении 10 лет у юношей магаданской области// Экология человека. 2016. № 8. С.8–14.

*Аверьянова И. В., Максимов А. Л.* Сезонная динамика основных показателей липидного и углеводного обмена у студентов аборигенов и европеоидов Северо-Востока России// Клиническая лабораторная диагностика. 2017. № 3. С. 140–146.

*Аверьянова И. В., Вдовенко С. И., Максимов А. Л.* Оценка влияния условий среды обитания на состояние организма юношей 17-19 лет разных этнических групп Северо-востока России// Гигиена и санитария. 2017. № 8. С. 766–769.

*Аверьянова И. В., Максимов А. Л.* Характеристика липидно-углеводного обмена и структуры питания у аборигенов и европеоидов, жителей различных регионов Северо-Востока России // Клиническая медицина. 2018. № 6. С. 65–72.

**СООТНОШЕНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО ПУЛА РЕЦЕПТОРОВ  
И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙТРОФИЛЬНЫХ  
ГРАНУЛОЦИТОВ У ЖИТЕЛЕЙ ПОСЕЛКА РЕВДА  
(МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**RELATIONSHIP OF THE EXTRACELLULAR RECEPTOR POOL AND  
FUNCTIONAL ACTIVITY OF NEUTROPHIL GRANULOCYTES IN THE  
RESIDENTS OF THE TOWN OF REVDA (MURMANSK REGION)**

Балашова С. Н., Самодова А. В., Добродеева Л. К.  
Balashova S. N., Samodova A. V., Dobrodeeva L. K.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: ifpa-svetlana@mail.ru*

This paper presents the results of a study of the relationship between the extracellular receptor pool and the functional activity of neutrophils in residents of the town of Revda in Murmansk Region. 88 people, 74 women and 14 men, aged between 21 and 55 years, took part in the study. The initial database records were classified into samples with low and high levels of free intercellular adhesion molecules of sL-selectin, sCD54; free receptors of transferrin sCD71, calcium dependent protein cell adhesion sCD324, apoptosis protein sAPO-1/Fas, and sFasL ligand. It was found that an increase in sL-selectin and sCD54, as well as sCD71, is combined with the activation of migration processes and an increase in the concentration of neutrophil granulocytes, namely, functionally active segmented neutrophils. The accumulation of sFasL and sAPO/Fas is associated with a decrease in neutrophil phagocytic activity and phagocytosis intensity.

Свободные формы рецепторов, в том числе и молекул адгезии, способны взаимодействовать с мембранными лигандами, блокировать клеточные контакты, подавлять миграцию и рециркуляцию клеток, ограничивая тем самым уровни межклеточного взаимодействия в иммунном ответе [Новиков, 1996; Новиков и др., 2008]. Работ по изучению значимости внеклеточного пула на содержание и функциональную активность нейтрофильных гранулоцитов фактически нет. Известно, что sL-селектин действует как межклеточная сигнальная молекула, способная активировать другие молекулы адгезии – интегрины, пептиды суперсемейства иммуноглобулинов, играет ведущую роль в осуществлении

быстрых и эффективных иммунных ответов, опосредуя взаимодействия лейкоцитов с сосудистым эндотелием [Seidelin et al., 2009]. Целью работы является изучение соотношения внеклеточного пула рецепторов и функциональной активности нейтрофилов у жителей пос. Ревда Мурманской области.

Обследованы 88 жителей пос. Ревда: 74 женщины и 14 мужчин, в возрасте от 21 до 55 лет. В сыворотке крови определяли содержание межклеточных молекул адгезии sL-селектина, sCD54; свободных рецепторов к трансферрину sCD71, кальций-зависимого белка клеточной адгезии sCD324, а также белка (sAPO/Fas) и лиганда к апоптозу (sFasL) методом иммуноферментного анализа на автоматическом иммуноферментном анализаторе «Evolis» фирмы «Bio-RAD» (Германия). Комплекс иммунологического исследования включал изучение гемограммы, фагоцитарной активности нейтрофильных лейкоцитов периферической крови. Исходные значения в базе данных были разделены на выборки с низким и высоким содержанием внеклеточного пула рецепторов. Статистический анализ результатов исследования проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica 10.0» («StatSoft», США).

Увеличение содержания свободных межклеточных молекул адгезии sL-селектина (с 4.76 до 12.36 нг/мл) и sCD54 (с 133.46 до 290.88 нг/мл) и свободного рецептора к трансферрину sCD71 (с 1.19 до 3.49 мкг/мл) сочетается с увеличением концентрации циркулирующих нейтрофилов (с  $3.73 \pm 0.35$ ,  $2.91 \pm 0.22$  и  $3.06 \pm 0.44 \times 10^9$  кл/л до  $5.42 \pm 0.24$ ,  $3.96 \pm 0.14$  и  $4.42 \pm 0.62 \times 10^9$  кл/л), а именно функционально активных сегментоядерных нейтрофилов без сдвига влево. При повышении концентраций кальций-зависимого белка клеточной адгезии sCD324 (с 0.19 до 0.82 нг/мл), лиганда к апоптозу sFasL (с 0.01 до 0.33 нг/мл) и белка sAPO/Fas (с 44.79 до 75.01 пг/мл) не выявлено различий в содержании нейтрофильных гранулоцитов. Однако накопление sFasL и sAPO/Fas ассоциировано со снижением фагоцитарной активности нейтрофилов с  $55.45 \pm 1.43$  и  $58.22 \pm 2.44$  % до  $51.50 \pm 1.36$  и  $52.50 \pm 2.57$  %, и интенсивности фагоцитоза с  $6.26 \pm 0.25$  до  $5.20 \pm 0.24$  ед/кл в случае повышения sAPO/Fas. Фагоцитоз является энергозатратным механизмом защиты, поэтому используется в исключительных случаях.

Таким образом, увеличение свободных межклеточных молекул адгезии sL-селектина и sCD54, а также свободного рецептора к трансферрину sCD71 сочетается с активизацией миграционных процессов с увеличением концентрации нейтрофильных гранулоцитов, оказывающих влияние на процессы клеточной кооперации и координации иммунной реакции.

*Работа выполнена в рамках госзадания «Роль внеклеточного пула молекул адгезии и коротких пептидов в формировании и исходе адаптивных реакций человека на изменение светового режима» (№АААА-А17-117033010123-0).*

## ЛИТЕРАТУРА

Новиков В. В., Караулов А. В., Барышников А. Ю. Растворимые формы мембранных белков клеток иммунной системы. М. 2008. 256 с.

Новиков В. В. Растворимые формы дифференцировочных антигенов гемопоэтических клеток // Гематология и трансфузиология. 1996. № 6. С. 40–43.

Seidelin G. B., Vainer B., Horn T., Neilsen O. N. Circulating L-selectin levels and enthalial CD 34 Expression in Inflammatory Bowel Disease // J. of Gastroenterology. 2009. N. 10. P. 1854–1859.



**СООТНОШЕНИЕ ИНДЕКСА МАССЫ ТЕЛА, ГОРМОНОВ  
ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ, АДИПОНЕКТИНА И  
КОРОТКОЦЕПОЧЕЧНЫХ НАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ  
У АБОРИГЕННОГО И МЕСТНОГО НАСЕЛЕНИЯ АРКТИКИ**

**A CORRELATION OF THE BODY MASS INDEX, PANCREATIC  
HORMONES, ADIPONECTIN, AND SHORT-CHAIN SATURATED FATTY  
ACIDS IN THE ABORIGINAL AND LOCAL ARCTIC RESIDENTS**

Бичкаева Ф. А.  
Bichkayeva F. A.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: fatima@fciarctic.ru*

In order to assess the correlation of body mass index (BMI), adiponectin levels, and pancreatic hormones with short-chain fatty acid (SC FA) in the aboriginal and non-aboriginal residents of the Arctic, 91 nomadic (NP), 140 settled (SP) aboriginal individuals, and 176 local Russians (LR) were examined. Under empty stomach conditions, in NP and SP, compared to LR, significantly increased blood levels of capron (C6:0), caprylic (C8:0), pelargonic (C9:0), decanoic (C10:0), undecyl (C11:0) acids were found. That was combined with decreased levels of insulin, adiponectin, increased proinsulin level (especially in SP) and a BMI; at the same time, there was an increase in insulin levels and a decrease in adiponectin in LR. The discovered patterns in the nomadic and settled aboriginal residents are connected with changes in the aboriginal lifestyle and the a shift to a settled lifestyle.

Взаимодействие адипонектина (Адип), гормонов поджелудочной железы (ПЖ) и короткоцепочечных насыщенных жирных кислот (КЦ ЖК) заслуживает особого внимания. Предполагается, что адипонектин способен улучшать чувствительность к инсулину, липидный спектр, оказывать ангиопротективный эффект. Возможно, снижение этого адипокина и гормонов ПЖ в сочетании с индексом массы тела (ИМТ) является прогностическим фактором риска развития метаболически обусловленных заболеваний [Weiss et al., 2004; Rothenbacher et al., 2005], изучение данной проблемы актуально не только на севере, но и во всем мире.

Цель исследования – оценить взаимосвязь уровня адипонектина, гормонов ПЖ с содержанием КЦ ЖК у аборигенного и местного населения Арктики.

Обследовано 407 человек – аборигенное (ненцы и коми, 231 чел., из них кочующие – 91 и оседлые – 140) и неаборигенное (местные русские — 176 чел.) население Ненецкого и Ямало-Ненецкого автономных округов, возрастом 25–60 лет. Кровь брали утром натощак с согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинской Декларации [2000].

Методом газожидкостной хроматографии на газовом хроматографе Agilent 7890А с предварительной экстракцией липидов из плазмы крови и последующим получением метиловых эфиров ЖК определяли содержание КЦ ЖК — капроновой (C<sub>6:0</sub>), каприловой (C<sub>8:0</sub>), пеларгоновой (C<sub>9:0</sub>), декановой (C<sub>10:0</sub>) и ундециловой (C<sub>11:0</sub>) кислот. Количественный расчет уровня КЦ ЖК проводили методом внутреннего стандарта (монодекановая кислота) в программе «Agilent Chem Station B.03.01» (USA). Уровни инсулина (Инс), проинсулина (ПроИнс) и

адипонектина определяли с использованием коммерческих наборов DRG, ELISA (США). Статистическую обработку проводили с помощью компьютерного пакета прикладных программ SPSS 13.0. Проведен корреляционный (по Tau-Kendal) и многофакторный дисперсионный анализ (в качестве независимых переменных (факторов) были выбраны: возраст, пол, ИМТ гормоны ПЖ (Инс, ПроИнс) и Адип, а зависимыми - КЦ ЖК). Значимое влияние межгрупповых эффектов отмечалось при статистическом уровне различий  $p \leq 0.05$  [Наследов, 2008].

Частота встречаемости избыточной массы тела у оседлых (ОА) и кочующих аборигенов (КА) была выше (51 и 45 %), чем у местных русских (МР) (40 %). Значимо повышенные уровни С<sub>6:0</sub>, С<sub>8:0</sub>, С<sub>9:0</sub>, С<sub>10:0</sub> и С<sub>11:0</sub> КЦ ЖК были зарегистрированы у КА и ОА по сравнению с МР ( $p=0.000$ ;  $p=0.002$ ,  $p=0.000$ ;  $p=0.009$ ;  $p=0.004$ ;  $p=0.000$ ). В содержании Адип достоверных различий между группами не отмечено, а его значения смещены к нижней границе общепринятой нормы (ОПН), особенно у МР (24.0 %), затем у КА (22.15 %) и у ОА (14.85 %). Уровень Инс у КА и ОА был значимо ниже МР ( $p=0.005$ ;  $p=0.000$ ) и смещен к нижней границе нормы. Значимое повышение содержания ПроИнс отмечено у ОА по сравнению как с КА ( $p=0.05$ ), так и с МР ( $p=0.005$ ) и его значения смещены к верхней границе ОПН. Корреляционный анализ показал значимые отрицательные и положительные взаимосвязи между рассматриваемыми гормонами и КЦ ЖК во всех группах аборигенов. У КА регулирующая роль в обеспечении КЦ ЖК принадлежит инсулину и адипонектину: Инс-С<sub>6:0</sub>,  $r=-0.36$ ,  $p=0.05$ ; Инс-С<sub>8:0</sub>,  $r=-0.33$ ,  $p=0.05$ ; Адип-С<sub>6:0</sub>,  $r=0.42$ ,  $p=0.01$ ; Адип-С<sub>8:0</sub>,  $r=-0.33$ ,  $p=0.05$  и, в меньшей степени, проинсулину: С<sub>6:0</sub>-ПроИнс,  $r=0.39$ ,  $p=0.01$ . У ОА наибольшее влияние на КЦ ЖК оказывали инсулин, адипонектин: Инс-С<sub>8:0</sub>,  $r=-0.24$ ,  $p=0.05$ ; Инс-С<sub>11:0</sub>,  $r=-0.24$ ,  $p=0.05$ ; Адип-С<sub>8:0</sub>,  $r=0.31$ ,  $p=0.01$ ; Адип-С<sub>11:0</sub>,  $r=0.22$ ,  $p=0.05$  и, в меньшей степени, проинсулин: ПроИнс-С<sub>11:0</sub>,  $r=-0.24$ ,  $p=0.05$ . У МР значимых взаимосвязей между КЦ ЖК и гормонами не установлено. Выявленные изменения свидетельствуют о неблагоприятных тенденциях, способствующих формированию риска развития, ранее несвойственных для коренного населения, метаболически обусловленных заболеваний и может быть связано как с изменением образа жизни, так и характера питания.

Наибольшее статистически значимое влияние на КЦ ЖК у КА оказывали факторы «ИМТ\*Инс», «ИМТ\*Адип» с величиной эффекта от  $\eta^2=0.90$  до  $\eta^2=0.96$  ( $p=0.002-0.005$ ) и, менее значимое, «Инс», «ПроИнс», «Адип» (от  $\eta^2=0.63$  до  $\eta^2=0.70$ ;  $p=0.022-0.036$ ); у ОА — «возраст», «возраст\*ИМТ\*Инс», с величиной эффекта от  $\eta^2=0.80$  до  $\eta^2=0.98$  ( $p=0.02-0.003$ ), а у МР — не отмечено значимого влияния рассматриваемых гормонов.

*Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ФГБУН ФИЦКИА РАН (№АААА-А15-115122810187-7).*

## ЛИТЕРАТУРА

Weiss R., Dziura J., Burgert T. S. et al. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. // The New England Journal of Medicine. 2004. V. 350. № 23. P. 2362–2374.

Rothenbacher D., Brenner H., Marz W., Koenig W. Adiponectin, risk of coronary heart disease and correlations with cardiovascular risk markers. // European Heart Journal. 2005. V. 26. № 16. P. 1640–1646.

Наследов А. Д. SPSS 15.0 Профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер. 2008. 416 с.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИНСУЛИНА И ГЛЮКОЗЫ У ЛИЦ ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА АРКТИКИ РОССИИ

### A COMPARATIVE STUDY OF PROINSULIN AND GLUCOSE IN MATURE RESIDENTS OF THE RUSSIAN ARCTIC

Бичкаев А. А.

Bichkaev A. A.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: baa29my15@yandex.ru*

Proinsulin (ProIns) is one of the indicators of the functional activity of the pancreas. Disruption of the conversion process of proins to insulin (ins) can lead to a change in the proinsulin / insulin ratio and, as a consequence, to hyperglycemia. A total of 510 mature individuals aged 22-35-, 36-45-, and 46-60 years in the subarctic (PR) and Arctic region (AR) were examined. The lowest level of ProIns was found in the groups 22-35 PR and 46-60 AR, at the same time, in the groups 36-45 and 46-60 AR, it was significantly lower than in the PR group. The percentage of individuals with a level of proinsulin above the norm in the age group 36-45 was 26.32 % and 4.44 %, and in the age group 46-60 14.08 % and 4.92 %, and in PR was higher than in AR. The proinsulin / insulin ratio in all age groups of PR and AR exceeded the norm and the share of individuals with an elevated ratio was in the group 22-35 54.29 % versus 74.19 %, in the group 36-45 68.42 % versus 57.30 %, and in the group 46-60 83.10 % versus 61.45 %. This, in our opinion, is associated with the risk of type 2 diabetes in individuals in both regions, especially in AR 22-35 years old and PR 46-60 years old. The observed changes in the levels of proinsulin are combined with an age-related increase of the glucose level.

Секреция проинсулина значительно увеличивается при инсулинорезистентности и сахарного диабета типа 2 (СД2), а увеличение соотношения проинсулин/инсулин связывают с нарушением преобразования проинсулина в инсулин, что также влечет за собой непропорциональную выработку проинсулина и инсулина и является ранним маркером дисфункции  $\beta$ -клеток поджелудочной железы (ПЖ) и инсулинорезистентности [Kahn, Halban, 1997; Таранов, 2002; Scheen, 2005; Бичкаева, 2008].

Цель исследования — оценить содержание проинсулина и уровень глюкозы в сыворотке крови у лиц зрелого возраста приарктического региона (ПР) и арктического региона (АР).

Обследовано 144 жителей приарктического региона (г. Архангельск, пос. Коноша и Пинега, с. Рикасиха) в возрасте от 22 до 60 лет: 35 чел. 22-35-, 38 чел. 36-45- и 71 чел. 46-60 лет и 366 жителей арктического региона (Ненецкий округ — пос. Нельмин-Нос, Несь, Совполье, Соянское и Ямало-Ненецкий округ — г. Надым, пос. Тазовский, Толька, Красноселькуп; с. Сеяха, Ныда, Нори, Гыда, Газ-Сале, Антипаюта): 93 чел. 22-35-, 90 чел. 36-45- и 183 чел. 46-60 лет. С согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований [Этические..., 2000] утром натощак из локтевой вены взята кровь. В сыворотке крови спектрофотометрическим методом на биохимическом анализаторе «FURUNO» определен уровень глюкозы (Глю) с помощью наборов «Chronolab AG», Швейцария и иммуноферментным методом на фотометре Stat Fax 303 (Awareness, США) определен уровень проинсулина (ПроИнс) с помощью наборов «DRG, Германия». За норму

принимались предлагаемые нормативы для соответствующих тест-наборов. Статистическую обработку данных, распределение показателей, определение границ нормального распределения проводили с использованием программ SPSS 13.0 и Statistica 5.0. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принимался за 0.05.

Величина — уровня Глю в сыворотке крови у лиц ПР и АР зрелого возраста (22–35-, 36–45-, 46–60 лет) соответствует значениям нормы (3.9–6.1 ммоль/л), но у 22–35-, 36–45-летних жителей ПР значимо выше АР ( $p=0.015$ ,  $p=0.010$ ). Вместе с тем, с возрастом у лиц ПР относительно 22–35-летних установлены тенденции ее повышения у 36–45-летних ( $p=0.073$ ) и статистически значимое повышение у 46–60-летних ( $p=0.009$ ), а у лиц АР значимое повышение как относительно 22–35-, так и 36–46-летних ( $p=0.001$ ,  $p=0.001$ ,  $p=0.001$ ). Процент лиц с уровнем Глю ниже нормы с возрастом в ПР не изменился (от 6.13 до 5.38 %), а в АР отмечено повышение (от 6.13 до 9.92 %). При этом процент лиц с уровнем Глю выше нормы, наоборот, в ПР снижался (от 16.38 до 9.33 %), а в АР повышался (от 5.08 до 12.33 %). Вместе с тем, уровень проинсулина у лиц всех возрастных групп соответствовал значениям нормы (до 7.9 нг/мл), но у жителей ПР минимальным был у 22–35-летних, а в АР, наоборот, у 36–45- и 46–60-летних АР был значимо ниже аналогичных возрастных групп ПР ( $p=0.010$ ,  $p=0.001$ ). Следует отметить, что у 22–35-летних обоих регионов процент лиц с уровнем проинсулина выше нормативных значений не различался (11.43 и 10.75 %), но у 36–45- (26.32 и 4.44%) и 46–60-летних (14.08 и 4.92 %) в ПР был больше АР.

Одним из маркеров инсулинорезистентности является величина индекса проинсулин/инсулин. В нашем исследовании у лиц всех возрастных групп ПР и АР она превышала нормативное значение (0.316 у.е.), и в АР была незначимо выше у 22–35-летних (0.583 против 0.357 у.е.,  $p=0.073$ ), а в ПР у 36–45- (0.424 против 0.388 у.е.,  $p=0.100$ ) и значимо у 46–60-летних (0.619 против 0.465 у.е.,  $p=0.001$ ). Процент лиц с величиной проинсулин/инсулин выше нормы у 22–35 летних составил 54.29 против 74.19 % ( $p=0.030$ ), у 36–45 летних 68.42 против 57.30 % ( $p=0.024$ ) и у 46–60 летних 83.10 против 61.45 % ( $p=0.001$ ) в ПР и АР соответственно, что по нашему мнению, связано с риском развития СД2 у лиц обоих регионов, особенно в АР у 22–35 летних, а в ПР у 46–60 летних.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КИА РАН (№АААА-А15-115122810187-7).*

## ЛИТЕРАТУРА

*Бичкаева Ф. А.* Эндокринная регуляция метаболических процессов у человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН. 2008. 304 с.

*Таранов А. Г.* Диагностические тест-системы (радиоиммунный и иммуноферментный методы диагностики). 2-е изд., перераб. и доп. М.: Мокеев. 2002. 288 с.

*Kahn S. E., Halban P. A.* Release of incompletely processed proinsulin is the cause of the disproportionate proinsulinemia of NIDDM // *J. Diabetes.* 1997. Vol. 46. № 1. P. 1725–1732.

*Scheen A. J.* Diabetes mellitus in the elderly: insulin resistance and/or impaired insulin secretion. // *Diabetes Metab.* 2005. Vol. 31. № 2. P. 5S27–5S34.

Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования. [Электронный ресурс]. URL: <http://pharm-spb.ru/docs/lit/Declaration%20of%20Helsinki.pdf> (дата обращения 18.03.2019).

## АМИНОТРАНСФЕРАЗЫ КАК ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ГОМЕОСТАЗА ГЛЮКОЗЫ У ЛИЦ ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА АРКТИКИ

### AMINOTRANSFERASES AS PREDICTIVE MARKER OF GLUCOSE HOMEOSTASIS IN ADULTS IN THE ARCTIC

Волкова Н. И., Бичкаева Ф. А.

Volkova N. I. Bichkayeva F. A.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: natalja200958@mail.ru*

In order to assess risk of metabolic syndrome development, 455 women, 194 men from the subarctic region (SR) and 613 women, 273 men from the Arctic region (AR) were examined. Glucose (Glu), alanine aminotransferase (ALT), and aspartate aminotransferase (AST), ALT/AST ratio were measured. A significant elevation of Glu was shown in SR women aged 36-45 & 46-60 years and in AR women and men aged 46-60 years relative to the 22-35-year-olds; an increased share of individuals with hyperglycemia was found in SR & AR women aged 46-60 years and in PR & AR men aged 36-45 & 46-60-years, respectively. That combined with the highest percentage of individuals with increased ALT and AST in 20.6 & 31.4 %, 13.5 & 17.5% of women, and in 15.4 & 11.4 %, 16.7 & 20.0 % of men in PR & AR, respectively. The percentage of individuals with ALT/AST-0.82 as an intermediate marker of insulin resistance was the highest in AR women aged 22-35 years (40.1 vs. 34.4 %) and in PR men aged 36-45 years (58.9 vs. 39.5 %).

Резистентность к инсулину играет важную роль в патогенезе диабета [Kawamoto, 2012; Sookoian, Pirola, 2012], дислипидемий, ССЗ [Sookoian, Pirola, 2012; Zhang et al., 2014], а соотношение ALT/AST является лучшим косвенным маркером инсулинорезистентности у взрослых не страдающих ожирением [Kawamoto, 2012; Zhao et al., 2017], что определяет актуальность его значений у северян.

Оценить взаимосвязь активности трансфераз (ALT, AST) с уровнем Глю у жителей зрелого возраста Арктики.

Исследование проведено с согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации (2000 г.). Обследовано 1535 чел., из них жители ПР 649 (455 жен. — 122 (22–35-), 97 (36–45-), 236 (46–60 лет) и 194 муж. — 84 (22–35-), 39 (36–45-), 71 чел (46–60 лет)) и АР 886 (613 жен. 167 (22–35-), 172 (36–45-), 274 (46–60 лет) и 273 муж. 81 (22–35-), 76 (36–45-) и 114 (46–60 лет)). В крови определены уровни Глю и активность трансаминаз ALT, AST, рассчитан ALT/AST. Статистическую обработку данных, распределение показателей, определение границ нормального распределения проводили с использованием программ SPSS 13.0 и Statistica 5.0. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался за 0.05.

Ме Глю в крови лиц зрелого возраста (22–35, 36–45, 46–60 лет) обоих регионов независимо от пола соответствовали норме (3.9-6.1 ммоль/л) и значимо не различались, но в ПР у женщин 36–45 и 46–60 лет (p=0.05, p=0.002), а в АР у женщин и мужчин 46-60 лет (p=0.001, p=0.015) отмечено ее увеличение относительно 22–35-летних. При этом у женщин 22–35 лет ПР (p=0.079) и АР (p=0.004) процент лиц с уровнем Глю ниже нормы был больше, чем с ее

превышением (в АР 16.76 против 6.6 % в ПР,  $p=0.01$ ), а в 46-60 лет, наоборот, значимо выше с превышением нормы ( $p=0.043$  в ПР и  $p=0.050$  АР). У мужчин 22-35 лет процент лиц с отклонением уровня Глю в сторону выше и ниже нормы составил в ПР 7.1 и 7.1 %, в АР 8.5 и 8.5%, а с 36–45 лет был смещен в сторону выше нормы, но в ПР больше у 36-45-летних (5.1 против 10.3 %), а в АР у 46–60-летних (7.8 против 13.4 %). При этом Ме активности ALT и AST у мужчин и женщин соответствовали средним значениям нормы (ALT у жен. до 31 Ед/л, у муж. до 40 Ед/л, AST у жен. до 31 Ед/л, у муж. до 38 Ед/л), но лица с ее превышением отмечены во всех возрастных группах, их процент у женщин ПР был выше АР для ALT и AST (7.4–20.6 % против от 8.9–15.5 %,  $p=0.65$ ,  $p=0.001$ ,  $p=0.9$  ALT и 12.2–31.4 % против 11.1–17.5 %,  $p=0.97$ ,  $p=0.0001$ ,  $p=0.001$  AST), у мужчин в ПР для ALT (9.5–15.4 % против 10.5–11.4 %,  $p=0.73$ ,  $p=0.45$ ,  $p=0.97$ ), в АР для AST (18.3–20.0 % против 12.8–16.7,  $p=0.78$ ,  $p=0.44$ ,  $p=0.30$ ). Величина Ме ALT / AST только у мужчин 36–45 лет ПР (0.87 у.е.) превышала норму для лиц без ожирения (норма — 0.82 у.е.) [Kawamoto, 2012], но процент лиц с величиной индекса выше нормы составил у женщин ПР 34.4, 31.2 и 34.3 %, АР 40.1, 38.4, 37.9 %, у мужчин ПР 48.8, 58.9, 50.7 % и в АР 37.0, 39.5 и 37.7 % у 22–35-, 36–45- и 46-летних соответственно. Таким образом, у жителей ПР и АР в поддержании уровня Глю и необходимой концентрации метаболитов ЦТК, в первую очередь оксалоацетата, отмечена повышение активности глюкозо-аланинового цикла, что подтверждает высокий процент лиц с повышенной активностью ALT и AST. Превышение нормы ALT/AST до 34.4 и 39.5 % у женщин и до 58.9 и 40.1 % у мужчин ПР и АР указывает на повышение активности глюконеогенеза, уровня Глю в крови и толерантности к ней, что является риском развития СД2 и МС.

*Работа выполнена в соответствии планом ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН (№АААА-А15-115122810187-7).*

## ЛИТЕРАТУРА

*Kawamoto R., Kohara K., Kusunoki T., Tabara Y., Abe M., Miki T.* Alanine aminotransferase/aspartate aminotransferase ratio is the best surrogate marker for insulin resistance in non-obese Japanese adults. // *Cardiovasc Diabetol.* 2012. Vol. 11. P. 117.

*Sookoian S., Pirola C. J.* Alanine and aspartate aminotransferase and glutamine-cycling pathway: their roles in pathogenesis of metabolic syndrome. // *World J Gastroenterol.* 2012. Vol. 18. P. 3775–3781.

*Zhang X., Mu Y., Ян W., Ba J., Li H.* Alanine aminotransferase within the reference range is associated with metabolic syndrome in men and women of middle and old age. // *Int J Environ Res Public Health.* 2014. Vol. 11. P. 12767–12776.

*Zhao L., Cheng J., Chen Y., Li Q., Han B., Chen Y., Xia F., Chen C., Lin D., Yu X., Wang N., Lu Y.* Serum alanine aminotransferase/aspartate aminotransferase ratio is one of the best markers of insulin resistance in the Chinese population // *Nutrition & Metabolism.* 2017. Vol. 14. № 64. P. 1–9.

## СОДЕРЖАНИЕ ОМЕГА-6 ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С УРОВНЕМ ГЛЮКОЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА

### OMEGA-6 PUFA LEVEL AND ITS CORRELATION WITH CARBOHYDRATE METABOLISM IN THE RESIDENTS OF THE NORTH

Галстян Д. С., Баранова Н. Ф.  
Galstyan D. S., Baranova N. F.

*Институт физиологии природных адаптаций Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: david\_sam@mail.ru*

The research goal was to measure the level of  $\Sigma\omega$ -6 PUFA and its relationship with the level of glucose in the residents of the North. 1243 people aged 16 to 74 years, living in high latitudes were surveyed. It was found that the minimum  $\Sigma\omega$ -6 PUFA level in young age strongly correlates with low glucose values, and the maximum level in old age correlates with high values. In the older age groups, a stronger correlation was observed between  $\Sigma\omega$ -6 PUFA and glucose compared to the younger age groups, where the level of these indicators was lower.

По данным авторов увеличение уровня  $\omega$ -3 ЖК на фоне снижения  $\omega$ -6 ЖК приводило к улучшению чувствительности мембран клеток к инсулину, вследствие увеличения числа инсулиновых рецепторов [Ebbesson et al., 2005]. К подобному выводу пришли и другие исследователи, где была показана связь между  $\omega$ -3 с низкими уровнями глюкозы [Proust et al., 2016]. В связи с этим цель настоящего исследования определить содержание  $\Sigma\omega$ -6 ПНЖК и их взаимосвязь с уровнем глюкозы у жителей Севера.

