



КОЛЬСКИЙ
НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР



ПАБСИ КНЦ РАН
Самый северный орг в России



РИТМ
УГЛЕРОДА



РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА
КЛИМАТИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА

МОНИТОРИНГ ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ

Всероссийская конференция
с полевым семинаром

18-21
ИЮНЯ 2025



CO₂



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ СЕВЕРА
ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД-ИНСТИТУТ
ИМ. Н. А. АВРОРИНА

**ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С ПОЛЕВЫМ СЕМИНАРОМ
«МОНИТОРИНГ ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В НАЗЕМНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ»**

*Апатиты, Мурманская область
18-21 июня 2025 года*

Тезисы докладов

Апатиты
Издательство ФИЦ КНЦ РАН
2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL RESEARCH CENTRE
«KOLA SCIENCE CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES»

INSTITUTE OF NORTH INDUSTRIAL ECOLOGY PROBLEMS
N. A. AVRORIN POLAR-ALPINE BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE

**ALL-RUSSIAN CONFERENCE WITH A FIELD SEMINAR
"MONITORING CARBON POOLS
AND GREENHOUSE GAS FLOWS IN TERRESTRIAL
ECOSYSTEMS OF RUSSIA"**

*Apatity, Murmansk Region
June 18-21, 2025*

Abstracts

Apatity
Publishing House of FRC KSC RAS
2025

УДК 581.9 + 582.32

Всероссийская конференция с полевым семинаром «Мониторинг пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России». Апатиты, Мурманская область, 18–21 июня 2025 г.: Тезисы докладов. Апатиты, 2025. 62 с.

Редакторы: Е. А. Боровичёв, Д. А. Давыдов, Т. А. Сухарева

Конференция проводится в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН (FWRG-2025-0002)

UCD 581.9 + 582.32

All-Russian conference with a field seminar "Monitoring carbon pools and greenhouse gas flows in terrestrial ecosystems of Russia". Apatity, Murmansk Region, June 18-21, 2025. Abstracts. Apatity, 2024. 62 p.

Editors: E. A. Borovichev, D. A. Davydov & T. A. Sukhareva

The conference was supported by the important innovative project of national importance «Unified national monitoring system for climatically active substances». The work was performed within the framework of the state assignment of IMCES SB RAS (FWRG-2025-0002).

Научное издание

Технический редактор В. Ю. Жиганов

Подписано в печать 11.06.2025. Формат бумаги 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 3,37. Заказ № 45. Тираж 77 экз.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН». 184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14.

РИТМ
УГЛЕРОДА

 **РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА
КЛИМАТИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА**

ISBN 978-5-91137-539-3

DOI 10.37614/978.5.91137.539.3

© Коллектив авторов, 2025
© Полярно-альпийский ботанический
сад-институт КНЦ РАН, 2025
© Институт проблем промышленной экологии
Севера КНЦ РАН, 2025

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ABSTRACTS

АНАЛИЗ ТУНДРОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Л. Л. Голубятников¹, Е. А. Заров²

ANALYSIS OF TUNDRA TERRITORIES BASED ON SATELLITE DATA

L. L. Golubyatnikov¹, E. A. Zarov²

¹Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, г. Москва, Россия;
golub@ifaran.ru

²Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия;
zarov.evgen@yandex.ru

Проведен анализ пространственного распределения тундровых ландшафтов Западной Сибири на основе совместного использования космических снимков среднего (Landsat-8) и сверхвысокого (WorldView-2) пространственных разрешений. Снимки Landsat-8 охватывали исследуемые тундровые территории, снимки WorldView-2 – территории ключевых участков. Сопоставление выделенных ландшафтов на снимке Landsat-8 с микроландшафтами на снимке WorldView2 позволило определить доли рассматриваемых микроландшафтов в каждом ландшафте. Полученные результаты показали, что в границы ландшафтов, выделенных по снимку Landsat-8 на ключевом участке, частично включены микроландшафты, которые не характерны для этих ландшафтов, и позволили уточнить площади тундровых ландшафтов, рассчитанные на основе снимков Landsat-8. Проведенное исследование показало, что использование данных со спутника сверхвысокого разрешения существенно повышает точность площадных оценок исследуемых ландшафтов по сравнению с данными, получаемыми со спутника среднего разрешения.

Работа выполнена в рамках реализации ВИП ГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации» и в рамках Государственного задания ИФА им. А.М.

Обухова РАН «Анализ и моделирование динамики экологических процессов в условиях меняющегося климата».

The spatial pattern of tundra landscapes in Western Siberia was analysed using satellite images with medium (Landsat-8) and high (WorldView-2) spatial resolutions. Landsat-8 images covered studied tundra territories. WorldView-2 images depict the key sites. Comparison of landscapes from the Landsat-8 image with microlandscapes distinguished in the WorldView-2 image made it possible to determine the areal shares of the studied microlandscapes in each landscape. Analysis of the satellite images shows that landscape boundaries identified on the key site based on the Landsat-8 image partially encompass microlandscapes not typical for these landscapes. The obtained data made it possible to adjust the areas of tundra landscapes computed based on Landsat-8 images. The study has demonstrated that the use of highly detailed satellite images significantly enhances the accuracy of areal estimates of the objects studied in comparison with data obtained using medium-resolution satellite images.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance “Development of a system for ground-based and remote monitoring of carbon pools and greenhouse gas fluxes in the territory of the Russian Federation” and within the framework of the State Assignment for A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of Russian Academy of Sciences “Analysis and modelling of ecological processes dynamics under climate change”.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В СТВОЛОВЫХ ВОДАХ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

V. V. Ershov, N. S. Ryabov, T. A. Sukhareva

ANALYSIS OF CARBON CONTENT IN STEMFLOW OF CONIFEROUS FORESTS OF THE MURMANSK REGION

V. V. Ershov, N. S. Ryabov, T. A. Sukhareva

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН,
г. Апатиты, Россия; v.ershov@ksc.ru

Проанализированы многолетние данные концентрации углерода в стволовых водах, как в ненарушенных сосновых и еловых лесах Мурманской области, так и подверженных воздушному промышленному загрязнению выбросами крупнейшего в Северной Европе медно-никелевого комбината АО «Кольская ГМК» в г. Мончегорске. Наибольшие концентрации углерода в осадках в виде дождя отмечены в стволовых водах по сравнению с водами под кронами, между крон и на открытых территориях. Более высокие концентрации углерода в стволовых водах дефолилирующих еловых лесов по сравнению с сосновыми обусловлены большей поверхностью и более выраженными барьерными функциями крон ели. Показано, что влияние воздушного промышленного загрязнения выражается не только в увеличении концентраций тяжелых металлов и кислотообразующих соединений в стволовых водах еловых и сосновых лесов, но и в снижении концентраций углерода, что обусловлено дефолиацией крон.

Исследование выполнено в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» и в рамках Государственного задания ИППЭС КНЦ РАН № 1023032200043-6.

The long-term data on carbon concentrations in stemflow have been analyzed in both undisturbed pine and spruce forests of the Murmansk Region and those impacted by airborne industrial pollution from the largest copper-nickel smelter in Northern Europe, JSC Kola MMC, located in Monchegorsk Town. The highest carbon concentrations in rainfall were recorded in stemflow compared to waters below crown, between crown, and in open areas. The elevated carbon concentrations in stemflow from defoliated spruce forests, relative to pine forests, are attributed to the larger surface area and more pronounced barrier functions of spruce crowns. The study demonstrates that the effects of airborne industrial pollution are not limited to increased concentrations of heavy metals and acid-forming compounds in stemflow from spruce

and pine forests but also include reduced carbon concentrations, resulting from crown defoliation.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance «Unified national monitoring system for climatically active substances» and within the framework of the state assignment of INEP KSC RAN № 1023032200043-6.

МОНИТОРИНГ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ВЫРУБОК И ГАРЕЙ ХИБИН

И. В. Зенкова

MONITORING OF BIOGENIC ELEMENTS IN SOILS AFTER THE FIRE AND DEFORESTATION IN Khibin

I. V. Zenkova

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия; i.zenkova@ksc.ru

Мониторинг почв Хибин, нарушенных сплошной промышленной рубкой горно-таежного леса в 2012 г. и последующим низовым пожаром в 2013 г., выявил их медленное самовосстановление в условиях заполярных широт и влажного горного микроклимата. К концу десятилетия после воздействий почвы всех нарушенных территорий – вырубки (В), горелого леса (ГС) и, в особенности, пострадавшей два года подряд горелой вырубки (ГВ), отличались от контрольного горно-таежного леса (КС) меньшим содержанием органического в-ва (64–83% против $88,4 \pm 5,0\%$ в КС), общего углерода (37–44 % против 50 %) и азота (0,8–1,2 % против $1,3 \pm 0,1\%$) и, напротив, повышенным содержанием Са, Mg, золы и достоверным подщелачиванием почвенных растворов до pH_{H_2O} 4,1–4,6 против $3,7 \pm 0,1$ в КС. Низовой пожар, как более мощный фактор трансформации лесной подстилки по сравнению со сведением древостоя, привел к большим потерям *Собиц*, *Нобиц*, *K* и *P* на обеих гарях ГС и ГВ по сравнению с негорелой постилкой КС и В.

Исследование выполнено в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» и в рамках Государственного задания ИППЭС КНЦ РАН № 1023032200043-6.

Monitoring of Khibiny soils, disturbed by continuous industrial cutting of mountain-taiga forest in 2012 and the subsequent grass-roots fire in 2013, revealed their slow recovery in conditions of polar latitudes and humid mountain microclimate. By the end of the decade following violations, soils in all disturbed areas – cutting **C**, burnt forest **Fb** and, in particular, burnt cutting **Cb** disturbed for two consecutive years, differed from the control mountain-taiga forest **F** with a lower content of organic matter (64-83% versus 88.4±5.0% in control), total carbon (37-44% versus 50%) and nitrogen (0.8–1.2% versus 1.3±0.1%) and, conversely, increased content of *Ca*, *Mg*, *ash* and significant alkalinity to pH_{H_2O} 4,1–4,6 against 3.7±0.1 in control. A grass-roots fire, as a more powerful transformation factor compared to the continuous cutting, led to more significant losses of total nitrogen and carbon, potassium and phosphorus in the burnt-out areas, **Fb** and **Cb**, compared to the litter that was not disturbed by fire in **F** and **C**.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance «Unified national monitoring system for climatically active substances» and within the framework of the state assignment of INEP KSC RAN № 1023032200043-6.

АНАЛИЗ ЗАПАСОВ И СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА И УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ АВТОМОРФНЫХ ПОЗИЦИЙ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. А. Живов, Т. А. Сухарева, Е. А. Иванова

ANALYSIS OF NITROGEN AND CARBON RESERVES AND CONTENT IN SOILS OF AUTOMORPHIC POSITIONS OF SPRUCE FORESTS IN THE MURMANSK REGION

D. A. Zhivov, T. A. Sukhareva, E. A. Ivanova

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия; d.zhivov@ksc.ru

Получены актуальные данные по исследованию запасов и содержания $S_{орг.}$ и $N_{общ.}$ фоновых северотаёжных еловых лесов Мурманской области на постоянной сети мониторинговых площадок ИППЭС КНЦ РАН, выявлены определённые закономерности их распределения в иллювиально-гумусовых подзолах (Carbic podzols) на автоморфных позициях ландшафта.

Определены запасы и содержание углерода и азота как в органогенном горизонте, так и в минеральном слое (0-100 см, включая сравнительные данные по слоям 0-10 и 0-30 см), показаны закономерности в распределении их содержания в профиле по почвенным горизонтам. Установлены закономерности изменения плотности и мощности горизонтов, соотношение C/N в них. Это позволило определить как пространственная неоднородность растительного покрова влияет на способность почвы к депонированию углерода, а также влияние типа растительности на изменение скорости разложения подстилки. В работе также представлены некоторые оценки изменения содержания и запасов $S_{орг.}$ и $N_{общ.}$ в почве ельников кустарничково-зеленомошных в разных позициях рельефа.

Полученные данные подтверждают влияние типа растительности и особенностей рельефа в формирование пулов углерода и азота в лесных почвах, актуализируют и согласуются с опубликованными результатами других исследователей.

