



СВЯЗЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ С ИЗМЕНЕНИЯМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО И ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ

(САЛЕХАРД, РОССИЯ, 2-3 ДЕКАБРЯ 2021 г.)

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА



Государственное автономное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики»
Арктический научно-исследовательский стационар (филиал) Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук»
Университет Хельсинки

Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Тюменский государственный университет»

СВЯЗЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ С ИЗМЕНЕНИЯМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО И ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ

(Салехард, Россия, 2-3 декабря 2021 г.)

Тезисы докладов международного симпозиума

Arctic Research Center
Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology,
Ural Branch of Russian Academy of Sciences
University of Helsinki
Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
Tyumen State University

THE CONNECTION BETWEEN CLIMATE CHANGE AND BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY CHANGE IN THE ARCTIC AND SUBARCTIC REGIONS

(Salekhard, Russia, December 2-3, 2021)

The Book of Abstracts of the International Symposium

УДК 551.583:[573.4+502.5](211-17)(063)

ББК 26.237(00)

С 258

Издаётся по решению Учёного совета государственного автономного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики» и редакционно-издательского совета ИПИ им. П.П. Ершова (филиала) ТюмГУ.

Рецензенты:

Баженова Ольга Прокопьевна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, природопользования и биологии ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»;

Хромых Валерий Спиридонович, кандидат географических наук, доцент кафедры географии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»;

Сунпес Наталья Евгеньевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, географии и методики их преподавания Ишимского педагогического института им. П.П. Ершова (филиала) ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет».

С 258 Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики : тезисы докладов участников международного симпозиума / отв. ред. А. Ю. Левых; ред. перевода Н. В. Ганжерли. – Ишим : Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова (филиала) ТюмГУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск.

ISBN 978-5-91307-372-3

В сборнике представлены материалы международного симпозиума «Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики» (г. Салехард, 2-3 декабря 2021 г.), в котором приняли участие более 50 исследователей из 24 научных и научно-образовательных организаций России, Финляндии, Норвегии, Швеции, Соединённых Штатов Америки. В публикуемых материалах обсуждаются методы и результаты мониторинга климатических изменений, пространственно-временная динамика наземных и водных геосистем Арктики и Субарктики в условиях климатических изменений, влияние климатических изменений на биологическое разнообразие и устойчивость биотических сообществ Арктики и Субарктики, эколого-климатические риски социально-экономическому развитию Арктической зоны и пути их предотвращения.

УДК 551.583:[573.4+502.5](211-17)(063)

ББК 26.237(00)



ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел 1. Мониторинг климатических изменений: методы, результаты, перспективы развития.....	7
Эзау И. Н. Арктическое усиление глобального потепления: анализ спутниковых данных.....	7
Печкин А. С., Красненко А. С., Калачев А. В. Параметры температурного режима почв естественных ландшафтов на территории Надымского района.....	9
Раздел 2. Пространственно-временная динамика наземных и водных геосистем Арктики и Субарктики в условиях климатических изменений.....	11
Абакумов Е. В., Моргунов Е. Н. О необходимости создания Красной книги почв Ямало-Ненецкого автономного округа.....	11
Быков Н. И., Шигимага А. А. Ландшафтные особенности радиального роста древесных растений Ямало-Ненецкого автономного округа	13
Ильясов Р. М. Использование беспилотного летательного аппарата в оценке состояния экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа	14
Колесников Р. А. Состояние водных объектов и их водоохранных зон на полуострове Ямал в условиях изменения климата и урбанизации	16
Лисина А. А., Сазонов А. А., Фролова Н. Л. Моделирование стока р. Колыма в условиях меняющегося климата	18
Лисина А. А., Сазонов А. А., Платонов М. М., Ломаков О. И., Фролова Н. Л. Результаты экспедиционных исследований 2021 г. по изучению стока микропластика в реках Северная Двина и Онега.....	19
Лисина А. А., Сазонов А. А., Ретина И. А. Первые результаты экспедиционных исследований 2021 г. по оценке эмиссии метана с поверхности Колымского водохранилища	21
Манасыпов Р. М., Крицков И. В., Лим А. Г. Запасы органического углерода в донных отложениях термокарстовых озёр севера Западной Сибири.....	23
Ткачёв Б. П. Геокриологические изменения береговой линии устьевой области реки Таз	24
Черных Д. В., Золотов Д. В., Бирюков Р. Ю. Плакоры и ландшафтные катены Надымских сопок.....	26
Раздел 3. Влияние климатических изменений на биологическое разнообразие и устойчивость биотических сообществ Арктики и Субарктики	28
Бабушкин Е. С., Винарский М. В. Чужеродные пресноводные моллюски в Обь-Иртышском речном бассейне: вопросов больше, чем ответов	28
Золотов Д. В. Видовое богатство древесного, кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов фитоценоза как индикатор зонального положения в ряду северная тайга – лесотундра – южная тундра Ямало-Ненецкого автономного округа (Россия).....	30
Курхин Ю. П., Потиха Е. В. Анализ многолетней динамики численности мышевидных грызунов Дальнего Востока России (Сихотэ-Алинский заповедник) в контексте изменения климата.....	32
Красненко А. С. Сообщество донных беспозвоночных как возможный индикатор климатических изменений в Арктике	34
Левых А. Ю. Разнообразие и устойчивость сообществ мелких млекопитающих как индикаторы состояния экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа.....	35
Розенфельд С. Б., Шереметьев И. С. Значение межвидовых ресурсных взаимодействий в споре о преимуществах климатического или антропогенного влияния на ареалы и численность крупных травоядных Арктики	37
Рослин Т. Фенологические сдвиги абиотических событий, продуцентов и консументов на территории континента	39
Фахретдинов А. В., Арефьев С. П., Московченко Д. В. Экологическое состояние экстразонального лиственничника долины р. Монгаюрбей (Тазовский п-ов)	41

<i>Филиппова В. Г., Шкляр К. О., Терёхина А. Н., Волковицкий А. И., Орехов П. Т., Соколова Н. А., Соколов А. А.</i> Изучение питания домашнего северного оленя в различных подзонах тундры и лесной зоне Ямало-Ненецкого автономного округа.....	42
<i>Шкляр К. О., Соколова Н. А., Фуфачев И. А., Филиппова В. Г., Соколов А. А.</i> Спутниковый мониторинг песка (<i>Vulpes lagopus</i>) на Ямале.....	44
Раздел 4. Эколого-климатические риски социально-экономическому развитию Арктической зоны и пути их предотвращения	46
<i>Майлз В., Эзау И., Соромотин А., Варенцов М., Константинов П., Сизов О., Куклина В.</i> Наблюдение за островом тепла в городах Арктики	46
<i>Русакова М. А., Агбалян Е. В., Колесников Р. А., Шинкарук Е. В., Попова Т. Л., Ефимова Н. В., Винокуров М. В.</i> Оценка рисков здоровью населения Арктических городов	48
Сведения об авторах.....	51

TABLE OF CONTENTS

Chapter 1. Climate change monitoring: methods, results, future development.....	7
<i>Esau I.</i> Arctic amplification of global warming: Satellite data analysis	8
<i>Pechkin A., Krasnenko A., Kalachev A.</i> Soil temperature regimes of wild landscapes in Nadym District	10
Chapter 2. Space and time dynamics of terrestrial and aquatic geosystems of the Arctic and Subarctic regions in the context of climate change	11
<i>Abakumov E., Morgun E.</i> On need to create Red Data Book of Yamal-Nenets Autonomous Okrug soils	12
<i>Bykov N., Shigimaga A.</i> Landscape peculiarities of Yamal-Nenets Autonomous Okrug woody plants radial growth.....	13
<i>Ilyasov R.</i> Use of unmanned aircraft in assessment of anthropogenic impact on ecosystems of Yamal-Nenets Autonomous Okrug, Russia.....	14
<i>Kolesnikov R.</i> State of water bodies and their conservation zones on Yamal Peninsula under climate change and urbanization	17
<i>Lisina A., Sazonov A., Frolova N.</i> Modeling approach for Kolyma River runoff formation in modern climate conditions	19
<i>Lisina A., Sazonov A., Platonov M., Lomakov O., Frolova N.</i> Microplastic abundance in Onega and Northern Dvina Rivers: results of summer 2021 field survey	20
<i>Lisina A., Sazonov A., Repina I.</i> First results of 2021 field studies assessing methane emissions from Kolyma Reservoir surface	22
<i>Manasypov R., Kritskov I., Lim A.</i> Organic carbon stock in sediments of northern Western Siberia thermokarst lakes	24
<i>Tkachev B.</i> Geocryological changes of the Taz River estuary shoreline.....	25
<i>Chernykh D., Zolotov D., Biryukov R.</i> Flat interfluves (placors) and landscape catenae of Nadym hills..	27
Chapter 3. Climate change influence on biological diversity and biotic communities sustainability of the Arctic and Subarctic regions.....	28
<i>Babushkin E., Vinarski M.</i> Alien freshwater molluscs in Western Siberia: more questions than answers	29
<i>Zolotov D.</i> Species richness of tree, shrub and grass-dwarf shrub plant community layers as indicator of zonal position in row of northern taiga – forest-tundra – southern tundra of Yamal-Nenets Autonomous Okrug (Russia)	31
<i>Kurhinen J., Potikha E.</i> Analysis of long-term dynamics of mouse-like rodents abundance in Far East of Russia (Sikhote-Alin Reserve) in context of climate change.....	33
<i>Krasnenko A.</i> Benthic invertebrates community as probable indicator of climate change in Arctic	34

<i>Levykh A.</i> Diversity and sustainability of small mammal communities as indicators of Yamal-Nenets Autonomous Okrug ecosystems' condition.....	36
<i>Rozenfeld S., Sheremetyev I.</i> Value of interspecies resource interaction in dispute over climatic or anthropogenic influence on ranges and abundance of large Arctic herbivores	38
<i>Roslin T.</i> Phenological shifts of abiotic events, producers and consumers across a continent.....	40
<i>Fahretdinov A., Arefyev S., Moskovchenko D.</i> Ecological status of extrazonal larch forest of Mongayurbey river valley (Tazovsky Peninsula).....	41
<i>Filippova V., Shklyar K., Terekhina A., Volkovitskiy A., Orekhov P., Sokolova N., Sokolov A.</i> Study of domestic reindeer diet in various tundra subzones and forest zone of Yamal-Nenets Autonomous Okrug, Russia	43
<i>Shklyar K., Sokolova N., Fufachev I., Filippova V., Sokolov A.</i> Satellite monitoring of Arctic foxes (<i>Vulpes lagopus</i>) on Yamal	45
Chapter 4. Ecological and climatic risks to social and economic development of the Arctic region, and their prevention	46
<i>Miles V., Esau I., Soromotin A., Varentsov M., Konstantinov P., Sizov O., Kuklina V.</i> Observing urban heat island in Arctic cities.....	47
<i>Rusakova M., Agbalyan E., Kolesnikov R., Shinkaruk E., Popova T., Efimova N., Vinokurov M.</i> Public health risk assessment in Arctic cities	49
Information about the Authors	55

Раздел 1. Мониторинг климатических изменений: методы, результаты, перспективы развития
Chapter 1. Climate change monitoring: methods, results, future development

УДК 551. 583(98)

**АРКТИЧЕСКОЕ УСИЛЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ:
АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ**

Игорь Николаевич Эзау

Норвежский Арктический Университет – Университет в Тромсё, Норвегия

Igor.ezau@uit.no

Ключевые слова: климат Арктики; глобальные изменения климата; мониторинг Земли со спутников.

Арктика теплеет примерно в два раза быстрее и сильнее, чем планета Земля в целом. Это Арктическое усиление (АУ) глобального потепления привлекает внимание, так как оно оказывает влияние на множество физических и биологических процессов в регионе. Изучения требуют отступление льдов и мерзлотные явления, приводящие к позитивным и негативным процессам в регионе. Спутниковые наблюдения важны, поскольку не только дополняют наблюдения наземные, но служат входными данными для моделей и выявляют взаимосвязи климатических переменных, пока ещё недоступных для моделирования.

Климат Арктики характеризуется резкими межгодовыми колебаниями и изменчивостью на декадных и более длительных масштабах времени. АУ обнаруживает себя не ранее середины 1990-х. Полноценный переход в новый режим климата происходит в первом десятилетии 2000-х вследствие изменений на подстилающей поверхности – отмечается исчезновение многолетних морских льдов и наступление кустарников на тундру.

Определение характеристик морских льдов – это один из главных вкладов спутникового мониторинга в климатологию. Летнее уменьшение площади льда разблокирует взаимодействие океана и атмосферы через обратную связь из-за накопления солнечного тепла в верхнем слое океана. Это приводит к сезонным различиям в АУ. Наибольшие положительные тренды следуют за началом зимнего сезона, когда океан отдаёт тепло, и разница между наличием и отсутствием льда на поверхности становится заметна в температуре и влажности нижней атмосферы. Кроме того, наступление кустарников и леса, задокументированное в спутниковых наблюдениях, может развить самоподдерживающийся эффект, когда более тёплые участки поверхности способствуют выживанию кустарниковых экосистем, которые, в свою очередь, делают их более тёплыми.

Изучение АУ требует рассмотрения всего комплекса климатических переменных. Данные Европейского космического агентства показали, что многие параметры климата известны фрагментарно и не покрывают период АУ в 1995–2010 годах.

ARCTIC AMPLIFICATION OF GLOBAL WARMING: SATELLITE DATA ANALYSIS

Igor Esau

Norwegian Arctic University – University in Tromsø, Norway

Igor.esau@uit.no

Keywords: climate of the Arctic; global climate change; satellite remote sensing.

The Arctic is warming up about twice as fast and strong as the Earth. This Arctic Amplification (AA) is important as it has an impact on many physical and biological processes in the region. A better understanding is needed to account for changes of sea ice and permafrost that might cause both positive and negative processes in the region. Satellite monitoring is indispensable to complement in situ, ground-based observations, to drive and force models, and to disclose relationships between climate variables that are still inaccessible for the models.

Arctic climate is characterized by sharp interannual fluctuations and decadal and longer variability. AA has been emerging not before the mid – 1990s. Transition to the apparent AA occurred in the early 2000s following changes at the surface – notable disappearance of multiyear sea ice and advance of shrubs in tundra.