Обследовано 1243 человека в возрасте от 16 до 74 лет, проживающих на Севере: НАО (пос. Нельмин-Нос, пос. Несь), ЯНАО (с. Сеяха, г. Надым, с. Ныда, с. Нори, с. Гыда, с. Газ-Сале, пос. Тазовский, с. Антипают, пос. Толька, пос. Красноселькуп), АО (пос. Совполье, пос. Соянское, пос. Долгощелье). Все обследованные лица согласно возрастной классификации (1965) были разделены на 5 групп: 16–21 (юношеский возраст) — 198 чел., 22–35 (1-й зрелый возраст) — 260 чел., 36–45 (2-й зрелый возраст) — 245 чел., 46–60 (3-й зрелый возраст) — 405 чел. и 61–74 лет (пожилой возраст) — 135. Кровь взята утром натощак из локтевой вены в вакутайнеры «BecktonDickinsonBP» с согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований [2000]. Содержание  $\Sigma\omega$ -6 ПНЖК кислоты определяли методом газожидкостной хроматографии (Agilent 7890A, ПИД, капиллярная колонка «Agilent DB-23», 60\*0.25\*0.15) с предварительной экстракцией липидов из сыворотки крови и последующим получением метиловых эфиров ЖК. Идентификацию ЖК осуществляли с использованием стандарта «Supelco 37 FAME C4-C24» (USA), а количественный расчет методом внутреннего стандарта (нонадекановая кислота) в программе «Agilent Chem Station B.03.01» (USA). В сыворотке крови определяли уровень глюкозы на биохимических анализаторах «Марс», «Furuno CA-270» с помощью наборов «Chronolab AG», Швейцария. Статистическая обработка проводилась при помощи компьютерного пакета прикладных программ «SPSS 13.0 forWindows». Поскольку для большинства

показателей не наблюдалось нормального распределения значений, для статистического анализа были использованы непараметрические методы. Вычислены значения медианы и процентилей (25; 75). Достоверность различий между выборками определяли с помощью U-критерия Манна-Уитни. Пороговое значение уровня значимости принято равным 0.05. Для выяснения взаимосвязей между параметрами углеводного обмена и уровнем ПНЖК использовали корреляционный анализ по Спирмену. Для выявления числа лиц с пороговыми значениями определены следующие границы нормы:  $\Sigma\omega$ -6 ПНЖК – 291.81-920.66 мкг/мл, глюкоза — 3.9-6.1 ммоль/л.

Анализ ЖК в возрастном аспекте показал, что минимальные его значения были обнаружены у 16-21-летних. С 22–35 до 61–74 лет наблюдаем статистически значимое повышение  $\Sigma\omega$ -6 ПНЖК относительно 16–21-летних ( $p < 0.001$ ). У 36–45-, 46–60- и 61–74 летних относительно 22–35-летних ( $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$ ;  $p = 0.037$ ). Следует отметить, что частота встречаемости дефицитных состояний с возрастом снижалась с 16–21 по 61–74 лет (от 39.4 до 6.3 %), а процент лиц с его избытком, наоборот, увеличился в с 16–21 по 61–74 лет (от 7.6 до 14.4 %). Анализ содержания глюкозы также показал, что минимальные его значения были зафиксированы у 16–21-летних с дальнейшим повышением С 22–35 до 61–74 относительно 16–21-летних ( $p = 0.001$ ). У 36–45-, 46–60- и 61–74-летних относительно 22–35-летних ( $p = 0.001$ ) и у 46–60- и 61–74-летних относительно 36–45-летних ( $p = 0.010$ ;  $p = 0.002$ ). Наибольший процент с избыточным содержанием глюкозы отмечен у 61-74-летних (21.6 %), а наибольший процент с дефицитом у 16–21-летних (65.25 %). Результаты корреляционного анализа выявили слабые положительные корреляционные взаимосвязи  $\Sigma\omega$ -6 ПНЖК с уровнем глюкозы в возрастных группах: 16–21, 22–35, 36–25 лет ( $r < 0.3$ ), а также положительные корреляционные взаимосвязи средней силы в группах: 46–60, 61–74 лет ( $r = 0.3–0.7$ ). Таким образом, было выявлено повышение содержания  $\Sigma\omega$ -6 ПНЖК и глюкозы с увеличением возраста. Результаты корреляционного анализа показали, что минимальные уровни  $\Sigma\omega$ -6 с большим числом взаимосвязей коррелирует с низкими значениями глюкозы. При этом максимальное содержание  $\Sigma\omega$ -6 у 46–60- и 61–74-летних, возможно, способствовало незначительному увеличению уровня глюкозы в крови, что подтверждено положительными корреляционными взаимосвязями средней силы между глюкозой и  $\Sigma\omega$ -6 ПНЖК.

*Работа выполнена в соответствии с планом ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН (№ гос. регистрации: АААА-А15-115122810187-7).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Ebbesson S. O., Risica P. M., Ebbesson L. O., Kennish J. M., Tejero M. E. Omega-3 fatty acids improve glucose tolerance and components of the metabolic syndrome in Alaskan Eskimos: the Alaska Siberia project // Int. J Circumpolar Health. 2005. Vol. 64. № 4. P. 396–408.*

*Proust F., Drescher O., Laouan-Sidi E. A., Robinson E., Lucas M., Dewailly E. Omega-3 polyunsaturated fatty acid profiles and relationship with cardio metabolic risk factors in Cree (Eeyouch) of Northern Québec. // Int. J. Circumpolar Health. 2016. Vol. 75. P. 303–361.*



## АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЭНДОКРИННЫЙ ПРОФИЛЬ МУЖЧИН АРХАНГЕЛЬСКА

### ADAPTATION POTENTIAL AND ENDOCRINE PROFILE IN MALE RESIDENTS OF ARKHANGELSK

Горенко И. Н.

Gorenko I. N.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: pushistiy-86@mail.ru*

The ability of the human blood circulatory system to adapt to environmental conditions is characterized by the body's adaptive potential (AP). AP negatively correlates with testosterone, SHBG, and testosterone/estradiol ratio. Percentage of males with a satisfactory adaptation (AP degree 2) was 67 % among the residents of Arkhangelsk. The adaptive mechanisms of the blood circulatory system start to fail when the level of sex hormones decreases, which can be considered a marker of an elevated risk to the well-being of the residents.

Адаптация к климатогеографическим условиям севера достигается путём перестроек таких функциональных систем, как эндокринная и система кровообращения. Важным индикатором адаптационных реакций является состояние системы кровообращения, для оценки которого используют предложенное Е. М. Баевским определение адаптационного потенциала (АП) — комплексного показателя, основанного на регрессивных взаимоотношениях частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления, возраста (В), массы тела (МТ) и роста (Р) [Баевский, Берсенева, 1997]. Интерес представляет определение уровней половых гормонов, обладающих ангиопротекторными свойствами, в зависимости от уровня АП у людей, проживающих на севере. В исследовании участвовали мужчины, постоянно проживающие в г. Архангельске (n=94), в возрасте 22–60 лет. В утренние часы проводили анкетирование, забор крови из локтевой вены и врачебный осмотр. АП рассчитывали по формуле:  $АП=0.011(ЧСС)+0.014(САД)+0.008(ДАД)+0.014(В)+0.009(МТ)-0.009(Р) - 0.27$ . Выделяют 5 степеней АП: 1) хорошая адаптация (АП<2 усл. ед.); 2) удовлетворительная адаптация (АП=2.1 усл. ед.); 3) функциональное напряжение механизмов адаптации (АП=2.1–3.2 усл. ед.); 4) неудовлетворительная адаптация (АП=3.2–4.3 усл. ед.); 5) срыв адаптации (АП>4.3 усл. ед.).

Методом иммуноферментного анализа в сыворотке крови на установке Elisyс UpO (Human Gmb) определяли содержание лютропина (ЛГ), фоллитропина (ФСГ), пролактина, тестостерона, эстрадиола, прогестерона, кортизола, глобулина, связывающего половые гормоны (ГСПГ). Для оценки ароматазной активности в периферических тканях рассчитывали индекс тестостерон/эстрадиол (Т/Э). Статистическую обработку данных проводили при помощи программы STATISTICA 10.0. В процессе обработки данных выполнены: 1) проверка нормальности распределения количественных признаков с использованием критерия Шапиро-Уилка; 2) оценка медиан, 10–90 процентильных интервалов изучаемых признаков в группах; 3) сравнение групп

с использованием U-критерия Манна-Уитни; 4) исследование связей признаков с применением рангового коэффициента корреляции Спирмена. Пороговое значение уровня значимости равнялось 0.05.

Анализ состояния адаптации системы кровообращения показал, что для мужской популяции г. Архангельска медиана значений АП составила 2.8 (2.3–3.2) усл. ед., что соответствует функциональному напряжению механизмов адаптации и относится к донозологическим состояниям. Первая степень АП характерна для 2 обследованных, вторая – 63, третья – 29, при этом отсутствуют лица с 4 и 5 степенью АП. Результаты в целом демонстрируют благоприятную картину состояния адаптации системы кровообращения у мужчин г. Архангельска. Интерес представляло определение отличий эндокринного профиля у мужчин в зависимости от степени АП. В группе лиц с 3-й степенью АП по сравнению с группой со 2-й степенью АП статистически значимо ниже значения ЛГ (1.6 (0.8–4.2) против 3.4 (1.8–6) нмоль/л ( $p=0.005$ ), прогестерона (0.9 (0.6–2) против 1.8 (0.9–3.1) нмоль/л ( $p=0.01$ ), кортизола (438 (163–643) против 508 (321–912) нмоль/л ( $p=0.03$ ), тестостерона (11.4 (8.2–18) против 16.5 (9.6–29) нмоль/л ( $p=0.007$ ), ГСПГ (32.1 (17.9–42.3) против 41.9 (23.3–84.3) нмоль/л ( $p=0.02$ ), Т/Э (75.4 (41.1–87.0) против 96.4 (56.3–154.6) усл. ед. ( $p=0.03$ ). Учитывая защитные эффекты прогестерона и тестостерона в деятельности сердечно-сосудистой системы [Kelly, Jones, 2013], снижение их уровней у лиц с 3-й степенью АП следует рассматривать как неблагоприятный признак, сочетающийся с напряжением механизмов адаптации.

Результаты проведенного исследования позволяют предположить, что у лиц с 3-й степенью АП происходит подавление активности систем гипофиз–гонады и гипофиз–кора надпочечников, участвующих в поддержании кровообращения, что, может быть связано со снижением резервов синтеза гормонов данных систем. В результате корреляционного анализа установлено, что АП мужчин г. Архангельска отрицательно коррелирует со значениями тестостерона ( $r=-0.4$ ;  $p<0.01$ ), ГСПГ ( $r=-0.4$ ;  $p<0.01$ ), Т/Э ( $r=-0.4$ ;  $p<0.01$ ). Яркими маркерами роста напряжения адаптационных механизмов являются понижение уровней тестостерона, ГСПГ и значения индекса Т/Э.

*Работа выполнена в рамках государственного ФИЦ КИА РАН по теме «Выяснение модулирующего влияния содержания катехоламинов в крови на гормональный профиль у человека и гидробионтов Европейского Севера» (№ АААА-А15-115122810188-4).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Баевский Р. М., Берсенева А. П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М.: Медицина. 1997. 236 с.

Kelly D. M., Jones T. H. Testosterone: A Metabolic Hormone in Health and Disease // J. Endocrinol. 2013. Vol. 217. № 3. P. 25–45.

**ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО  
ВОЗРАСТА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (АРХАНГЕЛЬСКОЙ  
ОБЛАСТИ, НЕНЕЦКИЙ И ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЕ  
ОКРУГА) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГРУППЫ НАСЕЛЕНИЯ**

**HORMONAL STATUS OF WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE  
DEPENDING ON THE POPULATION GROUP IN THE RUSSIAN ARCTIC  
(ARCHANGELSK REGION, NENETS AND YAMALO-NENETS  
AUTONOMOUS DISTRICTS)**

Девятова Е. Н., Потуткин Д. С.  
Devyatova E. N., Potutkin D. S.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра  
комплексного изучения Арктики РАН, Архангельск, Архангельская область;  
e-mail: kattya.devyatova.90@mail.ru*

This paper presents data on the concentrations of thyroid and sex hormones during the follicular phase of the menstrual cycle in women residing in the Russian European Arctic. The study involved 43 Caucasian women, 11 nomadic inhabitants, and 28 settled aboriginal inhabitants. It was shown that the total thyroxin level is lower in the local Caucasians compared to the aboriginal population. The level of progesterone in the nomadic aboriginal group is lower than in the other two groups. The free testosterone level is lower in the Caucasian group compared to the settled aboriginal group. Total testosterone significantly above the reference values was found in each studied group.

На гормональное обеспечение репродуктивной системы женщин коренного и пришлого европеоидного населения в условиях Севера, влияет множество внешних климатогеографических факторов. Эти вопросы ранее изучали А. В. Ткачев с соавт., Р. А. Красовицкий и др. [Ткачев и др., 1992; Красовицкий, 2011]. С течением времени условия проживания, характер питания и качество жизни коренного населения изменились, что также должно отразиться в изменении их регуляторных механизмов.

В работе приведены данные весенних экспедиций 2009-2016 гг. Были обследованы 82 женщины репродуктивного возраста, находившиеся в момент обследования в фолликулиновой фазе менструального цикла и проживавшие как на Европейском Севере, так и на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Нами были выделены три основные группы: местное европеоидное население (43 чел.), кочующие (11 чел.) и оседлые (28 чел.) аборигены. Кровь на сыворотку и плазму забирали с утра натощак из локтевой вены. Концентрации гормонов определяли методом ИФА на приборе ELISYS Uno (Human GmbH, Германия) наборами «Алкор Био» (Россия) и «Хема-Медика» (Россия). Статистическая обработка проведена средствами MS Office 2010 и Statistica 10.0. Анализ нормальности проведен критерием Шапиро-Уилка, по его результатам, применен непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при величине вероятности ошибочного принятия нулевой гипотезы о равенстве медиан  $p \leq 0.05$ . Результаты отображены в виде Медианы, 10 перцентиль и 90 перцентиль – далее записанные в виде Me (10; 90 %).

Отмечено, что для местного европеоидного населения характерны меньшие концентрации общего Т<sub>4</sub> **85.6** (74.8; 111.6) нмоль/л, по отношению к группе

оседлых аборигенов **101.9** (89.32; 132.3) нмоль/л, при  $p=0.003$ . В рамках тенденции ( $p=0.062$ ), значения свободного  $T_4$  у оседлых аборигенов **14.1** (12.5; 16.4) пмоль/л было выше чем у кочующих **15.9** (13.5; 20.4) пмоль/л. Это можно объяснить [Горенко, 2014] влиянием дофамина на тиреоидную систему, что отчасти подтверждается нашим исследованием: **0.406** (0.273; 0.447) нмоль/л у кочующих, и **0.002** (0; 0.641) нмоль/л у оседлых аборигенов. Для группы кочующих аборигенов характерны значимо более низкие концентрации прогестерона **0.8** (0.7; 1.3) нмоль/л, по отношению к европеоидному **1.4** (0.9; 3.3) нмоль/л, при  $p=0.02$ ; и оседлому аборигенному населению **2.75** (1.0; 6.6) нмоль/л, при  $p=0.013$ . Показана статистически значимо меньшая концентрация свободного тестостерона в группе европеоидного населения **0.92** (0.4; 3.4) пг/мл в сравнении с оседлыми аборигенами **3.14** (2.0; 3.6) пг/мл, при  $p=0.015$ . Также нами было отмечено превышение нормативных значений по общему тестостерону: у 30 % местных европеоидов, 33 % кочующих и 40 % оседлых аборигенов; и по ЦАМФ: у 42 % местных европеоидов, 16 % кочующих и 28 % оседлых аборигенов. На уровне тенденции ( $p=0.054$ ), наблюдались различия в концентрации эстрадиола между группами кочующих аборигенов **0.255** (0.13; 0.38) нмоль/л, и местным европеоидным населением **0.39** (0.19; 0.96) нмоль/л. Значения индекса периферической конверсии (св.  $T_4$ /св.  $T_3$ ) при значении  $p=0.073$  различались между группами кочующих **2.69** (1.7; 4.1) ед. и оседлых **3.56** (3.1; 4.5) ед. аборигенов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КИА РАН по теме «Выяснение модулирующего влияния содержания катехоламинов в крови на гормональный профиль у человека и гидробионтов Европейского Севера» (№ АААА-А15-115122810188-4).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Горенко И. Н. Зависимость уровней тиреоидных гормонов от концентрации дофамина в крови у мужчин г. Архангельска и с. Несь (Ненецкий автономный округ). // Вестник уральской медицинской академической науки. 2014. № 2. С.122–124

Красовицкий Р. А. Репродуктивное здоровье и поведение женщин финно-угорской группы. Автореф. дис.....канд. мед. наук (14.01.01). Воронеж. 2011. 23 с.

Ткачев А. В., Бойко Е. Р., Губкина З. Д., Раменская Е. Б., Суханов С. Г. Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН. 1992. 156 с.

**СОДЕРЖАНИЕ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ У ЖИТЕЛЬНИЦ  
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В  
РЕПРОДУКТИВНОМ И ПОСТМЕНОПАУЗАЛЬНОМ ПЕРИОДАХ  
(ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)**

**STEROID HORMONES LEVELS IN FEMALE RESIDENTS OF THE  
RUSSIAN ARCTIC IN THE REPRODUCTIVE AND POSTMENOPAUSAL  
PERIODS (YAMALO-NENETS  
AUTONOMOUS DISTRICT)**

Елфимова А. Э.

Elfimova A. E.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика  
Н. П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область;  
e-mail: a.elfimova86@mail.ru*

It is well known that the endocrine system in residents of the North is characterized by earlier aging, but there is not enough data on the androgen and estrogen levels in postmenopausal female residents. The research goal was to study steroid hormones levels in female residents of the Russian Arctic. The study involved 60 residents, aged 23-75 years, of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug: 27 postmenopausal women and 33 women with a regular menstrual cycle. It was found that the median values of the dehydroepiandrosterone sulfate (DHEA-S) and dihydrotestosterone (DHT) significantly exceeded the upper reference limit in postmenopausal northern females. DHT level was a controlling factor in the correlation model in the women of fertile age. In postmenopausal women, the leading role in correlations shifted to androstenedione with an increasing role of progesterone.

Одной из актуальных проблем в возрастной физиологии остается изучение механизмов компенсаторно-приспособительных реакций в период «выключения» эндокринной функции гонад из общей системы нейроэндокринной регуляции в женском организме. Ранее было показано напряжение гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси, а также более раннее старение эндокринной системы у жителей северных территорий [Губкина, 2007; Суханов, 2013]. Недостаточная изученность содержания эстрогена – главного эстрогена постменопаузального периода, который образуется из андростендиона, а также неоднозначные данные в научных исследованиях об изменении уровней андрогенов в период постменопаузы [Ярман, 2008; Калинин, 2015] определили наш интерес изучить особенности содержания различных андрогенов и эстрогенов у жительниц Арктической зоны РФ в репродуктивных и постменопаузальных периодах.

Обследовано 60 жительниц Ямало-Ненецкого автономного округа (г. Надым, с. Се-Яха, пос. Тазовский) в возрасте от 23 до 75 лет: 33 женщины с регулярным менструальным циклом (ср. возраст 37 лет) и 27 женщин в постменопаузе (ср. возраст 58 лет). Все испытуемые на момент обследования не имели эндокринной патологии и гинекологических заболеваний. Забор крови проводился в утренние часы из локтевой вены. Методами иммуноферментного и радиоиммунного анализов в сыворотке крови определяли уровни лютеинизирующего (ЛГ) и фолликулостимулирующего гормонов (ФСГ), прогестерона, дегидроэпиандростерон-сульфата (ДГЭА-С), дигидротестостерона (ДГТ), андростендиона, общих и свободных фракций тестостерона, эстрадиола,

эстрогена. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Stat Soft STATISTICA 10.0 непараметрическими методами. Результаты представлены в виде медианы и процентилей (10 %; 90 %).

Анализ данных показал, что у женщин в постменопаузе, по сравнению с фертильными, происходит закономерное повышение уровней ЛГ в 3 раза — 21.1 (12.4; 31.1) и 7,1 (3.2; 25.1) МЕ/л соответственно,  $p < 0.001$  и ФСГ в 5.6 раз — 45.8 (40.3; 78.9) МЕ/л,  $p < 0.001$ . При этом значительно снижается содержание практически всех стероидных гормонов. Так, уровень прогестерона становится ниже в 2.7 раз (2.4 (0.0; 6.6) и 6.4 (2.9; 53.2) нмоль/л,  $p < 0.001$ ), тестостерона — в 1.3 раза (1.5 (0.4; 3.2) и 2.0 (1.3; 3.4) нмоль/л,  $p = 0.012$ ), св. тестостерона — в 1.5 раза (0.5 (0.1; 0.8) и 0.8 (0.3; 1.0) пг/мл,  $p = 0.048$ ), ДГЭА-С — в 1.6 раз (2.3 (1.3; 6.0) и 3.8 (2.2; 6.8) мкмоль/л,  $p = 0.001$ ), андростендиона — в 1.2 раза (6.6 (3.4; 9.9) и 8.0 (5.5; 13.5) нмоль/л,  $p = 0.048$ ), эстрадиола — в 2 раза (0.2 (0.1; 0.3) и 0.4 (0.2; 0.8) нмоль/л,  $p < 0.001$ ). Также отмечена тенденция к снижению уровня эстрогена (288.6 (113.5; 680.1) и 381.5 (240.8; 699.3) пмоль/л,  $p = 0.063$ ). Снижение содержания ДГТ статистически не значимо (191.0 (95.7; 345.5) и 243.9 (97.5; 405.2) пг/мл,  $p = 0.126$ ). Обращает на себя внимание то, что медианные значения уровней ДГЭА-С и ДГТ у северянок в постменопаузе значительно превышают верхние границы норм для данного периода: 2.3 мкмоль/л для ДГЭА-С при норме 0.26-1.56 мкмоль/л; 191 пг/мл для ДГТ при норме 10-181 пг/мл.

Корреляционные модели показывают, что у женщин фертильного возраста системообразующим фактором с наибольшим количеством связей является содержание ДГТ, кроме того, уровни гипофизарных гормонов отрицательно коррелируют со значениями прогестерона и ДГТ. У женщин постменопаузального периода ведущая роль в корреляционных связях переходит к андростендиону — основному стероидному гормону женщин в постменопаузе. Исчезают связи гипофизарных гормонов с периферическими и возрастает роль прогестерона, содержание которого положительно коррелирует с уровнями ДГЭА-С, ДГТ, андростендиона и отрицательно — с уровнем св. тестостерона. Интересно отметить отсутствие связей между значениями эстрогена и другими гормонами в данном периоде.

Таким образом, выявлено повышенное содержание ДГЭА-С и ДГТ у жительниц арктических территорий в постменопаузальном периоде, что требует дальнейшего изучения для выявления возможных причин.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КИА РАН (№ АААА-А15-115122810188-4).*

## ЛИТЕРАТУРА

Губкина З. Д. Физическое, половое развитие и функции эндокринной системы у жительниц заполярных районов Архангельской области: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Архангельск. 2007. 48 с.

Калинченко С. Ю., Тюзиков И. А., Тишова Ю. А., Ворслов Л. О. Роль тестостерона в женском организме. Общая и возрастная эндокринология тестостерона у женщин // Доктор. Ру. 2015. № 14(115). С. 59–64.

Суханов С. Г. Влияние факторов Крайнего Севера на женскую репродуктивную функцию // Журн. мед.-биол. исследований. 2013. № 4. С. 70–76.

Ярман С. А. Современные представления о гормональных изменениях в организме женщины при физиологическом течении перименопаузального периода // Журнал акушерства и женских болезней. 2008. Т. 57. № 1. С. 116–123.

**ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АТФ В ЛИМФОЦИТАХ  
ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ СЕВЕРЯН  
В ОТВЕТ НА ХОЛОДОВОЙ СТРЕСС**

**CHANGE OF ATP CONCENTRATION IN PERIPHERAL BLOOD  
LYMPHOCYTES IN APPARENTLY HEALTHY NORTHERNERS IN  
RESPONSE TO COLD STRESS**

Зубаткина О. В., Добродеева Л. К., Самодова А. В.

Zubatkina O. V., Dobrodeeva L. K., Samodova A. V.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: ozbiochem@gmail.com*

38 volunteers were examined after staying in a cold chamber for 5 minutes at a temperature  $t=-25$  °C. Each volunteer's venous blood was sampled twice (before and after the cold test). Total lymphocytes and adenosine triphosphate (ATP), as well as plasma glucose and triglycerides (TG) were measured. For each volunteer, the body mass index (BMI) was calculated. It was found that the ATP concentration changed ambiguously: it increased in 25 volunteers ( $p=0.002$ ) and decreased ( $p=0.024$ ) in 13 volunteers compared to their baseline values, while glucose and TG did not change. The mean BMI in the group characterized by an increase in ATP was higher (24.8,  $p=0.011$ ) than in the other group (21.9), in which ATP decreased.

Освоение Арктики невозможно без участия людей, сохранение здоровья которых крайне важно для полноценной жизни и работы в экстремальных условиях среды северных широт. Основой успешной адаптации к условиям севера служит способность клеток перестроить свой метаболизм для поддержания нового уровня функционирования, который напрямую зависит от удовлетворения возросших энергетических потребностей организма [Панин, 2013]. Целью работы было изучить направленность изменений концентрации АТФ в лимфоцитах периферической крови у практически здоровых жителей Архангельска при кратковременной холодной нагрузке.

У 38 практически здоровых волонтеров, жителей Архангельска, дважды (до и после нахождения в течение 5 минут в холодной камере при  $t=-25$  °C) был произведен забор венозной крови утром, натощак. Определялись общее число лимфоцитов в периферической крови и концентрация в них аденозинтрифосфата (АТФ). Измерение количества АТФ в изолированных лимфоцитах проводили на люминометре ЛЮМ-1 (Россия) с использованием стандартных наборов реактивов «Люмтек». Так же в плазме крови определялись значения глюкозы и триглицеридов (ТГ) с помощью унифицированных методик и рассчитывался индекс массы тела (ИМТ). Статистическая обработка данных проводилась в программе «Statistica 7.0», вычислялись средние значения определяемых показателей, стандартное отклонение (SD), уровень значимости.

В клеточном метаболизме имеется ряд процессов, которые обеспечивают клетку энергией, например, окисление метаболитов ТГ и глюкозы по пути окислительного фосфорилирования, а для глюкозы еще существует анаэробный гликолиз, который может протекать и в присутствии кислорода (эффект Варбурга). Окислительное фосфорилирование является наиболее эффективным путем наработки АТФ в клетке, а гликолиз по сравнению с ним – наиболее

быстрым. Гликолитический распад глюкозы приобретает решающее значение при переходе лимфоцитов в активное состояние и может положительно регулироваться в условиях достаточности кислорода и энергии [Delmastro-Greenwood, Piganelli, 2013].

Установлено, что концентрация АТФ в лимфоцитах периферической крови после холодовой нагрузки в большинстве случаев (25) возрастала по сравнению с исходными значениями, в среднем от 1.14 (0.909) до 2.32 (1.737) мкмоль/млн кл,  $p=0.002$ ). В 13 случаях концентрация АТФ, наоборот, снижалась, в среднем от 2.63 (2.254) до 1.15 (1.185) мкмоль/млн кл,  $p=0.024$ . Общее число клеток у первой группы в среднем уменьшилось с  $1.72 (0.743) \cdot 10^9$  до  $1.16 (0.465) \cdot 10^9$  кл/л,  $p=0.001$ , а у второй группы – не изменилось ( $p=0.203$ ), соответствуя значениям  $1.25 (0.598) \cdot 10^9$  и  $1.34 (0.501) \cdot 10^9$  кл/л — до и после холодовой нагрузки. Содержание глюкозы и ТГ в плазме крови находилось в коридоре их референсных значений и не изменялось. По величине ИМТ группы были не однородны, однако 10 из 11 волонтеров с высоким ИМТ оказались в первой группе, что составило 40 % от общего числа (25). По своим средним значениям ИМТ в обеих группах соответствовал интервалу нормы, но у первой был выше 24.8 (4.73), чем у второй 21.9 (2.68),  $p=0.011$ . Данный факт позволяет заключить, что положительный эффект продукции АТФ в лимфоцитах в ответ на кратковременное охлаждение будет наблюдаться у людей, ИМТ у которых находится вблизи верхнего предела нормы.

#### ЛИТЕРАТУРА

Панин Л. Е. Фундаментальные проблемы приполярной и арктической медицины. Бюллетень СО РАМН. 2013. Т. 33. № 6. С. 5–10.

Delmastro-Greenwood M. M., Piganelli J. D. Changing the energy of an immune response // Am. J. Clin. Exp. Immunol. 2013. Vol. 2. P. 30–54.

### РЕГУЛЯЦИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ И АКТИВНОСТЬ ИММУННЫХ РЕАКЦИЙ У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

#### DIGITAL REGULATION AND IMMUNE RESPONSE ACTIVITY IN THE RESIDENTS OF THE NORTH

Меньшикова Е. А., Добродеева Л. К.  
Menshikova E. A., Dobrodeeva L. K.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: vesaur24@yandex.ru*

Human digestive system acts as an external link in the nutritional system linking together the external environment with the internal environment of the body. In recent years, more and more evidence has been accumulated indicating that the functioning of the immune system is closely related to the hormonal activity of the gastrointestinal tract. Gastrin-17 is a classic stimulator of all the functions of the gastrointestinal tract and, in the first place, of gastric secretion. Gastrin-17 is an essential endogenous hormone underlying not only the physiological functions of the stomach, but also the development of pathological processes, including



ulceration. It was found that the residents of the Russian North have reduced resistance of the gastrointestinal tract causing an increased level of pathology of the digestive system.

В периферической крови изучали цитограмму, фагоцитоз нейтрофилов, фенотипы лимфоцитов. В сыворотке крови методом ИФА определяли содержание гормонов, ферментов, цитокинов и иммуноглобулинов разных классов. Проведено биохимическое обследование жителей г. Архангельска, проходивших лечение в медицинской компании «Биолам» и комплексное исследование жителей Заполярья.

Цель исследования – выявить взаимосвязь влияния медиаторов пищеварения на активность иммунных реакций и состояния желудочно-кишечного тракта жителей Севера. При дефиците содержания пептидного гормона (гастрин-17) у жителей Севера выявлен высокий уровень содержания IgE ( $114.9 \pm 5.8$  против  $64.77 \pm 6.85$  МЕ/мл,  $p < 0.01$ ), лимфоцитов с фенотипом CD23+ ( $0.54 \pm 0.04$  против  $0.43 \pm 0.03 \cdot 10^9$  кл/л,  $p < 0.05$ ) на фоне повышенных концентраций гистамина ( $2.41 \pm 0.24$  нг/мл). Отмечено, что дефицит гастрин-17 способствует киллерной способности лимфоцитов ( $0.68 \pm 0.19$  против  $0.39 \pm 0.03 \cdot 10^9$  кл/л,  $p < 0.05$ ). У жителей Заполярья (пос. Нельмин Нос) в  $86.36 \pm 1.05$  % случаев отмечен дефицит содержания пептидного гормона ( $0.54 \pm 0.08$  пмоль/л), что в 2.69 раз выше, чем у жителей более благоприятной в климатическом отношении зоны —  $32 \pm 1.75$  % ( $1.63 \pm 0.16$  пмоль/л). Более высокие концентрации реагина, выполняющие по существу роль местных антител, компенсируют сокращения количества IgA и активизируют локальную микроциркуляцию за счет выделяющихся при их взаимодействии с антигеном на поверхности клеток вазомоторных аминов. Среди обследуемых жителей Заполярья с заболеваниями ЖКТ (в 41.89 % случаев) отмечен дефицит содержания гастрин-17 ( $0.56 \pm 0.02$  пмоль/л). Известно, что болезни желудочно-кишечного тракта нарушают секрецию пищеварительных ферментов. В исследовании показано, что у 27.39 % случаев выявлен повышенный уровень содержания  $\alpha$ -амилазы ( $254.92 \pm 0.96$  Ед/л). Высокий уровень  $\alpha$ -амилазы соответствует повышенному содержанию натуральных киллеров ( $0.51 \pm 0.02 \cdot 10^9$  кл/л), цитотоксических лимфоцитов ( $0.59 \pm 0.03 \cdot 10^9$  кл/л), уровня ЦИК ( $3.53 \pm 0.02$  г/л), TNF- $\alpha$  ( $82.07 \pm 0.18$  пг/мл) на фоне дефицита зрелых Т-клеток ( $0.81 \pm 0.09 \cdot 10^9$  кл/л). Повышенный уровень трансаминаз АСТ ( $47.28 \pm 0.32$  Ед/л) и АЛТ ( $55.17 \pm 0.37$  ед/л) ассоциирован с повышенным содержанием IgE ( $142.22 \pm 1.92$  и  $111.63 \pm 1.07$  Ед/мл), IgG ( $19.05 \pm 0.05$  и  $18.59 \pm 0.06$  г/л), TNF- $\alpha$  ( $61.59 \pm 1.31$  и  $57.37 \pm 0.28$  пг/мл), соответственно. При повышении концентраций пищеварительных ферментов наблюдается снижение % активных фагоцитов ( $43.92 \pm 0.05$  %) без изменения общего содержания количества нейтрофильных лейкоцитов, что сопровождается повышением уровней содержания ЦИК ( $3.57 \pm 0.23$  г/л при повышенном уровне  $\alpha$ -амилазы) и ( $3.63 \pm 0.12$  и  $3.68 \pm 0.16$  г/л при повышенных уровнях АСТ и АЛТ).