Работа выполнена в рамках реализации инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Relevant data has been obtained on the study of reserves and content of organic carbon and total nitrogen in background northern taiga spruce forests of the Murmansk region at a permanent network of monitoring sites of the INEP KSC RAS. Certain patterns of their distribution in illuvial-humus podzols (Carbic podzols) at automorphic landscape positions have been identified.

The reserves and content of carbon and nitrogen both in the organogenic horizon and in the mineral layer (0-100 cm, including comparative data on the layers 0-10 and 0-30 cm) were determined, regularities in the distribution of their content in the profile by soil horizons were shown. The regularities of changes in density and thickness of horizons, C/N ratio in them were established. This allowed to determine how spatial heterogeneity of vegetation cover affects the ability of soil to deposit carbon, as well as the influence of vegetation type on changes in the rate of litter decomposition. The paper also presents some estimates of changes in the content and reserves of organic carbon and total nitrogen in the soil of shrubby-green-moss spruce forests in different positions of the relief.

The obtained data confirms the influence of vegetation types and relief features in the formation of carbon and nitrogen pools in forest soils, update and agrees with the published results of other researchers.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance «Unified national monitoring system for climatically active substances».

МОДЕЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ УГЛЕРОДА В ДРЕВЕСИНЕ И ПОЧВАХ, С УЧЕТОМ РАЗНЫХ СЦЕНАРИЕВ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

А. А. Колычева^{1,2}, Д. Н. Тебенькова¹, В. Н. Шанин^{1,3},
С. И. Чумаченко^{1,2}

METHODS FOR ESTIMATING CARBON STOCKS IN STEM BIOMASS OF PINE FORESTS BASED ON UAV

A. A. Kolycheva^{1,2}, D. N. Tebenkova¹, V.N. Shanin^{1,3}, S. I. Chumachenko^{1,2}

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А.С. Исаева РАН, г. Москва, Россия; anna_dulina@bk.ru

²Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи, Россия

³Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН - обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия

На объектах, расположенных в среднетаежной, южнотаежной зонах и в зоне хвойно-широколиственных лесов дан прогноз многолетней

динамики пулов углерода, включая углерод в почвах лесных экосистем. Прогноз проведен с учетом различных сценариев ведения лесного хозяйства и изменения климата на основе разработанного в рамках международного проекта POLYFORES подхода к моделированию на основе связанных между собой математических моделей «RUF OSS». Результаты прогноза показывают значительное влияние лесохозяйственной деятельности на пулы углерода. Ведение лесного хозяйства согласно текущей ситуации для объектов южнотаежной и хвойно-широколиственной зоны истощают запасы углерода в древостое, валеже, почве, включая как подстилку, так и минеральные горизонты, больше, чем другие анализируемые сценарии, которые предусматривают получение выгод от экологических экосистемных услуг или создание заповедных зон. Для объекта среднетаежной зоны текущее ведение лесного хозяйства, наоборот, показало лучшие результаты, чем другие сценарии. Это связано с тем, что в других сценариях моделируется увеличение расчетной лесосеки, которое негативно сказывается на пулы углерода.

Работа выполнена в рамках деятельности молодёжной лаборатории ЦЭПЛ РАН «Биоразнообразии и климаторегулирующие функции лесов» (регистрационный номер 1024100700084-5-1.6.19).

A forecast of the long-term dynamics of carbon pools, including carbon in the soils of forest ecosystems, is given at sites located in the Middle Taiga, southern taiga zones and in the zone of coniferous and broadleaf forests. The forecast was carried out taking into account various scenarios of forestry and climate change based on the approach to modeling developed within the framework of the international POLYFORES project based on interconnected mathematical models "RUF OSS". The forecast results show a significant impact of forestry activities on carbon pools. According to the current situation for objects in the Southern taiga and coniferous-broadleaf zones, forests deplete carbon reserves in the stand, felling, and soil, including both litter and mineral horizons, more than other analyzed scenarios that provide benefits from ecological ecosystem services or the creation of protected areas. For the object of the middle taiga zone, on the contrary, the current forestry management showed better results than other scenarios.

This is due to the fact that in other scenarios, an increase in the estimated cutting area is modeled, which negatively affects carbon pools.

The study was conducted at the youth laboratory of the CEPF RAS "Biodiversity and Climate-Regulating Functions of Forests" (1024100700084-5-1.6.19).

ОСОБЕННОСТИ ИНДИКАЦИИ РАЗНЫХ ПОДГОРИЗОНТОВ ПОДСТИЛКИ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

А. И. Кузнецова, М. В. Казинский

FEATURES OF INDICATION OF DIFFERENT SUBHORIZONS OF LITTER OF CONIFEROUS-BROADLEAF FORESTS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

A. I. Kuznetsova, M. V. Kazinsky

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А.С. Исаева
Российской академии наук

В работе приводится анализ результатов полевых описаний свойств подстилки подзоны хвойно-широколиственных лесов европейской части России. Объектами исследования стали равнинные леса, расположенные на территории Брянской, Московской области, а также горные леса Северо-Западного Кавказа. На основании полевых морфологических описаний, а также лабораторного определения запасов и содержания углерода были предложены критерии выделения разных подгоризонтов подстилки.

Работа выполнена в рамках темы молодёжной лаборатории ЦЭПЛ РАН «Биоразнообразие и климаторегулирующие функции лесов» (регистрационный номер 1024100700084-5-1.6.19).

The paper presents an analysis of the results of field descriptions of the properties of the litter of the coniferous-broadleaf forest subzone of the European part of Russia. The objects of the study were lowland

forests located in the Bryansk, Moscow regions, as well as mountain forests of the North-West Caucasus. Based on field morphological descriptions, as well as laboratory determination of carbon reserves and content, criteria for identifying different litter subhorizons were proposed.

The study was conducted at the youth laboratory of the CEPF RAS "Biodiversity and Climate-Regulating Functions of Forests" (1024100700084-5-1.6.19).

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОТОКОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА БОЛОТЕ МУХРИНО: РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КАМЕРНОГО МОНИТОРИНГА

А. А. Кулик¹, Е. А. Заров¹, Е. А. Дюкарев^{1,2}, А. А. Дмитриченко¹

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF CARBON DIOXIDE FLUXES IN THE MUKHRINO BOG: RESULTS FROM AUTOMATED CHAMBER MONITORING

A. A. Kulik¹, E. A. Zarov¹, E. A. Dyukarev^{1,2}, A. A. Dmitrichenko¹

¹Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия;
K.ARTEM.A@yandex.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Томск, Россия

В результате автоматизированного камерного мониторинга выявлены сезонные и пространственные закономерности удельных потоков углекислого газа (CO₂) в грядово-мочажинном комплексе болота Мухрино.

Измерения выполнены с помощью КАСМ8 с ИК газоанализатором LICOR LI-850 и прозрачными камерами, 4 из которых установлены на мочажине и 4 – на гряде. Расчет потоков проводился в среде Rstudio, а для восстановления и разделения потоков использовался модуль ReddyProc.

По результатам измерений в 2023-2024 гг., гряда выступала в роли нетто-источника CO₂ (исключение – июнь 2023 г). На мочажинном

участке аккумуляция CO_2 превалировала с мая до октября. Максимум экосистемного дыхания (R_{eco}) и валовой первичной продукции (GPP) приходился на июль-август. В среднем R_{eco} , GPP на гряде выше, чем на мочажине в 3–4 раза. Анализ суммарных потоков за период с 01.06–30.09 показал, что NEE экосистем разделился на нетто-сток (мочажины) и нетто-источник (гряды). В 2023 г суммарный NEE для гряды и мочажины составил 85 и $-154 \text{ г CO}_2 \text{ м}^2/\text{сезон}$. В 2024 г поглотительная способность снизилась, суммарный NEE составил 118 и $-89 \text{ г CO}_2 \text{ м}^2/\text{сезон}$.

Automated chamber monitoring revealed seasonal and spatial patterns of carbon dioxide (CO_2) fluxes in the ridge-hollow complex of Mukhrino Bog. Measurements were performed using the KASM8 system with an LI-850 IRGA (LICOR) and transparent chambers (4 installed on hollows and 4 on ridges). Flux calculations were conducted in Rstudio, and for flux processing and partitioning was performed using the ReddyProc module.

According to measurements taken in 2023–2024, the ridge generally acted as a net CO_2 source (with the exception of June 2023). In the hollows, CO_2 uptake dominated from May to October. Peak ecosystem respiration (R_{eco}) and gross primary production (GPP) were observed in July–August. Generally, R_{eco} and GPP were 3–4 times higher on the ridge than in the hollows.

Analysis of cumulative fluxes from June 1st to September 30th showed that NEE (net ecosystem exchange) differed between the two microtopographies: the hollows functioned as a net sink, while the ridges were a net source. In 2023, the total NEE for the ridge and hollow was $+85$ and $-154 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ season}^{-1}$, respectively. In 2024, the carbon uptake capacity decreased, with NEE reaching $+118$ (ridge) and $-89 \text{ г CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ season}^{-1}$ (hollow).

РОССИЙСКАЯ СЕТЬ МОНИТОРИНГА ЭМИССИИ CO₂ ИЗ ПОЧВ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВОГО ЭТАПА РЕАЛИЗАЦИИ ВАЖНЕЙШЕГО ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

И. Н. Курганова

RUSSIAN NETWORK FOR MONITORING CO₂ EMISSIONS FROM SOILS: RESULTS OF THE FIRST STAGE OF IMPLEMENTATION OF THE MOST IMPORTANT INNOVATIVE PROJECT OF NATIONAL IMPORTANCE

I. N. Kurganova

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН. Федеральный исследовательский центр РАН, Пушкино, Россия;
ikurg@mail.ru

Эмиссия CO₂ из почв (EM_{CO2}) является одним из крупнейших, но достаточно неопределенных по величине потоков в глобальном цикле углерода. В рамках Важнейшего инновационного проекта государственного значения «Российская система климатического мониторинга», стартовавшего в конце 2022 года, была организована первая национальная сеть мониторинга EM_{CO2} из почв на территории России. Полевые измерения EM_{CO2} и сопряженной температуры почвы (Ts) проводили одновременно в летний период (июнь – август) 2023 года в 75 различных экосистемах (тундра, лес, луг, болото, агроценоз и т. д.), расположенных в основных биоклиматических зонах России. Оценивали средние летние значения EM_{CO2} (EM_{CO2_sum}) в различных типах экосистем и вдоль зональной трансекты тундра – тайга – лиственный лес – лесостепь – степь – полупустыня. Для интервала средних летних Ts от 10 до 20°C, т.е. от тундры до лесостепи, отмечено положительное влияние температуры почвы на среднюю скорость EM_{CO2_sum}.

Исследование проводилось в рамках Важнейшего инновационного проекта государственного значения (№ 123030300031-6).

CO₂ emission (EM_{CO2}) is one of the largest but rather uncertain fluxes in the global carbon (C) cycle. In the framework of the Most Important Innovative Project of National Importance "Russian System of Climatic Monitoring", which started at the end of 2022, the first national monitoring network of EM_{CO2} measurements across Russian territory was organized. Field measurements of EM_{CO2} efflux made and soil temperature (Ts) were carried out simultaneously during the summer period (June – August) of 2023 in 75 various ecosystems (tundra, forest, grassland, bog, agrocenosis, etc.) located in the main bioclimatic zones across Russia. The average summer EM_{CO2} rates (EM_{CO2_sum}) were estimated for main types of ecosystems and along the zonal transect: tundra – taiga – deciduous forest – forest steppe – steppe – semidesert. For the interval of mean summer Ts between 10 and 20°C i.e., over tundra to forest steppe, the positive effect of soil temperature on the average EM_{CO2_sum} value was observed.

The study was carried out within the framework of the Most Important Innovative Project of National Importance (№ 123030300031-6).