Detection of changes in sea ice characteristics is one of the most significant contributions of satellite monitoring to climate science. Summertime reduction of sea ice extent unlocks interaction between the ocean and the atmosphere by means of feedbacks related to accumulation of solar heat in the upper ocean layer. Those feedbacks lead to seasonal differences in AA. The largest positive trends follow the start of the winter season when the ocean releases its heat so that the difference between the sea ice and the open water surface becomes apparent in temperature and moisture content of the lower atmosphere. In addition, the advance of shrubs and forest, which is documented by satellite observations, might develop a positive, self-sustaining effect. This effect develops when warmer surface patches favor survival of shrub ecosystems, which in turn sustain the warmer temperatures.

AA understanding requires holistic consideration of the entire set of climate variables. European Space Agency data reveal that many climate parameters are known fragmentarily and do not cover the AA transition period of 1995–2010.

ПАРАМЕТРЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ТЕРРИТОРИИ НАДЫМСКОГО РАЙОНА

Александр Сергеевич Печкин¹, Александр Сергеевич Красненко¹, Александр Викторович Калачев²

¹Научный центр изучения Арктики, Надым, Россия

²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Ключевые слова: температурный режим почв; климатические факторы; сезонные вариации температур; Надымский район; Ямало-Ненецкий автономный округ.

Исследован температурный режим почв в естественных ландшафтах лесотундровой зоны и северотаёжной подзоны в Надымском районе Ямало-Ненецкого автономного округа. Температуру почвы измеряли электронными многоканальными термометрами, регистрирующими изменения каждые 10 минут, имеющими 10 датчиков с равным удалением друг от друга (на 10 см), которые были закопаны на глубину до границы сезонно-талого слоя (80 см). Исследования проводили во все сезоны 2016-2017 годов – весной, летом, осенью, зимой. В ходе исследования выявили связь изменений температуры почвы на разных глубинах с колебаниями температуры воздуха, количеством снежного и структурой растительного покровов. Установили, что наибольшее влияние на температурный режим почвы оказывают глубина залегания многолетнемёрзлых пород (ММП), морфологический состав и влажность почвы. Промерзание почв в осенне-зимний период происходит преимущественно с поверхности. В это время отмечено понижение температуры до отметки -5°C на разных глубинах, вплоть до границы с ММП, а также формирование ясной границы промерзания. В весенний период выявлено более сильное промерзание почв, чем зимой, формирование новых границ промерзания и более выраженная динамика температуры верхних слоев. В весенне-летний период температуры срединных и верхних горизонтов изменяются сходным образом. В летний и летне-осенний периоды во всех почвенных горизонтах (от поверхности до границы с сезонно-талым слоем) установлены наименьшие амплитуды температуры. На основе полученных данных установлены периоды начала и конца сезонов года для почв.

SOIL TEMPERATURE REGIMES OF WILD LANDSCAPES IN NADYM DISTRICT

Aleksander Pechkin¹, Aleksander Krasnenko¹, Alexander Kalachev²

¹ Arctic Research Center, Nadym, Russia

² Altai State University, Barnaul, Russia

Keywords: climatic factors; Nadymsky district; seasonal temperature variations; soil temperature regimes; Yamal-Nenets Autonomous Okrug.

This research studies temperature regime of soils in natural landscapes of the forest-tundra zone and northern taiga subzone in Nadym District, Yamal-Nenets Autonomous Okrug, Russia. The soil temperature was measured with electronic multichannel thermometers recording changes every 10 minutes, having 10 sensors equally spaced at 10 cm intervals, which were buried to the depth of the seasonally thawed layer boundary (80 cm). Studies were conducted during all seasons of 2016-2017 years – spring, summer, autumn and winter. The study revealed a relationship of soil temperature changes at different depths with air temperature fluctuations, the amount of snow and vegetation cover structure. It was found that permafrost depth, soil morphological composition and its moisture content have the greatest influence on the soil temperature regime. In the autumn-winter period, the soil starts freezing mainly from the surface. At this time, the temperature decreases down to -5 °C at different depths, down to the permafrost boundary, with a clear frost line. In spring, the frost penetrates deeper than in winter; new frost boundaries and greater temperature dynamics in the upper layers were registered. In the spring-and-summer period, the temperatures of the middle and upper horizons change in a similar way. In summer and summer-and-autumn periods, the smallest temperature ranges have been established in all soil horizons (from the surface to the border with the seasonally thawed layer). With the help of the data obtained, the beginning and the end of the seasons in soils have been established.

Раздел 2. Пространственно-временная динамика наземных и водных геосистем Арктики и Субарктики в условиях климатических изменений
Chapter 2. Space and time dynamics of terrestrial and aquatic geosystems of the Arctic and Subarctic regions in the context of climate change

УДК 502.172:502.521(571.121)

**О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

Евгений Васильевич Абакумов^{1}, Евгения Николаевна Моргун^{2**}*

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

**e_abakumov@mail.ru **morgun148@gmail.com*

Ключевые слова: Красная книга почв Ямало-Ненецкого автономного округа; редкие почвы; исчезающие почвы; реестр почв.

В последние 20 лет в связи с появлением статьи 62 «Охрана редких и находящихся под угрозой исчезновения почв» в Федеральном законе об охране окружающей среды работа по созданию Красных книг почв субъектов Российской Федерации активизировалась. Проведена ревизия педоразнообразия особо охраняемых природных территорий федерального уровня. Красные книги почв созданы уже более чем в 10 регионах.

Главная цель создания «Красной книги почв» – сохранение очагов уникального почвенного разнообразия. Считаем, что на территории ЯНАО необходимо выделить и сохранять: (1) фоновые ненарушенные почвы как морфологический и геохимический эталон (во всех природных зонах), (2) почвы – объекты мониторинга (химического, агрономического, геокриологического), (3) редкие почвы (экзоты, интразональные почвы, реликты прежних геологических эпох), (4) исчезающие почвы (в результате антропогенной активности или природных процессов, например – термоабразии берегов), (5) недостаточно изученные почвы – они могут исчезнуть до того, как мы изучим их свойства.

Практика создания и наполнения Красных Книг почв показывает, что это длительный процесс, занимающий от 5 до 10 и более лет. Для такого масштабного и разнообразного региона, как Ямало-Ненецкий автономный округ, подобный документ не получится создать даже за 10 лет. Это обусловлено тем, что почвенное разнообразие здесь крайне велико и очень недооценено. В связи с этим необходимо уже сейчас начинать вести и заполнять «Реестр почв», подлежащих к рассмотрению в качестве будущих объектов специальной охраны. Это позволит сохранить наиболее ценные участки почвенного покрова и улучшить «зелёный» имидж региона как на внутрироссийском, так и на общемировом уровне.

Работа выполнена при поддержке РФФИ-ЯНАО № 19-416-890002 и при поддержке Департамента внешних связей Ямало-Ненецкого автономного округа.

ON NEED TO CREATE RED DATA BOOK OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG SOILS

Evgeny Abakumov^{1}, Evgenia Morgun^{2**}*

¹Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

²Arctic Research Center, Salekhard, Russia

**e_abakumov@mail.ru **morgun148@gmail.com*

Key words: endangered soils; rare soils; Red Data Book of Soils of Yamal-Nenets Autonomous Okrug; Register of Soils.

Over the last 20 years, following implementation of Article 62 «Protection of Rare and Endangered Soils» in the Russian Federal Law on Environmental Protection, Russian Federation regions have ramped up creation of Red Data Books of soils in, audited pedodiversity of federal specially protected natural areas. Red Books of Soils have already been created in more than 10 regions.

The main goal of the Red Data Book of Soils is to save the sites with unique soil diversity. We believe that in the territory of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug (YNAO), Russia, it is necessary to identify and preserve: (1) background undisturbed soils as a morphological and geochemical reference (in all natural zones), (2) soils – objects of monitoring (chemical, agronomic, geocryological), (3) rare soils (exots, intrazonal soils relics of previous geological epochs), (4) disappearing soils (as a result of anthropogenic activity or natural processes such as thermoabrasion of coasts), (5) understudied soils – they may disappear before we study their properties.

Practice shows that creating Red Data Books of Soils and adding items to them is a long process, taking from 5 to 10 years and more. For such a large and diverse region as the YNAO, it is impossible to create such a document even in 10 years due to the fact that soil diversity here is extremely high and very underestimated. Therefore, it is necessary to start now to keep and fill in the «Register of Soils», listing soils to be considered for special protection. This will help preserve the most valuable areas of soil cover and improve the «green» image of the region both in Russia and globally.

This work was funded by RFBR-YNAO № 19-416-890002 and by the Department of External Relations of YNAO and «Agrotechnology of Future» Research Center.

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Николай Иванович Быков, Анна Александровна Шигимага

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

nikolai_bykov@mail.ru

Ключевые слова: северная тайга; лесотундра; южная тундра; древесно-кольцевые хронологии; климатические факторы.

Исследован радиальный рост древесных растений (*Larix sibirica* L., *Picea obovata* L., *Pinus sibirica* Du Tour, *Pinus sylvestris* L., *Salix* sp., *Dushekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar) в северной тайге, лесотундре и южной тундре Ямало-Ненецкого автономного округа. В северной тайге и лесотундре керны отбирались в пределах отдельных катен ландшафтного профиля от плакоров до пойменных участков речных долин. Всего получено 434 индивидуальных хронологии и измерено более 57000 годичных колец. Средний возраст исследованных деревьев и кустарников на площадках изменяется от 12,5 (южная тундра) до 188 лет (северная тайга), а средняя ширина годичных колец от 0,22-0,23 мм (кедр северной тайги и лиственница лесотундры) до 1,81 мм (у сосны северной тайги). Единый популяционный сигнал хронологий является удовлетворительным для построения обобщённых по площадкам хронологий. Коэффициент чувствительности всех обобщённых хронологий имеет удовлетворительное значение, что даёт возможность использовать их для дендроклиматических исследований. Анализ связи ширины приростов со среднемесячными температурами воздуха показал различия в зависимости от географического положения, в том числе на ландшафтном профиле, а также от видовой принадлежности хронологий. Наиболее пригодными для дендроклиматических исследований являются лиственничные и кедровые хронологии, а еловые и сосновые в меньшей степени.

LANDSCAPE PECULIARITIES OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG WOODY PLANTS RADIAL GROWTH

Nikolay Bykov, Anna Shigimaga,

*Institute of Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of
Sciences, Barnaul, Russia*

nikolai_bykov@mail.ru

Keywords: climatic factors; forest-tundra; northern taiga; southern tundra; tree-ring chronology.

Our research studies radial growth of woody plants (*Larix sibirica* L., *Picea obovata* L., *Pinus sibirica* Du Tour, *Pinus sylvestris* L., *Salix* sp., *Dusheikia fruticosa* (Rupr.) Pouzar) in the northern taiga, forest-tundra and southern tundra of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug, Russia. In the northern taiga and forest-tundra, cores were taken from trees growing within individual catenas of the landscape profile from uplands to floodplain areas of river valleys. In total, 434 individual chronologies were obtained and more than 57,000 annual rings were measured. The average age of the studied trees and shrubs on the sites varies from 12.5 (southern tundra) to 188 years (northern taiga), and the average width of annual rings from 0.22-0.23 mm (*Pinus sibirica* of the northern taiga and the larch of the forest tundra) to 1.81 mm (the pine of the northern taiga). Similar population signal of chronologies serves a ground for constructing chronologies generalized by areas. The sensitivity coefficient of all generalized chronologies has a satisfactory value, which makes it possible to use them for dendroclimatic studies. Analysis of the relationship between the width of increments and average monthly air temperatures showed differences depending on the geographic location, including the landscape profile, as well as on the tree species. The most suitable for dendroclimatic studies are larch and Siberian pine (*Pinus sibirica*) chronologies, while the spruce and Scots pine (*Pinus sylvestris*) ones are to a lesser extent so.

УДК 57.087:574.4(571.121)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Руслан Михайлович Ильясов

Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

frandly@mail.ru

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА); мониторинг водных объектов; экологический мониторинг.

С 2019 г. в комплексном мониторинге наземных и водных экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа, а также для наблюдения за отдельными видами мигрирующих животных применяются беспилотные летательные аппараты квадрокоптерного типа. Необходимость использования БПЛА обусловлена значительными расстояниями до исследуемых объектов и между ними, ограниченностью периода исследований в каждом районе, труднодоступностью для наземных наблюдений отдельных местообитаний в силу их биотопических особенностей, возможностями наблюдения за животными на расстоянии, получения значительных объёмов фото- и видеоинформации и др. В ходе экспедиционных работ в июне 2021 г. проведена

аэросъёмка местообитаний в районе реинтродукции стерхов, гнездового ареала обской популяции стерха, находящейся на грани исчезновения, проведены наблюдения за выпущенными молодыми стерхами. В августе-сентябре 2021 г. в рамках научно-исследовательской работы по мониторингу водных объектов Ямало-Ненецкого автономного округа с помощью микро БПЛА проведена аэросъёмка 30 водоёмов, обследовано 30 км² территории, подготовлено 140 тематических карт и 30 топопланов. Полученные фото- и видеоматериалы существенно дополнили материалы наземных исследований, а при обследовании водных объектов помогли обнаружить негативные геоморфологические процессы. В ходе работ выявлены преимущества и недостатки аэросъёмки с помощью микро БПЛА по сравнению с возможностями анализа космоснимков, разработаны рекомендации по повышению качества аэросъёмки с помощью квадрокоптера.

USE OF UNMANNED AIRCRAFT IN ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON ECOSYSTEMS OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG, RUSSIA

Ruslan Ilyasov

Arctic Research Center, Salekhard, Russia

frandly@mail.ru

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV); water bodies monitoring; environmental monitoring.

Since 2019, quadrotor-type unmanned aerial vehicles (UAV) have been used for the complex monitoring of terrestrial and aquatic ecosystems of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug (YNAO), Russia, as well as for observing individual species of migratory animals. The UAV use is driven by considerable distances to and between the objects under study, a limited period of research in each area, inaccessibility of certain habitats for ground observations due to their biotopic features, a possibility of observing animals from a distance, obtaining large amounts of photo and video footage, etc. During the expedition time in June 2021, we surveyed critically endangered Siberian white crane habitats in the area of its reintroduction and breeding range of its Ob' population, and also observed newly released young Siberian white cranes. In August-September 2021, our YNAO water bodies research and development included a micro-UAV survey of 30 water bodies covering 30 km², which yielded 140 thematic maps and 30 topographic maps. The photo and video footage obtained considerably supplemented the ground survey data, and helped to detect negative geomorphological processes in YNAO water bodies. This work helped identify advantages and disadvantages of micro-UAV aerial survey as compared with the space images analysis, and allowed for developing recommendations for improving the quality of quadrotor aerial survey.

СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ИХ ВОДООХРАННЫХ ЗОН НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И УРБАНИЗАЦИИ

Роман Александрович Колесников

Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

roman387@mail.ru

Ключевые слова: гидрология; гидрохимия; мониторинг водных объектов; Обская губа; полуостров Ямал; русловые процессы.

Исследованы водные объекты полуострова Ямал в районах активного антропогенного воздействия – Обская губа (населённые пункты Новый Порт и Мыс Каменный), реки Сеяха (село Сеяха), Юрибей (железнодорожный мост трассы Обская-Бованенково), Надымская Обь (село Салемал) и протока Янгута (село Панаевск). На каждом из участков было заложено три морфоствора: на условно фоновом отрезке – 1000 м выше по течению от населённого пункта; на контрольных отрезках – в черте населённого пункта и 500 м ниже по течению от населённого пункта. Проведены гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования, выполнена русловая съёмка и геодезическая съёмка берегов. Исследования проводились в период с 2013 по 2020 годы. Существенного антропогенного загрязнения химическими веществами природной воды и донных отложений изученных водных объектов не фиксируется. Содержание загрязняющих веществ и тяжёлых металлов определяется в основном природными условиями. При этом водоохранные зоны захламливаются металлоломом, твёрдыми коммунальными отходами, в руслах рек затоплены баржи и суда. В условиях изменяющегося климата происходит активизация экзогенных процессов рельефообразования, фиксируются активные русловые деформации, наблюдается перемещение русловых форм, отмелей. Также отмечено смещение стержней водного потока, занесение плёсовых участков и намывание отдельных отмелей. Многолетнемёрзлые породы лёгкого гранулометрического состава, которыми сложены берега, подвержены процессам абразии. Интенсивность процессов разрушения берегов в зоне размыва варьирует от 0,25 до 0,90 м/год. В ряде случаев ситуация осложняется развитием овражно-балочной сети. Процессы разрушения берегов угрожают целостности жилых и нежилых строений, объектов инфраструктуры. Для улучшения экологической обстановки необходимо провести мероприятия, направленные на уменьшение значительного негативного воздействия на компоненты окружающей среды в пределах водоохранных зон и прибрежных защитных полос, а также берегоукрепительные и противоэрозионные работы.

STATE OF WATER BODIES AND THEIR CONSERVATION ZONES ON YAMAL PENINSULA UNDER CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION

Roman Aleksandrovich Kolesnikov

Arctic Research Center, Salekhard, Russia

roman387@mail.ru

Key words: channel processes; Gulf of Ob; hydrochemistry; hydrology; monitoring of water bodies; Yamal Peninsula.

The water bodies of the Yamal Peninsula were investigated in areas of high anthropogenic impact – the Gulf of Ob (the settlements of Novy Port and Cape Kamenny), the Seyakha (the village of Seyakha), the Yuribey (the Obskaya-Bovanenkovo railway bridge), the Nadym Ob (the village of Salemal) rivers and the Yanguta creek (the village of Panaevsk). At each of the sites, we used three morphological cross sections: a conditionally reference area – 1000 meters upstream from a settlement; a control area – within the boundaries of a settlement, and 500 meters downstream of the settlement. Hydrological, hydrochemical and hydrobiological studies, as well as channel surveys and geodetic surveys of the banks were carried out. The studies were carried out between 2013 and 2020. No significant chemical anthropogenic pollution of the natural water in the water bodies and their bottom sediments has been recorded. The content of pollutants and heavy metals is mainly determined by natural conditions. At the same time, the water protection zones are littered with scrap metal, solid municipal waste; barges and ships are sunk in the river beds. Under the changing climate conditions, exogenous processes of relief formation become more active, and extensive channel deformations are registered. The movement of bedforms and shoals is observed. Moreover, there are changes in the fastest current position, sedimentation of stream pools, and shoal deposition. Light fractions of permafrost rocks making up the banks are subject to abrasion processes. The rate of bank erosion varies from 0.25 to 0.90 m/year. In some cases, the situation goes from bad to worse when an erosion network develops. The shore erosion threatens infrastructure facilities, residential and non-residential buildings. To improve the ecological situation, it is necessary to take measures aimed at reducing the significant negative impact on the environment components within the water protection zones and protected shoreline belt, as well as bank protection and erosion-preventing activities.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОКА Р. КОЛЫМА В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Анастасия Андреевна Лисина, Алексей Александрович Сазонов,*

Наталья Леонидовна Фролова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

**lisanastya99@mail.ru*

Ключевые слова: Колыма; гидрология криолитозоны; климатические изменения; чувствительность стока.

Процесс деградации криолитозоны, активный в последние десятилетия, не может не сказаться на гидрологическом режиме северных рек. Бассейн р. Колыма является крупнейшим речным бассейном России, полностью расположенным в области сплошного распространения вечной мерзлоты. Для безопасного водопользования в регионе необходим анализ современной динамики стока р. Колыма и прогнозирование его возможных изменений. В работе использована физико-математическая модель формирования стока ECOMAG, широко применяющаяся для арктических бассейнов в условиях изменяющегося климата. Для калибровки и верификации модели выделены периоды 1981–1997 гг. и 1998–2013 гг. соответственно. Установлено, что в створе с. Колымское среднегогодечный расход воды для второго периода увеличился на 7 % относительно первого (с 3240 до 3475 м³/с). Подбор параметров модели ECOMAG производился путём сравнения критерия Нэша-Сатклифа. Результаты калибровки и верификации показали хорошую воспроизводимость со значением $R^2_{NS} > 0,82$. По результатам моделирования ежесуточных расходов воды для каждого тридцатилетнего периода для различных заданных $\Delta P \in [-10\%, +20\%]$ и $\Delta T \in [-1^\circ\text{C}, +3^\circ\text{C}]$ были рассчитаны средние типовые гидрографы стока, для которых проводился дальнейший анализ. При неизменном количестве осадков либо температуре воздуха заметна зависимость увеличения стока с ростом осадков и снижения стока при увеличении температуры вследствие повышения потерь на испарение. Установлено, что моделируемые гидрографы более чувствительны к повышению количества осадков на 5 %, чем к росту температуры на 1[°]C, т. к. в этом случае сток увеличивается.

MODELING APPROACH FOR KOLYMA RIVER RUNOFF FORMATION IN MODERN CLIMATE CONDITIONS

Anastasia Lisina, Alexei Sazonov, Natalia Frolova
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
**lisanastya99@mail.ru*

Keywords: climate change; cold region hydrology; Kolyma River; sensitivity.

Climate over the Arctic region has changed significantly during the past few decades. The permafrost thawing leads to the changes in the northern river hydrological regime. The Kolyma River basin is the largest river basin in Russia, located entirely in the area of continuous permafrost. For the water security in the region, it is necessary to estimate modern dynamics of the Kolyma River regime and to assess runoff sensitivity to climate change. In this study ECOMAG modelling system was applied for the Kolyma River basin. It was found that for the Kolymskoye gauge, the mean water discharge for the 1998-2013 period increased by 7 % compared with 1981–1997 period (from 3240 to 3475 m³/s). The mean Nash-Sutcliffe criteria value for the Kolymskoe gauge in both periods was more than 0.82.

The artificial time series of daily precipitation and air temperature were constructed from the corresponding observed series for 2000–2009 by changing each daily value of the latter series by $\Delta P \in [-10\%, +20\%]$ and $\Delta T \in [-1^\circ\text{C}, +3^\circ\text{C}]$, respectively. With a constant precipitation or air temperature, the following dependence is noticeable: precipitation grows with an increasing flow; with an increase in temperature, the runoff decreases due to an increase in evaporation losses. It was found that the simulated annual runoff is more sensitive to 5 % wetting than to 1° warming.

УДК 556.531(282.247.13+282.247.14)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2021 Г.

ПО ИЗУЧЕНИЮ СТОКА МИКРОПЛАСТИКА В РЕКАХ СЕВЕРНАЯ ДВИНА И ОНЕГА

Анастасия Андреевна Лисина^{1}, Алексей Александрович Сазонов¹, Максим Михайлович Платонов²,
Олег Игоревич Ломаков², Наталья Леонидовна Фролова¹*

¹ *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

² *Некоммерческий фонд “Без рек как без рук”*

**lisanastya99@mail.ru*

Ключевые слова: загрязнение речных вод; микропластик; Онега; пластиковое загрязнение; Северная Двина.

В связи с тем, что проблема содержания микропластика в речных водах Арктики остаётся слабоизученной, в августе 2021 г. в Архангельской области проводились работы по изучению стока микропластика в двух крупнейших реках данного региона – Северной Двине и Онеге. Данные исследования проводились в рамках маршрута проекта Российского экологического общества «Климатическая экспедиция», состоявшегося в 2021 г. в Архангельской области.

В ходе экспедиции 13–24 августа 2021 г. в устьевых областях р. Северная Двина и Онега отобрано 11 проб на содержание микропластика. Для отбора проб в приповерхностном слое воды на содержание микропластика использовалась сеть LEI-MANTA300 производства ООО «ЭкоИнструмент». При отборе сеть буксировалась за судном, при этом отфильтровывалось не менее 10 м³ воды. После завершения отбора содержимое сети консервировалось в 70 %-ном спиртовом растворе для последующего лабораторного анализа на стереомикроскопе.

Частицы микропластика были обнаружены во всех 11 исследуемых пробах. Средние концентрации микропластика в реках Северная Двина и Онега составили 0,42 шт./м³ и 0,67 шт./м³ соответственно. При этом для Северной Двины концентрации изменялись в диапазоне от 0,09 шт./м³ до 0,96 шт./м³, для Онеги – от 0,47 шт./м³ до 1,03 шт./м³. Полученные результаты позволяют сравнить вынос микропластика реками Северная Двина и Онега. При среднемноголетних расходах воды 3420 м³/с у Северной Двины и 501 м³/с. у Онеги, годовой сток микропластика в Белое море составляет 149,9 т/год и 43,0 т/год соответственно.

MICROPLASTIC ABUNDANCE IN ONEGA AND NORTHERN DVINA RIVERS: RESULTS OF SUMMER 2021 FIELD SURVEY

Anastasia Lisina¹, Alexei Sazonov¹, Maksim Platonov², Oleg Lomakov², Natalia Frolova¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Non-Profit Foundation “Clean Hands, Clean Rivers”, Moscow, Russia

**lisanastya99@mail.ru*

Keywords: freshwater pollution; microplastics; Northern Dvina River; Onega River.

Since the problem of microplastics pollution of Russian Arctic freshwater bodies has not received sufficient attention, in August 2021 in the Arkhangelsk Region, a comprehensive survey along the Northern Dvina River mouth and the Onega River mouth was held by the All-Russian Public Organization “Russian Ecological Society” within the framework of Climatology Expedition.

During the expedition, which took place from 13 to 24 August, 2021, 11 water samples were collected in the mouths of the Northern Dvina and Onega Rivers. In the present study, we used LEI-MANTA300 set manufactured by ООО EkoInstrument (an LLC under the Russian laws) with 300 µm

bags for filtration. During sampling, the LEI-MANTA300 net was towed by a boat at a speed of about 5 km/h, at least 10 m³ of water was filtered. The particles collected were preserved in a 70 % alcohol solution for subsequent stereo microscope laboratory analysis.

Microplastic particles were found in all the collected water samples. Analysis of water samples allowed us to determine average concentration of microplastics in the Northern Dvina River as 0.42 items/m³ ranging from 0.47 to 1.03 items/m³ and in the Onega River as 0.67 items/m³ ranging from 0.47 to 1.03 items/m³. The obtained results allow us to compare the annual microplastic discharge for the Northern Dvina and Onega Rivers. With an average long-term water discharge of 3420 m³/s at the Northern Dvina and 501 m³/s at the Onega, the microplastic discharge into the White Sea is 149.9 tons/year and 43.0 tons/year, respectively.

УДК 556.551(282.256.86)

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2021 Г.
ПО ОЦЕНКЕ ЭМИССИИ МЕТАНА С ПОВЕРХНОСТИ КОЛЫМСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

Анастасия Андреевна Лисина^{1}, Алексей Александрович Сазонов¹,*

Ирина Анатольевна Репина²

¹ *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

² *Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Москва, Россия*

**lisanastya99@mail.ru*

Ключевые слова: Колымское водохранилище; метан; эмиссия метана с поверхности водохранилищ.

В сентябре 2021 года организованы экспедиционные исследования по оценке эмиссии метана с поверхности Колымского водохранилища. Исследования выполнены в рамках договора № 1010-416-2021 «Измерение выбросов парниковых газов и оценка поглощающей способности гидроэнергетических объектов». В рамках экспедиции, проходившей с 1 по 19 сентября 2021 г., пробы на содержание метана отбирались по всей протяжённости водохранилищ, а также в устьях 4 крупнейших притоков водохранилища и в нижнем бьефе плотины Колымской ГЭС. Всего было отобрано 203 пробы на 21 станции на различных глубинах. Основным инструментом для измерения эмиссии метана являлась статическая (закрытая) камера. Дальнейший лабораторный анализ проб проводился с применением метода газовой хроматографии.

Во время проведения экспедиции температура воздуха колебалась от 5,2 до 17,3 °C, при этом наблюдалась прямая стратификация водных масс. В данный период происходило снижение уровня воды водохранилища. Средняя концентрация метана в Колымском водохранилище во время проведения экспедиционных исследований составила 4,7 мкл/л. Максимальные концентрации, наблюдались в придонных слоях и достигали 91,2 мкл/л. Средние темпы эмиссии метана составили 2,4 мгC-CH₄/м²/сут. В целом, более интенсивные потоки метана приурочены к территории затопленной поймы (в среднем 3,0 мгC-CH₄/м²/сут.), тогда как над затопленным руслом эти значения несколько ниже (в среднем не превышают 2,0 мгC-CH₄/м²/сут). Важным фактором, влияющим на скорость эмиссии, являлась синоптическая обстановка.

FIRST RESULTS OF 2021 FIELD STUDIES ASSESSING METHANE EMISSIONS FROM KOLYMA RESERVOIR SURFACE

Anastasia Lisina¹, Alexei Sazonov¹, Irina Repina²

¹ *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

² *Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**lisanastya99@mail.ru*

Keywords: Kolyma reservoir; methane; methane emissions from reservoirs.