Таким образом, у жителей Севера регистрируется состояние перенапряжения иммунной системы, которое приводит к сокращению резервных возможностей регуляции иммунного гомеостаза и формированию экологически зависимого вторичного иммунодефицита. Дефицит содержания гастрин-17 и повышенное содержание альфа-амилазы ассоциировано с активизацией клеточно-опосредованной цитотоксичности с увеличением содержания фенотипов CD8+ и CD16+; повышение концентраций в крови трансаминаз способствуют формированию антителообразования IgE.

## СООТНОШЕНИЕ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК У ЖИТЕЛЬНИЦ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

### THE RATIO OF IMMUNOCOMPETENT CELLS IN THE RESIDENTS OF THE FAR NORTH

Морозова О. С.

Morozova O. S.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаверова РАН, г. Архангельск, Архангельская область;  
e-mail: olia.morozow2011@yandex.ru*

Yamalo-Nenets Autonomous District is an inhospitable territory with intense natural and man-made pressures on human health, as evidenced reflected by the high stresses acting on the human body's adaptive systems. A survey was conducted of 30 women, aged 35–53 years, residing in the town of Nadym, Yamalo-Nenets Autonomous District. Blood samples were taken from the ulnar vein in the amount of 6 ml at 9-10 am, on an empty stomach. Immunological tests were conducted in the immune cell physiology laboratory at IFPA, VICKIE RAS, in Arkhangelsk. In the peripheral blood, the level of lymphocyte phenotypes CD4+, CD8+, CD25+, CD95+ was measured. In the examined female residents of Yamalo-Nenets Autonomous District, reduced reserve capacity of immune homeostasis due to the increased cytotoxic activity (CD8+) was found in 55.00±3.68 % and apoptosis (CD95+) in 40.00±3.14 % of the examined individuals.

Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) является дискомфортной территорией с интенсивным природным и техногенным прессингом на здоровье людей, отражающимся выраженным напряжением адаптационных систем организма. Жизнь в условиях Крайнего Севера сопровождается увеличением функциональных нагрузок на организм, создавая тем самым большой риск нарушения или утраты здоровья. К экстремальным факторам среды, которые оказывают наибольшее негативное воздействие на здоровье населения ЯНАО, относятся такие явления, как длительный период низкой температуры воздуха, наряду с чрезвычайной неустойчивостью погоды, специфический аэродинамический режим с сильными ветрами, отсутствие обычной для человека фотопериодичности, с чем неизбежно связано явление светового голодания во время полярной ночи и светового излишества во время полярного дня, резкие перепады атмосферного давления, перераспределение кислорода в составе атмосферного воздуха, повышенная активность магнитного поля земли с резкими периодами возмущений, монотонность внешней среды (шумовая монотонность) [Морозова, Щеголева, 2015; Чащин и др., 2014].

Проведено обследование 30 женщин, в возрасте 35–53 лет, проживающих в г. Надым Ямало-Ненецкого автономного округа. Кровь для анализа брали из локтевой вены в объеме 6 мл в 9–10 часов утра, натощак. Иммунологические исследования проведены в лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ИФПА ФИЦКИА РАН, г. Архангельск. В периферической крови изучали содержание фенотипов лимфоцитов CD4+, CD8+, CD25+, CD95+. Концентрацию фенотипов лимфоцитов определяли с помощью непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител (НПЦ «МедБиоспектр», Россия) на препаратах лимфоцитов типа «высушенной капли». Результаты обработаны с использованием пакета прикладных программ математической статистики «Statistica 6.0».

Уровень среднего содержания лимфоцитов с рецепторами CD8+ у обследованных женщин г. Надым находится выше общепринятых физиологических границ и составляет  $0.52 \pm 0.05 \cdot 10^9$  кл/л., повышенные концентрации CD8+ установлены у  $55.00 \pm 3.68$  % обследованных лиц. Концентрации Т-хелперов (CD4+) у женщин в среднем составляют  $0.46 \pm 0.03 \cdot 10^9$  кл/л. Уровень среднего содержания клеток с рецепторами к апоптозу (CD95+) у обследованных женщин ЯНАО находится в пределах общепринятых физиологических норм  $0.47 \pm 0.03 \cdot 10^9$  кл/л., при этом у  $40.00 \pm 3.14$  % лиц установлены повышенные средние значения апоптоза. Уровень среднего содержания фенотипов с рецептором к IL -2 (CD25+) находится на верхней границе общепринятых физиологических норм, в среднем составляет  $0.49 \pm 0.04 \cdot 10^9$  кл/л., повышенные уровни регистрируются у  $25.00 \pm 2.48$  % женщин. Отмечены прямые корреляционные взаимосвязи между CD4+ и CD8+ ( $r=0.60$ ;  $p<0.05$ ); CD4+ и CD95+ ( $r=0.67$ ;  $p<0.05$ ); CD25+ и CD95+ ( $r=0.70$ ;  $p<0.05$ ); CD8+ и CD25+ ( $r=0.63$ ;  $p<0.05$ ). У обследованных женщин ЯНАО установлено сокращение резервных возможностей иммунного гомеостаза за счет повышенной цитотоксической активности (CD8+) у  $55.00 \pm 3.68$  % с умеренной компенсацией процессами апоптоза (CD95+) у  $40.00 \pm 3.14$  % обследованных лиц.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (№ АААА-А15-115122810184-6).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Морозова О. С., Щеголева Л. С.* Структура лейкограммы у женщин Ямало-Ненецкого автономного округа города Надыма // Российский иммунологический журнал. 2015. Т. 9(18). № 2(2). С. 68–70.

*Чащин В. П., Гудков А. Б., Попова О. Н., Одланд Ю. О., Ковшов А. А.* Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. № 1. С. 3–12.

### ИММУННЫЙ СТАТУС У МУЖЧИН-ВАХТОВИКОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

#### IMMUNE STATUS OF MALE ROTATION EMPLOYEES IN ARKHANGELSK REGION

Некрасова М. В.<sup>1</sup>, Меньшикова М. В.<sup>2</sup>

Nekrasova M. V.<sup>1</sup>, Menshikova M. V.<sup>2</sup>

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук,  
Архангельск, Архангельская область; e-mail: mary\_n82@bk.ru*

*<sup>2</sup> Северный государственный медицинский университет,*

*Архангельск, Архангельская область; e-mail: menshikovamv1961@yandex.ru*

An immunological survey of 68 males permanently residing in Arkhangelsk and employed by the military hydrographic unit at the Russian Northern Fleet (42 are dispatched on short-term missions (maximum 16 days) on the coast of the White and Barents Sea, 26 work at isolated lighthouses for 265 days a year) was conducted, including identification of lymphocyte phenotypes (CD4+, CD8+, CD71+, CD95+). Increasing concentration of lymphocytes with receptors for apoptosis (CD95+), programmed

cell death limits cell-mediated cytotoxic activity (CD8+), and serves as a compensatory adaptive response in an extreme climatic and occupational environment.

Проведено иммунологическое обследование 68 мужчин, постоянно проживающих в г. Архангельск работников военной гидрографической службы СФ РФ (42 совершают кратковременные рейсы (максимум 16 суток) по побережью Белого и Баренцево морей, 26, длительно работают на маяках в условиях профессиональной и социальной изоляции по 265 суток в году) с определением фенотипов лимфоцитов (CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>).

Концентрации хэлперов-индукторов (CD4<sup>+</sup>) составили  $0.53 \pm 0.03$  и  $0.49 \pm 0.04 \cdot 10^9$  кл/л соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что концентрация хэлперов-индукторов (CD4<sup>+</sup>) находится ближе к нижним границам физиологических норм у 58.00 и 50.00 % обследуемых лиц, в 2 раза чаще встречается у мужчин, работающих короткой вахтой (16.00 и 42.50 %). Повышенные значения указанного показателя встречались в 4.02 % случаев у коротковахтовиков и у 16.65 % лиц, работающих длинной вахтой. Повышенные концентрации хэлперов-индукторов (CD4<sup>+</sup>) мы склонны считать компенсаторной реакцией на фоне выраженного Т-клеточного дефицита.

Содержание Т-супрессоров (CD8<sup>+</sup>) в среднем превышает известные физиологические пределы:  $0.51 \pm 0.03$  и  $0.50 \pm 0.04 \cdot 10^9$  кл/л, у 76.00 и 57.50 % соответственно. Хэлперно-супрессорный коэффициент при этом составил 0.96-1.01, что указывает на выраженную Т-супрессию у 80.00 % мужчин-коротковахтовиков и у 60.50 % мужчин, работающих на маяках длинной вахтой.

Обращает на себя внимание тот факт, что цитокиновая активность, маркированная CD71<sup>+</sup> крайне низкая:  $0.47 \pm 0.03$  и  $0.45 \pm 0.06 \cdot 10^9$  кл/л у 58.33 и 75.00 % случаев, соответственно. И только у 7.50 % респондентов сохранена повышенная активность лимфоцитов с рецепторами к CD71<sup>+</sup> у лиц, работающих короткой вахтой. Подобная ситуация свидетельствует о том, что фактически у лиц, работающих короткой вахтой, крайне слабо формируются компенсаторно-приспособительные реакции адаптивного иммунитета [Некрасова и др., 2018; Самодова, Цыпышева, 2015; ].

Относительно лимфоцитов с маркером CD95<sup>+</sup> ( $0.49 \pm 0.03$  и  $0.46 \pm 0.07 \cdot 10^9$  кл/л) следует сказать, что их концентрации в среднем достаточно высокие лишь у 20.83 и 17.50 % респондентов, соответственно. При этом настораживает тот факт, что в 33.33 и 67.50 % случаев соответственно процессы апоптоза крайне низкие.

Корреляционные взаимосвязи между клетками с рецептором к апоптозу (CD95<sup>+</sup>) и клетками с рецептором к CD8<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>  $r=0.75-0.89$  ( $p=0.05$ ) в зависимости от показателя у лиц, работающих длинной вахтой. Увеличение концентрации лимфоцитов с рецепторами к апоптозу, запрограммированной клеточной гибели, ограничивает клеточно-опосредованную цитотоксическую активность и служит компенсаторно-приспособительной реакцией в экстремальных условиях климатического и профессионального воздействия на организм человека.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (№ АААА-А15-115122810184-6).*

## ЛИТЕРАТУРА

*Некрасова М. В., Меньшикова М. В., Долгих О. В., Поповская Е. В. Соотношение содержания уровней иммунологических параметров и тестостерона*

у мужчин, работающих вахтами в Северных морях // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. № 2. С. 291–298

*Самодова А. В., Цытышева А. В.* Соотношение внеклеточного пула рецепторов и уровня иммунных реакций у людей, проживающих в условиях заполярья // Экология человека. 2015. № 12. С. 21–27.

*Wright H. L., Chikura B., Bucknall R. C., Moots R. J., Edwards S. W.* Changes in expression of membrane TNF, NF- $\kappa$ B activation and neutrophil apoptosis during active and resolved inflammation // Ann. Rheum. Dis. 2011. Vol. 70. P. 537–543.

## **СООТНОШЕНИЕ ГОРМОНОВ МОЗГОВОГО СЛОЯ НАДПОЧЕЧНИКОВ И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У ТРУДОСПОСОБНОГО НАСЕЛЕНИЯ АРКТИКИ**

### **THE RATIO OF ADRENOMEDULLARY HORMONES AND CARBOHYDRATE METABOLISM IN THE WORKING POPULATION OF THE ARCTIC**

Нестерова Е. В.

Nesterova E. V.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук,  
г. Архангельск, Архангельская область; e-mail: Ekaterina29reg@mail.ru*

This study was carried out in the working residents of the Arctic aged 20-55 years. Using fluorimetric and spectrophotometric methods, urine adrenomedullary hormone levels, serum levels of carbohydrate metabolism markers were measured. High adrenaline level beyond the physiological range was found in 64 % of individuals, combined with normal values of norepinephrine, which indicates a decrease in the role of the mediator part in the functioning of the sympathoadrenal system. At the same time, the level of pyruvate was within the lower reference limit; on the contrary, lactate level was above the physiological reference value, indicating the predominance of anaerobic compared to aerobic processes in the residents of the Arctic. Correlation analysis proved the dependence of carbohydrate metabolism markers on the adrenaline and noradrenaline levels. High adrenaline values combined with low serum glucose values may indicate a compensatory response of the body to an Arctic climate.

Несмотря на многочисленные данные об особенностях углеводного обмена у северян [Бичкаева, 2008; Бичкаева и др., 2014; Бойко, 1996; Нестерова и др., 2018], соотношение гормонов мозгового слоя надпочечников и углеводного обмена остаётся малоизученным. В связи с этим цель настоящего исследования является определить уровни показателей углеводного обмена в крови и содержание гормонов мозгового слоя надпочечников в моче, и выявить характер взаимосвязей между их содержанием у трудоспособного населения Арктики в возрасте от 22 до 55 лет.

Обследовано трудоспособное население 427 человек в возрасте от 20 до 55 лет (2009–2018 гг.) — постоянные жители Арктического региона Севера России. Концентрация адреналина и норадреналина в моче определялась флуориметрическим методом на анализаторе биожидкостей «ФЛЮОРАТ-02-

АБЛФ-Т». Уровень глюкозы и лактата в сыворотке крови определяли на биохимическом анализаторе «МАРС» с использованием наборов «Chronolab AG» (Швейцария), пирувата методом Умбрайт с 2.4-динитрофенилгидразином, был рассчитан коэффициент Лак/Пир. Статистический анализ результатов исследования производился с применением пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2010 и SPSS Statistics 22.0 для Windows. Данные описаны медианой, а также 25 и 75 перцентиллями. Для выяснения взаимосвязей между параметрами углеводного обмена и гормонами мозгового слоя надпочечников использовали корреляционный анализ по Спирмену.

При анализе содержания катехоламинов в моче у жителей трудоспособного возраста Арктики установлено, что уровень адреналина, не соответствует значениям физиологической нормы (1.2-81.9 нмоль/сут) и составляет 117.04 [52.79; 204.26], нмоль/сут. Следует отметить, что аномально высокие значения наблюдались у 64 % обследуемых лиц. Таким образом, факт высокого значения адреналина в Арктическом регионе может свидетельствовать о повышении тонуса и изменении функционального состояния симпатoadреналовой системы. Содержание норадреналина в моче у жителей Арктики в возрасте 20-55 лет, составляет 149.55 [74.73; 311.76] нмоль/сут, при норме 47.3-236.4 нмоль/сут. Частота встречаемости аномально низких значений данного гормона составила – 14.8 %, аномально высоких значений — 9.6 %.

При рассмотрении параметров углеводного обмена, было отмечено, что содержание глюкозы в сыворотке крови у 22–55-летних жителей Арктики находится в пределах физиологической нормы — 4.61 [4.03; 5.20] ммоль/л. При этом частота встречаемости аномально низких значений глюкозы составила 21 %.

Анализ содержания лактата показал, что значения данного метаболита выходят за пределы физиологической нормы и составляют 3.01 [2.43; 3.78] ммоль/л, при норме (0.5–2.2 ммоль/л). Аномально высокие значения отмечены у 84 % жителей Арктики.

Уровень пирувата в крови находится в пределах нижней граница нормы 0.03 ммоль/л. Частота встречаемости низких концентраций пирувата, зарегистрирована у 42.3 % лиц. Стоит отметить, что у 77 % обследованных лиц установлены аномально высокие значения величины Лак/Пир, что может говорить о преобладании анаэробных процессов над аэробными у жителей трудоспособного возраста.

В результате корреляционного анализа выявлены статистически значимые взаимосвязи ( $p < 0.05$ ) между исследуемыми показателями углеводного обмена и гормонами мозгового слоя надпочечников, что говорит о зависимости параметров углеводного обмена от гормонов мозгового слоя надпочечников.

Таким образом, при обследовании жителей Арктики установлены высокие значения адреналина, при уровне норадреналина в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об уменьшении роли медиаторного звена в функционировании симпатoadреналовой системы. Так же установлено, что у трудоспособного населения Арктики уровень пирувата находится в пределах нижней границы нормы, а лактат, наоборот выше физиологической нормы, что указывает на преобладание анаэробных процессов над аэробными у жителей Арктики. Корреляционным анализом доказана зависимость метаболитов углеводного обмена от гормонов мозгового слоя надпочечников. Высокие

значения адреналина в моче на фоне низких значений глюкозы в сыворотке крови могут говорить о компенсаторной реакции организма в условиях высоких широт.

*Работа выполнена в рамках программы ФНИИР по теме лаборатории биологической и неорганической химии Института физиологии природных адаптаций "Изучение адаптивных возрастных эндокринно-метаболических перестроек у жителей Арктических территорий" (№АААА-А15-115122810187-7).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Бичкаева Ф. А.* Эндокринная регуляция метаболических процессов у человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН. 2008. 304 с.

*Бичкаева Ф. А., Нестерова Е. В., Третьякова Т. В., Власова О. С., Денисовская В. Ю., Шенгоф Б. А., Баранова Н. Ф.* Взаимоотношение адреналина и параметров углеводного и липидного обмена у лиц с инсулиннезависимым сахарным диабетом, проживающих в Архангельской области. // Регуляция метаболических процессов при сахарном диабете II типа: глава в монографии. (Под общей ред. Л. К. Добродеевой.). Екатеринбург: РИО УрО РАН. 2014. С. 152–199.

*Бойко Е. Р.* Некоторые закономерности метаболических перестроек у человека на Крайнем Севере // Физиология человека. 1996. Т. 22. № 4. С. 122–129.

*Нестерова Е. В., Шенгоф Б. А., Бичкаев А. А.* Возрастные изменения содержания катехоламинов и показателей углеводного обмена у жителей Севера России // Журнал медико-биологический исследований. 2018. Т. 6. № 1. С. 25–34.

### **ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО РЕАГИРОВАНИЯ ЛЮДЕЙ С ЛИМФОПЕНИЕЙ НА КРАТКОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕЕ ОХЛАЖДЕНИЕ**

#### **IMMUNE RESPONSE IN PATIENTS WITH LYMPHOPENIA TO SHORT- TERM GENERAL COOLING**

Патракеева В. П., Добродеева Л. К., Самодова А. В., Штаборов В. А.

Patrakeeva V. P., Dobrodeeva L. K., Samodova A. V., Shtaborov V. A.

*Институт физиологии природных адаптаций Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск; Архангельская область; e-mail: patrakeeva.veronika@yandex.ru*

This study involved a medical examination of 90 women, apparently healthy at the time of the survey, before and after a short-term general cooling lasting for 5 minutes, at -25 °C. In 37.29 % of the individuals, lymphopenia was observed. After a short-term general cooling, in patients with lymphopenia the number of mature CD3+ cells and CD4+ dropped, which presents a risk of developing T-helper immunodeficiency. Among activated lymphocytes, cell levels with a transferrin receptor were reduced. Increases were observed in the lymphocytogram of small lymphocytes capable of recycling. No changes in the level of catecholamines and energy levels (ATP) in patients with lymphopenia were found. Thus, a distinctive feature of the response to the general cooling in the patients with lymphopenia before the cooling was a decrease in the concentration of mature T-cells, T-helper cells, and lymphocytes with a transferrin receptor, as well as an increase in lymphocyte recycling activity, possibly associated with a high level of ATP in the cells.

Лимфопения, когда содержание лимфоцитов в периферической венозной крови становится менее  $1.5 \times 10^9$  кл/л, сопровождается ряд патологических

процессов. Она регистрируется в первые сутки острого воспалительного процесса, в том числе при обострении хронического воспаления различной локализации, в ранние периоды воспалительной реакции, раневой, травматической болезни и острых кровопотерях. У северян достаточно часто выявляется лимфопения, в среднем частота её выявления от 17 до 32 % и, наиболее высока в приморских районах, а также, повышается в периоды, отличающиеся наиболее значимыми отклонениями вариаций колебаний магнитного поля земли [Добродеева, 2004]. Представляло интерес установить особенности иммунологического реагирования у людей с лимфопенией на кратковременное общее охлаждение. Было проведено обследование 90 женщин трудоспособного возраста, проживающих в г. Архангельске, практически здоровых на момент обследования, до и после кратковременного общего охлаждения в течение 5 минут, при  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В 37.29 % случаев была зарегистрирована лимфопения, среднее содержание лимфоцитов составило  $1.20\pm 0.25\times 10^9$  кл/л. Лимфопения ассоциирована с более низким содержанием моноцитов (соответственно  $0.28\pm 0.21$  и  $0.43\pm 0.40\times 10^9$  кл/л,  $p<0.05$ ), Т-лимфоцитов, меченных к априптозу (соответственно  $0.15\pm 0.01$  и  $0.34\pm 0.02\times 10^9$  кл/л,  $p<0.001$ ) без различий в концентрациях нейтрофильных гранулоцитов и адреналина. Но, концентрация норадреналина при лимфопении была более высока (соответственно  $361.71\pm 62.30$  и  $169.22\pm 72.8$ ,  $p=0.04$ ). Известно, что катехоламины, посредством активизации  $\beta 2$ -адренергических рецепторов могут подавлять выход лимфоцитов из лимфатических узлов, усиливая экспрессию хемокиновых рецепторов CCR7 и CXCR4 [Nakai, Suzuki, 2018]. При лимфопении фактически в 4 раза выше уровень внутриклеточного АТФ в лимфоцитах (соответственно  $2.38\pm 0.44$  и  $0.58\pm 0.81$  мкмоль/млн.кл), что свидетельствует о более высокой энергообеспеченности циркулирующих клеток. После кратковременного общего охлаждения при лимфопении сокращается число зрелых клеток CD3+ с  $0.31\pm 0.02$  до  $0.22\pm 0.02\times 10^9$  кл/л и дифференцированных CD4+ с  $0.27\pm 0.01$  до  $0.20\pm 0.02$  ( $p=0.02$ ), что является риском формирования Т-хелперного иммунодефицита. Среди активированных лимфоцитов снижаются уровни клеток с рецептором к трансферрину с  $0.23\pm 0.01$  до  $0.19\pm 0.01\times 10^9$  кл/л, без значимых изменений со стороны CD25+ и HLADR+. В структуре лимфоцитограммы возрастает число малых лимфоцитов (с  $0.77\pm 0.05$  до  $0.95\pm 0.06\times 10^9$  кл/л,  $p<0.05$ ), способных к рециркуляции. Не установлено изменения содержания катехоламинов и уровня энергообеспеченности (АТФ) при лимфопении. Таким образом, отличительной особенностью реагирования на общее охлаждение у лиц с дефицитом содержания лимфоцитов до холодной пробы является снижение концентрации зрелых Т-клеток, Т-хелперов и лимфоцитов с рецептором к трансферрину (CD3+ и CD71+), а также повышение активности рециркуляции лимфоцитов, возможно, связанную с высоким уровнем обеспеченности этих клеток АТФ.

#### ЛИТЕРАТУРА

Добродеева Л. К. Иммунологическое районирование. Сыктывкар: Изд-во КНЦ. 2004. 101 с.

Nakai A., Suzuki K. Adrenergic control of lymphocyte trafficking and adaptive immune responses // Neurochemistry International. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2018.10.017>.



**СООТНОШЕНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО ПУЛА РЕЦЕПТОРОВ  
И ТРАНСПОРТНЫХ ФОСФОЛИПИДОВ У ЖИТЕЛЕЙ  
ПОС. РЕВДА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**RELATIONSHIP BETWEEN EXTRACELLULAR RECEPTOR POOL AND  
TRANSPORT PHOSPHOLIPIDS IN THE RESIDENTS OF REVDA,  
MURMANSK REGION**

Пашинская К. О., Самодова А. В.  
Pashinskaya K. O., Samodova A. V.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: annapoletaeva2008@yandex.ru*

This paper presents the findings of a study of the relationship between extracellular receptor pool and transport phospholipids in the residents of the town of Revda in Murmansk Region. 88 individuals were examined – 74 women and 14 men, aged 21 to 55 years. It was found that even the average concentrations of ApoA1 and Apo B in the blood of the examined individuals were below the reference value, the frequency of decreased levels was 59.26 and 51.85 %, respectively. An increase in the level of transport proteins was associated with an increase in free intercellular adhesion molecules of sL-selectin, sCD324, sApo/Fas apoptosis protein, circulating immune complexes with IgA, IgM, IgG, and a deficiency of neutrophil phagocytic activity. It is suggested that ApoA1, Apo B bind free intercellular adhesion molecules and a protein involved in the apoptosis of immunocompetent cells, forming a complex subsequently eliminated by a system of phagocytes.

Внеклеточный пул сыворотки крови содержит, в том числе рецепторы клеток и транспортные комплексы. Образующиеся комплексы способны к диссоциации и освобождению активных компонентов с сохранением специфических свойств функциональной активности. В литературе имеются единичные сведения об участии транспортных белков в регуляции функций иммунокомпетентных клеток. Так, транспортные белки крови аполипопротеин А1 (АпоА1) и аполипопротеин В (Апо В) участвуют в связывании и транспорте биологически активных соединений, гормонов, цитокинов, факторов роста, имеют отношение к синтезу иммуноглобулинов [Викторов и др., 1989; Панин и др., 1992]. На фоне значительного повышения содержания холестерина в крови, являющегося компонентом клеточных мембран, снижается содержание зрелых Т-лимфоцитов, Т-хелперов, цитотоксических Т-лимфоцитов и уровень продукции ИЛ-2 [Muldoon, 1997]. Существует огромное количество рецепторов и лиганд, циркулирующих в связанном и диссоциированном состоянии, однако, оценка соотношения свободных и связанных веществ, выяснение условий, при которых это происходит, является, несомненно, важным для решения сущности медицинских проблем. Целью работы является изучение соотношения внеклеточного пула кластеров дифференциации лимфоцитов и транспортных фосфолипидов у жителей поселка Ревда Мурманской области.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что даже средние концентрации АпоА1 и Апо В в крови обследованных жителей поселка Ревда Мурманской области были ниже нормы (109.57±3.14) и (63.96±1.4) мг/дл, частота пониженных концентраций (менее 115 мг/дл для АпоА1 и менее 69 мг/дл — Апо

В) у 59.26 и 51.85 % лиц соответственно. Содержание холестерина в среднем находилось в пределах нормы ( $5.63 \pm 0.24$ ) ммоль/л, однако, в 18.91 % случаев регистрировали повышенные концентрации (более 6.7 ммоль/л).

При повышении концентраций АпоА1 (с 81.15 до 133.89 мг/дл) и Апо В (с 44.92 до 82.21 мг/дл), а также общего холестерина (с 4.10 до 7.55 ммоль/л) значимых различий в содержании свободного рецептора к трансферрину и самого трансферрина, свободного рецептора к IL-2 и самого цитокина, свободных межклеточных молекул адгезии sCD54 и sL-селектина, а также белка (sApo/Fas) и лиганда к апоптозу (sFasL) не выявлено. Увеличение концентраций изучаемых транспортных белков ассоциировано с повышением содержания sL-селектина, свободного белка клеточной адгезии sCD324, белка апоптоза sApo/Fas, циркулирующих иммунных комплексов с IgA, IgM, IgG и дефицитом фагоцитарной активности нейтрофильных гранулоцитов. Можно предположить, что АпоА1, Апо В связывают свободные молекулы межклеточной адгезии и белок, участвующий в процессе апоптоза иммунокомпетентных клеток, с образованием комплекса и последующим выведением системой фагоцитов.

*Работа выполнена в соответствии с планом НИР по теме «Роль внеклеточного пула молекул адгезии и коротких пептидов в формировании и исходе адаптивных реакций человека на изменение светового режима» (№АААА-А17-117033010123-0).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Викторов А. В., Медведева Н. В., Гладкова Е. М.* Структура комплекса липополисахарид-липопротеин низкой плотности плазмы крови человека. Изучение методами аналитического ультрацентрифугирования, 31Р-ЯМР, ЭПР и флуоресцентной спектроскопии // Биологические мембраны. 1989. Т. 6. № 8. С. 856–868.

*Панин Л. Е., Биушкина Н. Г., Поляков Л. М.* Количественная характеристика, взаимодействия липопротеинов сыворотки крови со стероидными гормонами // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1992. Т. 112. С. 34–36.

*Muldoon M. F.* Immune system differences in men with hypo- or hypercholesterolemia. // Clin. Immunol. Immunopathol. 1997. Vol. 84 (2). P. 145–149.

### СОДЕРЖАНИЕ ЙОДТИРОНИНОВ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА АРХАНГЕЛЬСКА

#### SERUM IODOTHYRONINE LEVELS IN THE RESIDENTS OF ARKHANGELSK

Попкова В. А.

Popkova V. A.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук,  
Архангельск, Архангельская область; e-mail: victoria-popkova@yandex.ru*

The thyroid system is one of the most critical in the adaptation to freezing temperatures. This paper presents comparative studies of the serum levels of thyroxine-binding globulin,

thyroid hormones, and a ratio thereof in two groups of residents of Arkhangelsk — in 1989-1990 and in 2009. By 2009, there was a decrease in the total iodothyronines and thyroxine binding globulin with an increase in the peripheral conversion index.

Щитовидная железа секретирует тироксин ( $T_4$ ) и трийодтиронин ( $T_3$ ), влияющие на скорость основного обмена, функции сердца и нервной системы. Однако тиреоидный статус зависит от процесса дейодирования  $T_4$ , который происходит в гипоталамусе и гипофизе, а также в печени, почках и других органах, и приводит к образованию более активного  $T_3$  [Маслов и др., 2014]. Исследования, проведенные Ткачевым А. В., Раменской Е. Б. в 90-ых годах показали достоверное увеличение уровня тироксина и тиронинсвязывающего глобулина у мужчин-архангелогородцев по сравнению со среднеширотной нормой [Ткачев, Раменская, 1992]. Представляло интерес провести сравнительную оценку и отметить изменения содержания уровня йодтиронинов и их соотношения в крови у жителей города Архангельска, произошедшие за двадцатилетний период.

Обследованы 132 жителя города Архангельска мужского пола в возрасте от 22 до 50 лет, с индексом массы тела 19-25, не состоявших на учете у врача-эндокринолога. Из них 84 человека исследованы в 1989-1990 г. (группа 1) и 48 — в 2009 г. (группа 2). Обследование проходило в период увеличения продолжительности светового дня. Забор крови проводили с 8 до 10 часов утра из локтевой вены. Уровни тироксина ( $T_4$ ), трийодтиронина ( $T_3$ ) и тироксинсвязывающего глобулина (ТСГ) определяли с помощью радиоиммунного анализа на установке «АРИАН» (Витако, Россия) и иммуноферментного анализа с помощью автоматического планшетного анализатора Elysis Uno (Human, Германия). Статистическая обработка проводилась с помощью программы STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). В процессе обработки данных была проведена оценка параметров - медиан, диапазонов колебаний 10-90 процентильных интервалов (Me; 10-90 %), сравнение параметров групп с помощью U-критерия Манна-Уитни. За нормы принимали референтные величины, указанные в инструкциях к тест-наборам.