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭМИССИИ CO₂ ИЗ ПОЧВ ПОД ЛЕСНОЙ И ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В РЕГИОНЕ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню, Д. В. Сапронов,
Д. А. Хорошаев

TEMPORAL VARIABILITY OF CO₂ EMISSIONS FROM SOILS UNDER FOREST AND GRASSLAND IN THE SOUTHERN MOSCOW REGION

I. N. Kurganova, V. O. Lopes de Gerenyu, D. V. Saproinov,
D. A. Khoroshaev

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН. Федеральный исследовательский центр РАН, Пущино, Россия;
ikurg@mail.ru

Эмиссия CO₂ (ЭM_{CO2}) из почв характеризуется высокой временной и пространственной изменчивостью. На основе непрерывного 21-летнего

круглогодичного мониторинга $ЭM_{CO_2}$ из дерново-подбура песчаного под лесом и лугом (зона смешанных лесов) выполнена оценка временной изменчивости $ЭM_{CO_2}$ на месячном, сезонном и годовом уровнях осреднения. Среди календарных сезонов года самой высокой изменчивостью отличались зимние потоки CO_2 из почв (коэффициент вариальности, $CV=39-44\%$), в то время как CV для суммарной $ЭM_{CO_2}$ из почв в остальные календарные сезоны года составлял $26-29\%$. Наиболее стабильным показателем, характеризующим особенности сезонного распределения потоков CO_2 в пределах года, является вклад теплого периода (май-октябрь) в суммарный годовой поток CO_2 из почв. Его вариальность за 21 год наблюдений составила всего 8% , что позволяет рекомендовать использовать этот показатель для получения оценок годовых потоков CO_2 из почв на основе полевых определений, проведенных только в пределах вегетационного сезона.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122040500037-6).

The emission of CO_2 (EM_{CO_2}) from soils is characterized by high temporal and spatial variability. Based on continuous 21-year year-round monitoring of EM_{CO_2} from sandy soddy- podbur in forest and meadow cenoses of the mixed forest zone, the temporal variability of EM_{CO_2} was assessed at the monthly, seasonal and annual averaging levels. Among the calendar seasons of the year, winter CO_2 fluxes from soils were characterized by the highest variability (coefficient of variability, $CV=39-44\%$), while CV values for CO_2 fluxes from soils in other calendar seasons of the year was $26-29\%$. The most stable indicator characterizing the seasonal distribution of CO_2 fluxes within a year is the contribution of the warm period (May–October) to the total annual CO_2 flux from soils. Its variability over 21 years of observations was only 8% , which allows us to recommend using this indicator to estimate the annual CO_2 fluxes from soils based on field observation carried out only within the growing season.

The study was supported by the State assign of the Ministry of Science and High Education of Russian Federation № 122040500037-6.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВ
ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ: ГОРНАЯ И РАВНИННАЯ
ТУНДРЫ В РАМКАХ ПРОЕКТА «РИТМ УГЛЕРОДА»
(КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)**

Т. И. Литвинова

**RESULTS OF RESEARCH ON THE FEATURES OF SOILS
OF TUNDRA ECOSYSTEMS: MOUNTAIN AND FLAT TUNDRA
WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CARBON RHYTHM
PROJECT (KOLA PENINSULA)**

T. I. Litvinova

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина,
Апатиты, Мурманская область; lita_0409@mail.ru

В равнинной части тундр Кольского полуострова (Териберка) материнские породы представлены грубозернистыми песчаными моренными отложениями. Здесь преобладают альфегумусовые почвы (подзолы и подбуры). Растительность плакорных участков представлена лишайниково-кустарничковыми сообществами. Горные почвы, в основном подбуры (Хибины), формируются на элюводелювии коренных пород под кустарничково-лишайниковыми и ерниковыми сообществами. Максимальное содержание углерода по профилю горно-тундровых почв сосредоточено в органогенных горизонтах (18-30% С), которые в значительной степени оторфованы и обогащены минеральными частицами. В минеральной части профиля почв – от 5 до 11% С. Профильное распределение запасов углерода в почвах равнинной тундры характеризуется двумя максимумами – в горизонтах О и/или АО (35%) и в горизонте ВНF (2.5%) при минимальном содержании в горизонтах Е и С (0.2-0.3%). В сообществах горно-тундровых почв максимальный запас углерода приходится на слой 0–30 см, составляет в среднем 71,3 т/га. Запасы углерода в слое почвы равнинной тундры 0-10 см варьировали от 23 до 118 т/га. Для запасов углерода в слое 0-30 см пространственная неоднородность снижается (от 70 до 135 т/га), т.к. более значимый

вклад вносят относительно гомогенные минеральные горизонты BC. В слое 1-100 см запасы C варьируют от 70 до 200 т/га.

Исследование выполнено в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

In the flat part of the tundra of the Kola Peninsula (Teriberka), the parent rocks are coarse-grained sandy moraine deposits. Al-Fe-humus soils (podzols and podburs) predominate here. The vegetation of the upland areas is represented by lichen-shrub communities. Mountain soils, mainly podburs (Khibiny), are formed on the eluvodeluvium of bedrock, under shrub-lichen and dwarf birch (yernik) communities. The maximum carbon content in the profile of mountain tundra soils is concentrated in organogenic horizons (18-30% C), which are largely peaty and enriched with mineral particles. In the mineral part of the soil profile – from 5 to 11% C. The profile distribution of carbon reserves in the plain tundra soils is characterised by two maxima – in the O and/or AO horizons (35%) and in the BHF horizon (2.5%) with a minimum content in the E and C horizons (0.2-0.3%). In mountain tundra soil communities, the maximum carbon reserve is in the 0–30 cm layer and averages 71.3 t/ha. Carbon reserves in the 0–10 cm soil layer of the plain tundra varied from 23 to 118 t/ha. For carbon reserves in the 0–30 cm layer, the spatial heterogeneity decreases (from 70 to 135 t/ha), since a more significant contribution is made by the relatively homogeneous BC mineral horizons. In the 1–100 cm layer, C reserves vary from 70 to 200 t/ha.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance «Unified national monitoring system for climatically active substances».

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОДЕТАЛЬНОЙ СЪЁМКИ

А. Д. Никитина

METHODS FOR ESTIMATING CARBON STOCKS IN STEM BIOMASS OF PINE FORESTS BASED ON UAV

A. D. Nikitina

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А.С. Исаева
Российской Академии наук; nikitina.al.dm@gmail.com

В исследовании приводятся методы оценки запасов углерода стволовой древесины в сосновых лесах с использованием морфометрических параметров, извлечённых из ортофотопланов и цифровых моделей местности, полученных по данным БПЛА. Автоматическая сегментация крон осуществлялась с применением нейронной сети Mask R-CNN. Построение моделей выполнялось методами множественной линейной регрессии, опорных векторов и многослойного перцептрона. Наилучшие результаты получены с использованием многослойного перцептрона. Оценка запасов углерода наиболее устойчива для средневозрастных сосновых древостоев. Полученные результаты подтверждают информативность данных высокодетальной съёмки для мониторинга лесных экосистем.

Работа выполнена в рамках деятельности молодёжной лаборатории ЦЭПЛ РАН «Биоразнообразие и климаторегулирующие функции лесов» (регистрационный номер 1024100700084-5-1.6.19).

The study presents methods for estimating carbon stocks in the stem biomass of pine forests using morphometric parameters extracted from orthophotos and digital terrain models obtained from UAV data. Automatic crown segmentation was performed using a Mask R-CNN neural network. Model development was carried out using multiple linear regression, support vector machines, and multilayer perceptron methods, with cross-validation applied. The best results were achieved using multilayer perceptron models. Carbon stock estimates proved most stable for middle-aged pine stands. The

results confirm the informativeness of high-resolution UAV data for monitoring forest ecosystems.

The study was conducted at the youth laboratory of the CEPF RAS "Biodiversity and Climate-Regulating Functions of Forests" (1024100700084-5-1.6.19).

СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ *SPHAGNUM FUSCUM* НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ДЕСТРУКЦИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И КОНТРОЛИРУЕМЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Л. Г. Никонова, Ю. В. Зубарева, Е. А. Головацкая

DECOMPOSITION RATE OF *SPHAGNUM FUSCUM* AT THE INITIAL STAGES OF DECAY IN NATIVE AND CONTROLLED HYDROTHERMIC CONDITIONS

L. G. Nikonova, Y. V. Zubareva, E. A. Golovatskaya

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Томск, Россия; nikonovalilig@gmail.com

Динамика и скорость разложения сфагновых мхов, как ключевых торфообразователей олиготрофных болот Западной Сибири, представляют особый интерес. Скорость разложения очеса *S. fuscum* в торфяной залежи сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза, оцененная с помощью метода частично изолированных проб минимальна, потери массы за 1 месяц деструкции составили 1,1%, а потери углерода – 12,3% от исходного содержания. В инкубационном эксперименте с контролируемой температурой (2, 12, 22°C) и влажностью (30, 60 и 90% полной влагоемкости, ПВ) показано, что при снижении температуры при всех уровнях влажности происходит снижение общих потерь углерода. Максимальные потери углерода зафиксированы при 22°C и 30% ПВ и составили 2,7% от исходного количества углерода. Таким образом, повышение температуры и осушительные мероприятия способствуют интенсификации разложения очеса *S. fuscum* уже на начальных этапах деструкции.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН (FWRG-2025-0002, № 1024100800092-1).

Dynamics and decomposition rate of sphagnum mosses, which are peat-forming plants of oligotrophic bogs of Western Siberia, are very important. The decomposition rate of *S. fuscum* in a peat deposit of a pine-shrub-sphagnum phytocenosis, estimated using the litter-bag method, was minimal; mass loss over 1 month of destruction amounted to 1.1%, and carbon losses were 12.3% of the initial amount of carbon. In an incubation experiment with controlled temperature (2, 12, and 22°C) and humidity (30, 60, and 90% of full moisture capacity, FMC), it was shown that as the temperature decreases at all humidity levels, the total carbon loss decreases. The maximum carbon losses were observed at 22°C and 30% FMC and amounted to 2.7% of the initial amount of carbon. Thus, an increase in temperature and drainage measures contributes to the intensification of the decomposition of *S. fuscum* already at the initial stages of decay.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА В ЕСТЕСТВЕННЫХ И НАРУШЕННЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ СРЕДНЕ-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ФЕННОСКАНДИИ

С. Г. Новиков, А. Н. Солодовников, Г. В. Ахметова

ORGANISING SOIL MONITORING TO ASSESS CARBON POOLS IN NATURAL AND DISTURBED BIOGEOCENOSSES OF THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF FENNOSCANDIA

S. G. Novikov, A. N. Solodovnikov, G. V. Akhmetova

Институт леса — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", г. Петрозаводск, Россия; novikovsergey.nsg@gmail.com

Почвенный пул углерода характеризуется значительной изменчивостью на всех пространственных уровнях. В связи с этим,

важны проведения наземных исследований на единой методической основе, для чего в среднетаежной подзоне Карелии организован тестовый полигон интенсивного уровня, представляющий собой слабонарушенный лесной массив и заложен ряд пробных площадей, расположенных в эксплуатационных лесах разных стадий восстановления после сплошной рубки. Полигон характеризуется разнообразием природных условий и высоким почвенным разнообразием, что сказывается на значительном варьировании запасов углерода в органических (2.5–440 тС/га) и минеральных горизонтах почв (27–104 тС/га). Почвы эксплуатационных лесов, несмотря на единые условия формирования, также отличаются значительным разбросом показателей запасов углерода подстилки (0–63 т/га) и в минеральных горизонтах (10–70 тС/га), что связано с антропогенным фактором – отсутствием подстилки, турбированными горизонтами и включениями углей.

The soil carbon pool exhibits significant variability at all spatial levels. In this regard, it is important to conduct field studies using a unified methodological approach. For this purpose, an intensive-level test site has been established in the middle taiga subzone of Karelia, consisting of a minimally disturbed forest area, along with a series of sample plots located in managed forests at different stages of recovery after clear-cutting. The test site is characterised by diverse natural conditions and high soil variability, which leads to substantial variation in carbon stocks in organic (2.5–440 tC/ha) and mineral soil horizons (27–104 tC/ha). Despite forming under similar conditions, soils in managed forests also show a wide range of carbon stock values in the litter layer (0–63 t/ha) and mineral horizons (10–70 tC/ha). This variation is attributed to anthropogenic factors, such as the absence of litter, disturbed soil horizons, and charcoal inclusions.