In September 2021, field studies were organized to assess methane emissions from the Kolyma reservoir surface. The studies were carried out under contract No. 1010-416-2021 «Measurement of greenhouse gas emissions and assessment of hydropower facilities absorbing capacity». During an expedition taking place from September 1 to September 19, 2021, samples for methane content analysis were taken along the entire length of the reservoir, as well as at the mouths of 4 largest tributaries of the reservoir and in tailwater of the Kolyma HPP dam. A total of 203 samples were taken at 21 stations at various depths. The main device for measuring methane emissions was a closed static chamber. Further laboratory analysis of the samples was carried out using the gas chromatography method.

The air temperature ranged from 5.2 to 17.3°C during the expedition, and water masses were stratified. During this period, the reservoir was drawing off. The average concentration of methane in the Kolyma reservoir during the expedition was 4.7 µl/l. Maximum concentrations were observed in the bottom layers and reached 91.2 µl/l. The average rate of methane emission was 2.4 mg C-CH₄/m²/ day. In general, more intense methane flows were confined to the flooded floodplain (on average 3.0 mg C-CH₄/m²/day), while above the flooded riverbed these values were slightly lower (on average they did not exceed 2.0 mg C-CH₄/m²/day). An important factor influencing the emission rate was the synoptic situation.

ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЁР СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ринат Мратович Манасыпов, Иван Викторович Крицков, Артём Георгиевич Лим*

Томский государственный университет, Томск, Россия

**rmmanassypov@gmail.com*

Ключевые слова: органический углерод; донные отложения; термокарстовые озёра; Западная Сибирь; накопление; запасы.

Термокарстовые озёра, расположенные в зоне распространения многолетней мерзлоты Западной Сибири, представляют собой важные, но до настоящего времени плохо учтённые пулы органического углерода. Настоящая работа направлена на количественную оценку запасов и скорости накопления органического углерода в отложениях 11 термокарстовых озёр, расположенных в различных зонах распространения многолетнемерзлых пород (ММП) от зоны спорадического до зоны сплошного распространения ММП. Обнаружено увеличение запасов углерода в озёрных отложениях (0–30 см) от северной тайги (285 Тг С, спорадическое распространение ММП) до тундровой зоны (628 Тг С, сплошное распространение ММП). Общий запас органического углерода в донных отложениях термокарстовых озёр Западной Сибири, подверженной влиянию ММП (1,05 млн км²), составил 1250 ± 35 Тг С. Скорости осадконакопления углерода в отложениях термокарстовых озёр составили от 36 до 250 г С м⁻²/год⁻¹, что значительно выше скорости накопления углерода в торфяниках Западной Сибири. Общая скорость накопления органического углерода в донных отложениях термокарстовых озёр Западной Сибири составила $7,8 \pm 0,7$ Тг С год⁻¹. Рассчитанные скорости захоронения органического углерода в 1,2–5,7 раз ниже, чем ранее описанная эмиссия С из термокарстовых озёр Западной Сибири. При этом термокарстовые озёра представляют собой важный пул углерода, который необходимо учитывать в условиях продолжающегося изменения климата и таяния вечной мерзлоты.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 21-77-10067.

ORGANIC CARBON STOCK IN SEDIMENTS OF NORTHERN WESTERN SIBERIA THERMOKARST LAKES

Rinat Manasyrov, Ivan Kritskov, Artem Lim*

Tomsk State University, Tomsk, Russia

**rmmanassypov@gmail.com*

Keywords: accumulation; organic carbon; sediments; storage; thermokarst lakes; Western Siberia.

Thermokarst (thaw) lakes of permafrost peatland such as the world's largest Western Siberian Lowland (WSL) represent potentially important but poorly constrained stocks of organic carbon (OC). These lakes are highly vulnerable to climate warming and permafrost thaw. The present work is aimed at quantifying the OC stock and accumulation rate in sediments of 11 thermokarst lakes across a permafrost gradient, from isolated to discontinuous and continuous permafrost zone of the WSL. There was an increase in OC stock in lake sediments (0–30 cm) from the northern taiga (285 Tg C, sporadic permafrost) to the tundra zone (628 Tg C, continuous permafrost). The permafrost-affected WSL OC stock amounted to 1250 ± 35 Tg C. The OC burial in thermokarst lake sediments ranged from 36 to $250 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$, which is sizably higher than C accumulation rate in the peatlands of western Siberia. The areal OC accumulation rate in the permafrost-affected WSL territory (1.05 million km^2) was $7.8 \pm 0.7 \text{ Tg C y}^{-1}$. Although this number is 1.2 to 5.7 times lower than C emission from the WSL thermokarst lakes, it represents an important pool of C which has to be considered under ongoing climate change and permafrost thaw.

This work was supported by RSF grant No 21-77-10067.

УДК 556.537(282.256.21)

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ТАЗ

Борис Павлович Ткачев

Региональное отделение Русского географического общества в ХМАО-Югре,

г. Ханты-Мансийск, Россия

btkachev@mail.ru

Ключевые слова: береговая линия; геокриологические изменения; деформации; деятельный слой; термоэрозия; техногенное воздействие; устье реки Таз.

В настоящее время наиболее востребованным остаётся сценарный подход развития регионов. В первую очередь это относится к регионам нового освоения и интенсивного развития, таким как Ямало-Ненецкий автономный округ. В регионе существует необходимость проектирования и реализации крупных транспортно-логистических проектов (трубопроводов, дорог, линий электропередач, портов). В то же время здесь широко представлены криосферные природные процессы, при этом наши научные знания крайне скудны, а изменения окружающей среды – значительны. В результате уже имеющиеся объекты промышленной, муниципальной инфраструктуры, жилого комплекса из-за деградации вечной мерзлоты могут пострадать или быть разрушены. Изменения климата, в первую очередь за счёт увеличения безморозного периода, уменьшения морозов зимой и роста осадков летом, нарушили устойчивость техногенных объектов. Водный фактор, с одной стороны, усилил термоэрозию, а с другой – привёл к аккумуляции отложений береговой линии устьевой области реки Таз. С 2019 г. в п. Тазовском геокриологические изменения стали приобретать необратимый характер. Страдают портовая и дорожная инфраструктура посёлка, под угрозой деформации находятся многие здания и сооружения. Именно изучению геокриологических процессов, определяющих устойчивость техногенных объектов, посвящена данная работа.

GEOCRYOLOGICAL CHANGES OF TAZ RIVER ESTUARY SHORELINE

Boris Tkachev

Regional Branch of the Russian Geographical Society in KhMAO-Yugra,

Khanty-Mansiysk, Russia

btkachev@mail.ru

Keywords: geocryological changes; shoreline; mouth of the Taz River; deformations; thermal erosion; technogenic impact; active layer.

Currently, the scenario approach to regional development remains the most in-demand. First of all, this applies to regions of new and intensive development, such as the Yamal-Nenets Autonomous Okrug, Russia. In the region, there is a need to design and implement large-scale transport and logistics projects (pipelines, roads, power lines, ports). Cryospheric natural processes are widely represented here, but at the same time our scientific knowledge thereof is extremely scarce, and the environmental changes are significant. As a result, the existing industrial, municipal, and residential facilities may be affected or destroyed by permafrost degradation. Climate changes, primarily due to a longer frost-free period, milder frosts in winter, and a higher precipitation in summer, have disrupted stability of man-made facilities. The

water, on the one hand, pushed thermal erosion, and, on the other hand, led to accumulation of sediments along the coastline of the Taz River estuary area. Since 2019 in the village of Tazovsky, geocryological changes have become irreversible. The village port and road infrastructure suffers, many buildings and structures may be compromised. This research is devoted to the study of geocryological processes that determine the stability of man-made facilities.

УДК 911.52 (571.121)

ПЛАКОРЫ И ЛАНДШАФТНЫЕ КАТЕНЫ НАДЫМСКИХ СОПОК

Дмитрий Владимирович Черных^{}, Дмитрий Владимирович Золотов,*

Роман Юрьевич Бирюков

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

^{}chernykh@mail.ru*

Ключевые слова: Западная Сибирь; катена; ландшафт; Надым; плакор.

Изменение характеристик ландшафтов в пространстве происходит в соответствии с последовательным изменением значений градиентов различных факторов. Одним из драйверов внутриландшафтных изменений является перераспределение влаги, рыхлого вещества и химических элементов вдоль склона, т. е. на катене. Исследования на катенах чрезвычайно важны для характеристики зональных местоположений – плакоров. Катенарный подход позволяет выявить основные направления трансформации плакорных условий и охарактеризовать основные факторально-динамические ряды геосистем. На севере Западной Сибири в связи с незначительными превышениями и недостаточной дренированностью плакорные местоположения встречаются редко. В ходе полевых работ 2021 г. в подзоне северной тайги катена была заложена в пределах так называемых Надымских сопков. Особенностью катены является увеличение видового богатства растений от верхних звеньев катены к нижним, то есть от плакора к пойме. Для почв по всей катене характерны растянутость профиля, отсутствие выраженных следов оглеения, низкое положение верхней границы многолетнемёрзлых пород, достаточно глубокая прогумусированность верхних горизонтов и высокое содержание органического углерода. В большинстве местоположений на всю мощность почвенных профилей летом сохраняется положительная температура. Исключение составляют приводораздельные седловины, где образуется застой влаги и формируется мощная моховая подушка, служащая теплоизолятором.

Исследования выполнены в рамках госзадания ИВЭП СО РАН № 0306-2021-0007.

FLAT INTERFLUVES (PLACORS) AND LANDSCAPE CATENAE OF NADYM HILLS

Dmitry Chernykh, Dmitry Zolotov, Roman Biryukov

*Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Barnaul, Russia*

**chernykhd@mail.ru*

Keywords: catena; flat interfluve (placor); landscape; Nadym; Western Siberia.

In space, the landscape characteristics change occurs in accordance with a continuous change of different factors' gradients. Redistribution of moisture, loose matter and chemical elements along the slope (or, on the catena) is one of the drivers of intra-landscape changes. Catena surveys are extremely important for characteristic of zonal locations – flat interfluves (placors). The catenary approach makes it possible to identify the main directions of placor transformation and to define the main factorial-dynamic series of geosystems. Placors are rare in the north of Western Siberia due to insignificant elevations and insufficient drainage there. The catena was chosen within northern taiga subzone near Nadym Hills. The main vegetation feature of the catena is an increase in plant species richness from top to bottom. The soils along the catena are characterized by an elongated profile, absence of gleying, a low position of permafrost, a deep penetration of humus, and a high content of organic carbon. In most locations, the summer soil temperature is above zero with an exception of saddles where stagnated moisture forms a powerful moss cushion.

The research was carried out in the framework of State Assignment of IWEP SB RAS No. 0306-2021-0007.

Раздел 3. Влияние климатических изменений на биологическое разнообразие и устойчивость биотических сообществ Арктики и Субарктики

Chapter 3. Climate change influence on biological diversity and biotic communities sustainability of the Arctic and Subarctic regions

УДК 594 (282.256.15)

ЧУЖЕРОДНЫЕ ПРЕСНОВОДНЫЕ МОЛЛЮСКИ В ОБЬ-ИРТЫШСКОМ РЕЧНОМ БАССЕЙНЕ: ВОПРОСОВ БОЛЬШЕ, ЧЕМ ОТВЕТОВ

Евгений Сергеевич Бабушкин^{1,2,3*}, Максим Викторович Винарский^{2,3,4**}

¹Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

²Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁴Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия

*babushkines@gmail.com, **radix.vinarski@gmail.com

Ключевые слова: инвазия; пресноводные моллюски; расширение ареала; Западная Сибирь.

В Обь-Иртышском речном бассейне совсем недавно было известно менее десятка видов чужеродных пресноводных моллюсков (Винарский и др., 2015). В настоящее время мы наблюдаем расширение инвазии нескольких видов в регионе – речной живородки *Viviparus viviparus* (L., 1758) (Яныгина и др., 2020) и европейских перловиц рода *Unio* (Babushkin et al., 2021), а также рост видового богатства вселенцев – впервые обнаружены речная дрейссена *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Бабушкин и др., в печати) и китайские прудовые перловицы – *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) и *S. lauta* (Martens, 1877) (Kondakov et al., 2020, 2021). Чужеродные моллюски способны проникать далеко на север, они найдены на Кольском полуострове (Нехаев, Палатов, 2016), у южных границ Таймыра (наши данные), у побережья Белого моря (Bespalaya et al., 2018, 2021; Travina et al., 2019; Травина и др., 2020). Однако в Обь-Иртышском бассейне северные пределы распространения инвайдеров практически неизвестны, неясны состояние их популяций, влияние на нативные виды и экосистемы. Очевидно, что проблема расширения ареалов видов, ранее не входивших в состав малакофауны региона, значительно сложнее, чем может показаться на первый взгляд. Моллюски-вселенцы не составляют единой таксономической и биогеографической группировки, имеют различное происхождение. Расселение некоторых видов, вероятно, стоит рассматривать в качестве процессов восстановления ареалов, утраченных в период плиоцен-плейстоценовых оледенений (Babushkin et al., 2021).

Финансовая поддержка исследований получена от Российского научного фонда (проект № 19-14-00066; полевые работы, молекулярно-генетические исследования), а также Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-04-00270), Российского фонда

фундаментальных исследований и Тюменской области (проект № 20-44-720008), Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (проект № 2020-146-09).

ALIEN FRESHWATER MOLLUSCS IN WESTERN SIBERIA:

MORE QUESTIONS THAN ANSWERS

Evgeny Babushkin^{1, 2, 3*}, *Maxim Vinarski*^{2, 3, 4**}

¹*Surgut State University, Surgut, Russia*

²*Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia*

³*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

⁴*Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia*

^{*}*babushkines@gmail.com*, ^{**}*radix.vinarski@gmail.com*

Keywords: invasion; freshwater molluscs; range expansion; Western Siberia.

In the Ob-Irtysh River basin, less than a dozen species of alien freshwater molluscs have been recently known (Vinarski et al., 2015). Currently, we observe an expansion of invasion of several species in the region: the common river snail *Viviparus viviparus* (L., 1758) (Yanygina et al., 2020) and the European freshwater mussels of the genus *Unio* (Babushkin et al., 2021), and an increase in the species richness of invaders. The following were discovered for the first time: the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Babushkin et al., in press) and the Chinese pond mussels – *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) and *S. lauta* (Martens, 1877) (Kondakov et al., 2020, 2021). Alien molluscs are able to penetrate far to the north; they are found on the Kola Peninsula (Nekhaev, Palatov, 2016), near the southern borders of the Taimyr Peninsula (our data), off the coast of the White Sea (Bespalaya et al., 2018b, 2021; Travina et al., 2019; Travina et al., 2020). However, in the Ob-Irtysh River basin, the northern limits of the distribution of the invaders are practically unknown; the state of their populations and the impact on the native species and ecosystems are unclear. Obviously, the problem of expanding the ranges of species that have not previously been part of the region's malacofauna is much more complicated than it might seem at first glance. Invasive molluscs do not constitute a single taxonomic and biogeographic grouping, they have different origins. The dispersal of some species should probably be considered as processes of restoration of areas lost during the Pliocene-Pleistocene glaciations (Babushkin et al., 2021).