По результатам анализа исследованных образцов крови можно отметить, что наблюдается достоверное снижение концентрации тироксина (94 нмоль/л и 115 нмоль/л;  $p < 0.001$ , соответственно) и трийодтиронина (1.61 нмоль/л и 1.82 нмоль/л;  $p = 0.012$ , соответственно) у 2-ой группы относительно первой группы наблюдения. При этом значения 10-90 процентильного интервала колебаний  $T_4$  у мужчин первой группы (78-140 нмоль/л) были расширены в обе стороны от референтной нормы, но не выходили за пределы, в то время как по состоянию на 2009 г. у второй группы мужчин диапазон 10-90 перцентилей (73-114 нмоль/л) сместился к нижней границе нормы. Процентильный интервал содержания трийодтиронина в первой группе обследованных расширен (1.2-2.4 нмоль/л) и превышает границу референтной нормы, во второй группе у жителей Архангельска данные анализа показывают смещение 10-90 процентильного интервала (1.2-2.0 нмоль/л) в сторону низких уровней  $T_3$ .

Концентрация тиронинсвязывающего глобулина в сыворотке крови архангелогородцев в 1989-1990 гг. превышала референтную норму со смещением диапазона колебаний значений к верхним границам (18-27 мкг/мл), в то время как в группе 2 регистрируется противоположное смещение 10-90 процентильного

интервала (7-15 мкг/мл) к нижнему пределу референтной нормы. При этом отмечается снижение уровня ТСГ во второй группе мужчин относительно первой (13 мкг/мл и 23 мкг/мл;  $p=0.027$ , соответственно).

В результате можно констатировать снижение содержания тироксина, трийодтиронина и белка, переносчика йодтиронинов, у жителей города Архангельска за 20-ти летний период, что может быть связано с комплексом причин, как физиологических, так и технических (вследствие введения новых методик определения, измененных референтных норм и проч.).

Для более корректной оценки изменений определенным интерес представляло применение индекса, показывающего соотношение двух йодтиронинов – индекса периферической конверсии, рассчитанного по формуле  $(T_3/T_4)*100$ . По результатам вычислений регистрируется повышение индекса периферической конверсии йодтиронинов у группы 2 относительно первой (170 и 157 ус. ед.,  $p=0.027$ , соответственно), что может свидетельствовать о более активной конверсии тироксина в трийодтиронин у архангелогородцев по данным на 2009 год относительно показателей в 1989-1990 годах.

*Работа выполнена в соответствии с планом ФНИР ФГБУН ФИЦ КИА РАН по теме «Выяснение модулирующего влияния содержания катехоламинов в крови на гормональный профиль у человека и гидробионтов Европейского Севера» (номер гос. регистрации АААА-А15-115122810188-4).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Маслов Л. Н., Вычужанова Е. А., Горбунов А. С., Цибульников С. Ю., Халиулин И. Г., Чауски Е.* Роль тиреоидной системы в адаптации к холоду // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2014. Т. 100. № 6. С. 670–683.

*Ткачев А. В., Раменская Е. Б.* Эколого-физиологические особенности системы гипофиз – кора надпочечников-щитовидная железа // Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН. 1992. С. 15–44.

### **ИММУННЫЙ СТАТУС ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЕ (ЧМТ) У МУЖЧИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА**

#### **THE IMMUNE STATUS OF THE MALE RESIDENTS OF THE NORTH AFTER CRANIOCEREBRAL INJURY**

Поповская Е. В.<sup>1</sup>, Щёголева Л. С.<sup>2</sup>

Porovskaya E. V.<sup>1</sup>, Shchegoleva L. S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБУ здравоохранения Архангельской области «Первая городская клиническая больница им. Е.Е. Волоsevич», Архангельск, Архангельская область; e-mail: miakati15@gmail.com

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: shchegoleva60@mail.ru

Comprehensive immunological examination of male residents of Arkhangelsk aged 20–40 years on the first day after a craniocerebral injury with phenotype identification of the lymphocytes of the helper-inductors CD4<sup>+</sup>, T-suppressors CD8<sup>+</sup>, IL-2 interleukins, and proteins S100-β showed that the adaptive immune response in the first day after the injury as a protective

and adaptive mechanism in the extreme environment is evidenced by the elevated cellular mediated cytotoxicity at the expense of phenotypes of lymphocytes CD8<sup>+</sup> (CD16<sup>+</sup>) with a deficiency of T-cellular population, especially in individuals with a severe injury (up to 80 %).

Проведено иммунологическое обследование 97 пострадавших с черепно-мозговой травмой в возрасте от 20-40 лет мужского пола, жителей г. Архангельска в первые сутки с момента ее получения с определением фенотипов лимфоцитов (CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, белка S100-β и IL-2) с учетом степени тяжести травмы.

Содержание Т-хелперов (CD4<sup>+</sup>) находится в пределах физиологической нормы (0.4-0.8·10<sup>9</sup> кл/л), при этом наименьшие их значения 0.45·10<sup>9</sup> кл/л регистрируются у лиц с тяжёлой степенью ушиба головного мозга.

Супрессорная активность напротив превышает общеизвестные пределы (0.2-0.4·10<sup>9</sup> кл/л) и составляет в среднем 0.52±0.05·10<sup>9</sup> кл/л. Хелперно- супрессорный коэффициент (CD4/CD8, k=2) у пострадавших, не зависимо от тяжести травмы, составляет единицу при норме два, что свидетельствует о выраженной цитотоксической реакции.

Необходимо отметить, что у лиц с низким хелперно-супрессорным коэффициентом и лёгкой степенью ЧМТ, осложнения выявлены в 0.1 % случаев, выражающихся посттравматической энцефалопатией I степени (головная боль, головокружение, повышенная утомляемость и снижение памяти), не снижающих качество жизни. У лиц с низким хелперно-супрессорным коэффициентом при средней и тяжелой степени ЧМТ, осложнения выявлены в 50.0-62.0 % случаев, выражающихся энцефалопатией II-III степени, посттравматической эпилепсией и другими, значительно снижающими качество жизни. Таким образом, выявление хелперно-супрессорного коэффициента ниже единицы (<1) в первые сутки после получения ЧМТ косвенно свидетельствует о возможном развитии посттравматической церебральной патологии, влияющей в дальнейшем на качество жизни в зависимости от степени тяжести полученной травмы.

Содержание интерлейкина-2 повышено у всех обследуемых групп, не зависимо от степени тяжести ЧМТ: 110.41±0.02; 166.77±0.01; 740.22±0.07 (пг/мл), при этом важно подчеркнуть, что с возрастанием степени тяжести травмы достоверно увеличивается цитокиновая активность со стороны интерлейкина — 2.

В норме уровень S100-β не превышает 100.5 нг/л [Поповская и др., 2016; Самодова, Цыпышев, 2015;

Winter et al., 2013]. В нашем исследовании средние данные уровня содержания белка S100-β повышаются прямо пропорционально тяжести травмы, что говорит о степени повреждения мозговой ткани. Например, при лёгкой ЧМТ значение S100-β незначительно превышает норму – 135.8±0.02 нг/л, при ЧМТ средней степени тяжести — 152.1±0.01 нг/л и при ТЧМТ достигает максимальных цифр — 172.1±0.03 нг/л.

Важно отметить, что в первые сутки после получения травмы, не зависимо от степени её тяжести, среди мужчин 20–40 лет повышенная клеточно-опосредованная цитотоксичность за счёт фенотипов лимфоцитов CD8<sup>+</sup> (CD16<sup>+</sup>), вероятно, является компенсаторно-приспособительной иммунной реакцией при выраженном дефиците Т-клеточной популяции. Характерной особенностью для пострадавших с тяжёлой степенью ЧМТ является повышенное содержание клеток-активаторов с рецепторами к интерлейкину-2 (CD25<sup>+</sup>), стимулирующих

иммунные реакции по классическому пути, повышения концентрации цитокинов (IL-2) на фоне высокой цитотоксической активности и общего дефицита Т-клеточной популяции.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (№ АААА-А15-115122810184-6).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Поповская Е. В., Щёголева Л. С., Шашкова Е. Ю., Порохин В. Г.* Иммуные реакции при черепно-мозговых травмах у мужчин-северян трудоспособного возраста // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета, серия «Медико-биологические науки». 2016. № 1. С. 102–109.

*Самодова А. В., Цыпышева А. В.* Соотношение внеклеточного пула рецепторов и уровня иммунных реакций у людей, проживающих в условиях заполярья // Экология человека. 2015. № 12. С. 21–27.

*Winter C. D., Clough G. F., Pringle A. K., Church M. K.* Outcome following severe traumatic brain injury TBI correlates with serum S100B but not brain extracellular fluid S100B: An intracerebral microdialysis study // World Journal of Neuroscience. 2013. Vol. 3. P. 93–99.

### ИММУННЫЙ СТАТУС У ЖЕНЩИН НАО

#### THE IMMUNE STATUS OF THE FEMALE RESIDENTS OF NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Сергеева Т. Б.

Sergeeva T. B.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаврёва Российской академии наук,  
Архангельск, Архангельская область; e-mail: Tanya--86@mail.ru*

Adaptations to the environmental conditions of the North cause rearrangement of a number of metabolic processes and affect the human body's functional systems. The functional response of the immune system changes under the influence of various environmental factors, therefore monitoring of the immune status is highly relevant. Immunological examination of 20 females aged 19-40 years residing in Nenets Autonomous District with phenotype identification of the lymphocytes CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, and CD95<sup>+</sup> was undertaken.

Проведено иммунологическое обследование 20 человек в возрасте 19–40 лет женского пола, постоянно проживающих в пос. Несь НАО, не ведущих кочевой образ жизни с определением фенотипов лимфоцитов CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup> и CD95<sup>+</sup>. Все люди на момент иммунологического обследования были практически здоровы по данным медицинских карточек и заключению поселкового врача-терапевта.

Содержание Т-хелперов (CD4<sup>+</sup>) находится на нижней границе общепринятых физиологических норм (0.4–0.8·10<sup>9</sup> кл/л) и составляет 0.40±0.04·10<sup>9</sup> кл/л. Средний уровень супрессоров/киллеров (CD8<sup>+</sup>) у женщин п. Несь НАО составляет 0.38±0.05·10<sup>9</sup> кл/л, что находится ближе к верхней границе физиологической нормы (0.2–0.4·10<sup>9</sup> кл/л).

Уровень содержания клеток с рецептором к трансферину (CD71<sup>+</sup>) у женщин постоянно проживающих в п. Несь НАО составляет в среднем  $0.41 \pm 0.04 \cdot 10^9$  кл/л, что находится в пределах физиологической нормы ( $0-0.56 \cdot 10^9$  кл/л). Содержание трансферина косвенным образом свидетельствует об участии метаболизма железа в процессе активации лимфоцитов.

Анализируя уровень содержания клеток-маркеров апоптоза (CD95<sup>+</sup>) выявили, что среднее содержание указанного иммунологического параметра у женщин п. Несь НАО составляет  $0.40 \pm 0.04 \cdot 10^9$  кл/л, что ниже физиологической нормы ( $0.45-0.55 \cdot 10^9$  кл/л).

Представляло интерес изучить не только состояние иммунологической активности в усреднённых параметрах, но и в процентном соотношении — то есть частоту регистрации тех или иных вариантов иммунных дисбалансов.

Повышенные концентрации Т-хелперов (CD4<sup>+</sup>) зафиксированы у 11.72 % обследуемых женщин. Дефицит хелперов/индукторов (CD4<sup>+</sup>) встречался в 52.63 % случаев. Аномально высокие уровни цитотоксических лимфоцитов CD8<sup>+</sup> в среднем встречались у 31.58 % женщин. Крайне низкие уровни CD8<sup>+</sup> были выявлены у 15.79 % женщин п. Несь. Высокая цитотоксическая активность и большая её распространённость может в дальнейшем способствовать склонности к хронизации возможных заболеваний и аллергизации организма [Морозова и др., 2018; Щёголева и др., 2016 а, б; Young et al., 2010].

Повышенных концентраций лимфоцитов с рецептором к трансферину (CD71<sup>+</sup>) у женщин зафиксировано не было. Дефицит указанных клеток встречался в 70 % случаев обследуемых лиц.

Клетки, отражающие процессы апоптоза CD95<sup>+</sup>, в 32.50 % случаев имели значения выше средней физиологической нормы. Крайне низкие значения данного параметра встречались только в 15.00 % случаев.

Таким образом, у практически здоровых обследуемых женщин в возрасте 19–40 лет, родившихся и проживающих в климато-географических экстремальных условиях Европейского Севера РФ (п. Несь НАО) регистрируется повышенное содержание цитотоксических лимфоцитов, связанное с условиями труда и районом проживания.

*Работа выполнена в рамках ГЗ № гос. регистрации АААА-А15-115122810184-6.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Морозова О. С., Филиппова О. Е., Шашкова Е. Ю. Реакции адаптивного иммунитета жительниц Крайнего Севера // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. № 2. С. 285–290.

Щёголева Л. С., Сергеева Т. Б., Шашкова Е. Ю., Филиппова О. Е. Иммунный гомеостаз у кочующего и оседлого населения Европейского Севера России. 2016а. 101 с.

Щёголева Л. С., Сергеева Т. Б., Шашкова Е. Ю., Филиппова О. Е., Поповская Е. В. Особенность иммунологической активности периферической крови у лиц разных возрастных групп приполярного региона // Экология человека. 2016б. № 8. С. 15–20.

Young T. Kue, Makinen T. M. The Health of Arctic Populations: Does Cold Matter // Am. J. Hum. Biol. 2010. Vol. 22. P. 129–133.

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

### METHODS OF IMPROVING THE ADAPTABILITY OF THE HUMAN BODY TO THE ARCTIC ENVIRONMENT

Соловьевская Н. Л., Белишева Н. К., Мартынова А. А.

Solovevskaia N. L., Belisheva N. K., Martynova A. A.

*Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,  
Апатиты, Мурманская область; e-mail: silva189@mail.ru*

This study presents the main methods contributing to the improved adaptability of the human body to the Arctic environmental conditions. Positive statistically significant results of using biofeedback (BFB) with diaphragmatic breathing training and Ayurvedic oil massage “abhyanga” were recorded. The experiments were mainly carried out in females of different ages. Some psychocorrectional methods are also described that allow to produce a therapeutic effect in the psycho-emotional stress caused by the Arctic environment, allowing to relieve muscle tension leading to psychosomatic disorders and diseases.

Адаптация в условиях Арктического региона имеет свои специфические особенности, что описано в научных трудах отечественных авторов. Условия жизни в районах Крайнего Севера считаются экстремальными, и приводят к формированию синдрома «полярного напряжения» [Белишева, 2014; Завадская и др., 2012].

Адаптация — это оптимальное функционирование (приспособление с появлением устойчивости). Для устойчивого психофизиологического функционирования в арктических условиях и профилактики развития заболеваний, в первую очередь, психосоматических нарушений, людям требуется помощь в адаптации. Холистический (в переводе с греческого, означает «целостный»), подход к лечению и профилактике психосоматических состояний и заболеваний в настоящее время обретает большую популярность. основополагающий фундаментальный принцип холистического подхода — увеличение потенциала здоровья у человека. Предполагается, что целостное понимание взаимосвязи психоэмоционального и физического состояния даст возможность понять механизм ее влияния на состояние здоровья, несмотря на генетические и физические нарушения, на решении которых акцентировано внимание традиционной медицины. Внедрение инновационных методов оптимизации адаптационных ресурсов у практически здоровых людей и для реабилитации пациентов, уже имеющих какие-либо нарушения здоровья, в образовательных, социальных структурах, учреждениях здравоохранения, в трудовых коллективах, может значительно снизить заболеваемость, затраты на лечение, на выплаты больничных листов, повысить производительность труда и сохранить здоровье значительному числу людей.

Одним из таких эффективных методов — метод биологической обратной связи (БОС), который основан на саморегуляции, с помощью которой люди учатся управлять физиологической реакцией своего организма, на основе предоставленного им информационного сигнала, полученного от показателей сенсоров о его состоянии. Ответные реакции организма на внешние условия



включают в себя сокращение мышц, температуру поверхности кожи, мозговую деятельность, электрическую проводимость кожи, кровяное давление и частоту сердечных сокращений. Обучение пациентов в соответствии с терапевтической инструкцией саморегуляции под контролем сигналов обратной связи, позволяет пациентам стать активными участниками процесса реабилитации. БОС позволяет задействовать скрытые внутренние резервы и получить контроль над работой центральной нервной системы или соматомоторных функций [Соловьевская, 2018].

Исследование уровня тревожности у студентов медицинского колледжа, до и после БОС терапии, доказало, что занятия по методике БОС, с обучением диафрагмальному дыханию, приводят к снижению уровней ситуативной (СТ) и личностной (ЛТ) тревожности. Статистически достоверно ( $p < 0.001$ ) снизился уровень, как СТ, так и ЛТ. После проведенной коррекции психоэмоционального состояния посредством метода БОС-терапии, численность студентов с высоким уровнем ситуативной и личностной тревожности в группах испытуемых существенно снизилась: на 39.4 %, и на 54.6 %, соответственно. Сравнение процентного соотношения уровня тревожности у студентов прошедших курс БОС-терапии и группы сравнения показало, что среди студентов, занимающихся по методике БОС, уровни СТ и ЛТ ниже, соответственно, на 43.7 % и на 51.4 % [Соловьевская, Белишева, 2016].

В результате исследования влияния лечебно-оздоровительного метода БОС, обучающего оптимальному типу диафрагмального дыхания на психофизиологическое состояние женщин разных возрастных групп при помощи биоэлектрографии, получены статистически значимые позитивные изменения ее показателей, что свидетельствует об улучшении психоэмоционального и психофизиологического состояния женщин. Систематическое использование метода БОС может способствовать повышению адаптационных ресурсов и оздоровлению организма. Этот факт позволяет рассматривать БОС, как высокоэффективную здоровьесберегающую технологию, направленную на снижение степени риска развития психосоматических нарушений в условиях Арктики [Соловьевская, 2018].

Был проведен эксперимент по улучшению психофизиологического состояния при помощи классического аюрведического масляного массажа «абхьянга», предполагающего достаточно энергичный, но вместе с тем, расслабляющий массаж всего тела с помощью масел. До и после процедуры, проводилось исследование психофизиологического состояния участников эксперимента и методом ГРВ и с помощью прибора Омега для измерения вариабельности сердечного ритма (ВСР). В нем приняли участие на добровольной основе 18 человек в 2016 г. и 19 человек в 2017 человек. В 2017 г. к методам исследования были добавлены клинические и биологические анализы крови, с изучением изменения липидных свойств и свертывающих факторов. При этом некоторые показатели газоразрядной визуализации ГРВ и ВСР достоверно ( $p < 0.05$ ) улучшились после масляной терапии. Незначимо изменились некоторые показатели свертываемости крови. Что демонстрируют улучшение состояния здоровья после проведения аюрведической терапии.

Наряду с методом БОС апробировались различные психологические методики, в том числе арт-терапия. Терапия искусством является относительно новым методом психотерапии. В каждом возрасте наблюдаются нормативные страхи, которые, накапливаясь, мешают личностному развитию и создают адаптационные, невротические проблемы. При отображении на рисунке

переживания страха происходит ослабление его травмирующего звучания, что позволяет снять тревогу и психоэмоциональное напряжение, при этом снижается мышечное напряжение, приводящее к психосоматическим нарушениям. Лечебным действием обладают также приемы лепки (скульптура), фотография и драматерапия (проживание различных образов и ролей). Существенными в лечении психоэмоциональных расстройств, приводящих к психосоматическим расстройствам, стали приемы расслабляющих психологических упражнений и использование неодушевленных предметов для фиксации и переноса на них негативных образов, эмоций и чувств. Все эти психокоррекционные методики направлены на преодоление психотравмирующих ситуаций и снятие психоэмоционального напряжения, ведущих к развитию психосоматических нарушений, к которым наиболее склонны не коренные жители Крайнего Севера, которым свойственна повышенная чувствительность, как к психологическим факторам, так и к климатогеографическим и геофизическим воздействиям внешней среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Белишева Н. К.* Вклад высокоширотных гелиогеофизических агентов в заболеваемость населения Евро-Арктического региона // Вестник Уральской медицинской академической науки. Екатеринбург. 2014. № 2(48). С. 5–11.

*Завадская Т. С., Белишева Н. К., Калашикова И. В.* Зависимость функционального состояния периферической крови человека от вариаций гелиогеофизических агентов в условиях Заполярья // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 5(2). С. 448.

*Соловьевская Н. Л.* Оценка эффектов БОС-терапии с применением метода биоэлектрографии в курсе коррекции психофизиологического состояния жителей Арктики // Вестник уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. № 2. С. 324–333

*Соловьевская Н. Л., Белишева Н. К.* Коррекция уровня тревожности у студентов, проживающих в Евро-Арктическом регионе на основе метода биологической обратной связи // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2016. № 5(26). С. 130–134.

### **ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНИТЕТА ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ГИБЕЛИ ЛИМФОЦИТОВ ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

#### **DYNAMICS OF HUMAN IMMUNITY INDICATORS DEPENDING ON THE LEVEL OF LYMPHOCYTE PROGRAMMED DEATH AFTER A SHORT- TERM COOLING**

Ставинская О. А., Добродеева Л. К.

Stavinskaya O. A., Dobrodeeva L. K.

*Институт физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: ifpa-olga@mail.ru*

The research goal was to study the relationship between the programmed death of lymphocytes and immunity indicators in apparently healthy adults after a short-term cooling.

50 individuals were examined before a general cooling (5 minutes in a cold chamber at  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Apoptosis of lymphocytes in peripheral blood was evaluated by means of FITC–AnV and PI using the flowing cytometer Epics XL. Immunofluorescence analysis using the analyzer Evolis revealed the level of cytokines. It was established that apparently healthy individuals react differently to short-term general cooling. In  $56\pm 1.49\%$  of the examined individuals, a two-fold increase in lymphocyte apoptosis was found. In  $24\pm 0.97\%$  of the examined individuals, a two-fold or larger reduction of the activity of programmed cell death was observed. It was found that one of the factors explaining the apoptosis of lymphocytes is the initial background level of cytokine response of the immune system.

Холодовое воздействие на человека характеризуется субъективным ощущением недостатка тепла вследствие понижения температуры окружающей среды. Данная чувствительность может проявляться со стороны различных органов и тканей организма, в том числе и со стороны иммунной системы. В литературе изучены многие аспекты холодовых физиологических реакций организма, как в экспериментальных условиях [Беседин и др., 2016; Tanizaki et al., 2016], так и путем наблюдения и фиксирования долговременных адаптаций человека, например, в условиях Арктики [Деряпа, Рябинин, 1977; Добродеева, 2001]. Однако по большей части неисследованными остаются вопросы, касающиеся особенностей программируемой гибели лимфоцитов после кратковременного охлаждения, а также взаимосвязь активности апоптоза с показателями иммунитета у практически здоровых взрослых людей, что и явилось целью исследования. Проведено обследование 50 человек в возрасте от 20 до 50 лет, проживающих в г. Архангельске, практически здоровых на момент исследования. Изучение особенностей индивидуальной холодовой чувствительности проводили в холодной камере УШЗ-25Н (Россия), где люди находились 5 мин. при температуре  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Обследование осуществляли 2 раза: до и после воздействия холодового фактора на людей с соблюдением норм и правил биомедицинской этики. Апоптоз лимфоцитов периферической крови оценивали с помощью FITC–AnV и PI на проточном цитофлуориметре «Epics XL» (Beckman Coulter, США). Методом твердофазного иммуноферментного анализа на автоматическом анализаторе «Evolis» (Bio-RAD, Франция) выявляли сывороточные концентрации цитокинов (Bender MedSystems, Австрия). Практически здоровые лица по-разному реагируют на кратковременное общее охлаждение. У  $56\pm 1.49\%$  обследуемых людей отмечается увеличение в 2 раза клеток с признаками апоптоза. У  $24\pm 0.97\%$  обследуемых лиц в динамике холодового воздействия регистрировали сокращение активности программируемой клеточной гибели в 2 и более раз. У людей с увеличением в крови уровня апоптотических клеток AnV+/PI– после холодового воздействия снижается число лимфоцитов CD3+ и CD4+, а также клеток AnV+/PI+, подвергнутых некрозу. У лиц с сокращением в крови уровня апоптотических лимфоцитов после однократного холодового воздействия установлено падение общего числа лимфоцитов с увеличением количества некротизированных клеток AnV+/PI+. Снижается содержание фенотипов CD3+, CD4+, CD8+, CD19+, CD25+, CD71+, CD54+, HLADRII. Выявлено, что одним из факторов, обеспечивающих повышение активности апоптоза лимфоцитов, является исходный фоновый уровень содержания цитокинов. Активизация митохондриального апоптоза зрелых лимфоцитов, преимущественно Т-хелперов, происходит на фоне высокого содержания в крови IL-10 при низких

концентрациях IL-1 $\beta$ . Снижение программируемой гибели лимфоцитов после холодого воздействия можно рассматривать как негативную реакцию с повышением интенсивности некроза (не менее чем на 32 %), сокращением количества активированных лимфоцитов (CD25+, CD71+, HLADRII) и клеток, способных к пролиферации (CD10+) и дифференцировке (CD4+ и CD8+).

#### ЛИТЕРАТУРА

*Беседин И. М., Бажин А. С., Мельников В. П.* Моделирующий эффект температурных воздействий слабой интенсивности на психонервноиммуоэндокринную систему теплокровного организма // Вестник Тюменского гос. университета. 2016. Т. 2. № 2. С. 144–159.

*Деряпа Н. Р., Рябинин И. Ф.* Адаптация человека в полярных районах земли. Л.: Медицина. 1977. 296 с.

*Добродеева Л. К.* Иммунологическое районирование. Сыктывкар: : Коми НЦ УрО РАН. 2001. 112 с.

*Tanizaki Y., Aiso T., Mochizuki Y., et al.* Hematopoietic capacity in the fatty marrow of *X. Laevis* under the low-temperature condition // Blood. 2016. Vol. 128. P. 5050.

### **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО ОБМЕНА И ЗДОРОВЬЕ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА АПАТИТЫ**

#### **ELEMENTAL METABOLISM AND HEALTH OF THE CHILD POPULATION OF THE APATITY TOWN**

Терещенко П. С.

Tereshchenko P. S.

*Научно-исследовательский центр Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике – филиал Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук", Апатиты, Мурманская область; e-mail: tereshchenko\_pash@mail.ru*

The results are presented of a study on the mineral composition of hair samples from children residing in the town of Apatity, Murmansk Region. 35 chemical elements were studied. Deficiency of 4 elements were found – iodine, cobalt, zinc, and magnesium. Thus, due to the low levels of these chemical elements, the risk of an increase in the occurrence of thyroid gland diseases increases. It is suggested that the elemental status in children is significantly affected by the age and sex of the child. In addition, social factors such as nutrition, food products from different regions of Russia, as well as imported food products, play a role. Studies of the elemental composition of the human body are relevant to the science of medical ecology, and new research indicates potential methods of improving the socio-economic and medical aspects of human life.

Содержание химических элементов в волосах отражает их уровень в окружающей среде, поступление с пищей и состоянии организма. Волосы человека накапливают химические элементы, что можно использовать для оценки состояния окружающей среды и здоровья населения исследуемого региона [Агаджанян, 2013].

Вода – одно из самых распространенных соединений на Земле и тело человека на 70 % состоит из воды. Особенность потребляемой воды в Мурманской области состоит в том, что она очень мягкая и составляет 0.34 градусов жесткости. Общая минерализация составляет 65 мг/л. На жесткость воды оказывает влияние концентрация кальция и магния. Также небольшой вклад в общую жесткость вносят поливалентные ионы цинка, марганца, алюминия, стронция, бария и железа. Постоянное употребление воды с повышенной жесткостью в конечном итоге, может приводить к заболеваниям минерального обмена. Дефицит жизненно важных химических элементов или их избыток, неблагоприятные климатогеографические условия могут способствовать снижению здоровья населения проживающего в Арктическом регионе [Агаджанян, Ермакова, 1997].

По результатам исследования образцов волос, было отмечено недостаточность элементного состава по таким элементам как йод, кобальт, цинк и магний. Низкое содержание концентрации йода в волосах определялось во всех возрастных группах, как мальчиков, так и девочек. Наиболее выражен недостаток йода у мальчиков дошкольного (80 %) и школьного (81 %) возраста, у девочек показатели составляют 14 и 44 % соответственно. Недостаток йода в почве, воде, пищевых продуктах приводит к компенсаторному увеличению щитовидной железы (гипотиреозу и базедовой болезни – зобу). Ключевую роль в этом процессе играет Se-содержащий фермент йодиназа, осуществляющий дейодирование молекул тирозина в клетках периферических тканей. Следовательно, дефицит йода в немалой степени зависит от функционирования селенопротеинов. Кроме йодной недостаточности, в развитии эндемического зоба играет роль снижения содержания кобальта (Co) и цинка (Zn) [Барашков, 2011].

Низкое содержание кобальта отмечалось у 30 % мальчиков дошкольников и мальчиков подростков — 87.5 %. У девочек подростков встречалась низкая концентрация кобальта — у 44 % случаев. У девочек дошкольниц недостатка в пробах не выявилось.

В группе дошкольников, как мальчиков, так и девочек недостаток цинка отмечается у 100 % случаев. У мальчиков школьников недостаток составил 31 %, у девочек — 44 %.

Отмечено низкое содержание магния в группе дошкольного возраста: у мальчиков — 100 %, у девочек 73 %. В группе школьного возраста недостатка этого элемента не выявлено. Этот микроэлемент участвует в метаболизме витамина «Д», кроме того, снижает развитие остеопороза.

По данным ВОЗ, в мире умственной отсталостью, вызванной дефицитом йода (особенно при недостатке этого элемента во внутриутробном периоде), страдают около 20 млн. чел. У детей и взрослых при дефиците может увеличиваться щитовидная железа, повышается риск появления в ней узлов и развития онкологических заболеваний. В России зобом страдает почти каждый десятый человек, преимущественно женщины [Барашков, 2011].

В подростковом возрасте проявляются интенсивные метаболические процессы в организме. У мальчиков он продолжается с 13 до 16 лет, у девочек — с 12 до 15 лет. В этот период наблюдается увеличение скорости роста, который касается всех размеров тела. Возможно, на показатели элементного статуса у женщин большое значение имеют особенности, связанные с деятельностью эндокринной системы (гормональной) [Барашков, 2011].

Следует также принимать во внимание, что значительная часть минеральных веществ поступает в организм с пищей. При этом значительная часть продуктов поступает в районы Крайнего севера из различных регионов России, а также из зарубежных стран, что может оказывать влияние на минеральный обмен.

Изучение роли элементного состава организма человека является актуальным для медицинской экологии, а новые научные исследования представляют перспективы в поиске путей повышения социально-экономических и медицинских аспектов жизнедеятельности человека.

*Исследование выполнено в рамках темы: Изучение интегративных эффектов и механизмов раздельного и комбинированного воздействия природных факторов арктической среды и сопутствующих агентов на организм коренного и пришлого населения, проживающего в Арктическом регионе. Разработка новых «здоровье сберегающих технологий», ориентированных на особенности проживания в экстремальных условиях Арктики (№ 0226-2019-0064).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В.* Экологический портрет человека на Севере. М. Крук. 1997. 206 с.