ОЦЕНКА ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ПОЧВ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В ПЕРИОД С УСТОЙЧИВЫМ СНЕЖНЫМ ПОКРОВОМ

Н.С. Рябов

ESTIMATION OF SOIL CARBON DIOXIDE EMISSION IN NORTHERN TAIGA FORESTS DURING THE SNOW COVER PERIOD

N.S. Ryabov

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты,
Россия; n.gyabov@ksc.ru

Необходимость исследований в таежных лесах Мурманской области дыхания почв обусловлена слабой изученностью, а также длительным холодным периодом со снежным покровом, учет которого необходим при оценках этой важной компоненты углеродного цикла.

Был оценен поток CO_2 из почв северотаежных лесов в период с отрицательными среднемесячными температурами воздуха (ноябрь 2024 г. – апрель 2025 г.). Исследования проводились на юго-западе Мурманской области методом закрытых камер с помощью инфракрасного газоанализатора VENTPro. Камеры устанавливались под и между кронами (ПК и МК) в двукратной повторности.

В ельнике кустарничково-зеленомошном и сосняке кустарничково-лишайниковом суммарный поток почвенного CO_2 за исследуемый период составил 50% от потока за летние месяцы, что можно объяснить частыми оттепелями в течение периода исследований. В ельнике дыхание почв ПК всегда (до 5.5 раз) выше, чем МК. В сосняке строгой закономерности отмечено не было.

Исследование выполнено в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

The need for studies of soil respiration in taiga forests of the Murmansk Region is due to the poorly studied soil respiration, as well as a long cold period with snow cover, which is necessary to take into account when estimating this important component of the carbon cycle.

The CO₂ flux from soils of north taiga forests during the period with negative mean monthly air temperatures (November 2024 - April 2025) was estimated. The studies were carried out in the area of Alakurtti using the closed chamber method with a VENTPro infrared gas analyser. The chambers were installed below and between crowns (BC and BWC) in a twofold repetition.

In spruce dwarf shrub-moss and pine dwarf shrub-lichen forest, the total soil CO₂ flux during the study period was 50% of the flux during the summer months, which can be explained by frequent thaws during the study period. In spruce forest, BC soil respiration is always (up to 5.5 times) higher than BWC. No strict regularity was observed in the pine forest.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance «Unified national monitoring system for climatically active substances».

**ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ
РАКОВИННЫХ АМЁБ И ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**
М. С. Парамонов¹, А. Н. Цыганов¹, Д. Г. Иванов², Е. А. Шуйская³, Е.
Д. Лапшина⁴, Е. А. Заров⁴, Н. Г. Мазей¹, Ю. А. Мазей¹

**THE RELATIONSHIP BETWEEN THE STRUCTURE
OF TESTATE AMOEBA ASSEMBLAGES
AND GREENHOUSE GAS EMISSION**
M. S. Paramonov¹, A. N. Tsyganov¹, D. G. Ivanov², E. A. Shuiskaya³, E.
D. Lapshina⁴, E. A. Zarov⁴, N. G. Mazei¹, Yu. A. Mazei¹

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия; paramis00@mail.ru

²Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия

³Центрально-Лесной государственной природный биосферный
заповедник, Россия

⁴Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

Эмиссия парниковых газов в болотных экосистемах в значительной степени определяется функционированием детритных пищевых цепей, в которых важную роль играют раковинные амёбы.

Для изучения связи между видовой структурой сообществ раковинных амёб и эмиссией углекислого газа и метана были собраны данные на различных формах нанорельефа в сфагновом болоте «Старосельский мох» на территории Центрально-Лесного государственного заповедника и на станции «Мухрино» Югорского государственного университета.

Видовое богатство раковинных амёб отрицательно коррелировало с эмиссией CO₂ ($p=0,013$) и не коррелировало с эмиссией CH₄. Анализ избыточности указывает на ассоциацию высокой эмиссии CO₂ с сообществами раковинных амёб в более сухих и холодных местообитаниях, а CH₄ – в более влажных и теплых биотопах. Был выявлен ряд видов амёб, в основном фаготрофов, обилие которых значимо коррелирует с эмиссией парниковых газов и которые потенциально могут использоваться в качестве маркеров в палеореконструкциях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 24-14-00065.

Greenhouse gas emissions in mire ecosystems are largely determined by the functioning of detritus food chains, in which testate amoebae play an important role.

To study the relationship between the species structure of testate amoeba assemblages and the emission of carbon dioxide and methane, data were collected on various forms of nanorelief in the Staroselsky Moss sphagnum swamp on the territory of the Central Forest State Reserve and at the Mukhrino station of Yugorsky State University.

The species richness of testate amoebae correlated negatively with CO₂ emissions ($p=0.013$) and did not correlate with CH₄ emissions. Redundancy analysis indicates an association of high CO₂ emissions with conch amoeba communities in drier and colder habitats and CH₄ in wetter and warmer biotopes. There were also revealed several amoeba species which were correlated with greenhouse gas emissions and can potentially be used as markers in paleoreconstructions.

The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant No. 24-14-00065.

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. А. Сухарева, Д. А. Живов, В. В. Ершов, Е. А. Иванова, Н. С. Рябов

SOIL-ECOLOGICAL MONITORING OF CARBON CONTENT AND STOCKS OF THE NORTH TAIGA FORESTS OF THE MURMANSK REGION (RUSSIA)

T. A. Sukhareva, D. A. Zhivov, V. V. Ershov, E. A. Ivanova, N. S. Ryabov

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты,
Россия; t.sukhareva@ksc.ru

Данные по запасам углерода в почвах – важнейшая составляющая баланса углерода в лесных экосистемах. Исследования пулов углерода в почвах имеют особую значимость в связи с изменением климата и антропогенными воздействиями. Получены новые данные о пространственной динамике углерода в почвах северотаежных лесов, формирующихся в естественных условиях и под влиянием аэротехногенного загрязнения в индустриально развитом регионе (Мурманская область). Показано варьирование запасов почвенного углерода в подстилке и минеральных слоях 0-10, 0-30 и 0-100 см с учетом выделенных доминирующих элементов растительной мозаики. Выявлено, что на фоновых территориях и в процессе техногенной дигрессии хвойных лесов содержание и запасы углерода в почвах характеризуются значительным варьированием. Различия обусловлены типом биогеоценоза, положением в рельефе, качеством растительного материала, который формируют органогенный горизонт почвы, а также степенью антропогенной трансформации растительного сообщества.

Исследование выполнено в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Data on carbon stocks in soils is an essential component of the carbon balance in forest ecosystems. Studies of carbon pools in soils are of particular importance due to climate change and anthropogenic impacts. New data have been obtained on the spatial dynamics of carbon

in the soils of North taiga forests formed under natural conditions and under the influence of aerotechnogenic pollution in an industrially developed region (Murmansk Region). The variation of soil carbon reserves in the litter layer and mineral soil layers of 0-10, 0-30, and 0-100 cm is shown, taking into account the identified dominant elements of the plant mosaic. It was revealed that in the background territories and in the process of technogenic digression of coniferous forests, the carbon content and stocks in soils are characterised by significant variation. The differences are due to the type of biogeocenosis, the position in the relief, the quality of the plant material that forms the organogenic soil horizon, as well as the degree of anthropogenic transformation of the plant community.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance «Unified national monitoring system for climatically active substances».

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА ИЗ ПОЧВ СУХОСТЕНОЙ ЗОНЫ

Е. П. Тимофеев¹, В. И. Емельяненко¹

METHODS AND RESULTS OF ASSESSMENT OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM SOILS OF THE DRYWALLED ZONE

E. P. Timofeev¹, V. I. Emelyanenko¹

Федеральный научный центр агроэкологии Российской академии наук,
г. Волгоград, Россия; timofeev-e@vfanc.ru, emelyanenko-v@vfanc.ru

Мониторинг почвенной эмиссии CO₂ проводился с использованием автоматизированной системы газоанализа на базе инфракрасных лазерных газоанализаторов (LI-7810) в сочетании с замкнутой камерной системой (8 камер LI-8200-104) и мультиплексором LI-8250 для последовательного сканирования точек отбора проб. Помимо концентраций CO₂, CH₄ и H₂O, система регистрировала термогидрологические параметры почвы с помощью датчиков TEROS 12, интегрированных в каждую камеру. Пространственная схема

размещения измерительных модулей (площадь 15×15 м) обеспечивала репрезентативность данных с учетом микромасштабной неоднородности почвенного покрова.

Измерения выполнялись в непрерывном режиме с 4-часовым интервалом, что за год наблюдений формировало массив из 50 000 независимых замеров. Такой подход позволил минимизировать погрешность, связанную с суточной и сезонной динамикой эмиссии, а также установить статистически значимые корреляции между выбросами CO₂ и параметрами среды в условиях сухой степи.

Для математического моделирования динамики почвенной эмиссии CO₂ использовалось специализированное программное обеспечение SoilFluxPro, позволяющее аппроксимировать экспериментальные данные двумя альтернативными моделями:

- линейной (предполагающей постоянную скорость газообмена);
- экспоненциальной (учитывающей нелинейные эффекты накопления газа в камере).

Критерием выбора оптимальной модели служили:

1. Коэффициент детерминации (R^2) > 0,9, гарантирующий высокую степень соответствия модели реальным данным.
2. Коэффициент вариации (CV) < 10%, что свидетельствует о низком уровне шума и воспроизводимости измерений.

Статистический анализ проводился автоматически для каждого из ~50 000 измерений, что исключило субъективность интерпретации. В результате для сухостепных почв была подтверждена доминирующая роль экспоненциальной модели, отражающей зависимость эмиссии от времени экспозиции камеры. Это согласуется с теорией диффузии газов в пористых средах и подчеркивает важность корректного выбора математического аппарата при обработке камерных данных.

Исследование выполнено в рамках проекта «Теоретические основы и методология оценки баланса парниковых газов на пресноводных водоемах в засушливых условиях юга России» (FNFE-2025-0012).

Monitoring of soil CO₂ emissions was carried out using an automated gas analysis system based on infrared laser gas analysers (LI-7810) combined with a closed-chamber system (8 LI-8200-104 chambers) and an LI-8250 multiplexer for sequential scanning of

sampling points. In addition to CO₂, CH₄, and H₂O concentrations, the system recorded soil thermohydrological parameters using TEROS 12 sensors integrated into each chamber. The spatial arrangement of the measurement modules (15×15 m area) ensured data representativeness, accounting for microscale soil cover heterogeneity.

Measurements were conducted continuously at 4-hour intervals, resulting in a dataset of 50,000 independent measurements over one year of observations. This approach minimised errors associated with diurnal and seasonal emission dynamics and established statistically significant correlations between CO₂ emissions and environmental parameters in a dry steppe ecosystem.

For mathematical modelling of soil CO₂ emission dynamics, specialised software SoilFluxPro was used, enabling the approximation of experimental data with two alternative models:

- Linear (assuming a constant gas exchange rate);
- Exponential (accounting for nonlinear gas accumulation effects in the chamber).

The optimal model was selected based on the following criteria:

1. Coefficient of determination (R^2) > 0,9, ensuring a high degree of model fit to the real data.
2. Coefficient of variation (CV) < 10%, indicating low noise levels and measurement reproducibility.

Statistical analysis was performed automatically for each of the ~50,000 measurements, eliminating subjective interpretation. As a result, the exponential model was confirmed as dominant for dry-steppe soils, reflecting the dependence of emissions on chamber exposure time. This aligns with the theory of gas diffusion in porous media and underscores the importance of selecting the correct mathematical approach when processing chamber data.

The study was carried out within the framework of Theoretical Foundations and Methodology for Assessing the Greenhouse Gas Balance in Freshwater Bodies in Arid Conditions of Southern Russia (FNFE-2025-0012).

ПРОВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА ВТОРИЧНО ОБВОДНЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

К. Л. Шахматов

MONITORING OF REWETTED PEATLANDS IN CENTRAL PART OF RUSSIA

K. L. Shakhmatov

Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия;
krl81@list.ru

Торфяные болота играют важную роль во многих аспектах функционирования наземных экосистем, выполняя более 20 природных функций. Их осушение для различных целей приводит к нарушению выполнения этих функций, катастрофической пожарной опасности, утрате биоразнообразия, а также потере углерода торфа. В период 2011-2022 гг. в ряде регионов России реализовывался международный проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата».

С 2017 года проводятся регулярные работы по изучению динамики как биотических, так и абиотических факторов. Площадки заложены в разные периоды времени после реализации проекта вторичного обводнения. Программа мониторинговых работ включает в себя следующие направления:

1. сбор данных о первоначальном состоянии торфяника;
2. сбор и анализ данных дистанционного зондирования земли на исследуемый участок в максимально доступный исторический период времени;
3. анализ данных о количестве пожаров на исследуемой территории;
4. проведение полевых исследований, в том числе: описание пространственной структуры площадки, определение остаточной мощности торфа и его основных характеристик; определение уровня болотных вод и характеристик воды; определение температуры торфа через каждые 5 см до глубины 30 см; описание.

Таким образом, регулярный мониторинг позволяет анализировать тенденций на нарушенных торфяниках, с большей вероятностью

прогнозировать сукцессионные процессы и, как следствие, изменение потоков парниковых газов. Это может эффективно использоваться при реализации Климатических проектов.

Peatlands play an important role in many aspects of terrestrial ecosystem functioning, performing more than 20 natural functions. Their drainage for various purposes leads to disruption of these functions, catastrophic fire hazard, loss of biodiversity, and loss of peat carbon. In the period 2011-2022, the international project "Restoration of peatlands in Russia to prevent fires and mitigate climate change" was implemented in a number of regions of Russia.

Since 2017, regular work has been carried out to study the dynamics of both biotic and abiotic factors. The sites were laid out at different periods of time after the implementation of the rewetting projects. The monitoring programme includes the following areas:

1. collecting data on the initial state of the peatland;
2. collecting and analysing remote sensing data on the study area in the maximum available historical period of time;
3. analysing data on the number of fires in the study area;
4. conducting field studies, including: description of the spatial structure of the site, determination of the residual peat depth and its main characteristics; determination of the peat water level and water characteristics; determination of peat temperature every 5 cm to a depth of 30 cm; vegetation description.

Thus, regular monitoring allows us to analyse trends in disturbed peatlands with a greater probability of predicting succession processes and, as a result, changes in greenhouse gas flows. This can be effectively used in the implementation of climate projects.

ЗАПАСЫ ФИТОМАССЫ И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ГОРНО-ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВАХ ХИБИН

Н. Ю. Шмакова, О. В. Ермолаева, Е. И. Копейна, Д. А. Давыдов

THE STOCKS OF PHYTOMASS AND ORGANIC CARBON IN MOUNTAIN-TUNDRA COMMUNITIES OF Khibiny

N. Yu. Shmakova, O. V. Ermolaeva, E. I. Kopeina, D. A. Davydov

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ
РАН, г. Кировск, Россия; shmanatalya@yandex.ru

Оценены запасы фитомассы и углерода в двух сообществах горной тундры Хибин. Надземная фитомасса кустарничкового сообщества составила в среднем 908 г/м^2 , что в 1,5 раза больше, чем в лишайниковом (622 г/м^2). Годичная продукция в кустарничковом сообществе выше в 2,2 раза (128 и 59 г/м^2), а подземная масса – в 1,4 раза (1383 и 969 г/м^2). Содержание углерода в растениях составляет 41–56% на а.с.в. Кустарничковые сообщества аккумулируют в 1,5 раза больше углерода, чем лишайниковые (440 и 287 г С/м^2). Долгосрочный мониторинг на одних и тех площадках показал, что, достоверных отличий в запасах надземной фитомассы и видовом составе доминантов в обоих сообществах не выявлено, несмотря на увеличение среднегодовой температуры. Изменения отмечены только в кустарничковом сообществе в доленом участии доминантов, снижении массы листопадных кустарничков и лишайников и в увеличении массы вечнозеленых кустарничков. Результаты свидетельствуют об устойчивости горно-тундровой экосистемы Хибин в условиях потепления климата.

Исследование выполнено в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

The stocks of phytomass and carbon in two communities of the Khibiny mountain tundra were estimated. The aboveground phytomass of the dwarf shrub community averaged 908 g/m^2 , which is 1,5 times higher than in the lichen community (622 g/m^2). The annual production

in the dwarf shrub community is 2,2 times higher (128 and 59 g/m²), and the underground mass is 1,4 times higher (1383 and 969 g/m²). The carbon content in plants is 41–56% on dry-weight basis. Dwarf shrub community accumulate 1,5 times more carbon than lichen community (440 and 287 g C/m²). Long-term monitoring at the same sites showed that no reliable differences in the stocks of aboveground phytomass and the species composition of dominants were found in both communities, despite the increase in average annual temperature. Changes were noted only in the dwarf shrub community in the shared participation of dominants, a decrease in the mass of deciduous shrubs and lichens, and an increase in the mass of evergreen shrubs. The results indicate the stability of the mountain-tundra ecosystem of Khibiny in the context of climate warming.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance, «Unified national monitoring system for climatically active substances».

ЭМИССИЯ CO₂ ИЗ ПОДЗЕМНОЙ СФЕРЫ РАЗНЫХ ТИПОВ ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Н. Ю. Шмакова, О. В. Ермолаева, Е. И. Копейна, Д. А. Давыдов

CO₂ EMISSION FROM THE UNDERGROUND SPHERE OF DIFFERENT TYPES OF TUNDRA COMMUNITIES OF THE KOLA PENINSULA

N. Yu. Shmakova, O. V. Ermolaeva, E. I. Kopeina, D. A. Davydov

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, г. Кировск, Россия; shmanatalya@yandex.ru

Дыхание почвы – один из основных потоков в глобальном цикле углерода. Недостаточность данных для горной тундры определяет актуальность мониторинговых исследований. Интенсивность дыхания почвы измеряли (PP Systems, модель EGM-5) в сообществах горной (кустарничковое, лишайниковое) и зональной (лишайниковое) тундры Кольского полуострова. Общий поток CO₂ за вегетацию в горной тундре в кустарничковом сообществе составил 237, в лишайниковом –

125, в зональной тундре – 146 г C/m²/лето. Суточная интенсивность дыхания почвы в лишайниковых сообществах находится в диапазоне 0,7–1,5, в кустарничковом — 1,5–2,3 г C/m²/сутки. В зависимости от сочетания метеофакторов (температура и влажность воздуха) наибольшие величины дыхания отмечены в августе–июле. В сентябре интенсивность дыхания почвы во всех сообществах не превышала 0,8 г C/m²/сутки. Корреляции дыхания почвы с температурой и влажностью почвы на глубине 5 см не выявлено. Температура почвы на глубине 5 см в лишайниковых сообществах на 2°C выше, чем в кустарничковых.

Исследование выполнено в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Soil respiration is one of the main fluxes in the global carbon cycle. Insufficient data for the mountain tundra determines the relevance of monitoring studies. The intensity of soil respiration was measured (PP Systems, model EGM-5) in the communities of the mountain (dwarf shrub, lichen) and zonal (lichen) tundra of the Kola Peninsula. The total CO₂ flux during the growing season in the mountain tundra in the dwarf shrub community was 237, in the lichen community – 125, in the zonal tundra – 146 g C/m²/summer. The daily intensity of soil respiration in lichen communities is in the range of 0,7–1,5, in the dwarf shrub community it is 1,5–2,3 g C/m²/day. Depending on the combination of meteorological factors (air temperature and humidity), the highest respiration values were noted in August–July. In September, the soil respiration intensity in all communities did not exceed 0,8 g C/m²/per day. There was no correlation between soil respiration and soil temperature and humidity at a depth of 5 cm. The soil temperature at a depth of 5 cm in lichen communities is 2°C higher than in dwarf shrub communities.

The research was carried out as part of the most important innovative project of national importance, «Unified national monitoring system for climatically active substances».

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ДЫХАНИЯ В ПРИСТВОЛЬНОМ И МЕЖКРОНОВОМ ПРОСТРАНСТВАХ ПРИПОСЕЛКОВЫХ КЕДРОВНИКОВ ЮЖНО-ТАЁЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. Е. Зеленцова, Е. А. Дюкарев

CO₂ EMISSION FROM THE UNDERGROUND SPHERE OF DIFFERENT TYPES OF TUNDRA COMMUNITIES OF THE KOLA PENINSULA COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SOIL RESPIRATION IN THE TRUNK AND INTER-CROWN SPACES OF NEAR-VILLAGE CEDAR FORESTS OF THE SOUTHERN TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

А. Е. Zelentsova, Е. А. Dyukarev

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, Россия; nastya_zel@mail.ru

Исследования проводились в кедровом древостое припоселкового типа. Климат континентальный, сумма активных температур выше 10°C составила 2093.9°C. Почвы относятся к типу темно-серых лесных, рН 5.5-6.1. Доля корней на глубине 1-11 см составила 1.8% от массы почвы. Содержание валового органического углерода в подстилке 35.7%, в верхнем минеральном горизонте – 11.6%. Измерения величины почвенного дыхания проводились с помощью газового анализатора LI-8100А.

Основные результаты и выводы:

- Среднее за сезон почвенное дыхание составило 0.23 г СО₂/м²·ч в межкрене и 0.32 г СО₂/м²·ч в приствольной части;
- Наибольшая скорость выделения углекислого газа из почв зафиксирована в конце июля и составила 0.48 г СО₂/м²·ч;
- Основным фактором, влияющим на дыхание почвы, является температура поверхности почвы;
- У ствола эмиссия СО₂ показывает значимые корреляционные связи с почвенной влажностью, а в межкрене с ФАР.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН (FWRG-2025-0002).

The research was carried out in a cedar stand of the village type. The climate is continental, the sum of active temperatures above 10°C was 2093.9°C. The soils are of the dark gray forest type, pH 5.5-6.1. The proportion of roots at a depth of 1-11 cm was 1.82% of the soil mass. The content of gross organic carbon in the litter is 35.71%, in the upper mineral horizon – 11.62%. Measurements of soil respiration were carried out using a LI-8100A gas analyzer.

Conclusions:

- The average seasonal soil respiration was 0.23 g CO₂/m²·h in the inter-crown and 0.32 g CO₂/m²·h in the trunk part;
- The highest rate of carbon dioxide release from soils was recorded at the end of July and amounted to 0.48 g CO₂/m²·h;
- The main factor influencing soil respiration is the temperature of the soil surface;
- In the trunk, CO₂ emissions show significant correlations with soil moisture, and in the inter-crown with headlights.

The work was performed within the framework of the state assignment of IMCES SB RAS (FWRG-2025-0002).

**ОПИСАНИЕ ЭКСКУРСИЙ
С КРАТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ
БИОГЕОЦЕНОЗОВ**

**DESCRIPTION OF EXCURSIONS
WITH A BRIEF OVERVIEW
OF BIOGEOCENOSES**

Экскурсия: «ЛЕС, ЧТО ГИБНЕТ ЗА МЕТАЛЛ»

Организатор: **Институт проблем промышленной экологии
Севера КНЦ РАН**

Авторы: **Т. А. Сухарева, В. В. Ершов, Л. Г. Исаева,
И. М. Штабровская, Е. А. Иванова,
Д. А. Живов, Н. С. Рябов**

Excursion: **"THE FOREST THAT DIES FOR METAL"**

Organizer: **Institute of Industrial Ecology of the North,
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences**

Authors: **T. A. Sukhareva, V. V. Ershov, L. G. Isaeva,
I. M. Shtabrovskaya, E. A. Ivanova, D. A. Zhivov,
N. S. Ryabov**

Описание экскурсии

Посещение научно-познавательной экскурсии «Лес, что гибнет за металл» – это уникальная возможность посмотреть реакцию лесных биогеоценозов на воздушное промышленное загрязнение, познакомиться с различным оборудованием для проведения многолетнего мониторинга, увидеть один из крупнейших в Северной Европе медно-никелевый комбинат «Североникель» (г. Мончегорск).