Financial support for research was received from the Russian Science Foundation (project No. 19-14-00066; field work, molecular genetic research), as well as the Russian Foundation for Basic Research (project No. 19-04-00270), the Russian Foundation for Basic Research and the Tyumen Region (project No. 20-44-720008), the Department of Education and Youth Policy of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra (project No. 2020-146-09).

**ВИДОВОЕ БОГАТСТВО ДРЕВЕСНОГО, КУСТАРНИКОВОГО
И ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСОВ ФИТОЦЕНОЗА
КАК ИНДИКАТОР ЗОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ В РЯДУ СЕВЕРНАЯ ТАЙГА –
ЛЕСОТУНДРА – ЮЖНАЯ ТУНДРА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА
(РОССИЯ)**

Дмитрий Владимирович Золотов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

zolotov@iwep.ru

Ключевые слова: высшие сосудистые растения; природные зоны и подзоны; геоботанические описания; катены.

Во время полевых экспедиционных работ в июле 2021 г. были исследованы ключевые участки центрального сектора ЯНАО в пределах северной тайги (окр. г. Надым), лесотундры и южной тундры (окр. п. Тазовский). В каждой из 3-х зональных ситуаций были заложены ключевые катены и выполнены вспомогательные описания для охвата местного разнообразия биотопов в условиях отсутствия или незначительного антропогенного воздействия. Предварительный анализ геоботанических описаний позволил сделать ряд выводов об изменениях структуры ненарушенных и малонарушенных фитоценозов в зональных рядах ключевых катен и их зональных особенностях. В ряду северная тайга – лесотундра – южная тундра в сообществах наблюдаются следующие закономерности: 1. Снижается видовое богатство и жизненность древесного яруса. 2. Увеличивается видовое богатство и снижается жизненность кустарникового яруса. 3. Среднее число видов травяно-кустарничкового яруса снижается, тогда как амплитуда варьирования сначала не меняется при снижении её крайних значений, а затем сужается за счёт сокращения максимальных значений и повышения минимальных. 4. Общее видовое богатство является функцией от закономерностей изменения древесного, кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов: сокращаются как максимальное значение амплитуды варьирования и сама амплитуда, так и среднее значение видового богатства. 5. В пределах катены северной тайги видовое богатство увеличивается от верхних звеньев к нижним, а в южной тундре – наоборот уменьшается. В лесотундре наблюдается смешанная тенденция: сначала снижение, а затем увеличение видового богатства. 6. Обнаруженные дифференциальные виды северной тайги – индикаторы зональности связаны со снижением сомкнутости лесов при переходе к редколесьям лесотундры.

Исследования выполнены в рамках госзадания ИВЭП СО РАН № 0306-2021-0007.

SPECIES RICHNESS OF TREE, SHRUB AND GRASS-DWARF SHRUB PLANT COMMUNITY
LAYERS AS INDICATOR OF ZONAL POSITION IN ROW OF NORTHERN TAIGA – FOREST-
TUNDRA – SOUTHERN TUNDRA OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG (RUSSIA)

Dmitry Zolotov

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,

Barnaul, Russia

zolotov@iwep.ru

Keywords: catenas; geobotanical descriptions; higher vascular plants; natural zones and subzones; phytocenosis.

During July 2021 field expedition, key areas of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug central sector were explored within the northern taiga (near Nadym City), forest-tundra and southern tundra (near Tazovsky village). In each of the 3 zonal sites, key catenas and auxiliary descriptions were laid to cover the local diversity of biotopes in the absence or insignificant anthropogenic impact. A preliminary analysis of geobotanical descriptions made it possible to draw a number of conclusions about changes in the structure of undisturbed and slightly disturbed plant community in zonal rows of key catenas and their zonal features. In the northern taiga – forest-tundra – southern tundra row, the following regularities are observed in the communities: 1. The species richness and vitality of the tree layer decrease. 2. The species richness of the shrub layer grows, but its vitality reduces. 3. The average number of species of the grass-dwarf shrub layer declines, while the variation amplitude first does not change with a decrease in its extreme values, and then narrows due to a decrement in the maximum values and an amplification in the minimum ones. 4. The total species richness is a function of the change patterns in the tree, shrub, and grass-dwarf shrub layers: both the maximum value of the variation amplitude and the amplitude itself diminish, so does the average value of the species richness. 5. Within the northern taiga catena, the species richness increases from the upper layers to the lower ones, while in the southern tundra, it instead decreases. In the forest-tundra, a mixed trend is observed: a reduction at first and then an increment in species richness. 6. The discovered differential species of the northern taiga are zonality indicators and are associated with a decrease in forest density when going to light forests of the forest-tundra.

The research was carried out in the framework of State Assignment of IWEP SB RAS No. 0306-2021-0007.

**АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ (СИХОТЭ-АЛИНСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)
В КОНТЕКСТЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Юрий Павлович Курхинен^{1, 2}, Елена Викторовна Потиха^{3**}*

¹Университет Хельсинки, Финляндия

²Институт леса, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия

*³Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник,
Приморский край, Россия*

**juri.kurhinen@helsinki.fi, **potikha@mail.ru*

Ключевые слова: амплитуда колебаний численности; изменение климата; индекс доминирования; индекс Паркера-Бергера; мышевидные грызуны.

Проанализированы результаты многолетних (68 лет, 1952–2020 гг.) учётов численности мышевидных грызунов на модельной линии учётов в долинных кедровниках Сихотэ-Алинского заповедника. При анализе данных использованы стандартные статистические методы и индексы (доминирования, Паркера-Бергера и прочие). Рассмотрены тренды динамики численности мышевидных грызунов в разные периоды наблюдений, прослежены изменения видового состава, соотношение и доминирование видов в сообществах. Установлено, что из девяти видов мышевидных грызунов заповедника ядро группировок, отмеченных на модельной линии в долинном кедровнике, составляют красно-серая полёвка (*Myodes rufocanus* Sundevall, 1846), красная полёвка (*Myodes rutilus* Pallas, 1779) и восточноазиатская лесная мышь (*Apodemus peninsulae* Thomas, 1907). В ходе исследований зафиксированы рост показателей общей численности этих мелких млекопитающих, а также усиление к настоящему времени (период 2000–2019 гг.) признаков «неустойчивости» показателей численности и структуры сообщества мышевидных грызунов (повышение амплитуды колебаний численности, повышение коэффициента вариации численности и индекса Паркера-Бергера). Отмечен рост численности и доминирования в уловах восточноазиатской лесной мыши при сокращении индексов численности и доминирования красной полёвки. Зафиксированный в период исследований рост показателей среднегодовых температур приземного слоя воздуха коррелирует с ростом численности мышевидных грызунов, преимущественно за счёт увеличения показателей весенней численности.

ANALYSIS OF LONG-TERM DYNAMICS OF MOUSE-LIKE RODENTS ABUNDANCE
IN FAR EAST OF RUSSIA (SIKHOTE-ALIN RESERVE) IN CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Juri Kurhinen^{1,2*}, Elena Potikha^{3**}

¹University of Helsinki, Finland

²Forestry Research Institute of Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia

³Sikhote-Alin State Nature Biosphere Reserve, Primorsky Krai, Russia

*juri.kurhinen@helsinki.fi, **potikha@mail.ru

Keywords: abundance dynamics; climate change; dominance index; mouse-like rodents; Parker-Berger index.

The paper analyzes results of long-term (68 years, 1952–2019) counts of mouse-like rodents abundance on the territory of the Sikhote-Alin State Nature Biosphere Reserve (SABR). Standard indices facilitate the analysis (dominance index, Parker-Berger index, etc.). Particular attention is paid to the trends in small mammals' abundance dynamics in different periods of observation, as well as changes in species diversity, indicators of dominance, and the ratio of species in the communities. There are nine species in the structure of the mouse-like rodents of SABR, the core of the groupings on the model line of long-term censuses in the Siberian pine forest valley are *Myodes rufocanus* Sundevall, 1846, *Myodes rutilus* Pallas, 1779 and *Apodemus peninsulae* Thomas, 1907. In the course of studies, an increase in the indicators of animals' total abundance was recorded, as well as strengthening (for 2000–2019 period) of “instability” signs in abundance indicators and in community structure of mouse-like rodents (an increase in the amplitude of abundance fluctuations, an increase in abundance variation coefficient and in Parker-Berger index). There was also an increase in abundance and dominance in the catches of *A. peninsulae* with a decrease in the indices of abundance and dominance of *M. rutilus*. Over the past 70 years, in the course of the meteorological observations in the SABR, a consistent increase in average annual temperatures has been recorded. It was during this period that the growth of the abundance of mouse-like rodents took place in parallel, mainly due to an increase in spring abundance.

**СООБЩЕСТВО ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИНДИКАТОР КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В АРКТИКЕ**

Александр Сергеевич Красненко

Научный центр изучения Арктики, Надым, Россия

aleks-krasnenko@yandex.ru

Ключевые слова: Арктика; гидробиология; макрозообентос.

Фауна и структура сообществ донных макробеспозвоночных животных, их пространственно-географическое распределение являются одними из индикаторов климатических изменений на территории Арктической зоны. В связи с этим исследования макрозообентоса водоёмов и водотоков Ямало-Ненецкого автономного округа являются составной частью комплексных экологических исследований по ряду тем, в том числе исследований по изучению современных изменений климата и их влияния на ландшафты округа.

Анализ материалов полевых исследований макрозообентоса водных объектов Ямало-Ненецкого автономного округа в 2016–2021 гг. показал, что в целом качественные и количественные характеристики донной фауны исследованной территории сопоставимы с приводимыми в литературе данными по видовому составу, численности, биомассе и структуре сообществ макрозообентоса Обь-Иртышского бассейна.

В то же время выявлено проникновение некоторых характерных для водоёмов таёжной зоны видов в более высокие широты. Так, в 2019 г. в подзоне лесотундры впервые встречен вид губок из семейства *Spongillidae* (Porifera, Demospongiae), в 2018 и 2020 гг. в подзоне южных тундр зафиксированы единичные особи брюхоногих моллюсков рода *Bithynia* (Mollusca, Gastropoda).

**BENTHIC INVERTEBRATES COMMUNITY AS PROBABLE INDICATOR
OF CLIMATE CHANGE IN ARCTIC**

Aleksandr Krasnenko

Arctic Research Center, Nadym, Russia

aleks-krasnenko@yandex.ru

Keywords: hydrobiology; macrozoobenthos; Arctic.

The fauna and structure of benthic macroinvertebrate communities and their spatial and geographic distribution are among the indicators of climate change in the Arctic zone. In this regard, studies of macrozoobenthos in water bodies and streams of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug,

Russia, are an integral part of comprehensive environmental research on a number of topics, including studies of contemporary climate change and its impact on the Okrug's landscapes.

Analysis of the materials of 2016-2021 field studies of macrozoobenthos in the Yamal-Nenets Autonomous District water bodies showed that in general the qualitative and quantitative characteristics of the bottom fauna of the area under investigation are comparable to the data given in the literature on the species composition, abundance, biomass and community structure of zoobenthos of the Ob-Irtysh basin.

At the same time, penetration of some species characteristic of taiga zone water bodies to higher latitudes has been revealed. Thus, in 2019, a sponge species of the *Spongillidae* family (Porifera, Demospongiae) was found for the first time in the forest tundra subzone, in 2018 and 2020, single individuals of the gastropod mollusks of the *Bithynia* genus (Mollusca, Gastropoda) were registered in the southern tundra subzone.

УДК [591.55:599.3/.4]:502.175(571.121)

**РАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ СООБЩЕСТВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
КАК ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

Алёна Юрьевна Левых

Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

aljurlev@mail.ru

Ключевые слова: индексы разнообразия; мелкие млекопитающие; показатели устойчивости; резистентная устойчивость; структура сообществ; фауна; Ямало-Ненецкий автономный округ.

Самая многочисленная группа наземных позвоночных животных – мелкие млекопитающие отличаются короткой продолжительностью жизни, быстрой сменой поколений, высокой интенсивностью обмена веществ, высокой численностью и, вследствие этого, значимой ролью в геохимических циклах. Наряду с чувствительностью микромаммалий к изменениям климатических и биотопических условий это обосновывает их использование как объектов биомониторинга в комплексной оценке состояния экосистем. По материалам полевых исследований, проведенных с 9 по 20 июня, с 16 по 20 августа 2021 г. в окрестностях стационара «Стерх» (65°01'76"с.ш. 66°36'36"в.д.; государственный природный заказник регионального значения «Куноватский», Шурышкарский район ЯНАО; пойма реки Куноват; подзона северной

тайги), проанализированы фауна, структура, интегральные показатели сообществ микромаммалий и оценено общее состояние лесных экосистем в районе гнездового ареала исчезающего вида *Leucogermanus leucogermanus* Pallas, 1773. В разных биотопах смешанных кустарничково-моховых лесов с преобладанием сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour, 1803) отработано 1250 ловушко-суток, 174 цилиндрико-суток, отловлено 112 зверьков 6 видов из 2 отрядов (Insectivora: *Sorex caecutiens* Laxmann, 1788, *Sorex araneus* L., 1758; Rodentia: *Clethrionomys rutilus* Pallas, 1779, *Microtus oeconomus* Pallas, 1776, *Microtus agrestis* L., 1761, *Myopus schisticolor* Lilljeborg, 1844). Состав и структура изучаемого фаунистического комплекса полностью соответствуют природной зоне, составу и соотношению биотопов в районе исследований, истории формирования териокомплексов Западной Сибири. Исследованные сообщества микромаммалий характеризуются низкими значениями индексов разнообразия, средними значениями индекса доминирования, высокими индексами выравненности и низкими показателями устойчивости, что объясняется суровыми природно-климатическими условиями. Общая устойчивость изучаемых сообществ определяется в большей степени резистентной составляющей. Это характерно для нарушенных или пионерных сообществ, и объясняется отчасти периодическими локальными пожарами, отчасти – высокой нестабильностью изучаемых биогеоценозов, входящих в состав пойменного природного комплекса в районе развития многолетнемерзлых пород.