*Агаджанян Н. А., Скальный А. В., Детков В. Ю.* Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации. Экология человека. 2013. № 11. С. 3–12.

*Барашков Г. К.* Медицинская бионеорганика. Основы, аналитика, клиника. М.: Изд-во «БИНОМ». 2011. 512 с.

### **УРОВНИ ДОФАМИНА И АУТОАНТИТЕЛ К АНТИГЕНАМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО И АЗИАТСКОГО СЕВЕРА**

### **LEVELS OF DOPAMINE AND THYROID AUTOANTIBODIES IN THE RESIDENTS OF THE EUROPEAN AND ASIAN NORTH**

Типисова Е. В.

Tipisova E. V.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаврёрова Российской академии наук,  
Архангельск, Архангельская область; e-mail: tipisova@rambler.ru*

The functional activity of the thyroid gland is largely controlled by the level of autoantibodies. Dopamine receptors have been found on the lymphocyte membranes. The research goal was to collect data on the differences in the level and ratio of dopamine, thyroglobulin, and thyroid autoantibodies in the residents of the European and Asian North, taking into account sex and age. The study involved 410 apparently healthy men and women aged 22-44 years and older than 45 years old. Increased levels of thyroglobulin antibodies in the residents of the European North compared to the residents of the Asian North combined with a lower level of thyroglobulin and inverse correlation between dopamine and thyroglobulin antibodies levels. A slight increase in the level of thyroperoxidase antibodies in women older than 45 years was accompanied by a negative correlation between dopamine and thyroperoxidase antibodies levels and a positive correlation between dopamine and thyroglobulin levels.

Функциональная активность щитовидной железы во многом определяется содержанием аутоантител к тиреоглобулину (Анти ТГ) и тиреопероксидазе (Анти ТПО), которые являются важнейшими маркерами ее работы. В то же время, есть сведения о том, что дофамин участвует в регуляции иммунитета [Репина, 2008; Pacheco et al., 2009]. В данном исследовании планируется получить сведения о различиях в содержании и соотношении в крови уровней дофамина, тиреоглобулина и антител к антигенам щитовидной железы у жителей Европейского и Азиатского Севера с учетом пола и возраста обследованных лиц.

Обследовано 410 практически здоровых лиц, проживающих на территориях Европейского и Азиатского Севера. Среди обследованных выделяли группы по полу и возрасту (22-44 лет и старше 45 лет). Забор крови проводили натощак в утренние часы из локтевой вены. Уровни гормонов в сыворотке крови и дофамина в плазме крови определяли иммуноферментным методом на автоматическом планшетном анализаторе Elysis Uno (Human Gmb, Германия). Проведена оценка медиан, диапазонов колебаний 10-90 процентильных интервалов (Ме; 10-90 %), сравнение параметров групп с помощью U-критерия Манна-Уитни, исследование связей признаков с применением рангового коэффициента корреляции Спирмена.

У мужского населения Азиатского Севера старше 45 лет практически в 2 раза выше содержание тиреоглобулина (ТГ) (30.6 (15.7; 43) нг/мл по сравнению с мужчинами, проживающими на Европейском Севере (9.8 (3.9; 36.9) нг/мл,  $p < 0.001$ ). Среди женщин прослеживается та же закономерность: уровни ТГ на Азиатском Севере выше и в возрасте 21-44 лет (10.3 (3.9; 23.3) нг/мл и 16.5 (2.9; 47.4) нг/мл,  $p = 0.012$ , и старше 45 лет (6.2 (0.9; 29.5) и 14.0 (0.3; 59.1) нг/мл,  $p = 0.04$ ). В то же время, уровень Анти ТГ был ниже у мужчин Азиатского Севера по сравнению с Европейским Севером. Так, содержание Анти ТГ у мужчин старше 45 лет, проживающих на Азиатском Севере, составило 1.7 (0; 5.2) МЕ/л против 3.4 (0; 15.1) МЕ/л у населения Европейского Севера,  $p = 0.04$ . Среди женщин обеих возрастных групп уровни Анти ТГ у населения Азиатского Севера были ниже относительно Европейского Севера, а именно, 4.1 (0; 72.2) и 10.7 (3.4; 95.2) МЕ/л,  $p = 0.015$  и 6.0 (0.7; 236.9) и 19.8 (4.3; 91.7) МЕ/л,  $p = 0.04$ . По уровню Анти ТПО достоверных отличий выявлено не было, однако его значения недостоверно нарастали практически в 2 раза у женщин старшей возрастной группы по сравнению с молодыми женщинами и у лиц Европейского, и Азиатского Севера, с 4.6 (1.8; 138.2) до 10.6 (0.4; 337.9) МЕ/мл и с 6.5 (1.3; 96.8) и 14.6 (1.8; 319.4) МЕ/мл, соответственно. Кроме того, у женщин всех возрастов диапазоны колебаний Анти ТПО превышали нормативные значения ( $< 50$  МЕ/мл), а значения ТГ были смещены к нижним границам нормы (2-50 нг/мл) в возрастных группах старше 45 лет. Указанные особенности регистрируются на фоне более высоких уровней дофамина у мужчин обоих возрастов, проживающих на Азиатском Севере, по сравнению с жителями Европейского Севера, а именно, 0.616 (0.186; 0.853) и 0.320 (0; 0.699) нмоль/л,  $p = 0.001$  и 0.618 (0.263; 0.997) и 0.404 (0.295; 0.573) нмоль/л,  $p = 0.001$ . Кроме того, выявлены отрицательные корреляционные связи между содержанием дофамина и уровнем Анти ТГ ( $r = -0.77$ ;  $p = 0.001$ ) у мужчин молодого возраста, проживающих на Европейском Севере, дофамина и уровнем Анти ТПО ( $r = -0.60$ ;  $p = 0.001$ ) и положительная связь между уровнем дофамина и ТГ ( $r = 0.58$ ;  $p = 0.002$ ) у женщин старшего возраста, проживающих на Азиатском Севере.

*Работа выполнена в соответствии с планом ФНИР ФГБУН ФИЦКИА РАН (№АААА-А15-115122810188-4).*

## ЛИТЕРАТУРА

Ретина В. П. Влияние различных концентраций катехоламинов на функционирование иммунокомпетентных клеток // Экология человека. 2008. № 2. С. 30–33.

Pacheco R., Prado C. E., Barrientos M. J., Bernales S. Role of dopamine in the physiology of T-cells and dendritic cells // Journal of Neuroimmunology. 2009. Vol. 216. P. 8–19.

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВИСИМОСТИ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРГАНИЗМА ТИАМИНОМ У ПОДРОСТКОВО-ЮНОШЕСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РАЗНЫХ ШИРОТ**

#### **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN GLUCOSE LEVEL AND THIAMINE AVAILABILITY IN THE ADOLESCENT RESIDENTS OF DIFFERENT LATITUDES**

Третьякова Т. В., Власова О. С.  
Tretyakova T. V., Vlasova O. S.

*Институт физиологии природных адаптаций Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук, Архангельск, Архангельская область; e-mail: tretyakova.t73@mail.ru*

To assess the relationship between glucose (Glu) level and thiamine availability in the adolescent residents of the Arctic region (AR) and the South Caucasus region (SCR), 148 AR residents and 77 SCR residents were examined. Glu level and thiamine availability were measured based on the magnitude of the TDP-effect. Depending on thiamine availability, the surveyed sample was subdivided into 3 groups: individuals with a normal level, individuals with marginal and pronounced hypovitaminosis. In both regions, increases in Glu in both marginal and pronounced hypovitaminosis were similar, while in SCR, Glu level was significantly lower than in AR combined with same values in marginal and pronounced hypovitaminosis, which is probably due to the lower involvement of carbohydrates in the energy metabolism in the residents of high latitudes.

Осуществляя коферментную функцию, тиамин трансформируется в тиаминпирофосфат необходимый для превращения пировиноградной кислоты в ацетил-КоА, обуславливая оптимальное использование белков, жиров и углеводов для энергетических целей. Чем выше уровень потребления углеводов, тем больше требуется тиамина. Сдвиги в содержании тиамина являются частным выражением адаптационных изменений и определение его содержания, а также взаимосвязи с уровнем Глю у подростково-юношеского населения разных широт проживания является актуальным [Кубасов и др., 2011; Мартинчик и др., 1987].

Цель исследования – выявить особенности изменений глюкозы в зависимости от обеспеченности организма тиамином у подростково-юношеского населения Арктики и Северного Кавказа.

С согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинской Декларации (2000 г.) обследовано подростково-юношеское население (девушки 16–20- и юноши 17–21 лет): 148 человек в арктическом регионе (АР) (Чукотский и Ненецкий автономный округ, Северо-Эвенкийский район Магаданской



области, Мезенский район Архангельской области) и 77 человек в южном регионе Кавказа (ЮРК) (республика Южная Осетия, г. Цхинвал). В крови определяли содержание глюкозы (Глю) на биохимическом анализаторе «МАРС» с использованием наборов Chronolab AG (Швейцария), тиамин в гемолизатах на анализаторе биожидкостей «Флюорат». Об обеспеченности организма тиаминотом судили по величине ТДФ-эффекта: норма <1.15 у.е., маргинальный 1.15-1.25 у.е., и выраженный гиповитаминоз >1.25 у.е. Статистическую обработку данных, распределение показателей, определение границ нормального распределения проводили с использованием программ SPSS 13.0 for Windows и Statistica 5.0. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался за 0.05.

Среднее значение уровня Глю в крови подростково-юношеского населения АР составило  $4.61 \pm 0.057$ , а у лиц ЮРК  $4.32 \pm 0.062$  ммоль/л, что соответствует значениям нормы, но в АР ее содержание было статистически значимо выше ( $p=0.000$ ). Сравнение величин ТДФ-эффекта показало, что в АР он статистически значимо выше ( $1.08 \pm 0.30$  против  $1.3 \pm 0.033$  у.е.,  $p=0.000$ ), что указывает на больший дефицит тиаминотом у жителей ЮРК. По величине ТДФ-эффекта маргинальный и выраженный гиповитаминотом у лиц ЮРК составил 28.7 и 48.0 % против у 18.2 ( $p=0.075$ ) и 8.8 % ( $p=0.001$ ) в АР. Следует отметить, что в АР и ЮРК при маргинальном и выраженном гиповитаминотоме тиаминотом установлено повышение уровня Глю. И как при одинаковых у лиц обоих регионов значениях маргинального дефицита (ТДФ-эффект  $1.20 \pm 0.005$  у.е.) содержание Глю в крови лиц АР было статистически значимо выше ЮРК ( $4.81 \pm 0.15$  против  $4.30 \pm 0.14$  ммоль/л,  $p=0.022$ ) так и при статистически значимо выраженном гиповитаминотоме у лиц ЮРК ( $1.48 \pm 0.06$  против  $1.34 \pm 0.021$  у.е.)  $4.35 \pm 0.09$  против  $4.75 \pm 0.20$  ммоль/л,  $p=0.015$ , что, вероятно, связано с большим употреблением углеводов в фактическом питании лицами ЮРК, требующим больше тиаминотом, дефицит которого установлен у 76.8% лиц против 27% у представителей северных широт.

*Работа выполнена в соответствии с планом ФНИР ФГБУН ФИЦ КИА РАН (№АААА-А15-115122810187-7).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Кубасов Р. В., Бичкаева Ф. А., Годовых Т. В.* Изменение показателей белкового обмена у детей в зависимости от обеспеченности тиаминотом // Клиническая лабораторная диагностика. 2011. № 8. С. 22–25.

*Мартинчик А. Н., Ларина Т. И., Исаева В. А.* Тиамин (витамин В1) // Труды института питания АМН СССР. 1987. Т. 8. С. 87–98.

## ИММУННЫЙ СТАТУС ЖИТЕЛЕЙ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ (Г. МОСКВА).

### THE IMMUNE STATUS OF THE RESIDENTS OF CENTRAL RUSSIA (MOSCOW)

Филиппова О. Е.<sup>1</sup>, Дюжикова Е. М.<sup>2</sup>  
Filippona O. E.<sup>1</sup>, Dyuzhikova E. M.<sup>2</sup>

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаверова Российской академии наук,  
Архангельск, Архангельская область; e-mail: oxana\_filippona\_85@mail.ru*  
<sup>2</sup>*Национальный медицинский университет им. А. А. Богомольца.  
Киев, Республика Украина*

The analysis showed that increased CD4<sup>+</sup> values on average were observed 10 times more often in men than in women. Level of activated T-lymphocytes with IL-2 receptors was quite high, averaging  $0.72 \pm 0.01 \cdot 10^9$  C/l, without significant differences attributable to sex. The share of apoptosis cells averaged  $55.34 \pm 1.23$  % without significant differences attributable to the group of study participants ( $57.55 \pm 1.47$  % and  $53.12 \pm 1.24$  %). The immune status of the residents of Central Russia indicates a balance between the activator cells and apoptosis processes, indirectly indicating a deficiency of the secondary environmental immune response.

Проанализированы результаты обследования жителей г. Москва в МК «Биолам» (директор д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ Л. К. Добродеева), 96 женщин и 87 мужчин, 40-60 лет, практически здоровых, не имеющих хронической патологии в анамнезе на момент обследования. Комплекс иммунологического обследования включал изучение содержания в периферической крови лимфоцитов с рецепторами CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>.

Среднее содержание Т-лимфоцитов хелперов/индукторов CD4<sup>+</sup> находится ближе к верхним общепринятым физиологическим нормам, при чем у мужчин достоверно выше, чем у женщин ( $0.62 \pm 0.23 \cdot 10^9$  кл/л;  $p < 0.01$ ). Кроме того, повышенные значения клеток CD4<sup>+</sup> в среднем встречались в 1.5-2 раза чаще и в 10 раз чаще у мужчин, чем у женщин (1.04 и 10.00 %,  $p < 0.001$ ). Абсолютно низкие концентрации CD4<sup>+</sup> выявляются в среднем в 3.86 %.

Средний уровень супрессоров/киллеров выше установленных физиологических колебаний как у женщин ( $0.50 \pm 0.01 \cdot 10^9$  кл/л), так и у мужчин ( $0.48 \pm 0.02 \cdot 10^9$  кл/л). Важно здесь же указать, что дефицит цитотоксических клеток (CD8<sup>+</sup>) среди обследуемого контингента не встречали ни разу, в то же время повышенные значения указанных клеток ( $> 0.4 \cdot 10^9$  кл/л) зафиксированы в 86.87 % случаев (93.75 и 80.00 %, соответственно). Низкие значения лимфоидных популяций с антигенным маркером (CD8<sup>+</sup>/16<sup>+</sup>) имели место быть в 6.04 % случаев. В то же время повышенное их содержание отмечено у 28.02 лиц (26.04 и 30.00 %,  $p < 0.005-0.001$ ). Т-хелперы составляют  $28.57 \pm 0.39$  % от общего содержания лимфоцитов. Уровни содержания в периферической крови москвичей цитотоксических Т-клеток относительно высоки, в среднем составляют  $0.49 \pm 0.01 \cdot 10^9$  кл/л без существенных различий у женщин и мужчин. В среднем у 132 человек содержание CD8<sup>+</sup> было выше общепринятых границ (88.84 %), в том числе у 90 женщин (93.75 %) и 42 мужчин (75.00 %).

Уровень содержания активированных Т-лимфоцитов с рецептором к IL-2 довольно высок, составляет в среднем  $0.72 \pm 0.01 \cdot 10^9$  кл/л, без существенных различий в зависимости от пола обследуемых (с колебаниями у женщин и мужчин, соответственно,  $0.70 \pm 0.01 \cdot 10^9$  кл/л и  $0.75 \pm 0.02 \cdot 10^9$  кл/л;  $p < 0.001$ ). Уровень активированных через рецептор IL-2 Т-лимфоцитов составил в среднем 33.31 % (соответственно 34.95 % для женщин и 31.66 % для мужчин) от общего содержания лимфоцитов и 36.79 % от концентрации зрелых Т-лимфоцитов.

Поддержание иммунного гомеостаза обеспечивается также апоптозом иммунокомпетентных лимфоцитов, которому подвергаются зрелые дифференцированные клетки, меченные CD95<sup>+</sup>, в том числе Т- и В-лимфоциты. В среднем доля помеченных к апоптозу клеток составила  $55.34 \pm 1.23$  % от общего содержания зрелых Т-клеток (CD3<sup>+</sup>) без существенной разницы в зависимости от группы обследованных людей ( $57.55 \pm 1.47$  % и  $53.12 \pm 1.24$  %). Удельный вес CD95<sup>+</sup> от общего числа лимфоцитов составляет  $26.44 \pm 1.38$  % ( $28.11 \pm 1.45$  и  $24.76 \pm 1.49$  % соответственно).

Выявленное в результате исследования снижение уровня содержания зрелых Т-клеток менее 40.00 % в периферической крови ассоциируется с возможным дефицитом Т-хелперов (CD4<sup>+</sup>) и может быть использовано в комплексной оценке здоровья. Содержание циркулирующих CD8<sup>+</sup>/16<sup>+</sup> ниже 15.00 % от общего количества мононуклеаров периферической крови ассоциирован с функциональной недостаточностью клеточно-опосредованных защитных реакций.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (№ АААА-А15-115122810184-6).*

#### ЛИТЕРАТУРА

*Добродеева Л. К.* Иммунологическое районирование. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН. 2001. 111 с.

### ИММУННЫЙ СТАТУС У ЖЕНЩИН ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

### THE IMMUNE STATUS OF THE FEMALE RESIDENTS OF VOLOGDA REGION

Шашкова Е. Ю.

Shashkova E. Yu.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. академика Н. П. Лаврова Российской академии наук,  
Архангельск, Архангельская область; e-mail: eli1255@ya.ru*

Immunological single-step examination of a group (44 individuals) of apparently healthy female residents of Vologda with phenotype identification of lymphocytes CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup>, and CD95<sup>+</sup> showed that the cellular immunity of examined individuals was characterized by high physiological activity at the expense of CD4<sup>+</sup> and CD25<sup>+</sup>. Moderately elevated suppressor activity of CD8<sup>+</sup> is compensated by the activity of the apoptosis processes of CD95<sup>+</sup>. Frequency of secondary environmental immunodeficiencies was within 9 %, which is 10 times lower compared to the contemporary reference data available for the residents of the Subarctic areas.

Проведено одномоментное иммунологическое обследование 44 женщин в возрасте от 21 года до 68 лет, проживающих в городе Вологда, работающих на станции переливания крови. Все женщины на момент иммунологического обследования были практически здоровы и не имели хронической патологии в анамнезе. Обследование включало определение фенотипов лимфоцитов CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup> и CD95<sup>+</sup>, методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител (НПЦ «МедБиоСпектр» и ООО «Сорбент», г. Москва) на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля» с использованием пероксидазного конъюгата, на микроскопе «Nicon Eclipse 50i». Проведена статистическая обработка с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Excel» 10, Statistika 6.0.

Анализ показал, что среднее содержание Т-хелперов (CD4<sup>+</sup>) находится в пределах нормативных значений ( $0.49 \pm 0.04 \cdot 10^9$  кл/л). Дефицит хелперов/индукторов CD4<sup>+</sup> встречался в 4 раза чаще (34.10 %), чем его повышенные концентрации (7.30 %).

Средний уровень супрессоров/киллеров (CD8<sup>+</sup>) у обследуемых женщин составляет  $0.44 \pm 0.03 \cdot 10^9$  кл/л, что выше общепринятой физиологической нормы ( $0.2-0.4 \cdot 10^9$  кл/л). Высокие уровни цитотоксических лимфоцитов CD8<sup>+</sup> регистрировали у 50.00 % обследуемых лиц. Недостаточность в содержании клеток с рецепторами к CD8<sup>+</sup> выявлена у 9.50 % женщин.

В пользу активного состояния Т-клеточного иммунитета свидетельствует достаточно высокий уровень содержания клеток CD25<sup>+</sup> ( $0.55 \pm 0.06 \cdot 10^9$  кл/л) и широкая частота распространения указанного дисбаланса у 50.00 % женщин. При этом низких значений зафиксировано не было.

Средний исходный уровень содержания клеток, регулирующих программированную клеточную гибель лимфоцитов (CD95<sup>+</sup>), составлял  $0.49 \pm 0.03 \cdot 10^9$  кл/л. Высокая концентрация клеток CD95<sup>+</sup> зарегистрирована у 34.90 %, в 41.90 % случаев регистрируется низкий уровень апоптоза.

Корреляционный анализ показал сильные корреляционные взаимосвязи между CD95<sup>+</sup> и CD4<sup>+</sup> ( $r=0.71$ ); CD95<sup>+</sup> и CD8<sup>+</sup> ( $r=0.73$ ); CD95<sup>+</sup> и CD25<sup>+</sup> ( $r=0.93$ ).

Таким образом, полученные данные по содержанию иммунокомпетентных клеток свидетельствуют о том, что у обследуемых женщин г. Вологда клеточный иммунитет характеризуется высокой физиологической активностью за счет Т-хелперов CD4<sup>+</sup> и клеток-активаторов с рецепторами к интерлейкину-2 (CD25<sup>+</sup>) в пределах 34-50 %. При этом повышенные значения Т-супрессоров CD8<sup>+</sup> нивелируются активностью процессов апоптоза CD95<sup>+</sup> в среднем в пределах 35.00 %, что косвенно подтверждается корреляционным анализом. Наличие вторичных экологически зависимых иммунодефицитов у обследуемого контингента выявлено в пределах 9.00 %, что в сравнении с литературными данными [Щёголева и др., 2016; Shen et al., 2016] у жителей Приарктических территорий значительно меньше (в 10 раз).

*Работа выполнена в рамках ГЗ № гос. регистрации АААА-А15-115122810184-6.*

## ЛИТЕРАТУРА

Щёголева Л. С., Сергеева Т. Б., Шашкова Е. Ю., Филиппова О. Е., Поповская Е. В. Особенность иммунологической активности периферической крови у лиц разных возрастных групп приполярного региона // Экология человека. 2016. № 8. С. 15–20.

*Shen D. T., Ma J. S., Mather J., Vukmanovic S., Radoja S.* Activation of primary T lymphocytes results in lysosome development and polarized granule exocytosis in CD4<sup>+</sup> and CD8<sup>+</sup> subsets, whereas expression of lytic molecules confers cytotoxicity to CD8<sup>+</sup> T cells // *J. Leukoc. Biol.* 2016. Vol. 80. N 4. P. 827–837.

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОЛИПИДОВ  
В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У ТРУДОСПОСОБНОГО НАСЕЛЕНИЯ  
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНДЕКСА МАССЫ ТЕЛА**

**CHANGES IN THE SERUM PHOSPHOLIPIDS LEVEL IN WORKING-AGE  
POPULATION OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT  
DEPENDING ON THE BODY MASS INDEX**

Шенгоф Б. А.  
Shengof B. A.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Архангельская область; e-mail: b-shengof@yandex.ru*

Serum phospholipids in 183 residents of Yamal-Nenets Autonomous District aged 22–60 years were studied. Changes in the levels of phosphatidylserine, sphingomyelin, phosphatidylcholine, and phosphatidylethanolamine depending on the body mass index were studied. It was found that with an increase in the body mass index, which is especially pronounced in persons suffering class 1 obesity, the level of phosphatidylserine decreased and the level of phosphatidylethanolamine increased. Correlation analysis showed a direct relationship between the body mass index values and the phosphatidylethanolamine level.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения ожирение является серьезной медико-социальной проблемой современного общества, актуальность которой связана с его высокой распространенностью. По оценке Росстата на начало 2018 г. около 40 % трудоспособного населения России в возрасте от 19 до 60 лет имеет лишний вес, что в будущем грозит ростом частоты заболеваний, обусловленных осложнениями от ожирения. По данным современных исследований избыточный вес тела приводит к различным патологическим процессам. Вместе с тем наиболее распространённой патологией является нарушение липидного обмена. Ранняя диагностика и своевременное лечение липидных нарушений выступает одним из ключевых моментов в профилактике и лечении ожирения [Дробышевская, 2010; Литвицкий, 2012; Pietiläinen, 2007]. В связи с этим целью исследования явилось изучение изменений содержания фосфатидилсерина, сфингомиелина, фосфатидилхолина и фосфатидилэтаноламина в сыворотке крови у трудоспособного населения Ямало-Ненецкого автономного округа в зависимости от индекса массы тела.

В 2015–2017 гг. обследовано 183 человека (мужчины и женщины) в возрасте 22–60 лет, постоянно проживающих в различных населенных пунктах Ямало-Ненецкого автономного округа (г. Надым, с. Гыда, с. Сё-яха, п. Тазовский), средний паспортный возраст которых составил 43.01±10.27 года. В зависимости от индекса массы тела все обследованные лица были разделены на 3 группы: 1 группа — 18.0–24.9 кг/м<sup>2</sup> норма массы тела (68 человек), 2 группа —

25.0–29.9 кг/м<sup>2</sup> избыточная масса тела (62 человека), 3 группа — 30.0–34.9 кг/м<sup>2</sup> ожирение 1 степени (53 человека). В сыворотке крови, после предварительной экстракции липидов [Folch, 1957], методом тонкослойной хроматографии определены концентрации сывороточных фосфолипидов: фосфатидилсерин (ФС); сфингомиелин (СФМ); фосфатидилхолин (ФХ); фосфатидилэтаноламин (ФЭА). Анализ полученных хроматограмм осуществлялся методом нормализации площадей хроматографических пятен с использованием денситометра «ДенСкан» (Россия). Полученные выборки проверялись на нормальность распределения с помощью теста Шапиро-Уилки. В связи с тем, что была выявлена частичная асимметрия рядов распределения, оценка достоверности различий для парных независимых выборок проводилась с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни. Данные описаны медианой, а также 25 и 75 перцентилями. Корреляционный анализ параметров выполнен с применением ранговой корреляции Спирмена. Статистически значимыми считались изменения при величине вероятности ошибочного принятия нулевой гипотезы  $p < 0.05$ .

Значение медианы содержания ФС у обследованных групп не выходила за пределы референтных значений (2.32–14.86 %). При этом концентрация ФС у лиц 2 группы (5.6 % [3.9–7.8]) статистически значимо была выше ( $p=0.025$ ) относительно показателей 3 группы (4.7 % [2.9–5.8]). Рассматривая показатели СФМ и ФХ можно констатировать, что их уровень во всех группах статистически значимо не различался и находился в пределах референтных значений (15.94–30.93 %; 46.2–70.4 % соответственно). Анализ полученных концентраций ФЭА, как у обследованных 1 и 2 групп, так и у лиц 3 группы, также не выявил отклонений от референтных значений (6.1–17.5 %). Вместе с тем уровень ФЭА у лиц с ожирением 1 степени (12.9 % [8.5–15.9]) был статистически значимо выше ( $p=0.032$ ) по сравнению с группой обследованных, имеющих нормальную массу тела (9.2 % [5.6–12.8]). Корреляционный анализ изучаемых параметров показал наличие слабой прямой зависимости между значениями индекса массы тела и концентрацией ФЭА ( $r=0.3$ ;  $p=0.002$ ). Таким образом, полученные данные исследования свидетельствуют о том, что с увеличением индекса массы тела, особенно более выраженное у лиц с 1 степенью ожирения, снижается уровень ФС. Данное снижение обеспечивается в первую очередь за счет повышения доли ФЭА. Эту специфическую особенность у обследованных 3 группы можно рассматривать как компенсаторную реакцию на возросшие потребности ФЭА, поскольку ФС является предшественником данного метаболита и служит резервом его синтеза. Известно, что ФЭА принимает участие в формировании структуры липопротеинов высокой плотности [Титов, 2012], что в свою очередь оказывает положительное влияние на холестерин-акцепторную активность. В целом можно предположить, что повышение уровня ФЭА в сыворотке крови у лиц с 1 степенью ожирения, оказывает гиполипидемическое действие, направленное в первую очередь на снижение уровня холестерина.

*Работа выполнена в рамках программы ФНИР по теме лаборатории биологической и неорганической химии Института физиологии природных адаптаций "Изучение адаптивных возрастных эндокринно-метаболических перестроек у жителей Арктических территорий" (№ гос. регистрации АААА-А15-115122810187-7) – руководитель темы – д.б.н. Ф.А. Бичкаева.*

## ЛИТЕРАТУРА

Дробышевская В. А. Нарушение липидного обмена у пациентов с алиментарным ожирением. // проблемы здоровья и экологии. 2010. № 4(26). С. 109–114.

Литвицкий П. Ф. Расстройства липидного обмена. // Вопросы современной педиатрии. 2012. Т. 11. № 6. С. 48–59.

Титов В. Н. Сложные липиды кровотока: функциональная роль и диагностическое значение. // Клиническая лабораторная диагностика. 2012. № 12. С. 3–10.

Folch J. Sloane-Stanley G.H.A. simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues / M. Lees, J. Folch // J. Biol. Chem. 1957. Vol. 226. P. 497–509.

Pietiläinen K. H. Acquired obesity is associated with changes in the Serum Lipidomic Profile Independent of Genetic Effects – A Monozygotic Twin Study. // PLoS One. 2007. Vol. 2. № 2. P. 218.

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ В ЗАПОЛЯРЬЕ

### SEASONALITY OF THE HUMAN HEALTH STATUS IN THE POLAR REGIONS

Шумилов О. И.<sup>1</sup>, Касаткина Е. А.<sup>1</sup>, Храмов А. В.<sup>2</sup>

Shumilov O. I.<sup>1</sup>, Kasatkina E. A.<sup>1</sup>, Chramov A. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Мурманская область; e-mail: oleg@aprec.ru

<sup>2</sup>Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ», Санкт-Петербург; e-mail: khralex@mail.ru

In this study, long-term data series on mortality attributable to suicides and cardiovascular diseases (CVD), occupational injuries, as well as the number of hospital visits in the towns of Murmansk Region (Apatity, Kirovsk, Monchegorsk) were analyzed. Significant seasonality of the functional health status of the human body in the Arctic was found. Primary unfavorable periods associated with geomagnetic disturbance are the spring and fall equinox (March-April and September-October), as well as the winter (December-January) and summer maxima. The CVD mortality rate was largely controlled by abrupt changes in the socio-economic conditions, but the suicides were not. However, the suicide level in Monchegorsk seemed to be affected by the adverse environmental conditions associated with the operation of the copper-nickel smelter. The findings will support more thorough planning of economic activities in the region.

В специфических суровых условиях Севера на функциональное состояние человеческого организма действует целый комплекс неблагоприятных природных условий. Это экстремальные погодные и гелиогеофизические (геомагнитная активность, нарушения фотопериодичности и др.) факторы. Механизмы воздействия этих факторов до сих пор недостаточно изучены. В настоящей работе для анализа привлекались длинные ряды вариаций уровня смертности от суицидов и сердечно-сосудистых заболеваний, производственного травматизма, а также числа обращений в медицинские учреждения в различных

населенных пунктах Мурманской области (Апатиты, Кировск, Мончегорск). В качестве параметров геомагнитной активности использовались магнитные индексы (Kp, Ap, Dst, aa), которые, как показали различные исследования, имеют достаточно хорошую корреляцию с уровнем сердечно-сосудистых заболеваний и смертности в различных широтах [Бреус, Рапопорт, 2003; Palmer et al., 2006; Shumilov et al., 2016]. В высоких широтах, несмотря на сравнительно небольшое количество работ подобного рода, также выявлена связь показателей смертности от самоубийств и сердечно-сосудистых заболеваний, производственного травматизма от гелиогеомагнитной активности [Новикова и др., 2013; Касаткина и др., 2014]. В результате проведенных исследований выявлена достоверная сезонно обусловленная вариация функционального состояния организма человека в Заполярье. Основными неблагоприятными временными интервалами, связанными с геомагнитной возмущенностью, являются два равноденственных (март-апрель и сентябрь-октябрь), а также зимний (декабрь-январь) и июльский максимумы. На уровень смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в значительной степени оказали влияние резкие изменения в социально-экономическом состоянии общества, причем как положительные, так и отрицательные: «антиалкогольная кампания» 1985-1991 гг. и «шоковая терапия» 1991 г. Проведение «антиалкогольной кампании» в 1985-1991 гг. сопровождалось снижением количества самоубийств в Мурманской области. В период реформ в России 1991-1997 гг. уровень суицидов на фоне циклических колебаний, вообще говоря, изменился незначительно. Следует отметить, что на уровень самоубийств в Мончегорске согласно нашим данным, возможно, влияет неблагоприятная экологическая ситуация, связанная с деятельностью медно-никелевого комбината. Полученные выводы позволяют более тщательно планировать экономическую деятельность в данном регионе.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Бреус Т. К., Рапопорт С. И.* Магнитные бури. Медико-биологические и геофизические аспекты. Москва: Советский спорт. 2003. 192 с.