Краткая информация

Мурманская область – одна из самых индустриально развитых и урбанизированных территорий российской Арктики, имеет крупные центры горнодобывающей, горноперерабатывающей и металлургической промышленности, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. В регионе более восьмидесяти лет лесные экосистемы подвергаются интенсивному воздействию воздушного промышленного загрязнения на значительных территориях со стороны медно-никелевых комбинатов АО «Кольская ГМК».

Сотрудники Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН с 1990 г. проводят теоретические и экспериментальные

исследования северотаёжных лесов под воздействием природных и техногенных факторов. В их основе лежат фундаментальные разработки по изучению элементарных биогеохимических процессов, типов состояния бореальных экосистем, взаимодействия кислотных осадков и лесных биогеоценозов. В 1990 г. на территории Мурманской области была создана сеть пробных площадей биогеохимического мониторинга, на которой проводятся регулярные наблюдения. и в настоящее время включает 15 мониторинговых станций.

Пробные площади расположены по градиенту загрязнения от медно-никелевых комбинатов «Североникель» и «Печенганикель», на разных стадиях техногенной дигрессии северотаежных лесов: фон, дефолирующие леса, техногенные редколесья и пустоши.

Медно-никелевый комбинат «Североникель», расположен в центральной части Мурманской области (г. Мончегорск). Основными поллютантами, оказывающими влияние на функционирование лесных биогеоценозов, являются диоксид серы и полиметаллическая пыль, содержащая тяжелые цветные металлы: никель, медь, кобальт, кадмий, свинец и др. Длительное воздействие поллютантов привело к деградации лесных экосистем, в том числе изменению циклов углерода, азота и других элементов.

Выброс поллютантов в атмосферу и сброс в водные объекты оказывает негативное влияние на природные экосистемы. В 1991 г. выбросы SO_2 в среднем превышали 196 тыс. тонн/год, в последние годы они заметно уменьшились вследствие сокращения производства и модернизацией технологии очистки и в 2022 г. составляли 13 тыс. тонн/год. За период с 1991 по 2022 гг. выбросы никеля снизились с 2660 до 8 тонн в год; меди – с 1739 до 61 (по данным АО «Кольская ГМК»).



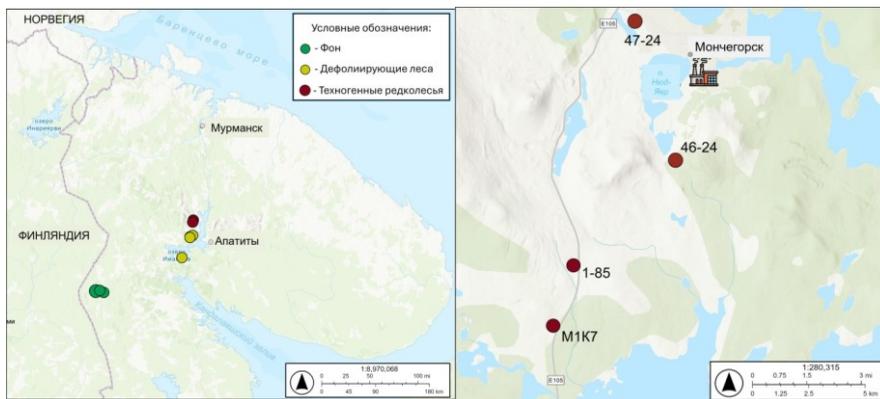
Медно-никелевый комбинат «Североникель»



Техногенная пустошь в районе воздействия комбината «Североникель», 2024 г.

В районе исследований летом преобладают ветры южных и юго-западных направлений, а зимой – северо-западных направлений.

Пробные площади расположены на различном удалении от комбината «Североникель»: техногенное редколесье находится в 7–10 км, дефолирующие леса в 28–31 км, фоновая территория в более чем 150 км от источника загрязнения.



Общее расположение мониторинговых площадей (слева).
 Мониторинговые площадки, расположенные вблизи комбината
 «Североникель» (справа)

Фоновые площадки отражают региональный фон района исследований и соответствуют всем критериям для контрольных площадок, которые рекомендуются международной программой ICP Forests. Объектами исследования служат атмосферные выпадения, растительность, почвы и почвенные воды в еловых и сосновых лесах.

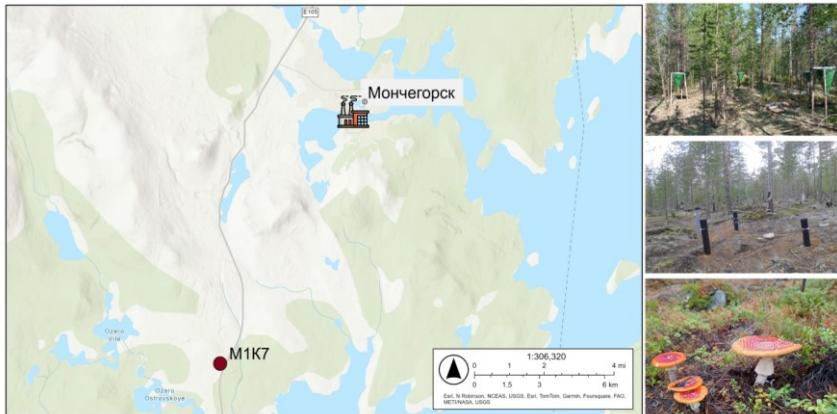
Характеристика биогеоценозов

Участникам экскурсии будут показаны лесные экосистемы, наиболее подвергшиеся действию аэротехногенного загрязнения, на примере сосновых и еловых техногенных редколесий в зоне воздействия комбината «Североникель».

Сосновое кустарничковое редколесье находится в окрестностях р. Вите, относящейся к водосборному бассейну второго порядка оз. Бабинская Имандра и бассейну Белого моря. Район исследований определяет ландшафт таежной провинции: Приозерный Куласозеро-Имандровский ландшафт приозерных равнин, низких варак, единичных тунтури и грядово- и кочковато-мочажинных болот. Сосновое кустарничковое редколесье находится в лесном фонде Мончегорского лесничества, Мончегорского участкового лесничества, насаждение повреждено промвыбросами комбината «Североникель». Древоростой

представлен сосной и единичной березой, покрытие древостоем от 15 до 60%. Состав древостоя 10С +Б. Средняя полнота – 0.3. Средний возраст сосны 80-120 лет. Средние высота живой сосны – 7.1 м, диаметр – 10.9 см, березы – 6.2 м и 10.6 см. Много сухостойных и буреломных деревьев сосны. Погибший подрост сосны составляет 11% от общего количества соснового подростка. Подлесок редкий, состоит из можжевельника сибирского, ивы козьей и ивы филиколистной.

Покровителем травяно-кустарничкового яруса – 10-20 %, доминирующие виды из кустарничков: *Empetrum hermaphroditum* и *Vaccinium myrtillus*, реже отмечены *Vaccinium vitis-idaea* и *Ledum palustre*, встречается *Calluna vulgaris*; из травянистых растений выделяются *Avenella flexuosa* и *Diphysastrum complanatum*., встречаются *Chamaenerion angustifolium* и *Linnaea borealis*. Покровителем мохового яруса 3-5 %, ярус представлен мхами *Ceratodon purpureus* и р. *Dicranum*. Покровителем лишайникового яруса составляет от 5 до 15 %, ярус представлен в основном лишайниками *Trapeliopsis granulosa* и *Cladonia deformis*. Преобладающий тип почв – иллювиально-железистые подзолы (Rustic podzol).

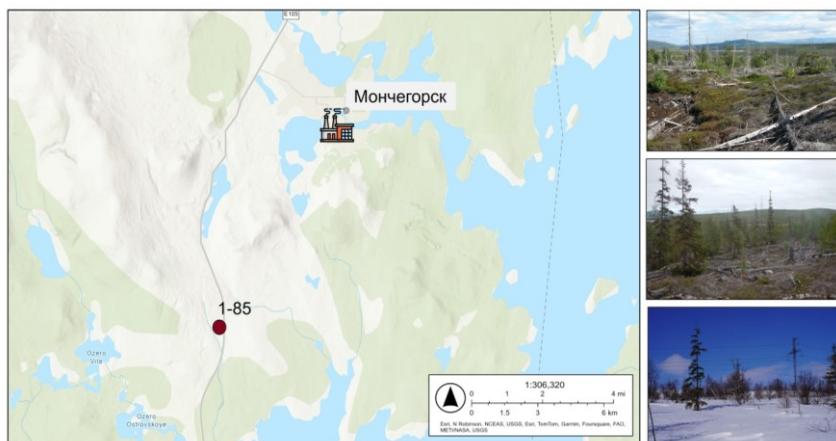


Техногенное сосновое редколесье, 10 км от комбината «Североникель»

Елово-березовое толокнянково-вороничное редколесье находится на небольшом всхолмлении в бассейне оз. Имандра, относящейся к водосборному бассейну Белого моря. Район

исследований определяет ландшафт таежной провинции: Приозерный Куласозеро-Имандровский ландшафт приозерных равнин, низких варак, единичных тунтури и грядово- и кочковато-мочажинных болот. Елово-березовое вороничное редколесье в лесном фонде Мончегорского лесничества, Мончегорского участкового лесничества. Насаждение повреждено промвыбросами комбината «Североникель». Завалуненность от 1 до 8%. Состав древостоя 7Б3Е ед. С. Средняя полнота – 0.2. Древостой представлен елью и березой, единично отмечена сосна, покрытие древостоем варьирует от 5 до 30% учетной площади. Средний возраст ели 100-120 лет. Подрост представлен елью, сосной и березой. В подлеске – можжевельник. Покрытие травяно-кустарничковым ярусом – 10-30%, доминируют кустарнички *Empetrum hermaphroditum*, реже *Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum palustre*, *Arctostaphylos uva-ursi*, встречаются *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium uliginosum*; из травянистых растений преобладает *Avenella flexuosa*, отмечен *Equisetum sylvaticum*. Мохово-лишайниковый ярус, покрытие от 5 до 15%, доминант *Ceratodon purpureus*, реже *Trapeliopsis granulosa*.

Много ветровальных и буреломных деревьев. Территория пройдена рубками и пожарами. Преобладающий тип почв - иллювиально-гумусовые подзолы (Carbic Podzols).



Техногенное елово-березовое редколесье,
7 км от комбината «Североникель»

На стационарных площадях в техногенных редколесьях участникам экскурсии продемонстрируют полевое оборудование, которое используется при проведении многолетних наблюдений (осадкоприемники, опадоуловители, приемники почвенных вод, камеры и приборы для измерения температуры, влажности, эмиссии CO₂ из почв).

Участников экскурсии ожидает посещение г. Мончегорска и комбината «Североникель», по пути можно будет увидеть техногенные пустоши и участки их восстановления (посадки лиственных деревьев).

Что взять с собой?

На экскурсию необходимо взять:

- полевую одежду, дождевики;
- резиновые сапоги или непромокаемую трекинговую обувь;
- паспорт;
- и, конечно, – хорошее настроение!

Экспедиция: **«ГОРНО-ТУНДРОВЫЕ СООБЩЕСТВА ХИБИН»**

Организатор: **Полярно-альпийский ботанический сад-институт
КНЦ РАН**

Авторы: **Д. А. Давыдов, Е. И. Копейна, Н. Ю. Шмакова,
Е. А. Боровичев**

Excursion: **«MOUNTAIN TUNDRA COMMUNITIES
OF THE Khibiny Mts»**

Organizer: **Polar-Alpine Botanical Garden-Institute,
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences**

Authors: **D. A. Davydov, E. I. Kopeina, N. Yu. Shmakova,
E. A. Borovichev**

Описание экскурсии

Посещение научно-познавательной экскурсии «**Горно-тундровые сообщества Хибин**» позволит вам познакомиться с типичными биогеоценозами тундры, характерными для гор Фенноскандии и южных (гипоарктических) тундр европейской Субарктики. Полярно-альпийский ботанический сад – первый в мире ботанический сад за полярным кругом и одно из старейших подразделений Кольского научного центра РАН (1931 г.). Наряду с поддержанием, изучением и пополнением коллекций, институт проводит научно-исследовательские работы по приоритетным направлениям развития науки и техники Российской Федерации. Основной деятельностью ПАБСИ являются интродукция и акклиматизация растений; изучение флоры и растительности Мурманской области и других арктических и горных территорий – Кавказа, Алтая, Урала, Шпицбергена; разработка научных основ охраны природы; подбор ассортимента для комнатного и городского озеленения и цветоводства в условиях Заполярья; разработка биологических способов борьбы с вредителями; популяризация научных знаний и экологическое просвещение населения. Важнейшим направлением научного поиска в ботаническом саду с первых дней его существования является

изучение особенностей фотосинтеза, газообмена, продуктивности арктических растений и их сообществ и исследование почвенного покрова и процессов почвообразования, разработка методов повышения плодородия почв

Предлагаемые для знакомства пробные площади расположены вдоль Экологической тропы (тропа Географов) в пределах горно-тундрового пояса в Ботаническом цирке горы Вудьяврчорр. За время подъема по склону горы мы с вами получим представление о разнообразии растительных сообществ, встречающихся на территории Мурманской области.