DIVERSITY AND SUSTAINABILITY OF SMALL MAMMAL COMMUNITIES AS INDICATORS OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG ECOSYSTEMS' CONDITION

Alyona Yu. Levykh

Arctic Research Center, Salekhard, Russia

aljurlev@mail.ru

Keywords: community structure; diversity indices; fauna; resistant sustainability; small mammals; sustainability indices; Yamal-Nenets Autonomous Okrug.

Small mammals, the most numerous group of terrestrial vertebrates, are notable for their short life span, rapid change of generations, high metabolic rate, high abundance and, consequently, their important role in geochemical cycles. Together with micromammal sensitivity to climate and biotope changes, the above justify the animals' use as biomonitoring indicator organisms for a comprehensive assessment of ecosystem condition. Field studies were conducted from 9 to 20 June, and from 16 to 20 August, 2021 in the vicinity of the *Sterkh* (Sibreian White Crane) station (65°01'76"N, 66°36'36"E; Kunovatsky State Nature Reserve, Shuryshkarsky district, Yamal-Nenets Autonomous Okrug; Kunovat River floodplain; Northern taiga subzone). We analyzed micromammal communities fauna, structure, and integral

indicators and assessed general condition of forest ecosystems in the breeding range area of *Leucogermanus leucogermanus* Pallas, 1773. Over 1250 trap-nights and 174 cylinder-nights in different habitats of mixed shrub-moss forests with Siberian pine dominating (*Pinus sibirica* Du Tour, 1803), we captured 112 animals from 6 species coming from 2 orders (Insectivora: *Sorex caecutiens* Laxmann, 1788, *Sorex araneus* L., 1758; Rodentia: *Clethrionomys rutilus* Pallas, 1779, *Microtus oeconomus* Pallas, 1776, *Microtus agrestis* L., 1761, *Myopus schisticolor* Lilljeborg, 1844). The composition and structure of the fauna complex under study is in line with its natural zone, its biotope composition and ratio, as well as Western Siberia animal complexes' history. The studied micromammalia communities are characterized by low diversity indices, average dominance index, high evenness and low sustainability indices. This may be explained by harsh natural and climatic conditions. Resistant sustainability accounts for a better part of the overall sustainability. It is characteristic of disturbed or pioneer communities, and is explained in part by recurrent wild fires, and in part by high instability of the biological community under scrutiny being a part of the floodplain natural complex in the permafrost area.

УДК 591.553(98)

**ЗНАЧЕНИЕ МЕЖВИДОВЫХ РЕСУРСНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
В СПОРЕ О ПРЕИМУЩЕСТВАХ КЛИМАТИЧЕСКОГО ИЛИ АНТРОПОГЕННОГО
ВЛИЯНИЯ НА АРЕАЛЫ И ЧИСЛЕННОСТЬ КРУПНЫХ ТРАВЯДНЫХ АРКТИКИ**

Софья Борисовна Розенфельд^{1}, Илья Сергеевич Шереметьев^{2**}*

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия*

²*ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,*

Владивосток, Россия,

**rozenfeldbro@mail.ru, **sheremetyev@biosoil.ru*

Ключевые слова: Арктика; вымирания; климат; крупные травоядные; трофическая конкуренция.

В организации ассоциированных с арктическими ландшафтами сообществ крупных травоядных определяющую роль играет трофическая конкуренция. Рост популяции овцебыка в местах его реинтродукции сопровождается уменьшением популяции северного оленя, использующего в 1,3–2,2 раза меньше кормовых растений, а перекрывание ниш составляет от 74 до 93 %. Лемминги и гусеобразные являются слабейшими трофическими конкурентами современных арктических крупных травоядных млекопитающих при существенном перекрывании ниш. В арктических экосистемах рост популяций леммингов и гусеобразных является каскадным

эффектом вымирания крупных травоядных млекопитающих, который в обратной последовательности продемонстрирован вселением северного оленя и овцебыка на о-в Врангеля в 20 в. С увеличением конкурентного ранга вселенцев степень реорганизации сообществ арктических травоядных возрастает. В сообществах крупных травоядных с доминированием трофических генералистов крайне невыравненное количественное соотношение видов является частью механизма поддержания видового разнообразия, который основан на дифференциации ниш. В позднем плейстоцене и голоцене трансформация метасообщества крупных травоядных Северной Азии под влиянием трофической конкуренции была инициирована ландшафтными изменениями, а в дальнейшем её основные проявления усилены влиянием человека. Преимущественное влияние климатических и ландшафтных изменений в позднем плейстоцене и голоцене на ареалы и размер популяций крупных травоядных в Северной Азии около 7000 лет назад закончилось, а преимущественное влияние активности человека – началось.

VALUE OF INTERSPECIES RESOURCE INTERACTION IN DISPUTE OVER CLIMATIC
OR ANTHROPOGENIC INFLUENCE ON RANGES AND ABUNDANCE OF LARGE ARCTIC
HERBIVORES

Sofia Rozenfeld^{1}, Ilya Sheremetyev^{2**},*

*¹Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,*

*²Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Russian Academy of
Sciences, Vladivostok, Russia,*

**rozenfeldbro@mail.ru, **sheremetyev@biosoil.ru*

Keywords: Arctic; climate; extinctions; large phytophagous animals; trophic competition.

Trophic competition plays a decisive role in the organization of large herbivore communities associated with Arctic landscapes. An increase in the musk ox population in places of its reintroduction is accompanied by a decrease in reindeer population, the latter using 1.3–2.2 times less forage plants; their niches overlap by 74 to 93 %. Lemmings and Anseriformes are the weakest trophic competitors of modern large Arctic herbivorous mammals with a significant niche overlap. In the Arctic ecosystems, the lemming and Anseriformes population growth is a cascading effect of large herbivorous mammals extinction, it shows in the reverse order after the reindeer and musk ox introduction on Wrangel Island in the 20th century. With an increase in the competitive rank of invaders, the degree of reorganization of the Arctic herbivore communities increases. In large herbivore communities dominated by trophic generalists, an extremely unequal quantitative ratio of species is part of the mechanism for maintaining

species diversity, which is based on the differentiation of niches. In the Late Pleistocene and Holocene under the influence of trophic competition, landscape changes launched a transformation of large herbivore metacommunity in North Asia, and later its main manifestations were enhanced by human influence. About 7000 years ago, in the Late Pleistocene and Holocene, the predominant influence of climate and landscape changes on the ranges and size of large herbivores populations in North Asia ended, and the predominant influence of human activity began.

УДК 581.543

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ СДВИГИ АБИОТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ, ПРОДУЦЕНТОВ И КОНСУМЕНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ КОНТИНЕНТА

Томас Рослин

Шведский университет сельскохозяйственных наук, Уппсала, Швеция

Университет Хельсинки, Финляндия

tomas.roslin@slu.se

Ключевые слова: фенологические сдвиги; трофический уровень; последствия изменения климата; предиктор местной фенологии, предиктор фенологических изменений.

Продолжающееся изменение климата может по-разному изменять фенологию организмов в зависимости от изучаемых видов, мест обитания и климатических факторов. Для поиска крупномасштабных закономерностей в сопутствующих фенологических изменениях мы используем 70709 наблюдений, полученных за шесть десятилетий систематического мониторинга на территории Российской Федерации и соседних государств. Среди 110 фенологических явлений, связанных с растениями, птицами, насекомыми, амфибиями и грибами, мы обнаружили мозаичные изменения, не соответствующие простым предсказаниям о более ранней весне, более поздней осени и более сильных изменениях на более высоких широтах и высотах. Средняя температура участка оказалась сильным предиктором местной фенологии, но величина и направление изменений варьировали в зависимости от трофического уровня и относительного времени события. Помимо вариаций, связанных с температурой, мы обнаружили высокую вариативность как между участками, так и между годами, причём для одних участков характерны непропорционально длинные сезоны, а для других – короткие. Наши результаты придают особое значение целостности экосистемы и свидетельствуют о сложности прогнозирования последствий изменения климата.

PHENOLOGICAL SHIFTS OF ABIOTIC EVENTS, PRODUCERS
AND CONSUMERS ACROSS A CONTINENT

Tomas Roslin

Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden

University of Helsinki, Finland

tomas.roslin@slu.se

Keywords: climate change outcomes; phenological change; predictor of phenological change; predictor of local phenology; trophic level.

Ongoing climate change can shift organism phenology in ways that vary depending on species, habitats, and climate factors studied. To probe for large-scale patterns in associated phenological change, we use 70,709 observations from six decades of systematic monitoring across the Russian Federation and neighbouring states. Among 110 phenological events related to plants, birds, insects, amphibians and fungi, we find a mosaic of change, defying simple predictions of earlier springs, later falls and stronger changes at higher latitudes and elevations. Site mean temperature emerged as a strong predictor of local phenology, but the magnitude and direction of change varied with trophic level and the relative timing of an event. Beyond temperature-associated variation, we uncover high variation among both sites and years, with some sites being characterized by disproportionately long seasons and others by short ones. Our findings emphasize concerns regarding ecosystem integrity and highlight the difficulty of predicting climate change outcomes.

Соавторами данной работы являются все авторы статьи: Phenological shifts of abiotic events, producers and consumers across a continent / T. Roslin, L. Antão, M. Hällfors [et al.] // Nature climate change. – 2021. – Vol.11. – P.241-248. – doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00967-7>.

A full list of co-authors of this paper may be found in: Phenological shifts of abiotic events, producers and consumers across a continent / T. Roslin, L. Antão, M. Hällfors [et al.] // Nature climate change. – 2021. – Vol.11. – P.241-248. – doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00967-7>.

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКСТРАЗОНАЛЬНОГО ЛИСТВЕННИЧНИКА
ДОЛИНЫ Р. МОНГАЮРБЕЙ (ТАЗОВСКИЙ П-ОВ)**

*Артур Венерович Фахретдинов, Станислав Павлович Арефьев**,

*Дмитрий Валерьевич Московченко***

Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

**sp_arefyev@mail.ru, **moskovchenko1965@gmail.com*

Ключевые слова: глобальное потепление; дистанционное зондирование; древесно-кольцевые хронологии; изменения растительности; *Larix sibirica*.

Исследована современная динамика редкого растительного сообщества – экстрazonального лиственничного леса в долине реки Монгаюрбей (Тазовский полуостров). Это один из самых северных в Западной Сибири анклавов таёжной растительности, расположенный в зоне тундры. Анализ серии космоснимков Terra-MODIS за период с 2000 по 2020 гг. показал, что величина вегетационного индекса NDVI в наибольшей степени зависит от температуры воздуха (коэффициент корреляции Спирмена $R = 0,69$). Соотнесение максимальных за год значений NDVI с шириной годичных колец лиственницы *Larix sibirica* выявило тесную связь ($R = 0,72$) для молодого древостоя, чутко реагирующего на климатический сигнал. Обильный подрост подтверждает хорошее состояние лиственничника. При продолжении потепления прогнозируется распространение леса из поймы реки на водораздел, что соответствует тенденции сдвига к северу границы лесной растительности.

**ECOLOGICAL STATUS OF EXTRAZONAL LARCH FOREST OF MONGAYURBEY RIVER
VALLEY (TAZOVSKY PENINSULA)**

Artur Fahretdinov, Stanislav Arefyev, Dmitriy Moskovchenko***

Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

**sp_arefyev@mail.ru, **moskovchenko1965@gmail.com*

Keywords: global warming; *Larix sibirica*; remote sensing; tree-ring chronology; vegetation changes.

This work investigates contemporary dynamics of a rare plant community – an extrazonal larch forest in the valley of the Mongayurbey River (the Taz Peninsula, Russia). This is one of the northernmost enclaves of taiga vegetation in Western Siberia, located in the tundra zone. Analysis of a

series of Terra-MODIS satellite images for the period from 2000 to 2020 showed that the value of the NDVI vegetation index is most dependent on the air temperature (Pearson's correlation $R = 0.69$). A correlation between NDVI maximum values for a year and *Larix sibirica* annual rings width revealed a close relationship ($R = 0.72$) for the young stand that is sensitive to the climatic signals. Abundant undergrowth confirms the good condition of the larch. With a continued warming, we can expect the forest to spread from the river floodplain to the interfluvium, which is consistent with the current movement of the forest vegetation border to the north.

УДК 57.084.2:599.735.31(1-925.111)

**ИЗУЧЕНИЕ ПИТАНИЯ ДОМАШНЕГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ
В РАЗЛИЧНЫХ ПОДЗОНАХ ТУНДРЫ И ЛЕСНОЙ ЗОНЕ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

Виолетта Глебовна Филиппова^{}, Кирилл Олегович Шкляр, Александра Николаевна Терёхина,
Александр Игоревич Волковицкий, Павел Тимофеевич Орехов,
Наталья Александровна Соколова, Александр Андреевич Соколов
Арктический научно-исследовательский стационар (филиал) Института экологии растений
и животных УрО РАН, Лабытнанги, Россия
^{*}viola.philippova@mail.ru*

Ключевые слова: ГИС; пастбищные экосистемы; северный олень; спутниковая телеметрия; спутниковый мониторинг.

Мониторинг и понимание динамики арктических экосистем в условиях климатических изменений и увеличения антропогенного присутствия – важная научная проблема современности. Домашний северный олень является ключевым видом социально-экологических систем Арктики. В современной меняющейся Арктике актуализируется экологический взгляд на оленеводство, рассматривающий место оленя в контексте связей различных элементов наземных экосистем. Этот подход учитывает не только зависимость оленеводства от меняющихся внешних факторов, но и исследует характер его влияния на тундровую экосистему через изменение растительного покрова в условиях интенсивного выпаса.

Целью исследования является изучение питания и пищевого поведения домашнего северного оленя в различных подзонах тундры полуострова Ямал в современных условиях меняющейся Арктики.

Основой исследования стал один из передовых методов мониторинга объектов животного мира – телеметрия при помощи ошейников со спутниковыми передатчиками, которыми были помечены 24 оленя в двух модельных стадах оленеводов-частников в районе полевого экологического стационара «Еркута» (Ямальский район, Ямало-Ненецкий автономный округ). В каждом стаде был учтён половозрастной состав. Частота получения сигналов для каждого оленя составляет в среднем 1/1,5 часа, интервал получения данных между особями в каждой подгруппе (самки и самцы) – 15 минут.

На данном этапе исследования были построены треки передвижения двух модельных стад, оценены предпочтительные категории оленьих пастбищ в весенне-летний период, проанализировано влияние человеческого фактора на кормовое поведение оленей.