*Новикова Т. Б., Шумилов О. И., Касаткина Е. А., Храмов А. В.* Взаимосвязь производственного травматизма в зоне авроральной активности с космофизическими факторами. // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Медико-биологические науки. 2013. № 3. С. 67–74.

*Касаткина Е. А., Шумилов О. И., Новикова Т. Б., Храмов А. В.* Особенности динамики и цикличности смертности от самоубийств и гелиогеофизические и антропогенные факторы на Кольском Севере. // Экология человека. 2014. № 2. С. 45–50.

*Palmer S. J., Rycroft M. J., Cermack M.* Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. // Surv. Geophys. 2006. Vol. 27. P. 557–595.

*Shumilov O. I., Kasatkina E. A., Koshcheeva T. B., Chramov A. V.* Cardiovascular mortality in northwestern Russia in relation with geomagnetic disturbances. // Geofisica Internacional. 2016. Vol. 55. P. 267–274.



## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>СЕКЦИЯ 1. Наземные экосистемы под воздействием природных и антропогенных факторов. Актуальные проблемы стационарных исследований</b> .....	5
Артемкина Н. А., Иванова Е. А.	
СРАВНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА <i>EMPETRUM HERMARNODITUM</i> , ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ЕЛОВЫХ И СОСНОВЫХ ЛЕСАХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДУШНОМУ ПРОМЫШЛЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ.....	6
Баранов Д. Ю.	
МИГРАЦИЯ ЦИНКА И МЕДИ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ И ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВОДАХ В УСЛОВНО ФОНОВОМ РАЙОНЕ ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.....	8
Батова Ю. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф., Титов А. Ф.	
СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА И СВИНЦА В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ).....	10
Бобкова К. С.	
БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ ХВОЙНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА.....	11
Гаврилова В. И.	
ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ПОЧВЫ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА (г. КИРОВСК, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	14
Гапеева М. В.	
ОБЗОР ДАННЫХ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ, ВОДЕ, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ, МХАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕРЕПОВЕЦКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ ЗА ПЕРИОД С 1961 ПО 2014 ГОДЫ. (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ).....	16
Данилова М. А., Лукина Н. В., Кузнецова А. И., Смирнов В. Э.	
ВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ.....	18
Евтюгина З. А., Копылова Ю. Г., Солдатова Е. А.	
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ПУСТОШЕЙ И РЕДКОЛЕСЬЯ.....	19
Елсукова Е. Ю., Опекунова М. Г., Опекунов А. Ю., Пожарская О. Д., Чуняева Е. О., Земцов В. А.	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЭКОСИСТЕМ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА: НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 2018 ГОДА.....	21
Ермолаева О. В, Шмакова Н. Ю.	
ГОДИЧНЫЙ ПРИРОСТ <i>POLYTRICHUM COMMUNE</i> HEDW. В ЛЕСНОМ ПОЯСЕ ХИБИН.....	23

Ершов В. В., Исаева Л. Г., Поликарпова Н. В. СОДЕРЖАНИЕ СУЛЬФАТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННЫХ ВОДАХ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАПОВЕДНИКА «ПАСВИК».....	24
Зануздаева Н. В., Исаева Л. Г. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЛАПЛАНДСКОГО ЗАПОВЕДНИКА КАК РЕЗУЛЬТАТ МНОГОЛЕТНИХ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	26
Зенкова И. В., Тиунов А. В., Розанова О. Л. ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЧВЕННОЙ ФАУНЫ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ (ПО ДАННЫМ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА АЗОТА $\delta^{15}\text{N}$ И УГЛЕРОДА $\delta^{13}\text{C}$ ).....	28
Иванова Е. А., Артемкина Н. А., Лукина Н. В. РАЗЛОЖЕНИЕ ОПАДА В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ... Ильюшин В. А., Кирцидели И. Ю. ДИНАМИКА КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАРАСТАНИЯ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ (ШПИЦБЕРГЕН).....	30
Исаева Л. Г., Сухарева Т. А., Ершов В. В., Иванова Е. А. СЕВЕРОТАЕЖНЫЕ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	34
Исакова Е. А. ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕДЕСТРУКЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ.....	37
Калабин Г. В. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕГЕНДЫ МАКРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТО-СХЕМ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ.....	39
Канцерова Л. В. ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА БИОТОПАХ, ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛИНЕЙНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ.....	41
Катаева М. Н., Беляева А. И. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ИХ ИНФОРМАТИВНОСТЬ ДЛЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	43
Кашулина Г. М. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВЫБРОСАМИ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ: ИТОГИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА.....	45
Кашулина Г. М., Литвинова Т. И., Коробейникова Н. М. ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, КАК ФАКТОР ЛОКАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ.....	47

Князев Н. В., Исаева Л. Г. ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЖАРОВ ОТ ГРОЗ .....	49
Кононенко Г. П. МИКОТОКСИНЫ В ЛОЖЕЧНИЦЕ ГРЕНЛАНДСКОЙ.....	50
Крышень А. М., Геникова Н. В., Гнатюк Е. П. ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЦЕНОФЛОРЫ ЕЛЬНИКОВ ЧЕРНИЧНЫХ В ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ РУБКИ...	52
Крылова Е. Г. ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НИКЕЛЯ И МЕДИ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА <i>VIDENS TRIPARTITA</i> L. ИЗ ГЕОГРАФИЧЕСКИ УДАЛЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ.....	54
Кузнецова И. А., Мироненко К. А., Орлов А. С., Соболев Н. А. КРИОГЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ОНЕЖСКОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	56
Кутявин И. Н., Манов А. В. ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СРЕДНЕТАЕЖНОГО СОСНЯКА ЛИШАЙНИКОВОГО ПРОЙДЕННОГО ВЕТРОВАЛОМ.....	58
Лаврукова О. С., Сидорова Н. А. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ-УЧАСТНИКОВ ДИАГЕНЕЗА, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ КАРЕЛИИ.....	59
Литвинова Т. И., Кашулина Г. М., Коробейникова Н. М. СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ КАТЕНЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОС. БАРЕНЦБУРГ, ШПИЦБЕРГЕН	61
Лукина Н. В., Данилова М.А., Тебенькова Д. Н. ВКЛАД ПРОФЕССОРА В. В.НИКОНОВА В РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СВЯЗЯХ МЕЖДУ БИОРАЗНООБРАЗИЕМ И ЭКОСИСТЕМНЫМИ ФУНКЦИЯМИ ЛЕСОВ.....	63
Макарова О. А., Исаева Л. Г., Зануздаева Н. В. К ВОПРОСУ О СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА В ЛАПЛАНДСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ .....	64
Маслов М. Н., Копейна Е. И., Маслова О. А. ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЖАРА НА ПОЧВУ ГОРНО-ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ.....	67
Медведев А. А., Тельнова Н. О., Кудиков А. В. ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СЕВЕРОТАЁЖНЫХ ДРЕВОСТОЕВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ПО ДАННЫМ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ .....	68
Михайлова Т. А., Калугина О. В., Шергина О. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЙ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ГРАДИЕНТЕ ТЕХНОГЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ.....	70

Никитин Д. А., Корнейкова М. В., Катаев А. Д., Токарева О. А., Чуркина А. И., Бочков Д. А., Кутовая О. В., Долгих А. В. БИОМАССА МИКРООРГАНИЗМОВ АНТРОПОГЕННО- ИЗМЕНЕННЫХ И НАТИВНЫХ ПОЧВ ПОЛУОСТРОВА РЫБАЧИЙ...	72
Раскоша О. В., Башлыкова Л. А., Ермакова О. В., Кудяшева А. Г., Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М., Старобор Н. Н. БИОМОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО РАДИЕВОГО ПРОМЫСЛА .....	74
Рачкова Н. Г., Шапошникова Л. М., Раскоша О. В. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРАНА И РАДИЯ-226 В КОМПОНЕНТАХ ЭКОСИСТЕМ ДЕЗАКТИВИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАЙОНЕ БЫВШЕГО РАДИЕВОГО ПРОМЫСЛА.....	76
Рудинская А. И., Беляев Ю. Р., Гуринов А. Л., Гаранкина Е. В., Беляев В.Р. ВОЗДЕЙСТВИЕ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА ДОЛИННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЛОВОЗЕРСКИХ ТУНДР.....	77
Салтан Н. В., Святковская Е. А., Шлапак Е. П. ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ <i>LARIX SIBIRICA</i> LEDEB. НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КОЛЬСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	79
Сазанова К. В., Сеник С. В., Кирцидели И. Ю., Шаварда А. Л. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ПСИХРОФИЛЬНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ <i>GEOMYCES PANNORUM</i> И <i>THELEBOLUS MICROSPORUS</i> К РАЗЛИЧНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ....	81
Сергеева О. В., Мухортова Л. В., Козлова Д. В., Осипенко Я. С., Кривобоков Л. В. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЛЬЕФА.....	83
Стороженко В. Г. ДРЕВЕСНЫЙ ОТПАД В ДЕВСТВЕННЫХ ЕЛЬНИКАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТАЙГИ.....	85
Сухарева Т. А. АККУМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КУСТАРНИЧКОВ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОЙ НАГРУЗКИ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ.....	86
Таций Ю. Г., Удачин В. Н. РТУТЬ В ПОЧВАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ.....	88
Токарева О. А., Маслов М. Н. ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СУХОТОРФЯНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ ПОЛУОСТРОВА РЫБАЧИЙ.....	90
Торопова Е. В., Старицын В. В. МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ <i>VACCINIUM</i> <i>MYRTILLUS</i> L. В ЭКОТОННОЙ ЗОНЕ ЛЕС-ВЫРУБКА, В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	91

Тужилкина В. В. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ( <i>PINUS SYLVESTRIS</i> ) В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ .....	93
Шапошникова Л. М., Рачкова Н. Г. ТЯЖЕЛЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ БЫВШЕГО РАДИЕВОГО ПРОМЫСЛА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ.....	94
Фокина Н. В., Корнейкова М. В., Редькина В. В. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ ПОЧВЫ, ВОЗДУХА И ВОДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УГОЛЬНЫХ СКЛАДОВ ООО «БЕРИНГПРОМУГОЛЬ» (ЧУКОТСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ).....	96
Шеремецкая Е. Д., Беляев В. Р., Гаранкина Е. В., Ворошилов Е. В., Рудинская А. И., Романенко Ф. А. ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ СЕЛЕВОГО СОБЫТИЯ 2017 ГОДА В ДОЛИНЕ СЕНГИСЙОКА (ЛОВОЗЕРСКИЕ ТУНДРЫ)...	98
Neaman A. ECOTOXICOLOGICAL STUDIES OF AGRICULTURAL SOILS POLLUTED BY COPPER MINING IN CHILE.....	100
<b>СЕКЦИЯ 2. Современные тенденции изменения водных экосистем Севера.....</b>	<b>101</b>
Банщикова Л. С., Банщиков А. А., Сумачев А. Э. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАЖОРОВ И ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ ВАРЗУГА.....	102
Бедрина Д. Д., Малов А. И., Яковлев Е. Ю., Дружинин С. В., Баженов А. В., Кузнецова И. А. ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ДОННЫХ ОСТАДКОВ РЕКИ ЗОЛОТИЦА (АРХАГНЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	104
Вандыш О. И., Черепанов А. А., Постнова С. В. ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ИМАНДРА В МНОГОЛЕТНЕМ РЯДУ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	106
Вандыш О. И., Черепанов А. А., Постнова С. В. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА.....	108
Вахрамеева Е. А. СОДЕРЖАНИЕ СУММАРНОГО ПАРАМЕТРА АОХ В ВОДЕ ОЗЕРА СВЕТЛОЕ (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ).....	109
Высоцкая Р. У., Бахмет И. Н. УЧАСТИЕ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ТЕМПЕРАТУРНЫХ АДАПТАЦИЯХ БЕЛОМОРСКИХ МИДИЙ ( <i>MYTILUS EDULIS L.</i> ).....	110
Гашкина Н. А., Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ОЗЕР ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫБРОСОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ: ПРОГНОЗ ЗАКИСЛЕНИЯ .....	112

Гудимов А. В., Комарова Е. П. НОВЫЙ БИОМОНИТОРИНГ И РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ.....	114
Даувальтер М. В., Даувальтер В. А. ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АО «АПАТИТ» НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	116
Даувальтер В. А. ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА: ИТОГИ 30-ЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	118
Денисов Д. Б. ПРЕСНОВОДНЫЕ ВОДОРΟΣЛЕВЫЕ СООБЩЕСТВА АРКТИКИ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ...	120
Дину М. И. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПО РАВНОВЕСНЫМ ФОРМАМ В ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ.....	122
Жилин А. Ю., Плотицына Н. Ф., Зимовейскова Т. А. МОНИТОРИНГ ПЕРСИСТЕНТНЫХ ХЛОРИРОВАННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ.....	123
Зубова Е. М., Кашулин Н. А., Терентьев П. М. ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СИГА ОЗ. КУЭТСЪЯРВИ (СИСТЕМА Р. ПАЗ, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	125
Калюжный И. Л. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД МЕЗООЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	127
Карасева Т. А., Мельник В. С. ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ ДИКИХ И КУЛЬТИВИРУЕМЫХ РЫБ В БАССЕЙНАХ ЛОСОСЕВЫХ РЕК КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА...	129
Кокрятская Н. М., Лосюк Г. Н. СОЕДИНЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ВОССТАНОВЛЕННОЙ СЕРЫ В ВОДЕ ОЗЕР, ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ОТ БЕЛОГО МОРЯ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ).....	130
Колпакова Е. С. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ХЛОРФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ.....	132
Козминский Е. В. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОТ ПО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕЛИОРАЦИИ РЕКИ ЛЕТНЯЯ (КАРЕЛИЯ, ЛОУХСКИЙ РАЙОН) НА СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВА ЗООБЕНТОСА .....	134
Комулайнен С. Ф. ФИТОПЕРИФИТОН РЕК МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: СТРУКТУРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ МОНИТОРИНГЕ.....	136

Королева И. М., Терентьев П. М. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГОВ ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛ.).....	137
Лаптева А. М., Плотичина Н. Ф. МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ.....	139
Лосюк Г. Н., Кокрятская Н. М. СЕРОВОДОРОДНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЁМОВ МИЦУКОВ А. С., ДАУВАЛЬТЕР В. А. ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ В ОЗЕРЕ ИМАНДРА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ.....	141
Моисеенко Т. И. АНТРОПОГЕННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВОДАХ СУШИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНКИ.....	144
Моисеенко Т. И. БИОДОСТУПНОСТЬ МЕТАЛЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМ ИХ НАХОЖДЕНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ: К ВОПРОСУ О ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ .....	146
Пашовкина А. А., Федорова И. В., Дворников Ю. А. ОКРАШЕННОЕ РАСТВОРЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО (ОРОВ) В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ ТРЕХ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ АРКТИКИ.....	148
Пономарев В. И. НАСЕЛЕНИЕ РЫБ ГОРНЫХ И ТУНДРОВЫХ ВОДОЕМОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА И ТЕНДЕНЦИИ ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ.....	149
Разумовский В. Л. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРНЫХ ОЗЕР ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА.....	151
Разумовский Л. В. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДИАТОМОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	152
Решетняк О. С., Косменко Л. С., Даниленко А. О., Кондакова М. Ю., Решетняк В. Н., Коваленко А. А. СОСТАВА И СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕЧНЫХ ВОД АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	154
Румянцева Е. В., Муждаба О. В., Шестакова Е. Н. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОДНОГО СТОКА И ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ СИБИРИ.....	155
Савосин Е. С., Кучко Я. А. ЗООПЛАНКТОН И ЗООБЕНТОС СЯРГОЗЕРА В УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОВАРНОЙ ФОРЕЛИ.....	157
Селянина С. Б., Пономарева Т. И., Чуракова Е. Ю. ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ.....	158

Сендек Д. С., Бочкарев Н. А., Савосин Д. С., Барабанова М. В., Михельсон С. В., Ильмаст Н. В. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СИГОВ ОЗ. ПЯОЗЕРО (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ).....	160
Слуковский З. И. РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ СОБЫТИЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ О СОДЕРЖАНИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ ОЗЕР.....	162
Сосновский А. В., Осокин Н. И. КАПЕЛЬНОЕ ВЫМОРАЖИВАНИЕ СОЛЕННОЙ ВОДЫ ПРИ ЗИМНЕМ ДОЖДЕВАНИИ.....	163
Столяров А. П. ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОЙ, ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЭСТУАРИЯ РЕКИ ЧЕРНОЙ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ).....	165
Стружко В. В., Харламова М. Н. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОДНИКОВЫХ ВОД МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	167
Терентьев П. М., Зубова Е. М., Королева И. М., Кашулин Н. А. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБАХ ОЗ. ИМАНДРА	168
Шаров А. Н. ФИТОПЛАНКТОН ХОЛОДНОВОДНЫХ ОЗЕР ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.....	170
Ушаков М. В. О СОКРАЩЕНИИ СТАЦИОНАРНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ.....	172
<b>СЕКЦИЯ 3. Изменение климата в Арктике: современное состояние и перспективы.....</b>	174
Антипина У. И., Бардин М. Ю., Корнева И. А. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА КРУПНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ НА СЕВЕРЕ ЕВРАЗИИ.....	175
Григорьев А. А., Дэви Н. М., Кукарских В. В., Галимова А. А., Вьюхин С. О., Моисеев П. А., Фомин В. В. СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ДРЕВОСТОЕВ ВЕХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПЛАТО ПУТОРАНА.....	177
Гудимов А. В., Свитина В. С. РАННИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: ОБНАРУЖЕНИЕ И БИОИНДИКАЦИЯ ТРЕНДОВ.....	178
Каримова М. Е., Зануздаева Н. В., Поликарпова Н. В., Воробьева Н. Г. РЕАКЦИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФАЗ ИВАН-ЧАЯ УЗКОЛИСТНОГО <i>СНАМАЕНЕРИОН АНГУСТИФОЛИУМ</i> НА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЗАПОВЕДНИКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	180
Касаткина Е. А., Шумилов О. И., Тимонен М. ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И РОСТ ДЕРЕВЬЕВ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ.....	181



Козлов М. В., Зверев В. Е., Хантер М. Д., Зверева Е. Л. РЕАКЦИИ НАСЕКОМЫХ-ФИТОФАГОВ НА ОДНОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И КЛИМАТА: РЕЗУЛЬТАТЫ ДОЛГОСРОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ.....	183
Константинов П. И., Варенцов М. И., Репина И. А., Шувалов С. В., Самсонов Т. Е., Грищенко М. Ю., Езау И. Н., Бакланов А. А. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА И УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО КОМФОРТА ГОРОДОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ (НА ПРИМЕРЕ СЕТИ УНИАРС).....	185
Моисеев П. А., Галимова А. А., Бубнов М. О., Фомин В. В., Терская А. И. ДИНАМИКА ДРЕВОСТОЕВ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ИХ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ В ПОСЛЕДНЕМ СТОЛЕТИИ.....	187
Петухов В. А., Смуров А. О. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРИБРЕЖНЫЙ МЕЙОБЕНТОС ОЗЕРА КРИВОЕ (КАРЕЛИЯ).....	188
Семёнова А. А. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМИЧЕСКОГО КОМФОРТА В ГОРОДАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ ЗА ПЕРИОД 1966–2017 гг. ....	190
Тарасова В. Н., Горшков В. В. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЭПИФИТНЫЙ ЛИШАЙНИКОВЫЙ ПОКРОВ В СРЕДНЕТАЁЖНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ДРЕНИРОВАННЫХ МЕСТООБИТАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ.....	191
Тишков А. А., Белоновская Е. А., Глазов П. М., Титова С. В. СОВРЕМЕННАЯ КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА АРКТИЧЕСКОЙ БИОТЫ.....	193
Шестакова Е. Н., Третьяков М. В., Пискун А. А., Румянцева Е. В. ИЗМЕНЕНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕЧНОЙ ГРАНИЦЕ ОБСКО-ТАЗОВСКОЙ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	196
Ширяев А. Г., Химич Ю. Р., Волобуев С. В., Морозова О. В., Королева Н. Е., Ширяева О. С., Соковнина С. Ю., Косолапов Д.А., Пейнтнер У. «ПОЗЕЛЕНЕНИЕ» АРКТИКИ И КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА ВЫСОКОШИРОТНОЙ МИКОБИОТЫ .....	198
Штабровская И. М., Зенкова И. В. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЕСНЫХ ПОДЗОЛОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ.....	200
<b>СЕКЦИЯ 4. Изучение и сохранение биоразнообразия таёжных и арктических территорий.....</b>	<b>203</b>
Белкин В. В., Хижкин Е. А., Якимова А. Е., Антонова Е. П., Федоров Ф. В., Кижина А. Г., Узенбаева Л. Б., Ильина Т. Н., Баишникова И. В., Илюха В. А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕФЕРЕНЦИИ СЕВЕРНОГО КОЖАНКА ( <i>EPTESICUS NILSSONII</i> L.) КАК ФАКТОР ДОМИНИРОВАНИЯ ВИДА В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ....	204

Боровичев Е. А., Королева Н. Е., Химич Ю. Р., Мелехин А. В., Другова Т. П., Петрова О. В. РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ, ЛИШАЙНИКОВ И ГРИБОВ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ГОРНОГО РАЙОНА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ....	206
Бусуёк В. М., Бусуёк Л. П. НАБЛЮДЕНИЯ СЕРОЩЁКОЙ ПОГАНКИ <i>PODICEPS GRISEIGENA</i> VODD. В ПРИГОРОДЕ ГОРОДА МОНЧЕГОРСКА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	208
Гилязов А. С. К. ЭКОЛОГИИ ГНЕЗДОВАНИЯ СЕРОГОЛОВОЙ ГАИЧКИ <i>PARUS</i> <i>SINCTUS</i> В ЛАПЛАНДИИ.....	210
Гогорев Р. М., Ланге Е. К. АМФОРОИДНЫЕ И КАНАЛОШОВНЫЕ ПЕННАТНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА МОГИЛЬНОЕ (ОСТРОВ КИЛЬДИН, БАРЕНЦЕВО МОРЕ).....	212
Данилова А. Д., Королева Н. Е. ДАННЫЕ О РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛЬЦОВЫХ ПУСТЫНЬ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН.....	213
Другова Т. П. СЕМЕЙСТВО SPHAGNACEAE, РОД <i>SPHAGNUM</i> , СЕКЦИЯ <i>ACUTIFOLIA</i> В ГЕРБАРИИ ПАБСИ (КРАВГ).....	215
Емельянова А. А., Христенко Е. А., Колотей А. В. ФАУНА РУКОКРЫЛЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ ЮЖНОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В ЗИМНИХ МЕСТАХ ОБИТАНИЯ: СОСТАВ, ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ.....	217
Зацаринный И. В., Шаврина У. Ю. ВЛИЯНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ ФОНОВЫХ ВИДОВ ПТИЦ СЕВЕРО-ЗАПАДА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ .....	219
Ильина Т. Н. Баишникова И. В. К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМАХ АДАПТАЦИИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА.....	221
Илюха В. А., Хижкин Е. А., Антонова Е. П., Комов В. Т., Сергина С. Н., Гремячих В. А., Камшилова Т. Б., Белкин В. В., Якимова А. Е. РЕАКЦИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ НА НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ В ОРГАНАХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ КАРЕЛИИ.....	223
Катаев Г. Д., Зануздаева Н. В., Каримова М. Е. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ И КОРМОВОГО ПОВЕДЕНИЯ КРАСНО-СЕРОЙ ПОЛЕВКИ <i>ALEXANDROMYS RUFOCANUS</i> L. В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	225
Катаев Г. Д., Каримова М. Е. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И ЧИСЛЕННОСТЬ БОБРОВ <i>CASTOR FIBER</i> L. НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ.....	227

Кижина А. Г., Узенбаева Л. Б., Панченко Д. В. ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ В ОЦЕНКЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА КОПЫТНЫХ (СЕМ. <i>CERVIDAE</i> ), ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ).....	228
Кириллова Н. Р. РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ПАСВИК» (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	230
Копейна Е. И., Кожин М. Н. ЛУГА ОСТРОВОВ ГОРЛА БЕЛОГО МОРЯ (НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ ОСТРОВОВ).....	232
Косова А. Л., Денисов Д. Б., Николаева С. Б. ДИАТОМЕИ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ ОЗЕР ДЕПРЕССИИ ОЗЕРА ИМАНДРА .....	233
Кравченко А. В. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ФЛОРЫ ЗАПОВЕДНИКА «ПАСВИК» И СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	236
Кравченко А. В., Знаменский С. Р., Рудковская О. В., Сухов А. В., Тимофеева В. В., Фадеева М. А. ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ С ИНВАЗИВНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В КАРЕЛИИ.....	238
Курхинен Ю. П., Задирака Е. С., Карпин В. А., Муравская Е. А., Громцев А. Н. ЛАНДШАФТНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕНОБИОНТНЫХ ТАЕЖНЫХ ВИДОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА СЕВЕРЕ ЕВРОПЫ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕТЯГИ - <i>PTEROMYS VOLANS</i> L.) .....	240
Лукницкая А. Ф. ВОДОРΟΣЛИ (CONJUGATORHUCEAE, CNARORHUTA) ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ.....	242
Лябзина С. Н. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКРОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ В КАРЕЛИИ.....	244
Макарова О. А., Катаев Г. Д., Бойко Н. С. О СЕМЕЙСТВЕ СОБАЧЬИХ ( <i>CANIDAE</i> ) В ЗАПОВЕДНИКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В НАЧАЛЕ ХХІ ВЕКА.....	246
Матанцева М. В., Симонов С. А. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ, ПРОИЗОШЕДШИХ В ОРНИТОФАУНЕ КОСТОМУКШСКОГО ЗАПОВЕДНИКА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ.....	247
Морозов А. В., Антонова Е. П., Астафьева П. А., Брулер Е. С., Володина А. Д., Обухова Е. С., Илюха В. А. МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ К ВЛИЯНИЮ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ.....	249

Неплюхина А. А., Чудаев Д. А., Гололобова М. А. ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЛЕУТСКИХ ОСТРОВОВ.....	251
Панченко Д. В., Данилов П. И., Тирронен К. Ф., Кузнецова А.С. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОСЯ И ДИКОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ В КАРЕЛИИ И МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	253
Сергина С. Н., Панченко Д. В., Баишникова И. В., Антонова Е. П., Илюха В. А. АНТИОКСИДАНТНЫЙ И ВИТАМИННЫЙ СТАТУСЫ КАБАНА ( <i>SUS SCROFA L.</i> , <i>ARTIODACTYLA</i> ) НА ПЕРИФЕРИИ АРЕАЛА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ).....	254
Сидорова Н. А., Савушкин А. И., Трофимова С. А., Ковалевский В. В. БИОРАЗНООБРАЗИЕ АБОРИГЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ШУНГИТОВЫХ ПОРОДАХ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ.....	256
Симонов С. А., Матанцева М. В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СВЕЖИХ ВЫРУБОК НА ОРНИТОФАУНУ ПРИЛЕГАЮЩИХ УЧАСТКОВ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	258
Смирнова М. В., Смирнов А. А., Кашулин П. А. ВТОРИЧНЫЕ БИОГЕННЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫЕ СЛАБЫМ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ.....	260
Сродных Т. Б. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СИСТЕМ ОЗЕЛЕНЕНИЯ В ГОРОДАХ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И СЕВЕРНОГО УРАЛА.	261
Тирронен К. Ф., Панченко Д. В., Данилов П. И. ДИНАМИКА АРЕАЛОВ АРКТИЧЕСКИХ ВИДОВ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЦА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА: РЕАКЦИЯ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ.....	264
Урбанавичюс Г. П. ДЕРЕВЬЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКТОР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ.....	266
Фадеева М. А., Кравченко А. В. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛИХЕНОБИОТЫ ПЛАНИРУЕМОГО ЗАКАЗНИКА «ПАЗОВСКИЙ» (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	268
Филиппова Н. В. ФУНГАРИЙ ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ.....	270
Хижкин Е. А., Белкин В. В., Илюха В. А. ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР МЕСТ ЗИМОВКИ ЛЕТУЧИМИ МЫШАМИ В КАРЕЛИИ .....	272
Химич Ю. Р., Ширяев А. Г., Котиранта Х. АФИЛЛОФОРОИДНЫЕ ГРИБЫ – ИНДИКАТОРЫ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В СУБАРКТИКЕ.....	274

Чалкин А. А., Синкевич О. В., Зинников Д. Ф., Лябзина С. Н. ВЫЯВЛЕНИЕ КАРАНТИННЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ НА ООПТ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ.....	276
Шабета М. С., Рыковский Г. Ф., Сакович А. А. ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД КАК ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ БРИОФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЗНОБРАЗИЯ.....	278
Шадрина Е. Г. ВЛИЯНИЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА НАСЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ.....	281
Шалыгина Р. Р., Редькина В. В. ЦИАНОБАКТЕРИИ В КОЛЛЕКЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ ИППЭС КНЦ РАН.....	283
Шмакова Н. Ю., Марковская Е. Ф. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ДВУХ ВИДОВ РОДА <i>TARAXACUM</i> НА ЗАПАДНОМ ШПИЦБЕРГЕНЕ.....	284
Якимова А. Е. МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В БИОТОПАХ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ.....	286
<b>СЕКЦИЯ 5. Рациональное использование и охрана природных ресурсов. Развитие сети ООПТ на Северо-Западе России.....</b>	<b>288</b>
Антипин В. К. ТРЕНДЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ УРОЖАЙНОСТИ ЯГОД КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ В КАРЕЛИИ.....	289
Браславская Т. Ю., Алейников А. А., Чуракова Е. Ю., Колбовский Е. Ю., Козыкин А. В., Кулясова А. А., Немчинова А. В. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МАЛОНАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	291
Гончарова О. А. ОХРАНЯЕМЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ФОНДЕ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА.....	293
Дронин Н. М., Калуцкова Н. Н., Синьовски Д., Тельнова Н. О., Медведев А. А. ОПЫТ НОМИНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРКОВ В ГЛОБАЛЬНУЮ СЕТЬ ЮНЕСКО.....	294
Каримова М. Е., Зануздаева Н. В., Баркан В. Ш. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЛАПЛАНДСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ.....	297
Кузнецов О. Л., Кутенков С. А., Игнашов П. А. БОЛОТА ЗАКАЗНИКА «ПОНОЙСКИЙ» (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	298
Макарова О. А. ДИКИЙ СЕВЕРНЫЙ ОЛЕНЬ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА В ХХІ ВЕКЕ.....	300