Коллекции Ботанического сада находятся на двух площадках: основная территория расположена в Хибинах, недалеко от Кировска, а Экспериментальный участок – рядом с Апатитами. При том, что расстояние между кластерами всего около 30 км, среднегодовая температура на питомниках в Хибинах на 2-3 градуса ниже, чем на Экспериментальном участке, а снежный покров сходит на 2-3 недели позже. Поэтому дендрологическая коллекция Экспериментального участка находится в более благоприятных условиях и представлена большим разнообразием видов и сортов. Здесь же расположен полигон по изучению почвенных конструкций с использованием субстратов, доступных в регионе, для создания устойчивого декоративных газонов в условиях Крайнего Севера. В качестве таких субстратов используются торф, песок, отходы промышленных производств и техногенный грунт. Основное внимание уделяется оценке почвенной эмиссии углекислого газа, осуществляемой как в летний, так и в зимний периоды.

Краткая информация

Экосистемы тундры являются одними из самых значимых наземных биомов с точки зрения общих пулов углерода, что достигается за счет чрезвычайно медленных темпов разложения растительных остатков. На единицу площади сообщества тундровой зоны накапливают наибольшее количество углерода в почве с минимальными показателями первичной продукции среди всех наземных экосистем.

В Мурманской области тундровые сообщества встречаются как на равнинной части, так и в горных массивах. Тундровые сообщества Хибинского горного массива являются типичными для горно-тундровых экосистем Субарктики.

Предлагаемые для знакомства пробные площади расположены в пределах горно-тундрового пояса в Ботаническом цирке горы Вудъяврчорр. Цирк слагается хорошо выраженной седловиной, окруженной выпуклыми покатыми, сильнопокатыми, крутыми и очень крутыми склонами, с максимальным уклоном до 30–40°, которые сформировались во время оледенения четвертичного периода. Рельеф полигона представляет собой куполообразные выходы коренных обнажений и седловину со значительным содержанием валунного материала. Пробные площади занимают положение на склонах крутизной от 5 до 30°.

В Хибинах, как и в остальных горах Мурманской области, снизу вверх друг друга сменяют пояс хвойных (северо-таежных) лесов, березовых криволесий, тундр и гольцовых пустынь, что отражает и широтную зональность на Кольском полуострове. Границы между поясами, как правило, нерезкие, и фрагменты, например, березовых криволесий, вполне могут быть встречены в благоприятных местообитаниях в горно-тундровом поясе. При этом растительные пояса в Хибинах как бы «сжаты» по вертикали. На северо-восточном отроге горы Вудъяврчорр от лесного пояса до пояса гольцовых пустынь можно добраться всего за 2-3 часа.

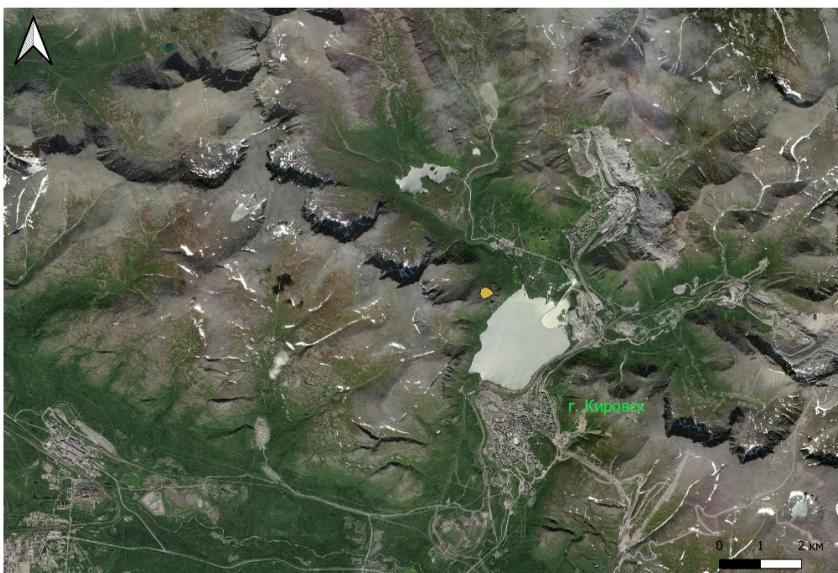
Отправной точкой формирования растительного покрова на территории области можно считать таяние и отступление ледника, когда растения постепенно занимали освобождающиеся территории. В Хибинах, как и в других горах Фенноскандии, начальные стадии формирования современного растительного покрова проходили в периоды относительно кратковременных потеплений во время последнего, валдайского оледенения, когда на вершинах гор, свободных ото льда, формировался комплекс перигляциальной растительности. Растительные сообщества, следуя за краем тающего ледника, двигались на север и поднимались вверх по горным склонам.

В периоды похолоданий происходил рост горных ледников Хибин, они впоследствии смыкались с основным Скандинавским ледниковым щитом, растительные сообщества отступали, снижалась верхняя граница леса, а наиболее «стойкие» виды из напочвенного лесного покрова оставались в составе перигляциального растительного комплекса.

В наиболее теплый период, 7800–4500 л. н., происходило продвижение на север и вверх по горным склонам хвойных (сосновых) лесов с примесью березы, при сохранении большой площади пояса березовых лесов. Доля тундрового пояса постепенно уменьшалась.

В период с 2500 л. н. по настоящее время чередовались периоды потепления и похолодания. Так, во время средневекового термического оптимума верхняя граница леса поднималась на 100–200 м выше современного её уровня. Тогда и установился близкий к современному состав растительных сообществ в горах: северо-таежные еловые и сосновые леса с примесью березы сменялись вверх по склону березовыми криволесьями, а затем – тундрами и гольцовыми пустынями.

В настоящий момент климат территории характеризуется как арктически-умеренный, морской с влиянием ветви теплого течения Гольфстрим. Хибинские горы составляют отдельный климатический район, для которого характерно большое воздействие на климат циркуляционных факторов атмосферы, возрастающая с высотой сумма осадков и большая роль ветров в их перераспределении, особенно в зимний период. По многолетним данным средняя месячная температура воздуха составляет: в июне +5,0, в июле +8,8, в августе +7,5, в сентябре +2,0°C, в январе-феврале -12,3-12,6°C. Средняя годовая величина относительной влажности достигает 75 – 80%. Годовые суммы осадков в горных районах, превышают 900 мм. Продолжительность теплого периода 170 дней. Вегетационный период продолжается около 100-105 дней, безморозный период – в среднем 88 дней.



Расположение полигона для изучения параметров первичной продуктивности и основных составляющих цикла углерода в биогеоценозах горных тундр Кольской Субарктики

Характеристика биогеоценозов

Горно-тундровый пояс занимает 20% от всей площади Хибинского горного массива и наиболее разнообразен по составу растительных сообществ.

В тундровом поясе растения существуют в суровых и контрастных экологических условиях, которые определяются в основном ветровым перераспределением снежного покрова. Полигоны заложены в наиболее характерных для горной тундры типах сообществ – кустарничково-лишайниковых на выходах коренных пород и кустарничковых, расположенных в понижениях рельефа.

Кустарничково-лишайниковые сообщества расположены на повышенных элементах микро- и мезорельефа (на выходах коренных пород, куполообразных вершинах и склонах моренных холмов) на автоморфных хорошо дренированных почвах со значительным содержанием валунного материала. Они имеют

несомкнутый растительный покров и выраженную горизонтальную мозаичность. Представлены тремя ассоциациями: *Arctostaphylo (alpinae)–Empetretum hermaphroditi* (Zinserling 1935) Koroleva 1994, *Loiseleurio-Diapensietum* (Fries 1913) Nordh. 1943 и *Cetrarietum nivalis* Dahl 1956.



Кустарничково-лишайниковые сообщества Хибин

В напочвенном покрове доминируют кустистые хионофобные лишайники *Flavocetraria nivalis* и *F. cuculata*, *Alectoria nigricans*, *A. ochroleuca*, *Bryocaulon divergens*. Среди сосудистых растений господствующую роль играют вечнозеленые кустарнички *Empetrum hermaphroditum*, *Arctous alpina*, *Arctostaphylos uva-ursi* и *Kalmia procumbens*, которые в условиях ветрового иссушения и коррозии приобретают форму плотной подушки. Высота растительного покрова определяется глубиной снега, поэтому кустарнички (*Betula nana* и

некоторые ивы) принимают простратную форму. Присутствуют мхи, главным образом *Racomitrium lanuginosum*.

На повышенных элементах микрорельефа, где снег в зимний период времени не задерживается, в период снеготаяния поступает меньше влаги растения страдают от ветрового иссушения и корразии, преобладают лишайниковые ковры.

В пониженных элементах микрорельефа распространены ерниково-воронично-лишайниковые и воронично-лишайниковые микрогруппировки. Помимо лишайников встречаются *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus* и *V. uliginosum*.

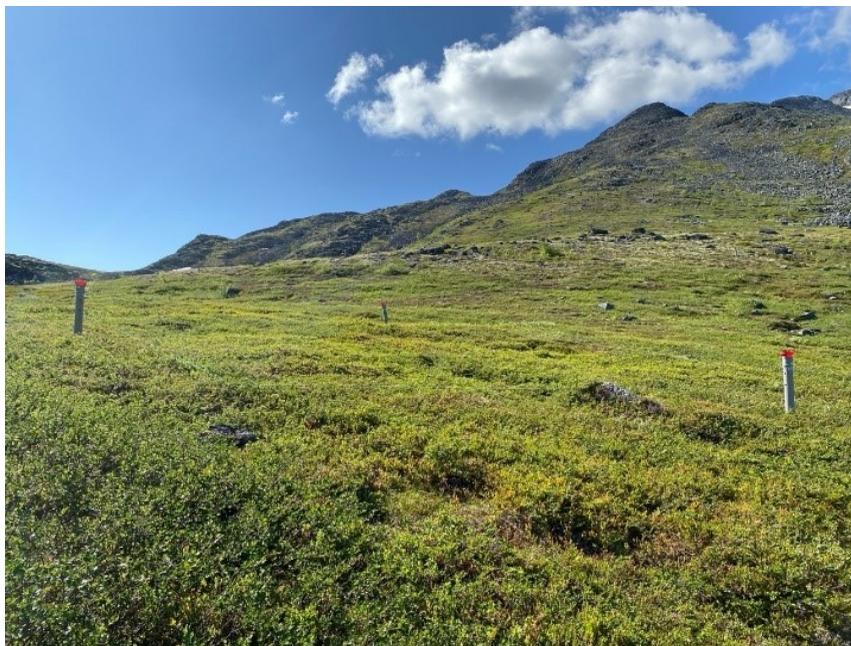
Для кустарничково-лишайниковых сообществ горной тундры характерен несомкнутый растительный покров. Доля голого грунта (дресва с небольшим количеством напочвенных корочек из лишайников и печеночных мхов) составляет около половины площади.