STUDY OF DOMESTIC REINDEER DIET IN VARIOUS TUNDRA SUBZONES AND FOREST ZONE OF YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG, RUSSIA

*Violetta Filippova, Kirill Shklyar, Aleksandra Terekhina, Aleksandr Volkovitskiy, Pavel Orekhov,
Natalia Sokolova, Aleksandr Sokolov*

*Arctic Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy
of Sciences, Labytnangi, Russia*

**viola.philippova@mail.ru*

Keywords: GIS; pasture ecosystems; reindeer; satellite monitoring; satellite telemetry.

Monitoring and understanding of Arctic ecosystems dynamics under the conditions of climate change and increased anthropogenic impact is an important scientific problem of our time. Domestic reindeer is a key type of socio-ecological systems of the Arctic. In the modern changing Arctic, an ecological view of reindeer husbandry is being updated, it considers the place of the reindeer in the context of its connections to various elements of terrestrial ecosystems. This approach takes into account not only the dependence of reindeer husbandry on the changing external factors, but it also examines the nature of its impact on the tundra ecosystem through vegetation cover changes amid intensive grazing.

The aim of this research is to study the diet and feeding behavior of domestic reindeer in various tundra subzones of the Yamal Peninsula in the modern changing Arctic environment.

The basis of the study is one of the advanced methods of monitoring wildlife objects, it is the telemetry using collars with satellite transmitters, we fitted 24 reindeer with collars, the animals coming from two model herds of private reindeer herders in the area of the field ecological station «Erkuta» (Yamal District, Yamal-Nenets Autonomous Okrug, Russia). The sex and age composition was taken into

account in each herd. On average, each collar took fixes every 1/1.5 hours, the interval of receiving data between individuals in each subgroup (females and males) was 15 minutes.

At this stage of the study, the movement tracks of two model herds were constructed, preferred reindeer pastures in the spring-summer period were evaluated, and human factor influence on reindeer feeding behavior was analyzed.

УДК 57.084.2:599.742.17(1-925.111)

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ПЕСЦА (*VULPES LAGOPUS*) НА ЯМАЛЕ

*Кирилл Олегович Шкляр**, Наталья Александровна Соколова, Иван Андреевич Фуфачев,

Виолетта Глебовна Филиппова, Александр Андреевич Соколов

*Арктический научно-исследовательский стационар (филиал) Института экологии растений
и животных УрО РАН, г. Лабытнанги, Россия*

**shklyarkirill3@gmail.com*

Ключевые слова: Арктика; дальние миграции; закустаривание; песец; спутниковая телеметрия; Ямал; *Vulpes lagopus*.

Международный союз охраны природы (IUCN) в 2009 г. из всех животных и растений в мире выбрал 10 «флагманских» видов, символизирующих воздействие изменений климата на биоту Земли. Одним из этих видов был выбран песец – самый распространенный наземный хищник Арктики, который находится на вершине трофических пирамид, что делает его хорошим показателем общего состояния экосистемы тундры. Целью работы является мониторинг популяции песца в качестве индикатора состояния естественной среды обитания на территории полуострова Ямал.

В качестве метода исследования было выбрано мечение песцов с помощью спутниковых передатчиков, которые отправляют данные о местоположении (широта, долгота, высота) и температуре с периодичностью 6 раз в сутки или каждые 4 часа.

Одна из меченых особей совершила дальнюю миграцию. Основываясь на движениях самки, был сделан вывод, что она четыре раза пыталась покинуть полуостров Ямал, но каждый раз сталкивалась с отсутствием льда, который в прошлом служил мостом для миграции песца в данное время года.

Изменение климата является причиной потери песцом своей естественной среды обитания: закустаривание тундры служит коридором для продвижения бореальных видов, в том числе обыкновенной лисицы (*Vulpes vulpes*), которая является конкурентом песцу. С помощью

спутниковой телеметрии удалось выяснить, что лиса на южном Ямале предпочитает жить в зарослях кустарника, тогда как песец выбирает открытую тундру.

SATELLITE MONITORING OF ARCTIC FOXES (*VULPES LAGOPUS*) ON YAMAL

Kirill Shklyar, Natalia Sokolova, Ivan Fufachev, Violetta Filippova, Aleksandr Sokolov

Arctic research station, Institute of plant and animal ecology,

Ural branch of Russian Academy of Sciences

**shklyarkirill3@gmail.com*

Keywords: Arctic; Arctic fox; long-distance dispersal; satellite telemetry; shrubification; *Vulpes lagopus*; Yamal.

In 2009, the International Union for Conservation of Nature (IUCN) selected 10 flagship species from all animals and plants in the world, which symbolize the impact of climate change on the Earth's biota. One of these species was the Arctic fox, one of the top land-dwelling predators of the Arctic region and an indicator of the general state of the tundra ecosystem. The aim of the work is to monitor the Arctic fox population as an indicator of the natural habitat condition on the territory of the Yamal Peninsula, Russia.

As a research method, we chose Arctic fox tagging with satellite transmitters, which send data of location (latitude, longitude, altitude) and temperature 6 times a day, or every 4 hours.

One of the tagged individuals has traveled a long distance. Based on the movements of this female, we conclude that she tried four times to leave the Yamal Peninsula, but each time she faced the lack of ice, which used to be a bridge for the migration of the Arctic fox at this time of the year.

Climate change is causing the Arctic fox to lose its natural habitat: shrubification of the tundra serves as a corridor for advancement of boreal species, including the red fox (*Vulpes vulpes*), which competes with the Arctic fox. With the help of satellite telemetry, it was possible to discover that in southern Yamal the red fox prefers to live in willow shrubs, while the Arctic fox chooses the open tundra.

Раздел 4. Эколого-климатические риски социально-экономическому развитию Арктической зоны и пути их предотвращения
Chapter 4. Ecological and climatic risks to social and economic development of the Arctic region, and their prevention

УДК 502.175(98-21)

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ОСТРОВОМ ТЕПЛА В ГОРОДАХ АРКТИКИ

Виктория Майлс^{1}, Игорь Эзау², Андрей Соромотин³, Михаил Варенцов⁴, Павел Константинов⁴,
Олег Сизов⁵, Вера Куклина⁶*

¹ *Центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена,
Берген, Норвегия*

² *Институт физики и технологий, Норвежский Арктический Университет – Университет
в Тромсё, Тромсё, Норвегия*

³ *Научно-исследовательский институт экологии и рационального использования природных
ресурсов Тюменского государственного университета,
Тюмень, Россия*

⁴ *Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

⁵ *Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)
имени И. М. Губкина, Москва, Россия*

⁶ *Университет Джорджа Вашингтона, Вашингтон, США*
*victoria.miles@nersc.no

Ключевые слова: Арктика; урбанизированные территории; климатические факторы; дистанционное зондирование; зелёные насаждения; экосистемы.

В Арктике проживает более 4 миллионов человек, и 85 % из них проживают в городах. До недавнего времени климату арктических городов и их взаимодействию с окружающими ландшафтами уделялось недостаточное внимание. Урбанизированные территории более уязвимы к изменению климата из-за такого явления, как «городской остров тепла», возникающий в результате замены природных ландшафтов антропогенными. Наличие острова тепла определяется разницей температур между городскими и пригородными районами. Наше исследование основано на данных космического дистанционного зондирования, подкреплённых уникальными данными наземной сети наблюдений UHIARC. Полученные результаты показывают наличие стабильных тепловых аномалий на урбанизированных территориях Арктики. В 28 городах Западной Сибири интенсивность аномалий выше зимой, что объясняется стабильной стратификацией атмосферы и низкими пограничными слоями, способными удерживать тепло над городскими районами.

Наличие сильных источников антропогенного тепла увеличивает интенсивность острова тепла, что и наблюдается в городе Сургут, где зимой аномалии в среднем превышают 8 градусов по Цельсию. Такие высокие тепловые аномалии, несомненно, влияют на окружающие экосистемы. Вокруг Сургута мы наблюдаем увеличение биомассы на фоне её общего снижения в зоне средней тайги. Возникновение чрезвычайно высоких температур воздуха за последнее десятилетие создало дополнительный тепловой стресс в городах. В августе 2020 года в Надыме произошло значительное повышение городской температуры. Кроме того, колебания температуры в городской среде сформировали локальные острова тепла. Наличие зелёных насаждений и водных объектов показали снижение температуры и создание более комфортных городских условий. Однако социально-экологические исследования в Надыме показали, что культурная ценность городских зелёных насаждений не соответствует их практическим ценностям, таким как рекреационные и санитарно-гигиенические. Полученные результаты подтверждают необходимость дальнейшего междисциплинарного изучения городов Арктики.

OBSERVING URBAN HEAT ISLAND IN ARCTIC CITIES

Victoria Miles^{1}, Igor Esau², Andrey Soromotin³, Mikhail Varentsov⁴, Pavel Konstantinov⁴,
Oleg Sizov⁵, Vera Kuklina⁶*

¹ Nansen Environmental and Remote Sensing Center, Bergen, Norway

*² Institute of Physics and Technology, Norwegian Arctic University –
University in Tromsø, Tromsø, Norway*

*³ Scientific Research Institute for Ecology and Efficient Use of Natural Resources, Tyumen State
University, Tyumen, Russia*

⁴ Moscow State University, Moscow, Russia

⁵ Russian Oil and Gas University, Moscow, Russia

⁶ George Washington University, Washington, USA

**victoria.miles@nersc.no*

Keywords: Arctic; urbanized territories; climatic factors; remote sensing; green spaces; ecosystems.

More than 4 million people live in the Arctic, and 85 % live in cities. Until recently, insufficient attention has been paid to the Arctic climate and its interaction with the surrounding landscapes. Urbanized areas are more vulnerable to climate change due to phenomena such as the «urban heat island», due to the replacement of natural areas by anthropogenic ones. The presence of a heat island is determined by the temperature difference between urban and suburban areas. Our research is based on

space-based remote sensing data, backed by unique data from the UHIARC ground-based observing network. The results show the presence of persistent thermal anomalies in the urbanized territories of the Arctic. In 28 cities of Western Siberia, the intensity of anomalies is higher in winter, which is explained by the stable stratification of the atmosphere and low boundary layers capable of retaining heat over urban areas. The presence of strong anthropogenic heat sources increases the intensity of the heat island, since, for example, in the city of Surgut in winter, anomalies on average exceed 8 degrees Celsius. Such high heat anomalies undoubtedly affect the surrounding ecosystems. In the Surgut region, an increase in biomass is observed against the background of its general decline in the middle taiga zone. High temperatures over the past decade have created additional stress in cities. In August 2020, in Nadym, there was a significant increase in urban temperature. In addition, temperature variation in the urban environment formed the local heat islands. The presence of green spaces and water bodies lowers the temperature and creates a comfortable urban environment. Socio-ecological studies in Nadym have shown that the cultural value of urban green spaces does not correspond to their practical importance, for example, recreational and sanitary. The results obtained confirm the need for further interdisciplinary research of Arctic cities.

УДК 504.61:614(98-21)

ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ГОРОДОВ

Мария Андреевна Русакова^{1}, Елена Васильевна Азбалян¹, Роман Александрович Колесников¹,
Елена Владимировна Шинкарук¹, Татьяна Леонтьевна Попова¹, Наталья Васильевна Ефимова²,
Михаил Владимирович Винокуров³*

¹Научный центр изучения Арктики, Салехард, Надым, Россия

²Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Ангарск, Россия

*³Научно-исследовательский институт экологической токсикологии Уральского государственного
лесотехнического университета, Екатеринбург, Россия*

**m.a.rusakova7@gmail.com*

Ключевые слова: оценка рисков здоровью; биомониторинг человека; водные риски; ингаляционные риски; экология Арктических городов.

Для повышения эффективности управления рисками здоровью жителей Ямало-Ненецкого автономного округа в зависимости от изменяющихся многофакторных влияний со стороны окружающей среды проведена комплексная работа, включившая анализ ингаляционных рисков от воздействий химически загрязнённого атмосферного воздуха, анализ водных химических рисков,

связанных с потреблением подаваемой воды, анализ рисков нарушений здоровья по данным персонифицированного обследования. Количественно оценены канцерогенные и неканцерогенные риски, осуществлено моделирование рассеивания поллютантов с использованием унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы «Эколог», статистическими методами обработаны анкеты с психометрическими данными и анкеты биомониторинга человека, осуществлено химико-аналитическое исследование биологических проб (крови и волос). В 2020 году объектами исследования стали города Салехард, Лабытнанги и посёлок Харп, 120 их жителей приняли участие в персонифицированном обследовании. Рассчитанные неканцерогенные риски менее 1,0 свидетельствуют о маловероятном возникновении неблагоприятных эффектов от воздействия рассмотренных загрязнителей атмосферного воздуха и питьевой воды. Контроля требуют индивидуальные ингаляционные канцерогенные риски, связанные с воздействием хрома, сажи и формальдегида для г. Салехард, сажи, бензола и бенз(а)пирена для г. Лабытнанги и сажи для п. Харп. Значения индивидуальных канцерогенных рисков, обусловленных воздействием мышьяка с питьевой водой ($1,07 \times 10^{-4}$), требуют мер, направленных на их снижение, а значения рисков от воздействия кадмия, бериллия, свинца ($1,09 \times 10^{-6} - 1,23 \times 10^{-5}$) – постоянного контроля. Содержание в крови некоторых элементов превышает рекомендуемые величины у большинства обследованных: кадмия (у 67,5 – 82,86 %), кобальта (у 65,0 – 82,86 %), молибдена (у 62,5 – 85,7 %), мышьяка (у 65,0 – 82,65 %). Установлено, что наиболее значимым предиктором для формирования соматического и психического здоровья взрослого населения является уровень нервно-психической адаптации, второй ранг значимости имеют возраст, длительность проживания на севере, соотношение К/Мг в волосах; третий ранг – удовлетворенность жизнью, условия жизни, самооценка здоровья, соотношение Se/Hg.

PUBLIC HEALTH RISK ASSESSMENT IN ARCTIC CITIES

Mariya Rusakova^{1}, Elena Agbalyan¹, Roman Kolesnikov¹, Elena Shinkaruk¹, Tatyana Popova¹, Natalia*

Efimova²,

Mikhail Vinokurov³

¹Arctic Research Center, Salekhard, Nadym, Russia

²East-Siberian Institute of Medical and Ecological Researches, Angarsk, Russia

³ Research Institute of Ecotoxicology of the Ural State Fore Engineering University, Yekaterinburg, Russia

**m.a.rusakova7@gmail.com*

Keywords: Arctic cities ecology; health risk assessment; human biomonitoring; inhalation risks; water risks.