Пономарева Т. И., Ярыгина О. Н., Орлов А. С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	302
Присяжная А. А., Снакин В. В., Круглова С. А., Хрисанов В. Р. РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ, ГРИБОВ И ЛИШАЙНИКОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	303
Синьовски Д., Калуцкова Н. Н., Дронин Н. М., Тельнова Н. О., Медведев А. А., Синьовска Д. ГЕОПАРКИ ЮНЕСКО КАК МОДЕЛЬ СОХРАНЕНИЯ МИРОВОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ.....	305
Снакин В. В., Присяжная А. А., Митенко Г. В. РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ АРКТИЧЕСКИХ ООПТ В ОТНОШЕНИИ РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВ, ЛАНДШАФТОВ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ.....	307
Соболев Н. А., Кобяков К. Н., Кренке А. Н., Титова С. В., Тишков А. А. СОСТОЯНИЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ ВЕЛИКОГО ЕВРАЗИЙСКОГО ПРИРОДНОГО МАССИВА.....	309
Христенко Е. А., Емельянова А. А., Колотей А. В. ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЫ МЕСТ МАССОВЫХ ЗИМОВОК РУКОКРЫЛЫХ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЕВРОПЕЙСКИХ ТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ).....	311
<b>СЕКЦИЯ 6. Геохимия природных сред, технологические аспекты охраны окружающей среды и новые технологии.....</b>	<b>313</b>
Бастрыгина С. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНАХ.....	314
Беликов М. Л., Локшин Э. П. РЕАГЕНТНЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ.....	316
Белогурова Т. П. ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ УРТИТОВ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ БЕТОНОВ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ.....	318
Васильева Г. К., Стрижакова Е. Р., Кондрашина В. С., Мязин В. А., Корнейкова М. В. ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ СОРБЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ.....	320
Герасимова Л. Г., Киселев Ю. Г., Щукина Е. С., Самбуров Г. О. УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТИТАНИТА С ПОЛУЧЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	321
Корнейков Р. И., Иваненко В. И. СОРБЦИЯ КАТИОНОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ РАСТВОРОВ ИОНИТАМИ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ ТИТАНА(IV)..	323

Лащук В. В., Горячев А. А. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ РЕДКО МЕТАЛЬНЫХ РУД КАРНАСУРТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	325
Маслова М. В., Иваненко В. И., Герасимова Л. Г. НЕТРАДИЦИОННОЕ ТИТАНСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЁ — ОСНОВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ ОТ КАТИОНОВ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	327
Маслова М. В., Мудрук Н. В., Иванец А. И., Шашкова И. Л., Китикова Н. В. СИНТЕЗ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ ТИТАНА, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ.....	329
Мосендз И. А., Кременецкая И. П., Лащук В. В., Дрогобужская С. В. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ВЕРМИКУЛИТ-СУНГУЛИТОВОГО СОСТАВА В КАЧЕСТВЕ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД.....	331
Пак А. А., Сухорукова Р. Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНАХ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	332
Сивцева Н. Е., Легостаева Я. Б. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АЛМАЗА (В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ АНАБАР, РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....	335
Суворова О. В., Манакова Н. К., Макаров Д. В. ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ И ПЕНОМАТЕРИАЛОВ...	338
Татаринцева В. Г., Зубов И. Н., Селянина С. Б., Кутакова Н. А., Серебренникова О. В. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВЕРХОВОГО ТОРФА.....	340
Тюкавкина В. В., Цырятьева А. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИТАНОСИЛИКАТНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ В СОСТАВЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.....	342
Янишевская Е. С., Фокина Н. В., Горячев А. А., Светлов А. В. ПРИМЕНЕНИЕ АЦИДОФИЛЬНЫХ ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ БЕДНЫХ СУЛЬФИДНЫХ РУД И ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	344
Pankratov F., Mahura A., Petäjä T., Popov V., Masloboev V. AN ASSESSMENT OF AMDES INTENSITY IN THE RUSSIAN ARCTIC.....	346
Tarasova E., Slukovskaya M., Tapia F., Morev D., Brykov V., Neaman A. EFFECT OF AMENDMENTS ON METAL SOLUBILITY AND PLANT GROWTH IN SOILS AFFECTED BY A CU/NI SMELTER..	347

<b>СЕКЦИЯ 7. Человек в условиях Крайнего Севера: социально-экономические и социокультурные аспекты.....</b>	<b>349</b>
Вершинина И. А., Мартыненко Т. С.	
СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	350
Воронина Л. В., Якушева У. Е.	
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МИГРАЦИОННЫЙ ОТТОК НАСЕЛЕНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ.....	352
Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т.	
ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	354
Дьяконова М. В.	
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ, НАХОДЯЩИХСЯ В СОСТАВЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ .....	355
Иванова Л. В.	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРЯ ПЛАСТИКОМ: МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ.....	357
Ильченко В. Л.	
ВОЛНОВАЯ ГЕОДИНАМИКА — ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ И НЕДОРОГАЯ АЛЬТЕРНАТИВА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ.....	359
Капитонова С. А., Потахин С. Б.	
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В КАРЕЛЬСКОМ ПОМОРЬЕ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД (20-Е ГОДЫ XX СТОЛЕТИЯ).	361
Максимов Ю. И., Кривичев А. И.	
РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И МЕДИЦИНСКИХ ПРОБЛЕМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА — НАУЧНЫЙ ПОИСК В ЖИЗНИ ХУДОЖНИКА А. А. БОРИСОВА.....	363
Малинина К. О., Блынская Т. А.	
СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ).....	365
Маслобоев А. В.	
МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ.....	367
Мингалева Т. А., Горячев А. А., Мингалева Е. И.	
ЗНАЧЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН ДЛЯ МАЛОГО ГОРОДА ЗАПОЛЯРЬЯ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И СОЦИАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ.....	369
Пирцхалава Н. Р., Дербин М. В.	
ЭКСПОРТ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	371
Поликарпова Н. В., Чижов В. Е., Макарова О. А., Кравченко Н. С.	
ПРАВИЛА ДЛЯ РАСЧЕТА УЩЕРБА РАСТИТЕЛЬНОМУ ПОКРОВУ ОТ ВЫПАСА ДОМАШНИХ ФОРМ ОЛЕНЕЙ НА ООПТ.....	372
Поликарпова Н. В., Чижов В. Е., Трусова М. Г.	
РЕКОНСТРУКЦИЯ НОРВЕЖСКОЙ ГЛУХОЙ ПЛОТИНЫ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ПАСВИК» — УГРОЗЫ И РИСКИ.....	374



Харитонова Г. Н. ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ В РАЙОНАХ СЕВЕРА И АРКТИКИ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	376
<b>СЕКЦИЯ 8. Человек в условиях Крайнего Севера: медицинские и физиологические аспекты.....</b>	<b>379</b>
Аверьянова И. В. АДАПТАЦИОННЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ СОМАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ У ЮНОШЕЙ-АБОРИГЕНОВ И УКОРЕНЕННЫХ ЕВРОПЕОИДОВ — ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ.....	380
Балашова С. Н., Самодова А. В., Добродеева Л. К. СООТНОШЕНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО ПУЛА РЕЦЕПТОРОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙТРОФИЛЬНЫХ ГРАНУЛОЦИТОВ У ЖИТЕЛЕЙ ПОСЕЛКА РЕВДА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	382
Бичкаева Ф. А. СООТНОШЕНИЕ ИНДЕКСА МАССЫ ТЕЛА, ГОРМОНОВ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ, АДИПОНЕКТИНА И КОРОТКОЦЕПОЧЕЧНЫХ НАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ У АБОРИГЕННОГО И МЕСТНОГО НАСЕЛЕНИЯ АРКТИКИ.....	384
Бичкаев А. А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИНСУЛИНА И ГЛЮКОЗЫ У ЛИЦ ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА АРКТИКИ РОССИИ .....	386
Волкова Н. И., Бичкаева Ф. А. АМИНОТРАНСФЕРАЗЫ КАК ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ГОМЕОСТАЗА ГЛЮКОЗЫ У ЛИЦ ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА АРКТИКИ.	388
Галстян Д. С., Баранова Н. Ф. СОДЕРЖАНИЕ ОМЕГА-6 ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С УРОВНЕМ ГЛЮКОЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА.....	390
Горенко И. Н. АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЭНДОКРИННЫЙ ПРОФИЛЬ МУЖЧИН АРХАНГЕЛЬСКА.....	392
Девятова Е. Н., Потуткин Д. С. ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, НЕНЕЦКИЙ И ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЕ ОКРУГА) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГРУППЫ НАСЕЛЕНИЯ .....	394
Елфимова А. Э. СОДЕРЖАНИЕ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ У ЖИТЕЛЬНИЦ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В РЕПРОДУКТИВНОМ И ПОСТМЕНОПАУЗАЛЬНОМ ПЕРИОДАХ (ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ).....	396

Зубаткина О. В., Добродеева Л. К., Самодова А. В. ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АТФ В ЛИМФОЦИТАХ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ СЕВЕРЯН В ОТВЕТ НА ХОЛОДОВОЙ СТРЕСС.....	398
Меньшикова Е. А., Добродеева Л. К. РЕГУЛЯЦИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ И АКТИВНОСТЬ ИММУННЫХ РЕАКЦИЙ У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	399
Морозова О. С. СООТНОШЕНИЕ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК У ЖИТЕЛЬНИЦ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	401
Некрасова М. В., Меньшикова М. В. ИММУННЫЙ СТАТУС У МУЖЧИН-ВАХТОВИКОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	402
Нестерова Е. В. СООТНОШЕНИЕ ГОРМОНОВ МОЗГОВОГО СЛОЯ НАДПОЧЕЧНИКОВ И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У ТРУДОСПОСОБНОГО НАСЕЛЕНИЯ АРКТИКИ.....	404
Патракеева В. П., Добродеева Л. К., Самодова А. В., Штаборов В. А. ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО РЕАГИРОВАНИЯ ЛЮДЕЙ С ЛИМФОПЕНИЕЙ НА КРАТКОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕЕ ОХЛАЖДЕНИЕ .....	406
Пашинская К. О., Самодова А. В. СООТНОШЕНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО ПУЛА РЕЦЕПТОРОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ФОСФОЛИПИДОВ У ЖИТЕЛЕЙ ПОС. РЕВДА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	408
Попкова В. А. СОДЕРЖАНИЕ ЙОДИТРОНИНОВ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА АРХАНГЕЛЬСКА.....	409
Поповская Е. В., Щёголева Л. С. ИММУННЫЙ СТАТУС ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЕ (ЧМТ) У МУЖЧИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА.....	411
Сергеева Т. Б. ИММУННЫЙ СТАТУС У ЖЕНЩИН НАО.....	413
Соловьевская Н. Л., Белишева Н. К., Мартынова А. А. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ.....	415
Ставинская О. А., Добродеева Л. К. ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНИТЕТА ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ГИБЕЛИ ЛИМФОЦИТОВ ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ....	417
Терещенко П. С. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО ОБМЕНА И ЗДОРОВЬЕ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА АПАТИТЫ.....	419
Типисова Е. В. УРОВНИ ДОФАМИНА И АУТОАНТИТЕЛ К АНТИГЕНАМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО И АЗИАТСКОГО СЕВЕРА.....	421

Третьякова Т. В., Власова О. С. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВИСИМОСТИ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРГАНИЗМА ТИАМИНОМ У ПОДРОСТКОВО-ЮНОШЕСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РАЗНЫХ ШИРОТ	423
Филиппова О. Е., Дюжикова Е. М. ИММУННЫЙ СТАТУС ЖИТЕЛЕЙ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ (г. МОСКВА).....	425
Шашкова Е. Ю. ИММУННЫЙ СТАТУС У ЖЕНЩИН ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	426
Шенгоф Б. А. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОЛИПИДОВ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У ТРУДОСПОСОБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНДЕКСА МАССЫ ТЕЛА.....	428
Шумилов О. И., Касаткина Е. А., Храмов А. В. СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ В ЗАПОЛЯРЬЕ.....	430

## CONTENTS

	Page
<b>SESSION 1. The effects of natural and anthropogenic factors on terrestrial ecosystems. Current stationary research problems.....</b>	5
Artemkina N. A., Ivanova E. A.	
A COMPARISON OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF EMPETRUM HERMAPHRODITUM LEAF LITTER IN SPRUCE AND PINE FOREST STANDS EXPOSED TO INDUSTRIAL AIR POLLUTION	6
Baranov D. Yu.	
THE MIGRATION OF ZINC AND COPPER WITH ATMOSPHERIC PRECIPITATION AND PERCOLATE IN A RELATIVELY NON-POLLUTED AREA OF VALDAI HILLS.....	8
Batova Yu. V., Kaznina N. M., Laidinen G. F., Titov A. F.	
THE CONTENT OF ZINC AND LEAD IN THE SOILS AND PLANT TISSUES AT INDUSTRIAL POLLUTION SITES IN KARELIA.....	10
Bobkova K. S.	
THE ECOSYSTEM FOUNDATIONS OF THE RESILIENCY OF CONIFEROUS FORESTS IN THE NORTH.....	11
Gavrilova V. I.	
NATURAL ANTHROPOGENICALLY MODIFIED SOILS OF THE POLAR ALPINE BOTANICAL GARDEN IN KIROVSK, MURMANSK REGION.....	14
Gapeeva M. V.	
A REVIEW OF THE DATA ON HEAVY METALS IN THE SOILS, WATER, BOTTOM SEDIMENTS, MOSSES IN THE AREAS EXPOSED TO THE POLLUTION FROM THE CHEREPOVETS INDUSTRIAL ZONE VOLOGDA REGION, RUSSIA, IN 1961–2014.....	16
Danilova M. A., Lukina N. V., Kuznetsova A. I., Smirnov V. E.	
THE EFFECT OF WOODY PLANTS ON SOIL FERTILITY IN TAIGA FORESTS.....	18
Evtyugina Z. A., Kopylova Yu. G., Soldatova E. A.	
SOIL MINERALOGY IN BARRENS AND POLLUTED SPARSE FORESTS .....	19
Elsukova E. Yu., Opekunova M. G., Opekunov A. Yu., Pozharskaya O. D., Chuniaeva E. O., Zemtsov V.A.	
HEAVY METAL POLLUTION OF THE KOLA PENINSULA ECOSYSTEMS: SELECTED RESEARCH RESULTS FROM 2018.....	21
Ermolaeva O. V., Shmakova N. Yu.	
ANNUAL INCREMENT OF <i>POLYTRICHUM COMMUNE</i> IN THE FOREST BELT OF THE Khibiny Mountains .....	23
Ershov V. V., Isaeva L. G., Polikarpova N. V.	
SULFATES AND HEAVY METALS IN THE SOIL WATER IN THE VICINITY OF THE PASVIK STATE NATURE RESERVE.....	24
Zanuzdaeva N. V., Isaeva L. G.	
PHENOLOGICAL DATA FROM THE LAPLAND NATURE RESERVE AS A RESULT OF LONG-TERM STATIONARY RESEARCH.....	26

Zenkova I. V., Tiunov A. V., Rozanova O. L. TROPIC STRUCTURE OF THE SOIL FAUNA IN THE SUBARCTIC FOREST ECOSYSTEMS OF THE KOLA PENINSULA (BASED ON THE ISOTOPIC COMPOSITION OF NITROGEN $\delta^{15}\text{N}$ AND CARBON $\delta^{13}\text{C}$ )...	28
Ivanova E. A., Artemkina N. A., Lukina N. V. LITTER DECOMPOSITION IN THE PINE FORESTS AT THE NORTHERN TREE LINE ON THE KOLA PENINSULA.....	30
Iliushin V. A., Kirtsideli I. Yu. DYNAMICS OF MICROMYCETES COMPLEXES IN THE REGROWTH PROCESS AT COAL MINING WASTE DUMPS IN THE ARCTIC (THE SVALBARD ARCHIPELAGO).....	33
Isaeva L. G., Sukhareva T. A., Ershov V. V., Ivanova E. A. BOREAL FORESTS EXPOSED TO LONG-TERM AIR POLLUTION (MURMANSK REGION).....	34
Isakova E. A. A STUDY OF THE OIL DECOMPOSITION ACTIVITY OF MICROMYCETES IN THE COASTAL AREAS OF THE BARENTS SEA	37
Kalabin G. V. A METHOD FOR DESIGNING LEGENDS TO MACROENVIRONMENTAL MAPS OF THE RUSSIAN MINING INDUSTRY.....	39
Kancerova L. V. VEGETATION COVER REESTABLISHMENT IN THE BIOTOPES TRANSFORMED BY ROAD CONSTRUCTION.....	41
Kataeva M. N., Belyaeva A. I. BIOGEOCHEMICAL INDICATORS AND RELEVANCE THEREOF FOR FOREST COMMUNITIES EXPOSED TO INDUSTRIAL POLLUTION.....	43
Kashulina G. M. TRANSFORMATION OF SOILS BY LONG-TERM EXTREME POLLUTION FROM A COPPER-NICKEL SMELTER: AN OVERVIEW OF COMPREHENSIVE MONITORING STUDIES.....	45
Kashulina G. M., Litvinova T. I., Korobeinikova N. M. ANTHROPOGENIC IMPACTS AS A FACTOR OF THE LOCAL CHANGES IN THE SOIL TEMPERATURE REGIME.....	47
Knyazev N. V., Isaeva L. G. FOREST FIRES IN MURMANSK REGION AND THUNDERSTORMS AS A FIRE AGENT.....	49
Kononenko G. P. MYCOTOXINS IN <i>COCHLEARIA GROENLANDICA</i> L. ....	50
Kryshen' A. M., Genikova N. V., Gnatiuk E. P. CHANGES IN THE SPECIES COMPOSITION OF THE PLANT COMMUNITIES IN <i>PICEA ABIES-VACCINIUM MYRTILLUS</i> FOREST STANDS AS PART OF THE REGENERATION PROCESS AFTER A HARVEST.....	52

Krylova E. G. TOXIC EFFECTS OF NICKEL AND COPPER ON THE INITIAL ONTOGENESIS STAGES OF <i>BIDENS TRIPARTITA</i> L. IN GEOGRAPHICALLY ISOLATED POPULATIONS.....	54
Kuznetsova I. A., Mironenko K. A., Orlov A. C., Sobolev N. A. CRYOGENIC TRANSFORMATION OF THE PODZOLIC SOILS IN ONEGA DISTRICT, ARKHANGELSK REGION.....	56
Kutyavin I. N., Manov A. V. CHANGES IN THE STRUCTURE AND BIOLOGICAL PRODUCTIVITY IN A MIDDLE-TAIGA LICHEN PINE FOREST AFTER A WINDTHROW EVENT.....	58
Lavrukova O. S., Sidorova N. A. SOME DISTINCTIVE FEATURES OF SPECIFIC GROUPS OF MICROORGANISMS INVOLVED IN DIAGENESIS ISOLATED FROM KARELIAN SOIL SAMPLES.....	59
Litvinova T. I., Kashulina G. M., Korobeinikova N. M. ORGANIC MATTER CONTENT AND COMPOSITION IN THE SOILS NEAR BARENTSBURG, SVALBARD.....	61
Lukina N. V., Danilova M. A., Tebenkova D. N. THE CONTRIBUTION OF PROFESSOR V. V. NIKONOV TO THE UNDERSTANDING OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BIODIVERSITY AND THE ECOSYSTEM FUNCTIONS OF FORESTS...	63
Makarova O. A., Isaeva L. G., Zanuzdaeva N. V. ON STATIONARY RESEARCH INTO THE RESTORATION OF THE LICHEN COVER IN THE LAPLAND STATE NATURE RESERVE.....	64
Maslov M. N., Kopeina E. I., Maslova O. A. THE EFFECT OF FIRE INTENSITY ON MOUNTAIN TUNDRA SOILS	67
Medvedev A. V., Telnova N. O., Kudikov A. V. REMOTE SENSING MONITORING OF BOREAL FORESTS USING UAV DATA.....	68
Mikhailova T. A., Kalugina O. V., Shergina O. V. A STUDY OF A FOREST ECOSYSTEM'S PROTECTIVE RESPONSE ACROSS A GRADIENT OF ANTHROPOGENIC CHEMICAL PRESSURES.....	70
Nikitin D. A., Korneykova M. V., Katayev A. D., Tokareva O. A., Churkina A. I., Bochkov D. A., Kutovaya O. V., Dolgikh A. V. MICROBIAL BIOMASS IN THE ANTHROPOGENICALLY MODIFIED AND INTACT SOILS OF THE RYBACHY PENINSULA.....	72
Raskosha O. V., Bashlykova L. A., Ermakova O. V., Kudyasheva A. G., Rachkova N.G., Shaposhnikova L. M., Starobor N. N. BIOMONITORING OF A FORMER RADIUM MINING SITE .....	74
Rachkova N. G., Shaposhnikova L. M., Raskosha O. V. URANIUM AND RADIUM-226 DISTRIBUTION IN THE ECOSYSTEM COMPONENTS IN DECONTAMINATED AREAS OF A FORMER RADIUM MINING SITE.....	76

Rudinskaya A. I., Belyaev Yu. R., Gurinov A. L., Garankina E. V., Belyaev V. R.	
THE IMPACT OF DEBRIS FLOWS ON THE VALLEY ECOSYSTEMS IN THE LOVOZERO MOUNTAIN RANGE.....	77
Saltan N. V., Svyatkovskaya E. A., Shlapak E. P.	
AN ASSESSMENT OF THE REPRODUCTIVE ABILITY OF <i>LARIX SIBIRICA</i> LEDEB. IN URBAN AREAS OF THE KOLA POLAR REGION AFFECTED BY RAILROAD INFRASTRUCTURE.....	79
Sazanova K. V., Senik S. V., Kirtsideli I. Yu., Shavarda A. L.	
BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL ADAPTATIONS OF THE PSYCHOPHILIC MICROMYCETES <i>GEOMYCES PANNORUM</i> AND <i>THELEBOLUS MICROSPORUS</i> TO DIFFERENT TEMPERATURES.....	81
Sergeeva O. V., Mukhortova L. V., Kozlova D. V., Osipenko Ja. S., Krivobokov L. V.	
TOPOGRAPHICALLY CONTROLLED FOREST LITTER DISTRIBUTION IN THE NORTHERN TAIGA OF MIDDLE SIBERIA....	83
Storozhenko V. G.	
WOODY DEBRIS IN VIRGIN EUROPEAN SPRUCE FORESTS .....	85
Sukhareva T. A.	
THE ACCUMULATING ABILITY OF SHRUBS UNDER AIR POLLUTION PRESSURES ON FOREST ECOSYSTEMS.....	86
Tatsiy Yu. G., Udachin V. N.	
MERCURY LEVELS IN SOILS EXPOSED TO POLLUTION FROM NONFERROUS SMELTERS .....	88
Tokareva O. A., Maslov M. N.	
FRACTIONAL COMPOSITION OF THE ORGANIC MATTER IN THE SURFACE HORIZON OF THE RYBACHY PENINSULA SOILS.....	90
Toropova E. V., Staritsyn V. V.	
MORPHOBIOLOGY OF <i>VACCINIUM MYRTILLUS</i> L. ALONG THE INTACT FOREST – CLEARCUT ECOTONE IN THE NORTHERN TAIGA SUBZONE IN ARCHANGELSK REGION.....	91
Tuzhilkina V. V.	
FUNCTIONAL CHANGES IN THE PHOTOSYNTHETIC FUNCTION ( <i>PINUS SYLVESTRIS</i> ) IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL AIR POLLUTION .....	93
Fokina N. V., Korneykova M. V., Redkina V. V.	
MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF THE SOIL, AIR, AND WATER SAMPLES FROM THE AREA AFFECTED BY BERINGPROMUGOL COAL PILES (CHUKOTKA AUTONOMOUS REGION).....	94
Shaposhnikova L. M., Rachkova N. G.	
NATURAL HEAVY RADIONUCLIDES IN THE VEGETATION AFFECTED BY A FORMER RADIUM MINING SITE IN KOMI REPUBLIC.....	96
Sheremetskaya E. D., Belyaev V. R., Garankina E. V., Voroshilov E. V., Rudinskaya A. I., Romanenko F. A.	
ASSESSMENT AND MONITORING OF THE GEOMORPHICAL AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF THE 2017 DEBRIS FLOW EVENT IN THE SENGISJOK VALLEY (LOVOZERO MOUNTAIN RANGE).....	98

Neaman A.	
ECOTOXICOLOGICAL STUDIES OF AGRICULTURAL SOILS POLLUTED BY COPPER MINING IN CHILE.....	100
<b>SESSION 2. Contemporary trends in the dynamics of the Northern aquatic ecosystems.....</b>	<b>101</b>
Banshchikova L. S., Banshchikov A. A., Sumachev A. E <sup>1</sup>	
DISTRIBUTION OF ICE CONGESTIONS AND JAMS ON THE VARZUGA RIVER.....	102
Bedrina D. D., Malov A. I., Yakovlev E. Yu., Druzhinin C. V., Bazhenov A. V., Kuznetsova I. A.	
BOTTOM SEDIMENT COMPOSITION IN THE ZOLOTITSA RIVER, ARKHANGELSK REGION.....	104
Vandysh O. I., Cherepanov A. A., Postnova S.V.	
ZOOPLANKTON OF LAKE IMANDRA IN A LONG-TERM SERIES OF STUDIES.....	106
Vandysh O. I., Cherepanov A. A., Postnova S. V.	
DEVELOPMENT OF A ZOOPLANKTON COMMUNITIES DATABASE FOR THE EUROPEAN ARCTIC REGION.....	108
Vakhrameeva E. A.	
TOTAL AOX IN THE WATER OF LAKE SVETLOYE (BASIN OF THE WHITE SEA).....	109
Vysotskaya R. U., Bakhmet I. N.	
THE ROLE OF LYSOSOMAL ENZYMES IN THE TEMPERATURE ADAPTATIONS OF WHITE SEA MUSSELS ( <i>MYTILUS EDULIS</i> L.).....	110
Gashkina N. A., Moiseenko T. I., Kudryavtseva L. P.	
SPATIOTEMPORAL VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF LAKE WATER UNDER THE INFLUENCE OF EMISSIONS FROM COPPER–NICKEL SMELTERS: PREDICTING ACIDIFICATION.....	112
Gudimov A. V., Komarova E. P.	
NEW BIOMONITORING AND A SOLUTION TO ENVIRONMENTAL PROBLEMS.....	114
Dauvalter M. V., Dauvalter V. A.	
EFFECTS OF JSC APATIT OPERATIONS ON GROUND WATER CHEMISTRY.....	116
Dauvalter V. A.	
STUDYING THE CHEMISTRY OF LAKE BOTTOM SEDIMENTS IN THE EUROPEAN ARCTIC REGION: RESULTS OF THE 30 YEARS OF RESEARCH.....	118
Denisov D. B.	
FRESHWATER ALGAE UNDER EXTREME ANTHROPOGENIC PRESSURE IN THE ARCTIC.....	120
Dinu M. I.	
DISTRIBUTION OF ELEMENTS BY EQUILIBRIUM FORMS IN THE LANKES OF THE NORTHERN KOLA PENINSULA EXPOSED TO DIFFERENT ANTHROPOGENIC PRESSURES.....	122



Zhilin A. Yu., Plotitsyna N. F., Zimoveyskova T. A. MONITORING OF PERSISTENT CHLORINATED HYDROCARBONS IN THE COMMERCIAL FISH SPECIES OF THE BARENTS SEA.....	123
Zubova E. M., Kashulin N. A., Terentjev P. M. LONG-TERM WHITEFISH POPULATION STRUCTURE DYNAMICS IN KUETSJARVI LAKE (SYSTEM OF PAZ RIVER, MURMANSK REGION).....	125
Kalyuzhny I. L. WATER CHEMISTRY OF THE MESOOLIGOTROPHIC BOGS OF THE KOLA PENINSULA.....	127
Karaseva T. A., Melnik V. S. HEALTH ASSESSMENT OF WILD AND FARMED FISH STOCKS IN THE SALMON RIVER BASINS OF THE KOLA PENINSULA .....	129
Kokryatskaya N. M., Losyuk G. N. TRANSFORMATION OF INORGANIC SULFUR COMPOUNDS IN THE WATER OF LAKES SEPARATED FROM THE WHITE SEA (KARELIA REPUBLIC).....	130
Kolpakova E. S. COMPONENT COMPOSITION OF CHLORPHENOL COMPOUNDS IN FRESHWATER ECOSYSTEMS UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS.....	132
Kozminsky E. V. EFFECTS OF FISHERIES AMELIORATION OF THE LETNYAYA RIVER (LOUHI DISTRICT, KARELIA) ON THE ZOOBENTHOS COMMUNITY .....	134
Komulaynen S. F. PHYTOPERIPHYTON IN THE RIVERS OF MURMANSK REGION: STRUCTURE AND USE IN MONITORING .....	136
Koroleva I. M., Terentjev P. M. SOME ASPECTS OF THE POPULATION INDICATORS OF THE WHITEFISH OF IMANDRA LAKE (MURMANSK REGION)....	137
Lapteva A. M., Plotitsyna N. F. MONITORING OF HEAVY METALS AND ARSENIC IN THE COMMERCIAL FISH SPECIES OF THE BARENTS SEA.....	139
Losyuk G. N., Kokriatskaya N. M. HYDROGEN SULFIDE CONTAMINATION OF SEPARATED LAKES...	141
Mitsukov A. S., Dauvalter V. A. WATER CHEMISTRY DYNAMICS IN IMANDRA LAKE OVER THE PAST 30 YEARS.....	143
Moiseenko T. I. ANTHROPOGENICALLY INDUCED PROCESSES IN THE TERRESTRIAL SURFACE WATERS IN THE ARCTIC AND EVALUATION CRITERIA.....	144
Moiseenko T. I. BIOACCESSIBILITY OF METALS DEPENDING ON THE OCCURRENCE FORM IN AN AQUATIC ENVIRONMENT: REVISITING THE ALLOWABLE CONCENTRATIONS.....	146

Pashovkina A. A., Fedorova I. V., Dvornikov Yu. A. COLOURED DISSOLVED ORGANIC MATTER (CDOM) IN THE LAKES AND RIVERS OF THREE DIFFERENT ARCTIC REGIONS.....	148
Ponomarev V. I. FISH COMMUNITIES OF MOUNTAIN AND TUNDRA WATER BODIES IN THE EUROPEAN NORTHEAST AND CHANGE DYNAMICS.....	149
Razumovsky V. L. PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS OF THE WESTERN AND CENTRAL CAUCASUS MOUNTAIN LAKES.....	151
Razumovsky L. V. SPATIAL-TEMPORAL TRANSFORMATIONS OF THE TAXONOMIC STRUCTURE OF DIATOM COMPLEXES IN THE LAKES OF THE KOLA PENINSULA.....	152
Reshetnyak O. S., Kosmenko L. S., Danilenko A. O., Kondakova M. Yu., Reshetnyak V. N., Kovalenko A. A. REGIONAL FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION VARIABILITY AND POLLUTION LEVELS OF THE RIVER WATER IN THE RUSSIAN ARCTIC.....	154
Rumiantseva E. V., Muzhdaba O. V., Shestakova E. N. WATER FLOW AND ICE REGIME VARIABILITY IN THE SIBERIAN ARCTIC RIVERS.....	155
Savosin E. S., Kuchko Ya. A. ZOOPLANKTON AND ZOOBENTOS IN SYARGOZERO LAKE IN THE CONTEXT OF COMMERCIAL TROUT FARMING.....	157
Selyanina S. B., Ponomareva T. I., Churakova E. Yu. TRANSFORMATION OF WETLAND ECOSYSTEMS BY DIAMOND MINING.....	158
Sendek D. S., Bochkarev N. A., Savosin D. S., Baranova M. V., Mikhelson S. V., Ilmast N. V. GENETIC VARIATION OF THE WHITEFISH IN PYAOZERO LAKE, REPUBLIC OF KARELIA.....	160
Slukovkii Z. I. A RECONSTRUCTION OF THE ANTHROPOGENIC EVENTS IN AN URBAN ENVIRONMENT BASED ON RARE EARTH ELEMENT CONCENTRATIONS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKES .....	162
Sosnovsky A. V., Osokin N. I. WATER DESALINATION BY DRIP FREEZING AT WINTER SPRINKLING.....	163
Stolyarov A. P. SPECIES, SPATIAL, AND TROPHIC STRUCTURE OF THE LITTORAL COMMUNITIES OF THE BLACK RIVER ESTUARY (KANDALAKSHA BAY, WHITE SEA).....	165
Struzhko V. V., Kharlamova M. N. MICROBIOLOGY OF WATER SPRINGS IN MURMANSK REGION.....	167