Кустарничковые (ерниковые) мезохсионные сообщества располагаются на пологих горных склонах, умеренно заснеженных зимой и умеренно увлажненные летом. Они сформированы на хорошо дренируемых автоморфных почвах. Это ерниковые и вороничные мохово-лишайниковые сообщества ассоциаций *Empetro–Betuletum nanae* Nordh. 1943. и *Phyllodoco–Vaccinietum myrtilli* Nordh. 1943, наиболее распространенные в нижней и средней частях горно-тундрового пояса Хибин. В сплошном кустарниковом ярусе преобладают *E. hermaphroditum* и *B. nana*, широко представлены *Phyllodoce caerulea*, *Vaccinium myrtillus*. Мохово-кустарничковый ярус составлен мохообразными рода *Dicranum*, *Pleurozium schreberi* и *Ptilidium ciliare* и лишайниками рода *Cladonia* и *Cetraria islandica*.

На пониженных элементах микрорельефа с поздно тающим снежным покровом распространена голубично-вороничная мохово-лишайниковая микрогруппировка.

Микрогруппировка с доминированием карликовой березки и *E. hermaphroditum* (ерниково-вороничная) занимает хорошо защищенные пониженные (межвалунные) участки микрорельефа с достаточным увлажнением. В напочвенном покрове микрогруппировки велико участие мхов родов *Dicranum* и *Polytrichum*, *Pleurozium schreberi*.

Распределение почв в горной тундре обусловлено главным образом, мезорельефом, определяющим условия увлажнения. На территории Ботанического цирка формируются почвы, относящиеся к разным отделам и типам: в элювиальных положениях – подбуры и литозёмы перегнойные; в транзитных и аккумулятивных – литоземы перегнойно-темногумусовые.



Кустарничковые (ерниковые) сообщества Хибин

Что взять с собой?

На экскурсию необходимо взять:

- полевую одежду, дождевики;
- непромокаемую трекинговую обувь;
- и, конечно, – хорошее настроение!

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Голубятников Л. Л., Заров Е. А. АНАЛИЗ ТУНДРОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	6
Ершов В. В., Рябов Н. С., Сухарева Т. А. АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В СТВОЛОВЫХ ВОДАХ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	7
Зенкова И. В. МОНИТОРИНГ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ВЫРУБОК И ГАРЕЙ ХИБИН	9
Живов Д. А., Сухарева Т. А., Иванова Е. А. АНАЛИЗ ЗАПАСОВ И СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА И УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ АВТОМОРФНЫХ ПОЗИЦИЙ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	10
Кольчева А. А., Тебенькова Д. Н., Шанин В. Н. Чумаченко С. И. МОДЕЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ УГЛЕРОДА В ДРЕВЕСИНЕ И ПОЧВАХ, С УЧЕТОМ РАЗНЫХ СЦЕНАРИЕВ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ...	12
Кузнецова А. И., Казинский М. В. ОСОБЕННОСТИ ИНДИКАЦИИ РАЗНЫХ ПОДГОРИЗОНТОВ ПОДСТИЛКИ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	14
Кулик А. А., Заров Е. А., Дюкарев Е. А., Дмитриченко А. А. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОТОКОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА БОЛОТЕ МУХРИНО: РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КАМЕРНОГО МОНИТОРИНГА	15
Курганова И. Н. РОССИЙСКАЯ СЕТЬ МОНИТОРИНГА ЭМИССИИ CO₂ ИЗ ПОЧВ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВОГО ЭТАПА РЕАЛИЗАЦИИ ВАЖНЕЙШЕГО ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ	17

Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Сапронов Д. В., Хорошаев Д. А. ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭМИССИИ CO₂ ИЗ ПОЧВ ПОД ЛЕСНОЙ И ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В РЕГИОНЕ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ	18
Литвинова Т. И. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВ ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ: ГОРНАЯ И РАВНИННАЯ ТУНДРЫ В РАМКАХ ПРОЕКТА «РИТМ УГЛЕРОДА» (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	20
Никитина А. Д. ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОДЕТАЛЬНОЙ СЪЁМКИ	22
Никонова Л. Г., Зубарева Ю. В., Головацкая Е. А. СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ <i>SPHAGNUM FUSCUM</i> НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ДЕСТРУКЦИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И КОНТРОЛИРУЕМЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	23
Новиков С. Г., Солодовников А. Н., Ахметова Г. В. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПУЛОВ УГЛЕРОДА В ЕСТЕСТВЕННЫХ И НАРУШЕННЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ СРЕДНЕ-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ФЕННОСКАНДИИ	24
Рябов Н. С. ОЦЕНКА ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ПОЧВ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В ПЕРИОД С УСТОЙЧИВЫМ СНЕЖНЫМ ПОКРОВОМ	26
Парамонов М. С., Цыганов А. Н., Иванов Д. Г., Шуйская Е. А., Лапшина Е. Д., Заров Е. А., Мазей Н. Г., Мазей Ю. А. ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ РАКОВИННЫХ АМЁБ И ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	27
Сухарева Т. А., Живов Д. А., Ершов В. В., Иванова Е. А., Рябов Н. С. ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	29

Тимофеев Е. П., Емельяненко В. И. МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ ДВУОКСИ УГЛЕРОДА ИЗ ПОЧВ СУХОСТЕНОЙ ЗОНЫ	30
Шахматов К. Л. ПРОВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА ВТОРИЧНО ОБВОДНЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ	33
Шмакова Н. Ю., Ермолаева О. В., Копейна Е. И., Давыдов Д. А. ЗАПАСЫ ФИТОМАССЫ И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ГОРНО-ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВАХ ХИБИН	35
Шмакова Н. Ю., Ермолаева О. В., Копейна Е. И., Давыдов Д. А. ЭМИССИЯ CO₂ ИЗ ПОДЗЕМНОЙ СФЕРЫ РАЗНЫХ ТИПОВ ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА	36
Зеленцова А. Е., Дюкарев Е. А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ДЫХАНИЯ В ПРИСТВОЛЬНОМ И МЕЖКРОНОВОМ ПРОСТРАНСТВАХ ПРИПОСЕЛКОВЫХ КЕДРОВНИКОВ ЮЖНО-ТАЁЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	38

ОПИСАНИЕ ЭКСКУРСИЙ С КРАТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ БГЦ

Сухарева Т.А., Ершов В.В., Исаева Л.Г., Штабровская И.М., Иванова Е.А., Живов Д.А., Рябов Н.С. ЛЕС, ЧТО ГИБНЕТ ЗА МЕТАЛЛ	42
Давыдов Д.А., Копейна Е.И., Шмакова Н.Ю., Боровичев Е.А. ГОРНО-ТУНДРОВЫЕ СООБЩЕСТВА ХИБИН	49

CONTENTS

ABSTRACTS

Golubyatnikov L. L., Zarov E. A. ANALYSIS OF TUNDRA TERRITORIES BASED ON SATELLITE DATA	6
Ershov V. V., Ryabov N. S., Sukhareva T. A. ANALYSIS OF CARBON CONTENT IN STEMFLOW OF CONIFEROUS FORESTS OF THE MURMANSK REGION	7
Zenkova I. V. MONITORING OF BIOGENIC ELEMENTS IN SOILS AFTER THE FIRE AND DEFORESTATION IN Khibin	9
Zhivov D. A., Sukhareva T. A., Ivanova E. A. ANALYSIS OF NITROGEN AND CARBON RESERVES AND CONTENT IN SOILS OF AUTOMORPHIC POSITIONS OF SPRUCE FORESTS IN THE MURMANSK REGION	10
Kolycheva A. A., Tebenkova D. N., Shanin V. N., Chumachenko S. I. METHODS FOR ESTIMATING CARBON STOCKS IN STEM BIOMASS OF PINE FORESTS BASED ON UAV	12
Kuznetsova A. I., Kazinsky M. V. FEATURES OF INDICATION OF DIFFERENT SUBHORIZONS OF LITTER OF CONIFEROUS-BROADLEAF FORESTS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA	14
Kulik A. A., Zarov E. A., Dyukarev E. A., Dmitrichenko A. A. SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF CARBON DIOXIDE FLUXES IN THE MUKHRINO BOG: RESULTS FROM AUTOMATED CHAMBER MONITORING	15
Kurganova I.N. RUSSIAN NETWORK FOR MONITORING CO ₂ EMISSIONS FROM SOILS: RESULTS OF THE FIRST STAGE OF IMPLEMENTATION OF THE MOST IMPORTANT INNOVATIVE PROJECT OF NATIONAL IMPORTANCE	17

Kurganova I. N., Lopes de Gerenyu V. O., Sapronov D. V., Khoroshaev D. A. TEMPORAL VARIABILITY OF CO₂ EMISSIONS FROM SOILS UNDER FOREST AND GRASSLAND IN THE SOUTHERN MOSCOW REGION	18
Litvinova T. I. RESULTS OF RESEARCH ON THE FEATURES OF SOILS OF TUNDRA ECOSYSTEMS: MOUNTAIN AND FLAT TUNDRA WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CARBON RHYTHM PROJECT (KOLA PENINSULA)	20
Nikitina A. D. METHODS FOR ESTIMATING CARBON STOCKS IN STEM BIOMASS OF PINE FORESTS BASED ON UAV	22
Nikonova L. G., Zubareva Y. V., Golovatskaya E. A. DECOMPOSITION RATE OF <i>SPHAGNUM FUSCUM</i> AT THE INITIAL STAGES OF DECAY IN NATIVE AND CONTROLLED HYDROTHERMIC CONDITIONS	23
Novikov S. G., Solodovnikov A. N., Akhmetova G. V. ORGANISING SOIL MONITORING TO ASSESS CARBON POOLS IN NATURAL AND DISTURBED BIOGEOCENOSES OF THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF FENNOSCANDIA	24
Ryabov N. S. ESTIMATION OF SOIL CARBON DIOXIDE EMISSION IN NORTHERN TAIGA FORESTS DURING THE SNOW COVER PERIOD	26
Paramonov M. S., Tsyganov A. N., Ivanov D. G., Shuiskaya E. A., Lapshina E. D., Zarov E. A., Mazei N. G., Mazei Yu. A. THE RELATIONSHIP BETWEEN THE STRUCTURE OF TESTATE AMOEBA ASSEMBLAGES AND GREENHOUSE GAS EMISSION ...	27
Sukhareva T. A., Zhivov D. A., Ershov V. V., Ivanova E. A., Ryabov N. S. SOIL-ECOLOGICAL MONITORING OF CARBON CONTENT AND STOCKS OF THE NORTH TAIGA FORESTS OF THE MURMANSK REGION (RUSSIA)	29
Timofeev E. P., Emelyanenko V. I. METHODS AND RESULTS OF ASSESSMENT OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM SOILS OF THE DRYWALLED ZONE	30

Shakhmatov K. L. MONITORING OF REWETTED PEATLANDS
IN CENTRAL PART OF RUSSIA 33

Shmakova N. Yu., Ermolaeva O. V., Kopeina E. I., Davydov D. A.
THE STOCKS OF PHYTOMASS AND ORGANIC CARBON
IN MOUNTAIN-TUNDRA COMMUNITIES OF Khibiny 35

Shmakova N. Yu., Ermolaeva O. V., Kopeina E. I., Davydov D. A. CO₂
EMISSION FROM THE UNDERGROUND SPHERE OF DIFFERENT
TYPES OF TUNDRA COMMUNITIES OF THE KOLA PENINSULA .. 36

Zelentsova A. E., Dyukarev E. A. CO₂ EMISSION
FROM THE UNDERGROUND SPHERE OF DIFFERENT TYPES
OF TUNDRA COMMUNITIES OF THE KOLA PENINSULA
COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SOIL RESPIRATION
IN THE TRUNK AND INTER-CROWN SPACES
OF NEAR-VILLAGE CEDAR FORESTS
OF THE SOUTHERN TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA 38

DESCRIPTION OF EXCURSIONS WITH A BRIEF OVERVIEW OF BIOGEOCENOSES

**Sukhareva T. A., Ershov V. V., Isaeva L. G., Shtabrovskaya I. M.,
Ivanova E. A., Zhivov D. A., Ryabov N. S.** THE FOREST THAT DIES
FOR METAL 42

Davydov D. A., Kopeina E. I., Shmakova N. Yu., Borovichev E. A.
MOUNTAIN TUNDRA COMMUNITIES OF THE Khibiny Mts 49



CH₄



ISBN 978-5-91137-539-3



9 785911 375393