A comprehensive study was carried out to improve the efficiency of health risk management for residents of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug, Russia, depending on multiple changing environmental influences. The research included an analysis of inhalation risks from exposure to chemically polluted natural air, an analysis of water chemical risks associated with the consumption of piped potable water, an analysis of health risks based on personalized survey data. The carcinogenic and non-carcinogenic risks were quantified. The pollutant dispersion was simulated with *Ecolog* integrated software for calculating atmospheric pollution. We used statistical methods for processing psychometric questionnaires and human biomonitoring questionnaires, and performed a chemical-and-analytical study of biological samples (blood and hair). In 2020, the following settlements were studied: Salekhard City, Labytnangi City and Kharp Village, 120 of their residents took part in a personified survey. The calculated non-carcinogenic risks are below 1.0 indicate showing that adverse effects from exposure to the detected air and drinking water pollutants are unlikely. Certain inhalation carcinogenic risks should be kept under control. These include exposure to chromium, soot and formaldehyde for Salekhard City, soot, benzene and benzopyrene for Labytnangi City and soot for Kharp Village. The values of individual carcinogenic risks due to arsenic in the drinking water ($1,07 \times 10^{-4}$) require measures aimed at their decrease; and the values of risks from exposure to cadmium, beryllium, and lead ($1,09 \times 10^{-6} - 1,23 \times 10^{-5}$) should be constantly monitored. The content of some elements in the blood exceeds the recommended values for the majority of the survey participants: cadmium in 67.5 – 82.86 %, cobalt in 65.0 – 82.86 %, molybdenum in 62.5 – 85.7 %, arsenic in 65.0 – 82.65 %. The level of neuropsychic adaptation is found to be the most significant predictor of somatic and mental health in adult population; the second significant group of factors are age, period of residence in the north, the ratio of K / Mg in hair; the third significant are satisfaction with life, living conditions, self-assessment of health, Se / Hg ratio.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абакумов Евгений Васильевич – доктор биологических наук, профессор РАН по направлению «Сельскохозяйственные науки», заведующий кафедрой прикладной экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия.

Агбалян Елена Васильевна – доктор биологических наук, профессор, ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия.

Арефьев Станислав Павлович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов Института проблем освоения Севера ФГБУН ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН», Тюмень, Россия.

Бабушкин Евгений Сергеевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Научно-образовательного центра Института естественных и технических наук БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», Сургут, Россия; старший научный сотрудник сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов Института проблем освоения Севера ФГБУН ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН», Тюмень, Россия; старший научный сотрудник лаборатории макроэкологии и биогеографии беспозвоночных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия.

Бирюков Роман Юрьевич – младший научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», Барнаул, Россия.

Быков Николай Иванович – кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», Барнаул, Россия.

Варенцов Михаил Иванович – кандидат географических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского вычислительного центра ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва, Россия.

Винарский Максим Викторович – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией макроэкологии и биогеографии беспозвоночных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия; старший научный сотрудник сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов Института проблем освоения Севера ФГБУН ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН», Тюмень, Россия; заведующий научно-исследовательской лабораторией систематики и экологии беспозвоночных ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», Омск, Россия.

Винокуров Михаил Владимирович – кандидат химических наук, доцент, директор Научно-исследовательского института экологической токсикологии ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия.

Волковицкий Александр Игоревич – младший научный сотрудник Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия.

Ефимова Наталья Васильевна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», Ангарск, Россия.

Золотов Дмитрий Владимирович – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», Барнаул, Россия.

Ильясов Руслан Михайлович – научный сотрудник сектора охраны окружающей среды ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия.

Колесников Роман Александрович – кандидат географических наук, заведующий сектором охраны окружающей среды ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия.

Константинов Павел Игоревич – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва, Россия.

Красненко Александр Сергеевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник сектора охраны окружающей среды ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Надым, Россия.

Крицков Иван Викторович – младший научный сотрудник ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия.

Куклина Вера Владимировна – кандидат географических наук, профессор Университета Джорджа Вашингтона, Вашингтон, США.

Курхинен Юрий Павлович – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Университета Хельсинки, Финляндия; ведущий научный сотрудник Института леса – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия.

Левых Алёна Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий химико-аналитической лабораторией ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия.

Лим Артём Георгиевич – младший научный сотрудник ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия.

Лисина Анастасия Андреевна – магистрант кафедры гидрологии суши ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва, Россия.

Ломаков Олег Игоревич – руководитель проекта Некоммерческого фонда «Без рек как без рук», Москва, Россия.

Майлз Виктория – доктор философии (PhD), научный сотрудник Нансен-Центра, Берген, Норвегия.

Манасыпов Ринат Мратович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия.

Моргун Евгения Николаевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник сектора охраны окружающей среды ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия.

Московченко Дмитрий Валерьевич – доктор географических наук, главный научный сотрудник сектора геоэкологии ФГБУН ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН», Тюмень, Россия.

Орехов Павел Тимофеевич – младший научный сотрудник Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия; научный сотрудник Института криосферы Земли ФГБУН ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН», Тюмень, Россия.

Печкин Александр Сергеевич – научный сотрудник химико-аналитической лаборатории ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Надым, Россия.

Платонов Максим Михайлович – директор по науке Некоммерческого фонда «Без рек как без рук», Москва, Россия.

Попова Татьяна Леонтьевна – научный сотрудник сектора социальных и психологических исследований ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Надым, Россия.

Потиха Елена Викторовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУ «Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник им. К. Г. Абрамова», Приморский край, Россия.

Репина Ирина Анатольевна – доктор физико-математических наук, профессор РАН, заведующий лабораторией взаимодействия атмосферы и океана ФГБУН «Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН», Москва, Россия.

Розенфельд Софья Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Центра кольцевания птиц ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН», Москва, Россия.

Рослин Томас – доктор философии (PhD), профессор Шведского университета сельскохозяйственных наук, Уппсала, Швеция; профессор Университета Хельсинки, Финляндия.

Русакова Мария Андреевна – научный сотрудник сектора охраны окружающей среды ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, Россия.

Сазонов Алексей Александрович – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры гидрологии суши ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва, Россия.

Сизов Олег Сергеевич – кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва, Россия.

Соколов Александр Андреевич – кандидат биологических наук, заместитель директора Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия.

Соколова Наталья Александровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия.

Соромотин Андрей Владимирович – доктор биологических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института экологии и рационального использования природных ресурсов ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия.

Терёхина Александра Николаевна – младший научный сотрудник Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия.

Ткачёв Борис Павлович – доктор географических наук, доцент, член-корреспондент Российской Академии Естествознания, почётный председатель Регионального отделения Русского географического общества в ХМАО-Югре, Ханты-Мансийск, Россия.

Фахретдинов Артур Венерович – младший научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН», Тюмень, Россия.

Филиппова Виолетта Глебовна – старший инженер Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия.

Фролова Наталья Леонидовна – доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии суши ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва, Россия.

Фуфачев Иван Андреевич – младший научный сотрудник Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия.

Черных Дмитрий Владимирович – доктор географических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», Барнаул, Россия.

Шереметьев Илья Сергеевич – доктор биологических наук, старший научный сотрудник ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия.

Шигимага Анна Александровна – аспирант ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», Барнаул, Россия.

Шинкарук Елена Владимировна – научный сотрудник химико-аналитической лаборатории ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Надым, Россия.

Шкляр Кирилл Олегович – старший инженер Арктического научно-исследовательского стационара (филиала) ФГБУН «Институт экологии животных и растений УрО РАН», Лабытнанги, Россия.

Эзау Игорь Николаевич – доктор философии (PhD), профессор Норвежского Арктического Университета – Университета в Тромсё, Тромсё, Норвегия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Abakumov Evgeny – Doctor of Biology, Full Professor of Russian Academy of Sciences in Agriculture, Head of Applied Ecology Department, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia.

Agbalyan Elena – Doctor of Biology, Professor, Arctic Research Center, Salekhard, Russia.

Arefyev Stanislav – Doctor of Biology, Senior Researcher, Sector of biodiversity and natural systems dynamics, Institute of Northern Development, Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia.

Babushkin Evgeny – Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher, Research and Education Centre, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University, Surgut, Russia; Senior Researcher, Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Systems, Institute of Northern Development, Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia; Senior Researcher, Laboratory of Macro-Ecology and Invertebrate Biogeography, Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia.

Biryukov Roman – Junior Scientific Associate, Laboratory for Landscape and Water-Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia.

Bykov Nikolai – Candidate of Sciences in Geography, Docent, Senior Researcher, Laboratory for Landscape and Water-Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia.

Chernykh Dmitry – Doctor of Geography, Docent, Principal Investigator, Laboratory for Landscape and Water-Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia.

Efimova Natalia – Doctor of Medicine, Professor, Chief Researcher, East-Siberian Institute of Medical and Environmental Research, Angarsk, Russia.

Esau Igor – PhD, Professor, Norwegian Arctic University – University in Tromsø, Tromsø, Norway.

Fahretdinov Artur – Junior Researcher, Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia.

Filippova Violetta – Senior Engineer, Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of RAS, Labytnangi, Russia.

Frolova Natalia – Doctor of Geography, Professor, Department of Land Hydrology, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Fufachev Ivan – Junior Researcher, Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Labytnangi, Russia.

Ilyasov Ruslan – Researcher, Sector of Environmental Protection Research, Arctic Research Center, Salekhard, Russia.

Kolesnikov Roman – Candidate of Sciences in Geography, Head of Environmental Sector, Arctic Research Center, Salekhard, Russia.

Konstantinov Pavel – Candidate of Sciences in Geography, Senior Lector, Department of Meteorology and Climatology, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Krasnenko Aleksandr – Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher, Environmental Sector, Arctic Research Center, Nadym, Russia.

Kritskov Ivan – Junior Researcher, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Kuklina Vera – Candidate of Sciences in Geography, Professor, George Washington University, Washington DC, USA.

Kurhinen Juri – Doctor of Biology, Professor, Senior Researcher, University of Helsinki, Finland; Senior Researcher, Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia.

Levykh Alyona – Candidate of Sciences in Biology, Docent, Head of Chemical Analysis Laboratory, Arctic Research Center, Salekhard, Russia.

Lim Artem – Junior Researcher, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Lisina Anastasia – Master Student, Department of Land Hydrology, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Lomakov Oleg – Project Manager, *Clean Hands, Clean Rivers* Ecological Project, Moscow, Russia.

Miles Victoria – PhD, Researcher of the Nansen Environmental and Remote Sensing Center, Bergen, Norway.

Manasypov Rinat – Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Morgun Evgenia – Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher, Environmental Sector, Arctic Research Center, Salekhard, Russia.

Moskovchenko Dmitry – Doctor of Geography, Chief Researcher, Geo-environmental Sector, Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia.

Orekhov Pavel – Junior Researcher, Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Labytnangi, Russia; Researcher, Institute of Earth Cryosphere, Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia.

Pechkin Aleksandr – Researcher, Chemical Analysis Laboratory, Arctic Research Center, Nadym, Russia.

Platonov Maksim – Director for Science, *Clean Hands, Clean Rivers* Ecological Project, Moscow, Russia.

Popova Tatyana – Researcher, Sector of Social and Psychological Research, Arctic Research Center, Nadym, Russia.

Potikha Elena – Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher, K.G. Abramov Sikhote-Alin Nature Reserve, Primorsky Krai, Russia.

Repina Irina – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Full Professor of Russian Academy of Sciences, Head of Air-Sea Interaction Laboratory, A. M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Roslin Tomas – PhD, Professor of the Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden; Professor of the University of Helsinki, Finland.

Rozenfeld Sofia – Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher, Bird Ringing Center, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia.

Rusakova Mariya – Researcher, Environmental Sector, Arctic Research Center, Salekhard, Russia.

Sazonov Alexei – Candidate of Sciences in Geography, Senior Lector, Department of Land Hydrology, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Sheremetyev Ilya – Doctor of Biology, Senior Researcher, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia.

Shigimaga Anna – Postgraduate Student, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia.

Shinkaruk Elena – Researcher, Chemical Analysis Laboratory, Arctic Research Center, Nadym, Russia.

Shkliar Kirill – Senior Engineer, Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Labytnangi, Russia.

Sizov Oleg – Candidate of Sciences in Geography, Associate Professor, Department of Geoecology, Gubkin University, Moscow, Russia.

Sokolov Aleksandr – Candidate of Sciences in Biology, Deputy Director of Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Labytnangi, Russia.

Sokolova Natalia – Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher, Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Labytnangi, Russia.

Soromotin Andrey – Doctor of Biology, Professor, Director of Scientific Research Institute for Ecology and Efficient Use of Natural Resources, Tyumen State University, Tyumen, Russia.

Terekhina Aleksandra – Junior Researcher, Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of RAS, Labytnangi, Russia.

Tkachev Boris – Doctor of Geographical Sciences, Docent, Associate Member of Russian Academy of Natural History, Honorary Chair of Khanty-Mansi Autonomous Okrug Regional Division of Russian Geographical Society, Khanty-Mansiysk, Russia.

Vasilenko Alexander – Senior Lector, Department of Land Hydrology, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Varentsov Mikhail – Candidate of Sciences in Geography, Senior Researcher, Research Computing Centre, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Vinarski Maxim – Doctor of Biology, Professor, Head of Laboratory of Macro-Ecology and Invertebrate Biogeography, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia; Senior Researcher, Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Systems, Institute of Northern Development, Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia; Head of Laboratory of Research laboratory for invertebrate systematics and ecology of the Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia.

Vinokurov Mikhail – Candidate of Sciences in Chemistry, Docent, Director, Research Institute of Ecotoxicology, Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia.

Volkovitskiy Aleksandr – Junior Researcher, Arctic Scientific and Research Station, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Labytnangi, Russia.

Zolotov Dmitry – Candidate of Sciences in Biology, Senior Scientific Associate, Laboratory for Landscape and Water-Ecological Research and Nature Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia.

Научное издание

**СВЯЗЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
С ИЗМЕНЕНИЯМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО И ЛАНДШАФТНОГО
РАЗНООБРАЗИЯ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ**

(Салехард, Россия, 2-3 декабря 2021 г.)

**Электронный сборник тезисов докладов
международного симпозиума**

Ответственный редактор
Алёна Юрьевна Левых

Редактор перевода
Надежда Владимировна Ганжерли

Заказ № 6 Подписано в печать 29.03.2022
Объём 1,35 МБ

Издательство Ишимского педагогического института им. П.П. Ершова (филиала) Тюменского
государственного университета
627750, Тюменская обл., г. Ишим, ул. Ленина, 1.