Terentjev P. M., Zubova E. M. Koroleva I. M., Kashulin N. A. SPATIAL AND TEMPORAL FEATURES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN IMANDRA LAKE FISH.....	168
Sharov A. N. EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE PHYTOPLANKTON IN COLD-WATER LAKES.....	170
Ushakov M. V. THE DECLINE OF THE STATIONARY HYDROLOGICAL NETWORK IN THE NORTH-EAST OF RUSSIA.....	172
<b>SESSION 3. Climate change in the Arctic: current status and challenges.....</b>	<b>174</b>
Antipina U. I., Bardin M. Yu., Korneva I. A. SPATIO-TEMPORAL STRUCTURE OF LARGE TEMPERATURE ANOMALIES IN THE NORTH OF EURASIA.....	175
Grigoriev A. A., Devi N. M., Kukarskih V. V., Galimova A. A., Vyuhin S. O., Moiseev P. A., Fomin V. V. FOREST STAND STRUCTURE AND DYNAMICS AT THE TREE LINE IN THE WESTERN PUTORANA PLATEAU.....	177
Gudimov A. V., Svitina V. S. EARLY CLIMATE CHANGE: TREND DETECTION AND BIOINDICATION.....	178
Karimova M. E., Zanuzdaeva N. V., Polikarpova N. V., Vorobyova N. G. PHENOLOGICAL RESPONSE OF THE ROSEBAY WILLOWHERB <i>CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM</i> TO THE CLIMATE CHANGE IN THE STATE NATURE RESERVES IN MURMANSK REGION.....	180
Kasatkina E. A., Shumilov O. I., Timonen M. SOLAR ACTIVITY CYCLE AND TREE GROWTH ON THE KOLA PENINSULA.....	181
Kozlov M. V., Zverev V. E., Hunter M. D., Zvereva E. L. RESPONSES OF HERBIVOROUS INSECTS TO SIMULTANEOUS CHANGES IN POLLUTION AND CLIMATE: LONG-TERM MONITORING RESULTS.....	183
Konstantinov P. I., Varentsov M. I., Repina I. A., Shuvalov S. V., Samsonov T. E., Griscenko M. Yu., Esau I. N., Baklanov A. A. A STUDY OF THE MICROCLIMATE AND THERMAL COMFORT INDICATORS IN THE RUSSIAN ARCTIC TOWNS (BASED ON UHIARC OBSERVATIONS).....	185
Moiseev P. A., Galimova A. A., Bubnov M. O., Fomin V. V., Terskaya A. I. TREE STAND DYNAMICS AT THE UPPER TREELINE ON THE KOLA PENINSULA IN THE LAST CENTURY.....	187
Petukhov V. A., Smurov A. O. THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE COASTAL MEIOBENTHOS IN KRIVOYE LAKE (REPUBLIC OF KARELIA).....	188
Semenova A. A. CLIMATE CHANGE AND THERMAL COMFORT ASSESSMENT IN THE RUSSIAN ARCTIC TOWNS IN 1966–2017 IN THE CONTEXT OF URBAN PLANNING STRATEGIES.....	190

Tarasova V. N., Gorshkov V. V. THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE EPIPHYTIC LICHEN COVER IN THE MIDDLE BOREAL PINE FORESTS AT DRAINED SITES IN THE REPUBLIC OF KARELIA.....	191
Tishkov A. A., Belonovskaya E. A., Glazov P. M., Titov S. V. CONTEMPORARY CLIMATE-DRIVEN DYNAMICS OF THE ARCTIC BIOTA.....	193
Shestakova E. N., Tretiakov M. V., Piskun A. A., Rumiantseva E. V. CHANGES IN THE ABIOTIC FACTORS ON THE RIVER BORDER OF THE OB-TAZ ESTUARY OVER THE PERIOD OF INSTRUMENTAL MEASUREMENTS.....	196
Shiryaev A. G., Khimich Yu. R., Volobuev S. V., Morozova O. V., Koroleva N. E., Shiryaeva O. S., Sokovkina S. Yu., Kosolapov D.A., Peintner U. GREENING OF THE ARCTIC AND CLIMATE-DRIVING DYNAMICS OF MYCOBIOTA AT HIGH LATITUDES.....	198
Shtabrovskaya I. M., Zenkova I. V. RESEARCH OF FOREST PODZOLS TEMPERATURE IN MURMANSK REGION: RETROSPECTIVE ANALYSIS AND STATE-OF-THE-ART METHODS.....	200
<b>SESSION 4. Research into and conservation of biodiversity in the taiga zone and in the Arctic.....</b>	<b>203</b>
Belkin V. V., Khizhkin E. A., Yakimova A. E., Antonova E. P., Fyodorov F. V., Kizhina A. G., Uzenbaeva L. B., Sergina S. N., Baishnikova I. V., Ilyina T. N., Ilyukha V. A. ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL PREFERENCES OF THE NORTHERN BAT ( <i>EPTESICUS NILSSONII</i> L.) AS A FACTOR OF SPECIES DOMINANCE AT NORTHERN LATITUDES.....	204
Borovichev E. A., Koroleva N. E., Khimich Yu. R., Melekhin A.V., Drugova T. P., Petrova O. V. RARE SPECIES OF PLANTS, LICHENS, AND FUNGI IN THE ANTHROPOGENICALLY MODIFIED AREAS OF THE CENTRAL HIGHLANDS OF MURMANSK REGION.....	206
Busuyok V. M., Busuyok L. P. OBSERVATIONS OF <i>PODICEPS GRISEIGENA</i> BODD. IN A SUBURB OF MONCHEGORSK, MURMANSK REGION.....	208
Gilyazov A. S. THE NESTING ECOLOGY OF THE SIBERIAN TIT <i>PARUS CINCTUS</i> IN LAPLAND.....	210
Gogorev R. M., Lange E. K. AMPHOROID AND CANAL-RAPHID DIATOMS OF MEROMICTIC MOGILNOE LAKE (KILDIN ISLAND, BARENTS SEA).....	212
Danilova A. D., Koroleva N. E. DATA ON THE VEGETATION COVER OF THE GOLTZY DESERTS OF THE KOLA PENINSULA AND SVALBARD ARCHIPELAGO.....	213

Drugova T. P.	
THE SPHAGNACEAE FAMILY, <i>SPHAGNUM</i> GENUS, <i>ACUTIFOLIA</i> SECTION IN THE KPABG HERBARIUM.....	215
Emelyanova A. A., Khristenko E. A., Kolotey A. V.	
BAT FAUNA IN WINTER HABITATS IN THE EUROPEAN SOUTHERN TAIGA FORESTS: COMPOSITION AND BIOLOGY.....	217
Zatsarinny I. V., Shavrina U. Yu.	
THE IMPACT OF THE TRANSFORMATION OF THE NATURAL STRUCTURE OF BIRCH FORESTS ON THE SPECIES COMPOSITION AND NUMBER OF TYPICAL BIRD SPECIES IN THE NORTH-WEST OF MURMANSK REGION.....	219
Ilyina T. N., Baishnikova I. V.	
ON MAMMAL ADAPTATION MECHANISMS IN THE NORTH.....	221
Ilyukha V. A., Khizhkin E. A., Antonova E. P., Komov V. T., Sergina S. N., Gremyachikh V. A., Kamshilova T. B., Belkin V. V., Yakimova A. E.	
ANTIOXIDANT SYSTEM RESPONSE TO THE ACCUMULATION OF MERCURY IN THE ORGANS OF SMALL MAMMALS OF KARELIA...	223
Kataev G. D., Zanuzdaeva N. V., Karimova M. E.	
DIET AND FEEDING BEHAVIOR OF GREY RED-BACKED VOLE <i>ALEXANDROMYS RUFOCANUS</i> L. ON THE KOLA PENINSULA.....	225
Kataev G. D., Karimova M. E.	
SPATIAL STRUCTURE AND POPULATION SIZE OF BEAVERS <i>CASTOR FIBER</i> L. ON THE KOLA PENINSULA.....	227
Kihzina A. G., Uzenbaeva L. B., Panchenko D. V.	
HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN THE ASSESSMENT OF THE PHYSIOLOGICAL STATUS OF UNGULATES ( <i>CERVIDAE</i> ) INHABITING IN NORTHERN EUROPEAN RUSSIA (KARELIA).....	228
Kirillova N. R.	
DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF WATER PLANTS IN THE PASVIK STATE NATURE RESERVE (MURMANSK REGION).....	230
Kopeina E. I., Kozhin M. N.	
MEADOWS AND GRASSLANDS ON ISLANDS OF THE WHITE SEA THROAT: THE TRI OSTROVA ARCHIPELAGO AS A CASE STUDY...	232
Kosova A. L., Denisov D. B., Nikolaeva S. B.	
DIATOMS OF THE HOLOCENE SEDIMENTS IN THE SMALL LAKES OF THE IMANDRA DEPRESSION.....	233
Kravchenko A. V.	
MAIN FINDINGS OF LONG-TERM FLORA MONITORING IN THE PASVIK STATE NATURE RESERVE AND ADJACENT AREAS IN MURMANSK REGION.....	236
Kravchenko A. V., Znamensky S. R., Rudkovskaya O. V., Sukhov A. V., Timofeeva V. V., Fadeeva M. A.	
PRESENT-DAY ASSESSMENT OF INVASIVE PLANTS IN KARELIA...	238

Kurhinen J. P., Zadiraka E. S., Karpin V. A., Muravskaya E. A., Gromtsev A. N. LANDSCAPE ASPECTS OF THE TERRITORIAL DISTRIBUTION OF STENOBIONT TAIGA MAMMALIAN SPECIES IN THE NORTH OF EUROPE (ON THE EXAMPLE OF THE FLYING SQUIRREL — <i>PTEROMYS VOLANS</i> L.).....	240
Luknitskaya A. F. ALGAE (CONJUGATOPHYCEAE, CHAROPHYTA) OF THE PROTECTED AREAS IN NORTHWESTERN RUSSIA.....	242
Liabzina S. N. SPECIES DIVERSITY OF CARRION INSECTS IN KARELIA.....	244
Makarova O. A., Kataev G. D., Boyko N. S. THE <i>CANIDAE</i> FAMILY IN THE NATURE RESERVES OF MURMANSK REGION IN THE EARLY 21 <sup>ST</sup> CENTURY.....	246
Matantseva M. V., Simonov S. A. AN ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE AVIFAUNA OF THE KOSTOMUKSHA RESERVE OVER THE PAST DECADES.....	247
Morozov A. V., Antonova E. P., Astafieva P. A., Bruler E. S., Volodina A. D., Obukhova E. S., Ilyukha V. A. MECHANISMS OF ADAPTATION OF THE DIGESTIVE SYSTEM IN MAMMALS TO THE PHOTOPERIODIC CONDITIONS OF NORTH-WEST OF RUSSIA.....	249
Neplyukhina A. A., Chudaev D. A., Gololobova M. A. DIATOMS OF THE PEAT-BOG DEPOSITS ON THE ALEUTIAN ISLANDS.....	251
Panchenko D. V., Danilov P. I., Tirronen K. F., Kuznetcova A. S. DYNAMICS OF THE POPULATION SIZE AND DISTRIBUTION OF MOOSE AND WILD REINDEER IN REPUBLIC OF KARELIA AND MURMANSK REGION.....	253
Sergina S. N., Panchenko D. V., Baishnikova I. V., Antonova E. P., Ilyukha V. A. ANTIOXIDANT AND VITAMIN STATUS OF THE WILD BOAR ( <i>SUS SCROFA</i> L., <i>ARTIODACTYLA</i> ) IN ITS RANGE PERIPHERY (REPUBLIC OF KARELIA).....	254
Sidorova N. A., Savushkin A. I., Trofimova S. A., Kovalevsky V. V. BIODIVERSITY OF ABORIGENTAL BACTERIAL COMMUNITIES IN THE SHUNGITES OF THE ONEGA STRUCTURE.....	256
Simonov S. A., Matantseva M. V. AN ASSESSMENT OF THE IMPACT OF LOGGING ON THE AVIFAUNA OF PROTECTED AREAS.....	258
Smirnova M. V., Smirnov A. A., Kashulin P. A. SECONDARY BIOGENIC RADIATION OF PLANTS INDUCED BY WEAK GAMMA RADIATION .....	260
Srodnykh T. B. RECOMMENDATIONS ON URBAN LANDSCAPING SYSTEMS FOR THE NORTH OF WESTERN SIBERIA AND THE NORTHERN URALS	261

Tirronen K. F., Panchenko D. V., Danilov P. I. THE DYNAMICS OF ARCTIC SPECIES RANGES AS ILLUSTRATED BY THE ARCTIC FOX ON THE KOLA PENINSULA: RESPONSE TO CLIMATE CHANGE AND ANTHROPOGENIC IMPACT.....	264
Urbanavichus G. P. TREES AS A KEY BIOGEOGRAPHICAL FACTOR OF LICHEN DISTRIBUTION IN THE FAR NORTH.....	266
Fadeeva M. A., Kravchenko A. V. PELIMINARY RESULTS OF THE LICHEN BIOTA INVENTORY IN THE CONTEMPLATED PAZ RESERVE (MURMANSK REGION, NW RUSSIA).....	268
Filippova N. V. THE PRESENT STATE OF THE YUGRA STATE UNIVERSITY FUNGARIUM.....	270
Khizhkin E. A., Belkin V. V., Ilyukha V. A. ENVIRONMENTAL FACTORS DETERMINING THE CHOICE OF WINTERING SITES BY BATS IN KARELIA.....	272
Khimich Yu. R., Shiryaev A. G., Kotiranta H. APHYLLOPHOROID FUNGI AS INDICATOR SPECIES OF OLD-GROWN SPRUCE FORESTS IN THE SUBARCTIC.....	274
Chalkin A. A., Sinkevich O. V., Zinnikov D. F., Liabzina S. N. <sup>1,2</sup> IDENTIFICATION OF PEST INSECTS IN PROTECTED AREAS IN THE REPUBLIC OF KARELIA.....	276
Shabeta M. S., Rykovsky G. F., Sakovich A. A. TERRITORIAL ENVIRONMENTAL APPROACH AS A TOOL OF STUDYING BRYOFLORISTIC DIVERSITY.....	278
Shadrina E. G. THE IMPACT OF THE OIL AND GAS INDUSTRY ON THE POPULATION OF SMALL MAMMALS IN THE TAIGA ZONE OF WESTERN YAKUTIA.....	281
Shalygina R. R., Redkina V. V. CYANOBACTERIA IN THE MICROORGANISM COLLECTION AT INEP KSC RAS.....	283
Shmakova N. Ju., Markovskaja E. F. A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHOTOSYNTHETIC FUNCTION OF TWO SPECIES OF THE GENUS <i>TARAXACUM</i> ON WEST SVALBARD.....	284
Yakimova A. E. SMALL MAMMALS AND TEMPERATURE CONDITIONS IN BIOTOPES AT DIFFERENT STAGES OF ANTHROPOGENIC SUCCESSION.....	286
<b>SESSION 5. Sustainable management and protection of natural resources. Current developments in the protected areas system in the North-West of Russia.....</b>	<b>288</b>
Antipin V. K. THE LONG-TERM DYNAMICS OF CRANBERRY YIELDS IN KARELIA.....	289

Braslavskaya T. Yu., Aleynikov A. A., Churakova E. Yu., Kolbovskiy E. Yu., Kozykin A. V., Kulyasova A. A., Nemchinova A. V. ECOLOGICAL IMPORTANCE OF INTACT FOREST AREAS ON THE ONEGA PENINSULA .....	291
Goncharova O. A. PROTECTED WOODY PLANTS IN THE COLLECTION OF THE POLAR ALPINE BOTANICAL GARDEN.....	293
Dronin N. M., Kalutskova N. N., Sinnyovsky D., Telnova N. O., Medvedev A. A. EXPERIENCE WITH NOMINATING GEOPARKS TO THE UNESCO GLOBAL NETWORK.....	294
Karimova M. E., Zanuzdaeva N. V., Barkan V. Sh. MODERN RESEARCH IN THE LAPLAND STATE NATURE RESERVE	297
Kuznetsov O. L., Kutenkov S. A., Ignashov P. A. MIRES OF THE PONOY RESERVE (MURMANSK REGION).....	298
Makarova O. A. THE WILD REINDEER OF THE NORTHERN KOLA PENINSULA IN THE 21 CENTURY.....	300
Ponomareva T. I., Yarygina O. N., Orlov A. S. IMPROVING THE ASSESSMENT SYSTEM FOR THE PEATLAND RESOURCES IN ARCHANGELSK REGION.....	302
Prisyazhnaya A. A., Snakin V. V., Kruglova S. A., Khrisanov V. R. RARE AND THREATENED PLANT, FUNGI, AND LICHEN SPECIES OF THE RUSSIA ARCTIC .....	303
Sinnyovsky D., Kalutskova N. N., Dronin N. M., Telnova N. O., Medvedev A. A., Sinnyovska D. UNESCO GEOPARKS AS A MODEL FOR THE CONSERVATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE.....	305
Snakin V. V., Prisyazhnaya A. A., Mitenko G. V. THE REPRESENTATIVENESS OF ARCTIC PROTECTED AREAS IN TERMS OF SOIL AND LANDSCAPE DIVERSITY AND PROTECTED PLANT SPECIES .....	307
Sobolev N. A., Kobyakov K. N., Krenke A. N., Titova S. V., Tishkov A. A. PRESENT CONDITION OF THE EUROPEAN PART OF THE GREAT EURASIAN NATURAL BACKBONE.....	309
Khristenko E. A., Emelyanova A. A., Kolotey A. V. PROTECTING BAT WINTERING GROUNDS IN THE SOUTHERN TAIGA FORESTS (TVER REGION, RUSSIA).....	311
<b>SESSION 6. Geochemistry of the natural environment, technology aspects of nature protection, and new technology.....</b>	<b>313</b>
Bastrigina S. V. USING ASH-CONTAINING MATERIALS IN HEAT-RESISTANT CONCRETE.....	314
Belikov M. L., Lokshin E. P. REAGENT-BASED METHODS OF WATER TREATMENT TO REMOVE FLUORINE INORGANIC IMPURITIES.....	316



Belogurova T. P. STABILITY OF URTITES AS A CONCRETE AGGREGATE IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS.....	318
Vasilyeva G. K., Strijakova E. R., Kondrashina V. S., Myazin V. A., Korneykova M. V. ADVANTAGES OF ADSORPTIVE BIOREMEDIATION IN SOILS CONTAMINATED WITH OIL AND OIL PRODUCTS.....	320
Gerasimova L. G., Kiselev Yu. G., Shchukina E. S., Samburov G. O. A UNIVERSAL PROCESS FOR HYDROCHLORIC ACID PROCESSING OF TITANITE INTO FUNCTIONAL MATERIALS.....	321
Korneykov R. I., Ivanenko V. I. SORPTION FROM SOLUTIONS OF RARE-EARTH CATIONS BY IONITES BASED ON TITANIUM(IV) PHOSPHATES.....	323
Lashchuk V. V., Goryachev A. A. GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE RARE-METAL ORE CONCENTRATION WASTE OF THE KARNASURT DEPOSIT.....	325
Maslova M. V., Ivanenko V. I., Gerasimova L. G. NONCONVENTIONAL TITANIUM-CONTAINING MATERIALS IN THE PRODUCTION OF HIGH-PERFORMANCE SORBENTS FOR THE REMOVAL OF HEAVY METAL CATIONS FROM CONTAMINATED WASTEWATER.....	327
Maslova M. V., Mudruk N. V., Ivanets A.I., Shashkova I. L., Kitikova N. V. SYNTHESIS OF SORPTION MATERIALS BASED ON Ti-Ca-Mg PHOSPHATES.....	329
Mosendz I. A., Kremenetskaya I. P., Lashchuk V. V., Drogobuzhskaya S. V. APPLICATIONS OF VERMICULITE-LIZARDITE PRODUCTS AS REAGENTS IN THE TREATMENT OF CONTAMINATED WATER..	331
Pak A. A., Sukhorukova R. N. USE OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL RAW MATERIALS OF THE MURMANSK REGION IN CELLULAR CONCRETES AND QUALITY CONTROL OF MATERIALS, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS.....	332
Sivtceva N. E., Legostaeva J. B. BIOLOGICAL RECLAMATION OF PLACER DIAMOND DEPOSITS IN THE MIDDLE REACHES OF THE ANABAR RIVER, THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA).....	335
Suvorova O. V., Manakova N. K., Makarov D. V. INDUSTRIAL WASTE IN MURMANSK REGION AS A POTENTIAL SOURCE MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF INSULATING CERAMIC AND FOAM MATERIALS.....	338
Tatarintseva V. G., Zubov I. N., Selyanina S. B., Kutakova N. A., Serebrennikova O. V. OPTIMIZING THE EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM BOG PEAT.....	340
Tyukavkina V. V., Tsyryatyeva A. V. USING INDUSTRIAL TITANOSILICATE PRODUCTS IN CEMENT BLENDS.....	342

Yanishevskaya E. S., Fokina N. V., Goryachev A. A., Svetlov A. V. APPLICATIONS OF ACIDOPHILIC CHEMOLITOTROPHIC MICROORGANISMS IN THE LEACHING OF LOW-GRADE SULFIDE ORES AND CONCENTRATION WASTE IN MURMANSK REGION.....	344
Pankratov F., Mahura A., Petäjä T., Popov V., Masloboev V. AN ASSESSMENT OF AMDES INTENSITY IN THE RUSSIAN ARCTIC	346
Tarasova E., Slukovskaya M., Tapia F., Morev D., Brykov V., Neaman A. EFFECT OF AMENDMENTS ON METAL SOLUBILITY AND PLANT GROWTH IN SOILS AFFECTED BY A CU/NI SMELTER.....	347
<b>SESSION 7. Human survival in the Far North: social and economic issues.....</b>	<b>349</b>
Vershinina I. A., Martynenko T. S. SOCIAL PROBLEMS OF THE CITIES OF THE FAR NORTH.....	350
Voronina L. V., Yakusheva U. E. THE EFFECT OF CLIMATIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE NET MIGRATION IN THE RUSSIAN ARCTIC.....	352
Druzhinin P. V., Shkipirova G. T. THE IMPACT OF ECONOMIC GROWTH IN THE EUROPEAN NORTH ON THE ENVIRONMENT.....	354
Dyakonova M. V. THE PROBLEMS OF PRESERVING THE HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE IN THE NORTH OF THE REPUBLIC OF KARELIA IN THE RUSSIAN ARCTIC.....	355
Ivanova L.V. MARINE PLASTIC POLLUTION AND THE INTERNATIONAL EFFORTS TO SOLVE THE PROBLEM.....	357
Il'chenko V. L. WAVE GEODYNAMICS AS AN ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY AND INEXPENSIVE ALTERNATIVE TO SEISMOLOGICAL METHODS OF EARTH RESEARCH.....	359
Kapitonova S. A., Potakhin S. B. THE SOCIO-ECONOMIC SITUATION IN THE KARELIAN POMORIE DURING THE TRANSITION PERIOD OF THE 1920s.....	361
Maximov Yu. I., Krivichev A. I. A SOLUTION TO THE SOCIO-ECONOMIC AND HEALTH PROBLEMS IN THE FAR NORTH — SCIENTIFIC INQUIRY IN THE WORK OF THE ARTIST A. A. BORISOV.....	363
Malinina K. O., Blynskaya T. A. THE HUMAN CAPITAL IN THE ARCTIC (AS ILLUSTRATED BY ARKHANGELSK REGION).....	365
Masloboev A. V. MULTI-AGENT MODELING OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT PROCESSES ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE.	367
Mingaleva T. A., Goryachev A. A., Mingaleva E. I. THE IMPORTANCE OF GREEN SPACES IN SMALL ARCTIC COMMUNITIES: ENVIRONMENTAL AND SOCIAL ASPECTS.....	369
Pirtskhalava N. R., Derbin M. V. EXPORTS OF FOREST PRODUCTS.....	371

Polikarpova N. V., Chizhov V. E., Makarova O. A., Kravchenko N. S. ESTIMATING VEGETATION DAMAGE FROM DOMESTIC REINDEER GRAZING IN PROTECTED AREAS.....	372
Polikarpova N. V., Chizhov V. E., Trusova M. G. RECONSTRUCTION OF THE NORWEGIAN DAM LILLE MENIKKA IN THE PASVIK RESERVE: THREATS AND RISKS.....	374
Kharitonova G. N. STATE MANAGEMENT OF FORESTS IN THE NORTH AND THE ARCTIC: ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PERFORMANCE	376
<b>SESSION 8. Human survival in the high latitudes: health and physiology.....</b>	<b>379</b>
Averyanova I. V. ADAPTATION CHANGES IN SOMATOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MORPHOFUNCTIONAL STATUS OBSERVED IN MALE ABORIGINALS AND NORTH-BORN CAUCASIANS RESIDING IN RUSSIA'S NORTHEAST.....	380
Balashova S. N., Samodova A. V., Dobrodeeva L. K. RELATIONSHIP OF THE EXTRACELLULAR RECEPTOR POOL AND FUNCTIONAL ACTIVITY OF NEUTROPHIL GRANULOCYTES IN THE RESIDENTS OF THE TOWN OF REVDA (MURMANSK REGION)	382
Bichkayeva F. A. A CORRELATION OF THE BODY MASS INDEX, PANCREATIC HORMONES, ADIPONECTIN, AND SHORT-CHAIN SATURATED FATTY ACIDS IN THE ABORIGINAL AND LOCAL ARCTIC RESIDENTS.....	384
Bichkaev A. A. A COMPARATIVE STUDY OF PROINSULIN AND GLUCOSE IN MATURE RESIDENTS OF THE RUSSIAN ARCTIC.....	386
Volkova N. I. Bichkayeva F. A. AMINOTRANSFERASES AS PREDICTIVE MARKER OF GLUCOSE HOMEOSTASIS IN ADULTS IN THE ARCTIC.....	388
Galstyan D. S., Baranova N. F. OMEGA-6 PUFA LEVEL AND ITS CORRELATION WITH CARBOHYDRATE METABOLISM IN THE RESIDENTS OF THE NORTH.....	390
Gorenko I. N. ADAPTATION POTENTIAL AND ENDOCRINE PROFILE IN MALE RESIDENTS OF ARKHANGELSK.....	392
Devyatova E. N., Potutkin D. S. HORMONAL STATUS OF WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE DEPENDING ON THE POPULATION GROUP IN THE RUSSIAN ARCTIC (ARCHANGELSK REGION, NENETS AND YAMALO- NENETS AUTONOMOUS DISTRICTS).....	394

Elfimova A. E. STEROID HORMONES LEVELS IN FEMALE RESIDENTS OF THE RUSSIAN ARCTIC IN THE REPRODUCTIVE AND POSTMENOPAUSAL PERIODS (YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT).....	396
Zubatkina O. V., Dobrodeeva L. K., Samodova A. V. CHANGE OF ATP CONCENTRATION IN PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES IN APPARENTLY HEALTHY NORTHERNERS IN RESPONSE TO COLD STRESS.....	398
Menshikova E. A., Dobrodeeva L. K. DIGITAL REGULATION AND IMMUNE RESPONSE ACTIVITY IN THE RESIDENTS OF THE NORTH.....	399
Morozova O. S. THE RATIO OF IMMUNOCOMPETENT CELLS IN THE RESIDENTS OF THE FAR NORTH.....	401
Nekrasova M. V., Menshikova M. V. IMMUNE STATUS OF MALE ROTATION EMPLOYEES IN ARKHANGELSK REGION.....	402
Nesterova E. V. THE RATIO OF ADRENOMEDULLARY HORMONES AND CARBOHYDRATE METABOLISM IN THE WORKING POPULATION OF THE ARCTIC.....	404
Patrakeeva V. P., Dobrodeeva L. K., Samodova A. V., Shtaborov V. A. IMMUNE RESPONSE IN PATIENTS WITH LYMPHOPENIA TO SHORT-TERM GENERAL COOLING.....	406
Pashinskaya K. O., Samodova A. V. RELATIONSHIP BETWEEN EXTRACELLULAR RECEPTOR POOL AND TRANSPORT PHOSPHOLIPIDS IN THE RESIDENTS OF REVDA, MURMANSK REGION.....	408
Popkova V. A. SERUM IODOTHYRONINE LEVELS IN THE RESIDENTS OF ARKHANGELSK.....	409
Popovskaya E. V., Shchegoleva L. S. THE IMMUNE STATUS OF THE MALE RESIDENTS OF THE NORTH AFTER CRANIOCEREBRAL INJURY.....	411
Sergeeva T. B. THE IMMUNE STATUS OF THE FEMALE RESIDENTS OF NENETS AUTONOMOUS DISTRICT.....	413
Solovevskaya N. L., Belisheva N. K., Martynova A. A. METHODS OF IMPROVING THE ADAPTABILITY OF THE HUMAN BODY TO THE ARCTIC ENVIRONMENT.....	415
Stavinskaya O. A., Dobrodeeva L. K. DYNAMICS OF HUMAN IMMUNITY INDICATORS DEPENDING ON THE LEVEL OF LYMPHOCYTE PROGRAMMED DEATH AFTER A SHORT-TERM COOLING.....	417

Tereshchenko P. S. ELEMENTAL METABOLISM AND HEALTH OF THE CHILD POPULATION OF THE APATITY TOWN.....	419
Tipisova E. V. LEVELS OF DOPAMINE AND THYROID AUTOANTIBODIES IN THE RESIDENTS OF THE EUROPEAN AND ASIAN NORTH.....	421
Tretyakova T. V., Vlasova O. S. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN GLUCOSE LEVEL AND THIAMINE AVAILABILITY IN THE ADOLESCENT RESIDENTS OF DIFFERENT LATITUDES.....	423
Filippova O. E., Dyuzhikova E. M. THE IMMUNE STATUS OF THE RESIDENTS OF CENTRAL RUSSIA (MOSCOW).....	425
Shashkova E. Yu. THE IMMUNE STATUS OF THE FEMALE RESIDENTS OF VOLOGDA REGION.....	426
Shengof B. A. CHANGES IN THE SERUM PHOSPHOLIPIDS LEVEL IN WORKING- AGE POPULATION OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT DEPENDING ON THE BODY MASS INDEX.....	428
Shumilov O. I., Kasatkina E. A., Chramov A. V. SEASONALITY OF THE HUMAN HEALTH STATUS IN THE POLAR REGIONS.....	430



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ СЕВЕРА  
ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФГБУН  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА  
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
РОССИЯ, 184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, 14а

ISBN 978-5-91137-393-1

